

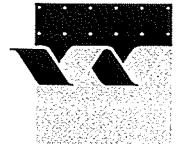
Verkennde studie verbetering weergave intergetijdegebied Westerschelde

Z.B. Wang

B. Cloin



wL | delft hydraulics



OPDRACHTGEVER: Rijkswaterstaat, Rijksinstituut voor Kust en Zee/RIKZ, Middelburg

TITEL: Verkennende studie verbetering weergave intergetijdegebied Westerschelde

SAMENVATTING:

De huidige studie heeft als doelstelling het vermeerderen van de benodigde kennis voor de toepassing van ESTMORF, met de nadruk op de Westerschelde. Hierbij wordt gedacht aan kennis van de uitwisseling tussen geul en intergetijdegebied. Dat moet inzicht leveren in processen die de opbouw van een intergetijdegebied bepalen en leiden tot het verbeteren van sommige formuleringen in het model. Om de kennis van het model en de kennis van het intergetijdegebied te vergroten is een literatuurstudie uitgevoerd, zijn experts geïnterviewd en zijn de processen in ESTMORF geanalyseerd. Er kan worden geconcludeerd dat een onderscheid gemaakt moet worden tussen de evenwichtsrelaties voor platen en die voor slikken. Voorts moet een breedte-diepte relatie voor de geul toegevoegd worden aan de bestaande drie variabelen. De conversie van ESTMORF naar IMPLIC dient vereenvoudigd te worden. Er wordt aanbevolen om meer onderzoek te doen naar de beïnvloeding van de hoge en lage platen en geulen op elkaars ontwikkeling. De morfologische tijdschaal moet geanalyseerd worden en definitie van de hoogten van het intergetijdegebied moeten nogmaals bestudeerd worden.

REFERENTIES: opdracht nr 67982993

REV.	AUTEUR	DATUM	OPMERKINGEN	REVIEW	GOEDKEURING
0	Z.B. Wang, B. Cloin	27-11-98		J.C. Winterwerp <i>hw</i>	T. Schilperoord <i>ba</i>
	Z.B. Wang, B. Cloin <i>hw</i>	28-01-99		J.C. Winterwerp <i>hw</i>	T. Schilperoord <i>ba</i>
TREFWOORDEN			INHOUD		STATUS
ESTMORF, Westerschelde, morfologische modellering, plaat-geul interactie			TEKST: 24		<input type="checkbox"/> VOORLOPIG
			TABELLEN: 0		<input type="checkbox"/> CONCEPT
			FIGUREN: 5		<input checked="" type="checkbox"/> DEFINITIEF
			APPENDICES: 1		
			PROJECTNUMMER: Z2593		

Inhoud

1	Inleiding	3
1.1	Achtergrond	3
1.2	Doelstelling.....	3
1.3	Aanpak.....	3
1.4	Leeswijzer.....	4
2	Probleemanalyse	5
2.1	Algemeen.....	5
2.2	Kenmerken huidige formulering.....	5
2.3	Voorlopige analyse en formuleren van vragen	5
3	Literatuuronderzoek	8
3.1	Relevante fysische processen	8
3.1.1	Karakteristieken Westerschelde.....	8
3.1.2	Waterbeweging en sedimenttransport.....	8
3.1.3	Resttransport.....	9
3.1.4	Morfologie van intergetijdegebieden.....	10
3.1.5	Samenvatting	10
3.2	Formulering in ESTMORF.....	11
3.3	Voorlopige antwoorden op de vragen	13
4	Theoretische beschouwingen	15
4.1	Evenwichtshoogte intergetijdegebied.....	15
4.2	Systeemvariabelen	16
4.3	Evenwichtsconcentratie	17
4.4	Aanpassing dwarsprofiel	18
4.5	Morfologische tijdschaal	20
4.6	Schematisatie dwarsprofielen.....	20

5	Conclusies en aanbevelingen.....	22
	Literatuur	24

Appendices

A Profielen

I Inleiding

I.1 Achtergrond

ESTMORF is een model voor lange termijn morfologische ontwikkelingen in estuaria en zeegeten, ontwikkeld door WLIDELFT HYDRAULICS en RIKZ. Het model is gebaseerd op een combinatie van procesbeschrijvingen en empirische relaties.

Onlangs is het model opgeleverd aan Rijkswaterstaat. Behalve de software is het Westerschelde (applicatie) model meegeleverd (Fokkink, 1998). Eerder is ook het Friesche Zeegat (applicatie) model opgezet, waarvan de resultaten zijn gepubliceerd (Wang e.a., 1998). Het Westerschelde model wordt nu toegepast binnen het kader van het project VERDIEP.

Bij de toepassingen van het ESTMORF model, zowel voor het Friesche Zeegat als voor de Westerschelde, is gebleken dat het model betere resultaten geeft voor de geulen dan voor de platen. Deze constatering is de directe aanleiding voor de huidige studie.

I.2 Doelstelling

De huidige studie maakt onderdeel uit van een onderzoek met als doelstelling het vermeerderen van de benodigde kennis voor de toepassing van ESTMORF, met nadruk op de Westerschelde. De doelstellingen van de huidige studie zijn:

- Vergroten van de kennis over het gedrag van het ESTMORF model met betrekking tot plaat-geul uitwisseling.
- Vergroten van inzichten in de processen bij de opbouw van het intergetijdegebied.
- Uitsluitel of de bestaande modelformulering m.b.t. de morfologische veranderingen van intergetijdegebieden geschikt is.
- Eventuele verbeterde formulering van de vorm van het dwarsprofiel, met name het plaatgedeelte en de communicatie hiervan tussen ESTMORF en IMPLIC.

I.3 Aanpak

Om tot de gewenste verbetering van het model te komen dienen zowel de kennis van het intergetijdegebied in de natuur, als de kennis over het gedrag van het model zelf te worden vergroot. Daarom worden in deze verkennende studie de volgende stappen gevolgd:

- Literatuur inventariseren over gedrag van intergetijdegebieden (platen en slikken) in estuaria met nadruk op de Westerschelde.
- Experts, met name bij RIKZ, interviewen om meer inzicht te krijgen in het gedrag van de platen en slikken in de Westerschelde met nadruk op het vaak verschillende gedrag van platen en slikken.

- Formuleren van hypothesen over de sturende processen bij de opbouw van het intergetijdegebied.
- Uitvoeren van analyseberekeningen voor schematische gevallen met ESTMORF en/of vereenvoudigde methoden.
- Analyseren van resultaten om te concluderen of de huidige modelformulering adequaat is en om eventueel te komen tot een voorstel voor verbeteringen.

I.4 Leeswijzer

In het volgende hoofdstuk wordt een nadere probleemanalyse gegeven door de huidige formulering van het model ESTMORF m.b.t. het intergetijdegebied kritisch te bekijken. In hoofdstuk 3 worden de conclusies uit het literatuuronderzoek en uit de interviews met de experts samengevat. Hoofdstuk 4 beschrijft de theoretische analyse en berekening van schematische gevallen. In hoofdstuk 5 worden de resultaten van de studie samengevat tot conclusies en aanbevelingen.

De studie is uitgevoerd door B. Cloin en Z.B. Wang. De projectbegeleider vanuit RIKZ is Ir. A. Langerak.

2 Probleemanalyse

2.1 Algemeen

Eerst wordt de huidige formulering van ESTMORF m.b.t. het intergetijdegebied (IGG) tegen het licht gehouden. Systematisch wordt naar mogelijk zwakke punten in de formulering gezocht. Zo ontstaat er een serie vragen, die vervolgens als leidraad fungeert in de studie. Voor zo ver mogelijk worden de vragen beantwoord via literatuuronderzoek en/of theoretische beschouwingen, zoals beschreven in de volgende hoofdstukken.

2.2 Kenmerken huidige formulering

Met betrekking tot het intergetijdegebied zijn de volgende kenmerken van de huidige formulering van ESTMORF relevant:

- Het model rekent per tak met drie variabelen, i.e. de oppervlakte van het dwarsprofiel van het geulgedeelte, de hoogte van het lage IGG en de hoogte van het hoge IGG.
- Een gevolg van het vorige punt is dat evenwicht alleen voor de hoogte van het IGG wordt gedefinieerd en niet de breedte.
- Sedimenttransport op de intergetijdegebieden vindt alleen in dwarsrichting plaats.
- Het model hanteert een zeven-punten-schematisatie voor het dwarsprofiel. Na elk morfologische tijdstap worden de coördinaten van de zeven punten berekend uit de veranderingen van de drie systeemvariabelen aan de hand van relaties die ontstaan via massabehoud, definities en (meetkundige) aannamen. Vervolgens wordt het ESTMORF profiel vertaald naar invoer van IMPLIC, waarbij het profiel wordt beschreven door de breedte op elke halve meter hoogte.
- De lokale evenwichtskoncentratie op het IGG is evenredig met de verhouding tussen evenwichtshoogte en hoogte van het IGG.

2.3 Voorlopige analyse en formuleren van vragen

Uit het voorgaande kan een aantal vragen worden gesteld, die hier worden geformuleerd en toegelicht. Daarna wordt per vraag bekeken hoe deze kan worden beantwoord.

Zijn de evenwichtshoogten van de intergetijdegebieden goed gedefinieerd?

Een van de redenen dat het model het slechter doet voor IGG dan voor geulen is dat de evenwichtsrelaties voor de hoogte van het IGG (zowel voor het lage IGG als voor het hoge IGG) van mindere kwaliteit zijn dan de evenwichtsrelaties voor de geulen. De evenwichtshoogte van een IGG, gemeten vanaf laagwater, wordt gerelateerd aan het getijverschil. De correlatie van deze relatie is veel minder dan de correlatie tussen het evenwichtsoppervlakte van het dwarsprofiel van een geul en het getijvolume. Daarom wordt er getwijfeld aan de definitie van evenwichtshoogten van het IGG. Deze vraag moet

worden beantwoord via literatuuronderzoek en via interviews met de experts. Van belang is hierbij niet alleen de correlatie van de gemeten hoogte van het IGG met de hydrodynamische parameters, maar ook de morfologische veranderingen van het IGG onder verschillende omstandigheden.

Is de correlatie tussen de hoogte van het IGG en het waterniveau niet hoofdzakelijk schijnrelatie?

Bij de definitie van het evenwicht van het intergetijdegebied wordt de hoogte hiervan gerelateerd aan het getijverschil. De definities van de twee grootheden houden een zekere schijnrelatie in. Samen met het feit dat de correlatie slecht is, wekt het meteen de vraag op of ook schijnrelaties een rol spelen. De eerder uitgevoerde data-analyse voor het bepalen van de evenwichtsrelaties moet nader bekeken worden om deze vraag te beantwoorden.

Is de hoogte van het IGG een juiste keuze voor een van de systeemvariabelen?

De morfologie van het IGG wordt niet alleen bepaald door de hoogte, maar ook door de breedte, c.q. areaal. Door alleen de hoogte als systeemvariabele te gebruiken worden zekere beperkingen in het model geïntroduceerd. Het eindevenwicht van het areaal van het IGG bijvoorbeeld wordt mede bepaald door de initiële conditie, en misschien ook door het verloop van de morfologische veranderingen van het IGG en van de aanliggende geul. De vraag is dus of dit geen negatieve invloed heeft op het functioneren van het model. De vraag kan alleen worden beantwoord door te kijken of het model onder verschillende omstandigheden het getoonde gedrag in de natuur kan reproduceren. Zowel het literatuuronderzoek als de analyse van het modelgedrag is dus van belang.

Is de procedure voor de aanpassing van het dwarsprofiel een juiste?

In elke morfologische tijdstap worden drie variabelen uitgerekend per dwarsprofiel, i.e. de veranderingen in de geul, in het lage IGG en in het hoge IGG. Hiermee wordt het nieuwe profiel beschreven door de coördinaten van zeven punten te bepalen. Omdat er meer variabelen dan vergelijkingen zijn, worden hierbij aannames gedaan. Dit vormt het zwakke punt in de modelformulering. Nagegaan moet worden hoe dit het gedrag van het model in negatieve zin beïnvloedt. Dit kan gedaan worden door een aantal typisch in de Westerschelde voorkomende situaties te simuleren en daarbij uitsluitend de beschrijving in ESTMORF voor de profielaanpassing te bestuderen.

Sluit de profielaanpassing aan bij het 1D stromingsmodel?

De zeven-punten-beschrijving van dwarsprofiel kan niet direkt worden gebruikt in het stromingsmodel IMPLIC. Daarom is in het model nog een vertaalslag opgenomen. Dit veroorzaakt conflicten, vooral aan het begin van een berekening. Voorgesteld wordt om na te gaan of deze tussenstap omzeild kan worden.

N.B. SOBEK zal wel in staat zijn het zeven-punten-profiel van ESTMORF direkt te gebruiken maar een koppeling tussen SOBEK en ESTMORF bestaat (nog) niet.

Is de formulering voor de evenwichtsconcentratie juist?

De lokale evenwichtsconcentratie op het IGG wordt bepaald als functie van de verhouding tussen de evenwichtshoogte en de feitelijke hoogte. Deze formulering volgt uit een analogie

met de formulering voor de geulen. Op het IGG kunnen echter andere fysische processen de morfologische veranderingen bepalen. Daarom wordt ook naar dit gedeelte van de formulering kritisch gekeken. De gestelde vraag kan echter alleen worden beantwoord door een analyse van het gedrag van het model als geheel. Door het feit dat volgens het model het IGG alleen in dwarsrichting aan de geulen is gekoppeld, kan de analyse worden beperkt tot schematische gevallen. Er kan eenvoudig worden gekeken hoe de morfologische veranderingen van het IGG volgens het model onder verschillende omstandigheden zijn. Dit kan vergeleken worden met de waarnemingen in de natuur.

3 Literatuuronderzoek

In dit hoofdstuk volgt een samenvatting van relevantie informatie die uit het korte literatuuronderzoek naar voren is gekomen. Als eerste zal nader ingegaan worden op de processen die de morfologie van de platen en slikken beïnvloeden. Daarna zal wat meer worden ingegaan op de definitie van de evenwichtsrelaties.

3.1 Relevante fysische processen

3.1.1 Karakteristieken Westerschelde

In Allersma (1992) is een uiteenzetting gegeven van de Westerschelde. De Westerschelde vormt de verbinding tussen het stroomgebied van de Schelde en een aantal kleinere rivieren en de zuidelijke baai van de Noordzee. De breedte bij de mond is circa 5 km, 160 km landinwaarts is deze gereduceerd tot 54 m.

Zeewaarts gaande vertoont het estuarium ook een toenemende schaal van meanders. Het land van Saeftinge is nog het enige grote laterale kombergingsgebied op Nederlands gebied. De geulen in de Westerschelde zijn het diepst (tot 30 à 40 m) in de scherpe bochten. In de binnenbochten van de meanders bevinden zich typisch eb- en vloedgeulen die aansluiten op de diepe geulen in de bochten en die aan beneden- resp. bovenstroomse einden worden afgesloten door hoefijzervormige banken waarvan de 'staarten' aansluiten op de platen of op elkaar. In het laatste geval vormen ze een ondiepe drempel of een langgerekte richel die twee geulen scheidt.

3.1.2 Waterbeweging en sedimenttransport

De afvoeren van de rivieren in de Westerschelde zijn zo gering dat de invloed op de waterstanden kan worden verwaarloosd. De stijging van de gemiddelde waterstanden in stroomopwaartse richting is voornamelijk het gevolg van opstuwung van het getij, eventueel gestoord door meteorologische invloeden. De getijinvloed is groot, dubbeldaags met een geringe dagelijkse ongelijkheid. De energie van de getijgolf neemt gaandeweg af door hydraulische wrijving. Er treedt ook vervorming op in de onregelmatige, vernauwende geometrie van het estuarium. De binnenkomende golf wordt deels teruggedraat, waarna interferentie van de binnenkomende en teruggedraate golf plaatsvindt.

Vloedstromen treden in het algemeen op bij hogere waterstanden dan de ebstromen. Over ondiepe gebieden stroomt daardoor meer vloed- dan ebwater. Dit effect wordt gecompenseerd door een eb-overschot in de diepere geulen.

Het verhang wordt bepaald door de verhouding van de horizontale en de verticale versnellingen. Hierbij verdienen de volgende punten aandacht:

- Centrifugale versnelling in de geulen is relatief groot in het oosten van het gebied, omdat daar de bochten relatief scherp zijn.
- Bij grote stroomsnelheden domineert de centrifugale versnelling over de Coriolis-versnelling in de geulen.

- Bij eb compenseren Coriolis en centrifugale versnelling elkaar in bochten waar de stroming met de klok mee is gericht; bij vloed gebeurt hetzelfde bij bochten in tegengestelde richting.
- In andere gevallen treedt een cumulatie van beide versnellingen op.
- Bij sterke stromen in ondiep water is weerstand belangrijk.
- Rond kentering is de traagheid overheersend in diepere delen.

3.1.3 Resttransport

In Storm (1996) wordt ingegaan op zandtransportmechanismen toegespitst op de Westerschelde. Residuele zandtransporten worden aangedreven door verscheidene mechanismen. In estuaria zijn vooral reststroming, getij-asymmetrie, dichtheidsstromingen en scour-lag en settling-lag van belang. Golfwerking kan tijdens stormen in ondiepe gebieden deze reststromingen beïnvloeden.

In de Westerschelde wordt de getijgolf asymmetrisch doordat de voortplantingsnelheid van de top groter is dan van het dal van de getijgolf (Dronkers, 1986). Hierdoor wordt de vloedduur korter dan de ebduur, waardoor tijdens vloed grotere gemiddelde en maximale stroomsnelheden optreden dan tijdens eb. In oostelijke richting neemt de asymmetrie toe. De verschillen tussen eb en vloed zijn van 1933 tot 1975 aanzienlijk toegenomen; dit komt door een toename van de maximale vloodsnelheden.

De getijgedreven residuele stroming is over de gehele doorsnede te verwaarlozen. Deze stroming is echter wel van belang voor onderdelen in een dwarsdoorsnede.

Het ontstaan van eb- en vloodscharen wordt door van Veen (1950) vooral toegeschreven aan bochtwerkingen t.g.v. traagheidseffecten en Coriolis-versnelling en het feit dat de maximale vloodstroomsnelheid bij een hogere waterstand optreedt dan de maximale ebstroomsnelheid.

Het zandtransport reageert met een vertraging op veranderingen in de stroomsnelheid. Hierdoor is bij een toename van de stroomsnelheid sprake van een onderverzadigd sedimenttransport, en bij afname van de stroomsnelheid sprake van een oververzadigd sedimenttransport. Bij sterke veranderingen in het geulprofiel kunnen vertragingen en versnellingen optreden en kan er een netto zandtransport optreden. Dit transport zorgt er feitelijk voor dat de verstoring, bijvoorbeeld een profielverruiming, wordt uitgevlakt en is daarmee een natuurlijk terugkoppelingsmechanisme.

Veranderingen t.o.v. het evenwichtsprofiel van geuldoorsneden door baggerwerkzaamheden zijn veel abrupter en groter dan in geval van natuurlijke geleidelijke morfologische ontwikkelingen. Hierdoor lijkt het zandtransport door onder- en oververzadigingen dan ook belangrijker voor gebaggerde drempelgebieden dan voor natuurlijke situaties.

Zandtransport door lokale golfwerking op ondiepe gebieden in de Westerschelde zal alleen optreden tijdens stormcondities.

Bovengenoemde processen treden tegelijkertijd op in een estuarium. Ze kunnen lokaal het residuele transport versterken, dan wel verzwakken. Getijgedreven residuele stroming en getij-asymmetrie spelen een dominerende rol t.a.v. de residuele transporten in de gehele Westerschelde. Onder- en oververzadigingen kunnen in de directe omgeving van sterk verdiepte drempels en belangrijke stortlocaties de richting en de grootte van het residuele zandtransport sterk beïnvloeden.

3.1.4 Morfologie van intergetijdegebieden

De platen en slikken zijn betrekkelijk stabiele elementen in het morfologische systeem. Ze staan slechts gedurende beperkte tijd onder water met relatief zwakke stromen. Horizontale erosie, door verplaatsende geulen, is in staat deze gebieden te veranderen. Door lagere delen van het IGG ontstaan soms korsluitgeulen, (Allersma, 1992)

In Karssen (1994) wordt informatie gegeven over het gedrag van het IGG. Over de lagere delen van het IGG bewegen water en zand en ze zijn in verticale zin onderhevig aan erosie zowel als afzetting. In ondiep water overweegt de afzetting omdat stromen en golven te zwak of afwezig zijn voor erosie. Langs de lagere randen van hogere delen van het IGG kan wel transport optreden; deze hoge delen van het IGG kunnen alleen worden opgeruimd door zijdelingse erosie van hun randen door migrerende geulen. Waterbeweging over platen kan veroorzaakt worden door verhangstromen, drifstromen en reststromen in golven.

Door erosie en sedimentatie kan een plaat verplaatsen en van vorm, maar ook van volume veranderen. Dit kan veroorzaakt worden door aan- en afvoer van zand in geulen, maar ook door transport over het IGG en langs de randen van het IGG.

Zijdelingse verplaatsing van een geul door meanderen is vaak een oorzaak van het eroderen van de rand van het IGG. Zanddruk aan de ene zijde van een geul kan ook leiden tot erosie aan de andere zijde, eventueel gepaard gaande met transport over de aanliggende plaat van de geul af.

Het blijkt dat het verplaatsen van platen niet alleen wordt veroorzaakt door processen op die platen zelf maar ook door processen in de omgevende geulen. Het verplaatsen van een plaat betekent slechts in een beperkt aantal gevallen dat ook de zandmassa zich dienovereenkomstig verplaatst (Allersma, 1993).

Huijs (1996) heeft een studie gedaan naar de ontwikkeling van de platen in de Westerschelde in de periode 1955 tot 1994. Zij kwam tot de volgende conclusies:

- Het totale oppervlak aan plaatgebieden is verminderd met 1500 ha, ten gunste van het geulenstelsel.
- Het plaatareaal binnen de plaatgebieden is in de gehele Westerschelde met name voor 1971 fors uitgebreid ten koste van ondiep water door opvulling van korstsluitgeulen. Hierdoor zijn meer aaneengesloten plaatgebieden ontstaan. De platen zijn opgehoogd variërend van 0.5 cm/jr tot 3 cm/jr.

Andere factoren van belang zijn sedimentsamenstelling, geologie, etc.

3.1.5 Samenvatting

Samenvattend zijn de volgende fysische processen, c.q. mechanismen relevant voor de morfologische ontwikkeling van intergetijdegebieden:

- getijstroming,
- golven,
- spiraalstroming onder invloed van bochten en Coriolis-versnelling, die verplaatsing van geulen veroorzaken,
- getijasymmetrie, die een netto transport naar intergetijdegebieden kan veroorzaken,
- menselijke ingrepen zoals baggeren en storten,

- sedimentsamenstelling,
- geologie, etc.

3.2 Formulering in ESTMORF

In ESTMORF worden evenwichtshoogten gebruikt voor zowel het hoge als het lage gedeelte van het IGG. Het hoge gedeelte is gedefinieerd als dat deel dat tussen MSL en GHW ligt; het lage gedeelte is gedefinieerd als dat deel dat tussen MSL en GLW ligt.

Opgemerkt dient te worden dat de evenwichtsrelaties voor de hoge en lage plaat zijn opgesteld zonder gegevens over de slikken (Tank, 1995). Er wordt echter vanuit gegaan dat de gevonden relaties ook voor de slikken gelden. Met behulp van onderstaande vergelijkingen worden de evenwichtshoogten voor de hoge en de lage plaat gedefinieerd.

Gemiddelde hoogte H_l van de lage plaat

$$H_l = V_l / A_l \quad (1)$$

Gemiddelde hoogte H_h van de hoge plaat

$$H_h = H_h'' + V_h / A_h \quad (2)$$

Waarin:

- V_l = zand volume van de lage plaat t.o.v. GLW [m^3]
- A_l = oppervlak van het zandlichaam op GLW [m^2]
- H_h'' = hoogteverschil tussen MSL en GLW [m]
- V_h = zand volume van de hoge plaat [m^3]
- A_h = oppervlak van het zandlichaam op MSL [m^2]
- MSL = gemiddeld zeeniveau [m]
- GLW = gemiddeld laag water [m]

Een vrij sterk verband tussen de hoogten t.o.v. gemiddeld laag water van zowel de hoge en lage platen, als het lage slik, met het getijverschil kan mogelijk verklaard worden door de volgende fysische verbanden: Groter getijverschil betekent groter getijvolume. Voor dit grotere getijvolume zijn de geulen te krap waardoor ze uitruimen. Het vrijgekomen zand wordt in de aanpalende intergetijdegebieden afgezet waardoor een gemiddelde verhoging ervan plaatsvindt.

Dat de hoogte van de hoge platen in het westen over het algemeen meer varieert en een betere correlatie heeft met de getijkarakteristieken dan de lage platen, is vermoedelijk vooral het gevolg van de kleinere zandvolumes in het hoge deel van de platen t.o.v. de lage platen, die daardoor sneller kunnen reageren.

De empirische relaties zijn opgesteld voor platen in het relatief ongestoorde westelijk deel van de Westerschelde. Er wordt aangenomen dat zij voor het gehele intergetijdegebied gelden, dus ook voor de slikken. Het is echter de vraag of de gekozen evenwichtsrelaties opgaan voor het gestoorde oostelijke deel.

Bij de interpretatie van het verloop van de gemiddelde hoogte van de verschillende onderdelen van het intergetijdegebied dient men waakzaam te zijn! De gemiddelde hoogte is berekend tussen twee waterstanden en een verandering in de gemiddelde hoogte kan een gevolg zijn van een verandering van de profielvorm en/of van een verandering in de waterstand. Het is dus mogelijk dat volgens bovenstaande methode de gemiddelde hoogte toeneemt terwijl in feite een verlaging is opgetreden van het intergetijdegebied.

In de Westerschelde zijn slikken, schorren en platen aanwezig. Platen zijn morfologische eenheden die volledig omringd zijn door water. Slikken en schorren zijn aan een zijde door een dijk begrensd. Schorren worden alleen overstromd bij hoogwater tijdens springtij terwijl slikken dagelijks worden overstromd. Door deze verschillen ontstaat er een verschil in dynamiek. In de Westerschelde zijn zowel de platen als de schorren verhoogd. De gemiddelde hoogte van slikken op een aantal lokaties is afgenomen. Op slikken domineren waarschijnlijk andere processen dan op platen. Hierdoor hoeft de ontwikkeling niet gelijk te zijn. Ook kan de aanwezigheid van klei- en veenbanken de ontwikkeling van de slikken limiteren.

Hoogeboom (1996) heeft de formulering van Tank onder de loep genomen. De door Tank (1995) gevonden evenwichtsrelatie voor de hoge platen is verbeterd door de hoge slikken hieraan toe te voegen. Hiervoor moet echter wel de coëfficiënt in de relatie worden aangepast. Voor het lage intergetijdegebied voldoet de evenwichtsrelatie echter niet meer als ook de lage slikken hierin worden meegenomen. Er is een evenwichtsrelatie voor de lage slikken opgesteld in het oostelijk deel van de Westerschelde, waarin de coëfficiënt afhankelijk is gesteld van de tijd. De processen die de verandering in morfologie van de slikken bepalen zijn waarschijnlijk anders dan voor de platen. Op de slikken is de golfwerking een belangrijk mechanisme.

Door de baggerwerkzaamheden in het oosten van de Westerschelde nemen de geulen lokaal in omvang toe, met als gevolg erosie van de randen van het intergetijdegebied. De platen verhogen door sedimentatie waardoor het hoger gelegen areaal stijgt. De lage plaat verkleint echter, doordat de laterale erosie van de geulen sterker is dan de ophoging. De invloed van inpolderingen is bijna niet te zien. Dit kan komen doordat ze nauwelijks invloed hebben op de morfologische ontwikkelingen van het getijdebekken of omdat ze dezelfde invloed op de morfologie hebben als de baggerwerkzaamheden

RIKZ heeft een selectie van slikprofielen beschikbaar gesteld; deze zijn ook te vinden in (Huijs, 1996). Volgens Dick de Jong, RIKZ, verschilt de samenstelling van de slikken van die van de platen. Een groot deel van de slikken bezit een veenlaag. Deze veenlaag bevindt zich op ongeveer -2 m NAP. Dit veen kan bij een bepaalde stroomsnelheid wel eroderen, maar kan vervolgens niet meer sedimenteren. Er mag worden aangenomen dat bij 80% van de slikken een veenlaag aanwezig is. Daarom wordt aangeraden aan te nemen dat in de slikprofielen een veenlaag zit. Met behulp van luchtfoto's is getracht de veengebieden in kaart te brengen. Als er echter een zandlaag boven de veenlaag aanwezig is, wordt dit gezien als zandlaag. Het veen bevindt zich uitsluitend aan de randen van de Westerschelde, de platen bezitten dus geen veenbanken. Erosie van slikken door afslag van veen is een onomkeerbaar proces.

In Nijse (1998) zijn de bagger- en stortlokaties in de Westerschelde te vinden. Met behulp van deze gegevens kunnen de bovengenoemde slikprofielen nader geanalyseerd worden. Bij bijna alle profielen is erosie zichtbaar. Deze erosie uit zich voornamelijk in een achteruitgang van de geulwand en het slik. Bij stortlokaties gaat bij sommige profielen wel de geulwand achteruit, maar wordt de bodem verhoogd.

Volgens DHV (1998) verkeert de Westerschelde op dit moment in een labiel evenwicht. Bij stijging van de zeespiegelstijging is het niet uit te sluiten dat de Westerschelde omslaat van een importerend bekken naar een exporterend bekken. Het estuarium is in verhouding met de toevoer van de rivier veel te ruim. Het bekken wordt in stand gehouden door het getij. Het samenspel van inpolderen, dijkdoorbraken en herinpolderen heeft ervoor gezorgd dat het bekken zijn huidige vorm heeft.

Samenvattend zijn de volgende punten van belang:

- De samenstelling van slikken is anders dan die van de platen. Ook de relevante fysische processen voor de twee soorten intergetijdegebied (IGG) zijn anders. Een onderscheid tussen slikken en platen in de formulering binnen ESTMORF is dus op zijn plaats, wat in de huidige versie van ESTMORF niet het geval is.
- Ontwikkelingen van het IGG kunnen niet los van de ontwikkelingen in de aanliggende geulen worden beschouwd.
- Het is moeilijk een evenwichtsrelatie af te leiden voor het IGG omdat er een permanente verstoring in het gebied is als gevolg van baggeren en storten; bovendien is de aanpassingstijd van het gebied op de verstoringen erg groot.

3.3 Voorlopige antwoorden op de vragen

Zijn de evenwichtshoogten van de intergetijdegebieden goed gedefinieerd?

Zowel bij stijging van de zeespiegel (Waddenzee) als bij toename (Westerschelde) en afname (Oosterschelde) van het getijverschil is waargenomen dat de hoogte van het IGG de neiging heeft het hoogwater te volgen (DHV, 1998, Van der Weck, 1994). Hieruit is geconcludeerd dat het begrip evenwichtshoogte van het IGG niet kan worden verworpen.

Is de correlatie tussen de hoogte van het IGG en het waterniveau niet hoofdzakelijk schijnrelatie?

De antwoord op de vorige vraag geeft al aan dat het leggen van een verband tussen de hoogte van het IGG en het waterniveau zinvol is. De gevonden correlatiecoëfficiënten variëren tussen 0.71 voor de hoogplaat tot 0.4 voor de lage slik (Tank, 1995). De vraag welke deel van de correlatie schijnrelatie betreft kan echter nog niet worden beantwoord zonder heranalyse van de oorspronkelijke data.

Is de hoogte van het IGG de juiste keuze als een van de systeemvariabelen?

De resultaten van het literatuuronderzoek geven nog geen definitief antwoord op deze vraag. Dat de hoogte van het IGG reageert op veranderingen in de waterstanden geeft aan dat het wel zinvol is deze als een systeemvariabele te beschouwen. Het feit dat erosie en

sedimentatie van het IGG tot andere soort vervorming van het totale dwarsprofiel leidt, versterkt het vermoeden dat hoogte alleen niet voldoende is de morfologie van IGG in het model te representeren.

Is de formulering voor de evenwichtsconcentratie juist?

Om deze vraag te beantwoorden moeten de processen en mechanismen, die tot erosie en sedimentatie van het IGG bij veranderende omstandigheden leiden, nader worden beschouwd. Sedimentatie van het IGG bij zeespiegelstijging wordt door DHV (1998) aan de volgende mechanismen toegeschreven: *Bij zeespiegelstijging komt het getijdegebied dieper te liggen. Op het IGG neemt de stroomsnelheid, en daarmee het zandtransporterende vermogen relatief veel sterker af dan in de geulen. Een relatief versterkte sedimentatie is hiervan het gevolg.* Deze redenering impliceert de aanname dat de debietverdeling over de geul en het IGG niet verandert bij verandering van waterstanden, wat niet juist is. Een andere verklaring is dat een verandering van de relatieve hoogte t.o.v. het hoogwater tot een verandering van de golfvloed leidt (van Alphen, 1982, Van der Weck, 1994). Er is een algemene overeenstemming in de literatuur dat het IGG groeit bij rustige weersomstandigheden en erodeert bij stormen. Er is een balans tussen getijasymmetrie en golfwerking bij (gemiddeld) evenwicht. Dit mechanisme vormt ook een deel van de verklaring van de seizoenvariëaties van het IGG. Een andere deel van de verklaring is de biologische invloed zoals algengroei in de zomer, waardoor sediment wordt geïmmobiliseerd.

Uit het voorgaande blijkt dat de processen en mechanismen op het IGG anders en ingewikkelder dan in de geulen waar het vooral om een toe- en afname van stroomsnelheid gaat. ESTMORF is echter een lange-termijn model. De afzonderlijke processen en mechanismen kunnen daardoor niet in detail worden beschreven in het model. De gekozen vorm van de formulering kan in principe wel het gedrag van het systeem beschrijven. Maar het is duidelijk geworden dat de parameters in de formulering (de macht) niet vanzelfsprekend dezelfde waarde moeten hebben als in de formulering voor de geul.

4 Theoretische beschouwingen

4.1 Evenwichtshoogte intergetijdegebied

Twee van de vragen die gesteld zijn in hoofdstuk 2 hebben betrekking op evenwichtsplaathoogten: of evenwichtshoogten bestaan en of de correlatie in de gebruikte empirische relaties niet hoofdzakelijk een schijnrelatie is. Deze twee vragen zijn nauw met elkaar verbonden.

In het vorige hoofdstuk is geconcludeerd dat er een onderscheid gemaakt dient te worden tussen de verschillende typen intergetijdegebieden. Het gedrag van slikken is bijvoorbeeld heel anders dan dat van platen. Daarom wordt in het vervolg het woord intergetijdegebied (IGG) gebruikt als het om alle soorten bij elkaar gaat.

De hoogten van het laag en hoog IGG kunnen volgens de definities in wezen geschreven worden als (zie Fig.4.1 en Fig.4.2):

$$H_l = \frac{1}{4}H + h_l \quad (4-1)$$

$$H_h = \frac{3}{4}H + h_h \quad (4-2)$$

Hierin

H_l	=	hoogte laag IGG t.o.v. GLW
H_h	=	hoogte hoog IGG t.o.v. GLW
H	=	getijverschil
h_l	=	hoogte laag IGG t.o.v. lineair IGG, i.e. een IGG dat lineair verloopt tussen LW en HW (zie Fig.4.2)
h_h	=	hoogte hoog IGG t.o.v. lineair IGG

Merk op dat de lage plaat gedefinieerd is van LW tot MSL en de hoge plaat van MSL tot HW.

Uit deze relaties blijkt dat de hoogten van het IGG per definitie afhankelijk zijn van het getijverschil. Zelfs als h_l en h_h helemaal niet afhankelijk zijn van H zal men een positieve correlatie vinden tussen de hoogten van het IGG met het H . Bij de data-analyse kan men dus beter kijken naar h_l en h_h dan H_l en H_h .

Aanbevolen wordt de data van de hoogten van het IGG nogmaals te analyseren maar dan alleen te kijken naar de relatie tussen de afwijkingen t.o.v. een lineair IGG, (zie Fig 4.2).

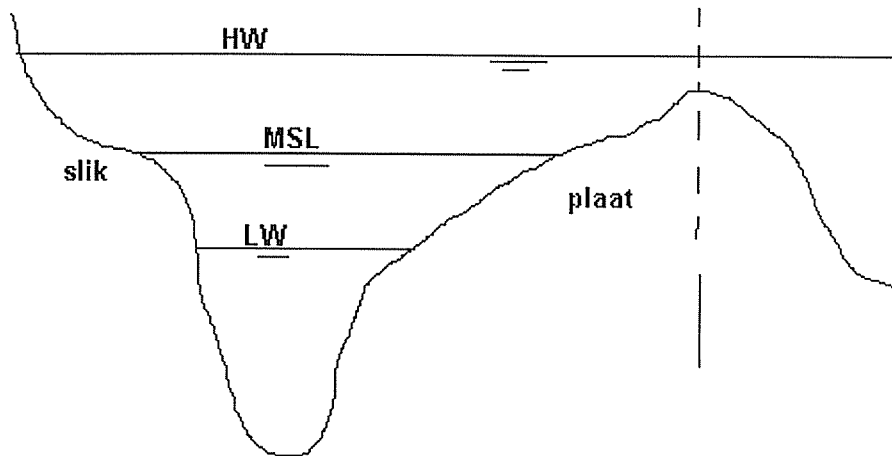


Fig.4.1 definitie schets

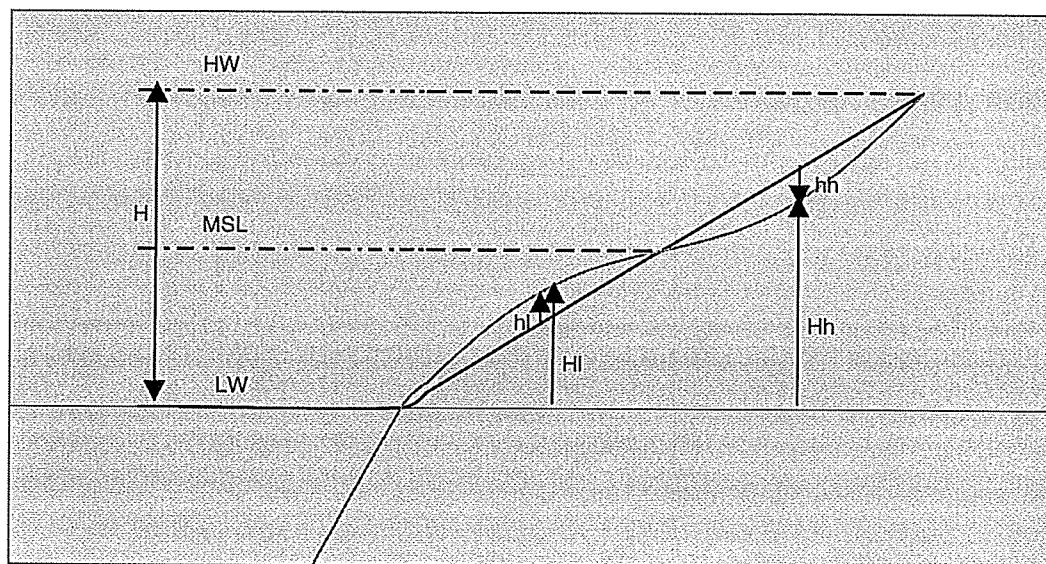


Fig.4.2 definitie schets

4.2 Systeemvariabelen

Uit de analyse in 4.1 blijkt ook dat de hoogten alleen niet voldoende zijn voor het beschrijven van de morfologie van het IGG. Deze twee parameters zeggen niets over de breedte van het IGG. Het geven van de oppervlakte van het dwarsprofiel van de geul en de hoogten van het lage en hoge IGG laat eigenlijk nog vrijheidsgraden over voor het totale dwarsprofiel. In ESTMORF worden deze vrijheidsgraden opgevangen door het feit dat een initieel profiel is gegeven en dat er vaste regels voor de aanpassing van het profiel zijn voorgeschreven. Dit zijn dan ook de twee zwakke punten in de formulering: 1. de blijvend sterke invloed van het initiële profiel en 2. de sterke invloeden van de aannamen in de regels voor de profielaanpassing. Dit pleit dus voor een wijziging / uitbreiding van de set van systeemvariabelen in het model.

Vast staat dat de totale breedte op het niveau van HW gegeven is. Verder zal de oppervlakte van het dwarsprofiel van de geul als een gegeven systeemvariabele worden beschouwd

vanwege de goede empirische relatie met het getijvolume. Voor een set variabelen die het profiel vast kan leggen zijn de volgende alternatieven mogelijk:

- Een breedte - diepte relatie voor de geul toevoegen aan de bestaande drie variabelen of
- Een breedte voor het IGG voorschrijven. Identiek hieraan zijn het voorschrijven van de breedte voor de geul en het voorschrijven van gemiddelde helling van het IGG.

Er zijn twee redenen voor het kiezen van de eerste aanpak. Ten eerste, is er sterke aanwijzing dat de ontwikkeling van het IGG wordt aangestuurd door de ontwikkeling van de aanliggende geul. Ten tweede bestaan er empirische relaties voor de breedte - diepte verhouding (Allersma, 1992), terwijl voor de breedte van de plaat geen empirische relatie voor handen is. Aanbevolen wordt de volgende hypothese te onderzoeken:

*De ontwikkeling van het lage IGG wordt aangestuurd door de ontwikkeling in de geul.
De ontwikkeling van het hoge IGG wordt aangestuurd door de ontwikkeling van het lage IGG.*

Verder wordt aanbevolen een goede analyse uit te voeren van de ontwikkelingen van de geulen, platen en slikken. Gekeken moet worden wat min of meer constant is gebleven en wat veranderd is. Op basis op de resultaten van de analyse kan dan worden besloten wat opgelegd kan worden en wat vrij gehouden moet worden.

4.3 Evenwichtsconcentratie

De hoogten van de twee delen van het IGG zijn nu t.o.v. LW gedefinieerd. Opgemerkt dient te worden dat deze definitie invloed heeft op de berekening van de evenwichtsconcentratie. In het model worden de evenwichtsconcentraties als volgt uitgerekend:

$$c_{le} = C_E \left(\frac{H_l}{H_{le}} \right)^n \quad (4-3)$$

$$c_{he} = C_E \left(\frac{H_h}{H_{he}} \right)^{n_h} \quad (4-4)$$

De evenwichtsconcentratie in het lage IGG is veel gevoeliger voor verandering van de hoogte dan die in het hoge IGG. Voor een consistente formulering moet bijvoorbeeld zowel van de teller als de noemer tussen de haakjes in (4-4) de helft van het getijverschil worden afgetrokken. Hieruit volgt dat de vergelijkingen (4-3) en (4-4) niet consistent met elkaar zijn.

Voor een juiste formulering moet ook gekeken worden naar de consistentie van de formulering voor de geul en naar de fysische onderbouwing van de formuleringen. Voor de geul betekent de formulering in wezen dat de evenwichtsconcentratie evenredig is met een macht van de stroomsnelheid. Voor het IGG geldt dit niet. Als de hoogte van het IGG

kleiner wordt kan de snelheid van de getijstrooming juist hoger worden doordat er meer water overstroomt. Op het IGG speelt golfwerking een belangrijkere rol, waarbij wel geldt dat de bodemschuifspanning hoger wordt als de waterdiepte kleiner wordt. Nader onderzoek naar de interactie tussen het IGG en de geul is nodig om de vraag goed te beantwoorden. Voorlopig kan wel worden geconcludeerd dat de machten n_l en n_h niet vanzelfsprekend dezelfde zijn als in de formulering voor de geulen.

4.4 Aanpassing dwarsprofiel

In ESTMORF zit een routine DELTAA die de punten van een nieuw profiel bepaalt als er morfologische veranderingen hebben plaatsgevonden. De nieuwe coördinaten van de zeven punten die het profiel beschrijven worden bepaald aan de hand van de veranderingen in de geul, op het lage IGG en op het hoge IGG. Omdat in deze routine een aantal aannamen worden gedaan over het verschuiven van het profiel, moet worden gekeken of dit niet het gedrag van het profiel beïnvloedt. Om dit te onderzoeken is gebruik gemaakt van een aantal slikprofielen waarvan voor een diverse jaren gegevens beschikbaar zijn.

Als eerste is gekeken naar profiel 8, Bath-midden, zie appendix A. Het profiel van 1970 vertoont een achteruitgang t.o.v. het profiel van 1960. De wanden van zowel de geul als de lage slik gaan beide evenwijdig achteruit. Ook de hoge slik gaat ietwat achteruit, maar verder verandert de hoge slik nagenoeg niet. In de routine DELTAA is geprobeerd deze achteruitgang te simuleren, door zowel erosie van de geul als van de lage slik op te leggen. Het blijkt echter niet mogelijk om de achteruitgang van het hele profiel op correcte wijze weer te geven. Het verbindingspunt tussen de geul en de lage slik verschuift nagenoeg niet mee met de achteruitgang van het profiel. Dit heeft tot gevolg dat de geulwand steiler wordt. De achteruitgang van het slik kan ook niet goed worden weergegeven. Afhankelijk van de opgegeven erosie van het slik kunnen er twee dingen gebeuren: bij weinig erosie blijft het slik op zijn plaats, bij meer erosie blijven de hoekpunten van het lage slik op dezelfde plaats en gaat het middelste punt naar achteren en naar beneden. Zie figuur 4.3.

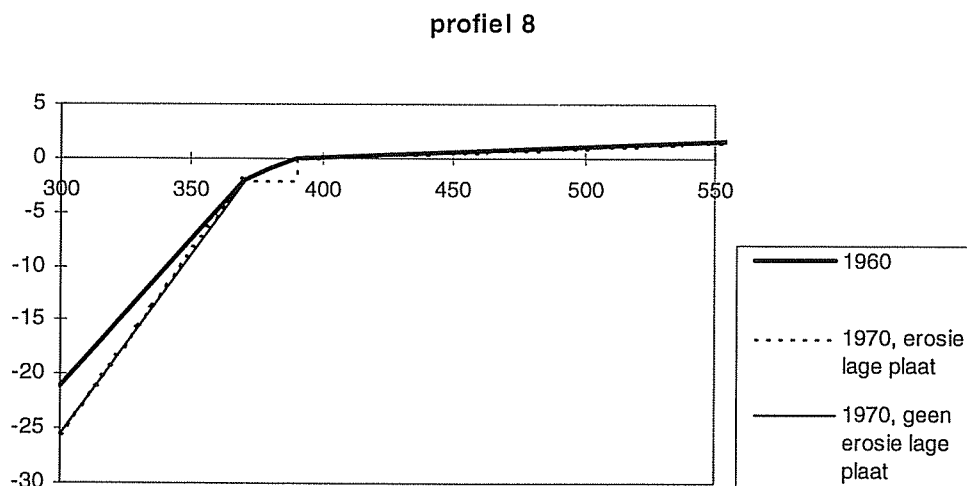


Fig. 4.3 Berekende aanpassing van profiel aan de hand van gemeten sedimentatie en erosie.

Vervolgens is gekeken naar profiel 13, Baalhoek-oost, zie appendix A. Ook hier is een achteruitgang van het profiel geconstateerd in de periode 1960 -1971. Bij dit profiel gaat

het lage slik ietwat achteruit, maar blijft voor het grootste deel ongestoord. De grootste verandering zit in een evenwijdige achteruitgang van de geulwand. Door erosie van de geul en een kleinere erosie van het lage slik op te leggen kan uitstekend de achteruitgang gesimuleerd worden, zie figuur 4.4. De achteruitgang in de periode 1971- 1982 kan ook goed worden benaderd. Hoewel de achteruitgang goed wordt weergegeven, blijkt tegelijkertijd de geul echter ook steeds dieper te worden, wat in werkelijkheid niet het geval is.

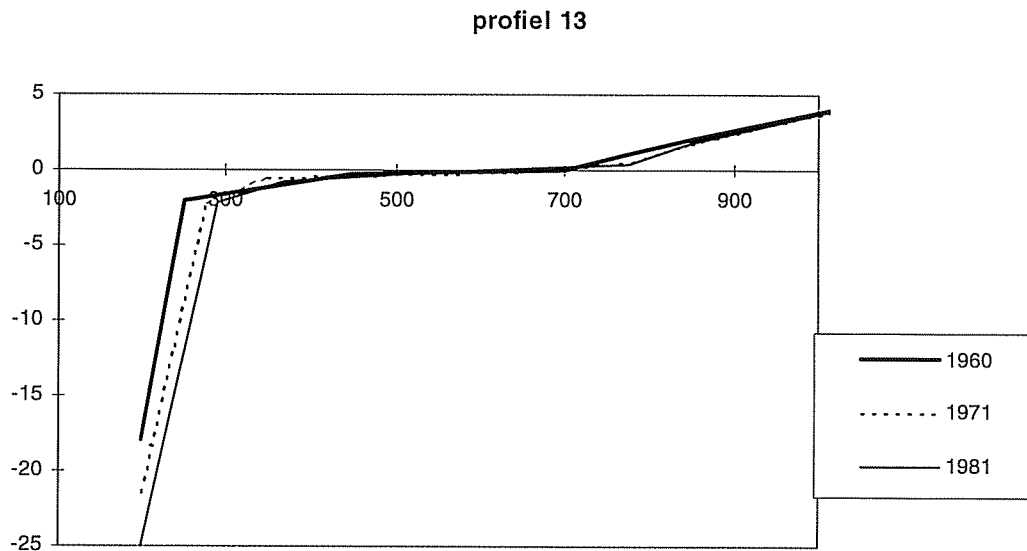


Fig. 4.4 *Berekende aanpassing van profiel aan de hand van gemeten sedimentatie en erosie.*

Meerdere profielen zijn gesimuleerd met de routine DELTAA.

Het blijkt dat de routine bij profielen waarin de lage slik smal is, het gedrag van het lage slik niet goed weergegeven wordt.

Omdat profiel 13 de gemeten profielveranderingen redelijk kon simuleren is dit profiel ook gebruikt om te kijken of de volgorde van aangebrachte morfologische veranderingen van invloed is op het uiteindelijke profiel. De erosie van de geul en de lage plaat zoals die van 1960 tot 1971 plaatsvond, is opgelegd op het profiel van 1960 en vervolgens zijn op het hieruit berekende profiel dezelfde waarden voor sedimentatie opgelegd. Het omgekeerde geval met eerst sedimentatie en dan erosie is ook uitgevoerd. De resultaten zijn te vinden in figuur 4.5. Het is te zien dat het oorspronkelijke profiel niet terugkomt na een erosie, gevolgd door eenzelfde sedimentatie. Het blijkt dat in de routine DELTAA het wel degelijk uitmaakt in welke volgorde er sedimentatie en erosie plaatsvindt.

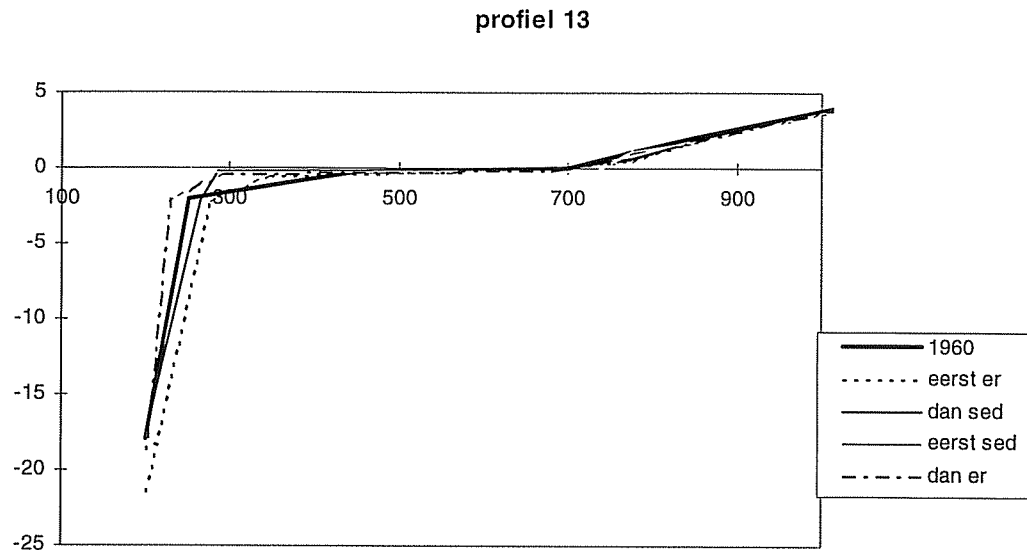


Fig. 4.5 *Berekende aanpassing dwarsprofiel*

4.5 Morfologische tijdschaal

Als de evenwichtsrelaties niet opgaan voor het gestoorde oosten, alwaar ook gebaggerd wordt, kan dit ook wel liggen aan de aanpassingstijd van het IGG- en geulensysteem. Het kan zo zijn dat het IGG in het oosten van de Westerschelde zich nog niet heeft aangepast aan de veranderingen en daardoor niet een correcte evenwichtsrelatie met de getijparameters weergeeft.

De grote morfologische tijdschaal voor het IGG geeft aan de ene kant een probleem voor het model, maar aan de andere kant ook een mogelijkheid tot vereenvoudiging van de modellering. Het probleem is dat het moeilijk wordt om geschikte evenwichtsrelaties af te leiden uit de veldgegevens omdat het IGG constant aan het veranderen is door de variërende omstandigheden, zodat er geen sprake van evenwicht is. De mogelijkheid tot vereenvoudiging is dat het misschien niet zo belangrijk is om de ontwikkeling van het IGG goed weer te geven bij sommige toepassingen van het model. Dit is wellicht de verklaring waarom het huidige model voor de Westerschelde het goed doet voor de geulen terwijl de ruimtelijke variatie van de platen niet goed is gereproduceerd. Het type toepassingen waarvoor de IGG-ontwikkeling niet belangrijk is, wordt bepaald door de duur van de simulatie met het model. Voor de simulatie van lange-termijn ontwikkelingen kan het niet anders zijn dat ook de ontwikkeling van het IGG belangrijk wordt. De vraag is dan waar de grens ligt van de termijn van toepassing. Deze vraag moet worden beantwoord door nadere analyse van de tijdschalen van de ontwikkeling van het IGG, zowel theoretisch als direct uit veldgegevens.

4.6 Schematisatie dwarsprofielen

De zeven-punten-schematisatie van dwarsprofielen kan niet direct in het IMPLIC model worden ingevoerd. Daarom vindt er een heen- en weervertaling plaats bij elk morfologische

tijdstap tussen de IMPLIC- en ESTMORF-schematisatie, het geen ook een bron van onnauwkeurigheden betekent.

Dit probleem kan worden opgelost op twee manieren: aanpassing van de stromingsmodule of aanpassing van de morfologische module. Aanpassing van de stromingsmodule houdt in dat het IMPLIC model zodanig moet veranderen dat het de ESTMORF-schematisatie direct kan gebruiken. Een andere mogelijkheid is dat de module vervangen wordt door een ander waterbewegingsmodel dat die mogelijkheid al heeft. SOBEK is bijvoorbeeld zo'n model, maar op dit moment is er nog geen koppeling tussen SOBEK en ESTMORF. Aanpassing van de morfologische module houdt in dat er van de zeven-punten-schematisatie binnen ESTMORF afgeweken wordt. Dit betekent dat de routine DELTAA opnieuw moet worden ontwikkeld om het IMPLIC profiel na elke tijdstap te kunnen bepalen. Er moet verder een procedure worden geïmplementeerd om de systeemvariabelen, zoals de hoogten van het IGG uit het IMPLIC profiel te bepalen.

Nadere technische en praktische overwegingen zijn nodig om een keuze te maken tussen de twee methoden.

5 Conclusies en aanbevelingen

Uit het literatuuronderzoek en de theoretische analyse zijn de volgende conclusies getrokken:

- De samenstelling van de slikken is anders dan die van de platen. Ook de relevante fysische processen voor de twee soorten intergetijdegebied (IGG) zijn anders. Een onderscheid tussen deze twee in de formulering binnen ESTMORF is dus op zijn plaats, wat in de huidige versie van ESTMORF nog niet het geval is. Er moet dus overwogen worden of niet aparte systeemvariabelen voor het slikdeel en voor het plaatdeel moeten worden gehanteerd.
- Ontwikkelingen van het IGG kunnen niet los van de ontwikkelingen in de aanliggende geulen worden beschouwd.
- Door de relatief grote tijdschaal van de ontwikkeling van het IGG is een evenwichtsrelatie voor de hoogtes van het IGG moeilijk uit velddata af te leiden. Dit is ten gevolge van de veranderingen onder invloed van ingrepen, los van de vraag of de relatie wel bestaat.
- De huidige formulering in ESTMORF legt de ontwikkeling van het IGG niet via voorgeschreven relaties vast. In feite wordt het areaal van IGG helemaal overgelaten aan de beginvoorwaarden en de aannames in de procedure voor de aanpassing van het ESTMORF profiel.
- Het blijkt dat de routine DELTAA bij profielen waarin de lage slik smal is, het gedrag van het lage slik niet wordt weergeeft.
- De formuleringen van de evenwichtsconcentratie voor het hoge en lage IGG zijn niet consistent met elkaar.
- Een deel van de correlatie tussen de hoogten van IGG en het getijverschil betreft een schijnrelatie.
- Het heen- en weervertalen van de ESTMORF- en IMPLIC-schematisatie kan worden voorkomen.

Voor de verbetering van de formulering worden de volgende aanbevelingen gedaan:

- Een onderscheid maken tussen slikken en platen in de formulering.
- Een breedte - diepte relatie voor de geul toevoegen aan de bestaande drie variabelen.
- Een procedure implementeren zonder het heen- en weervertalen van de twee schematisaties.

Verder wordt aanbevolen nader onderzoek te doen naar de volgende zaken:

- Onderzoek naar de hypothese “*Ontwikkeling van laag IGG wordt aangestuurd door de ontwikkeling in de geul. Ontwikkeling van hoog IGG wordt aangestuurd door de ontwikkeling van het laag IGG*”.
- De data van de hoogten van het IGG nogmaals analyseren, maar dan alleen kijken naar de relatie tussen de afwijkingen t.o.v. een lineair IGG.
- Nader onderzoek naar de interactie tussen het IGG en de geul om de formulering voor de evenwichtsconcentratie voor het IGG te verbeteren.
- Nadere analyse van de morfologische tijdschaal van het IGG uitvoeren.

- Nadere analyse hoe de formuleringen van de evenwichtsconcentraties consistent kunnen worden gemaakt.

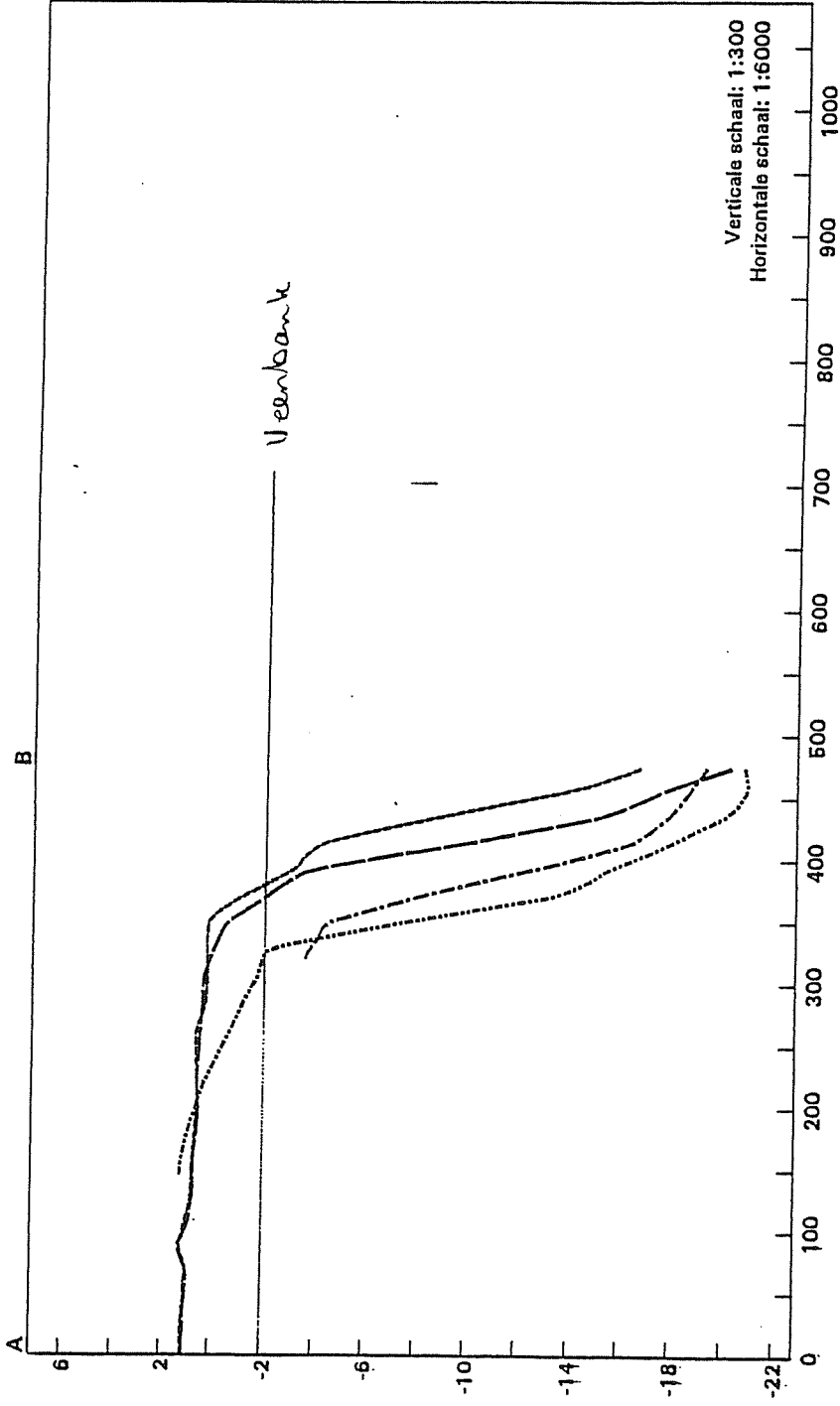
Literatuur

- Allersma, E., 1992. Studie inrichting Oostelijk deel Westerschelde, Analyse van fysische systemen. WLIDELFT HYDRAULICS report Z368
- Allersma, E., 1993. Geulmigratie in buitendelta's. WLIDelft Hydraulics H840
- DHV, 1998. Verkenning effecten versnelde zeespiegelstijging op dynamiek Westerschelde getijsysteem, Literatuurstudie. IS-NW980254.
- Dronkers, J., 1986. Tidal asymmetry and estuarine morphology. *Netherlands J. of Sea Research*, 20, p 117-131
- Hoogeboom, B., 1996. Modellering van het morfologisch gedrag van slikken in het model Estmorf. IMAU rapport R96.06, Universiteit Utrecht.
- Huijs, S.W.E., 1995. Geomorfologische ontwikkeling van het intergetijdegebied in de Westerschelde, 1935-1989. IMAU rapport R 95-3, Universiteit Utrecht.
- Huijs, S.W.E., 1996. De ontwikkeling van de morfologie in de Westerschelde in relatie tot menselijke ingrepen 1955-1994. IMAU rapport R 96-17, Universiteit Utrecht.
- Karssen, B., 1994. A dynamic/empirical model for the long-term morphological development of estuaries, development of the model, Phase II., WLIDELFT HYDRAULICS report Z715
- Nijse, L., 1998. Bagger-, stort- en zandwinhoeverheden in de Westerschelde, 1955-1996. Rijkswaterstaat, Directie Zeeland, notitie NWL-98.36
- Storm, C. 1996 Residuele zandtransporten in de Westerschelde. RIKZ werkdocument OS-96.837
- Tank, F.T.G., 1995. Empirische relaties tussen de plaat- en slikhoogte en getijkarakteristieken in de Westerschelde, IMAU Rapport R 95-7, Universiteit Utrecht.
- Veen, J. van, 1950. Eb- en vloed-schaar systemen in de Nederlandse getijwateren. *Tijdschrift KNAG 2^e reeks*, deel 67, p 303-325.
- Wang, Z.B., Karssen, B., Fokkink, R.J. and A. Langerak, A dynamic/empirical model for long-term morphological development of estuaries, in Dronkers, J. and Scheffers, M.B.A.M. (ed.), *Physics of estuaries and coastal seas*, Balkema, Rotterdam, 1998.
- WLIDELFT HYDRAULICS, 1997. Analysis of the Estmorf model. Report Z2039

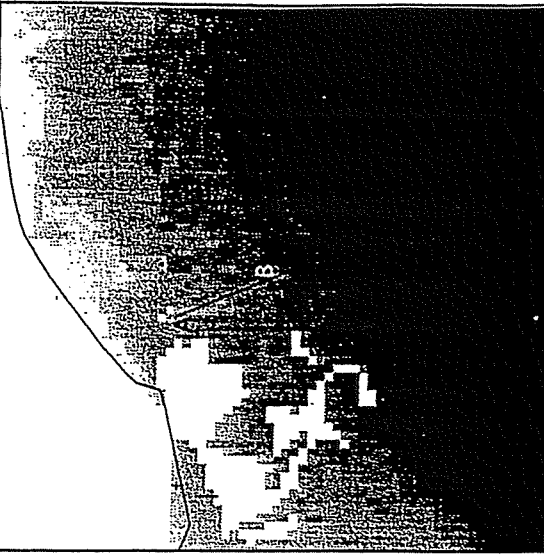
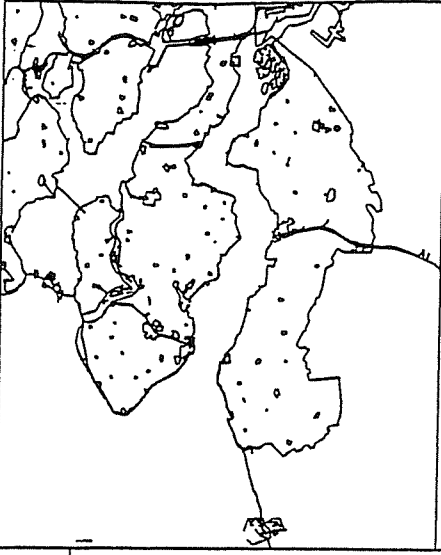
A Profielen

Profiel 8 Bath-midden

'960312.102154'



- Profiel 8 van g6061
- Profiel 8 van g7172
- - - - Profiel 8 van g82
- · - · Profiel 8 van g94



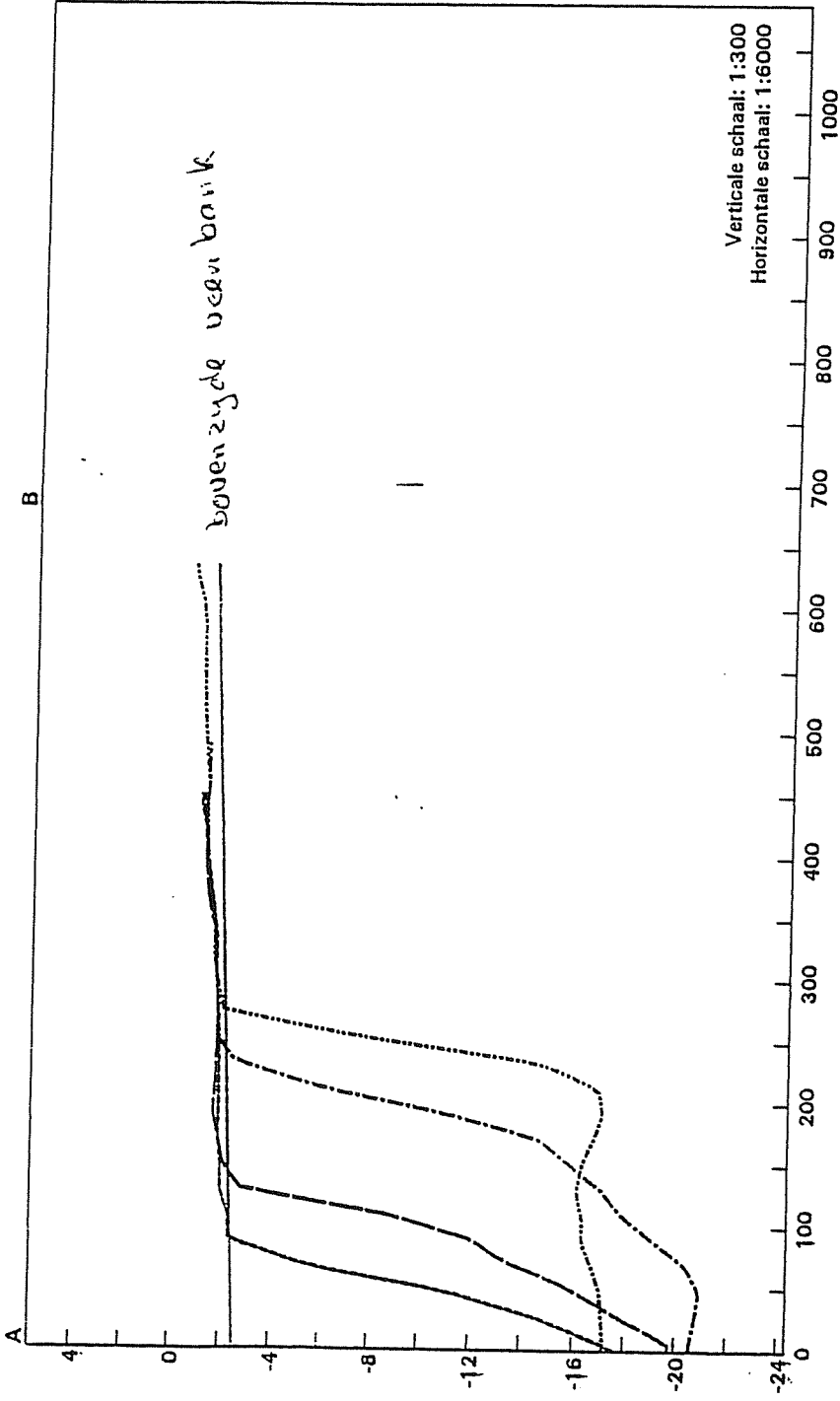
OW*MOS

Rijkswaterstaat
Rijksinstituut voor Kust en Zee

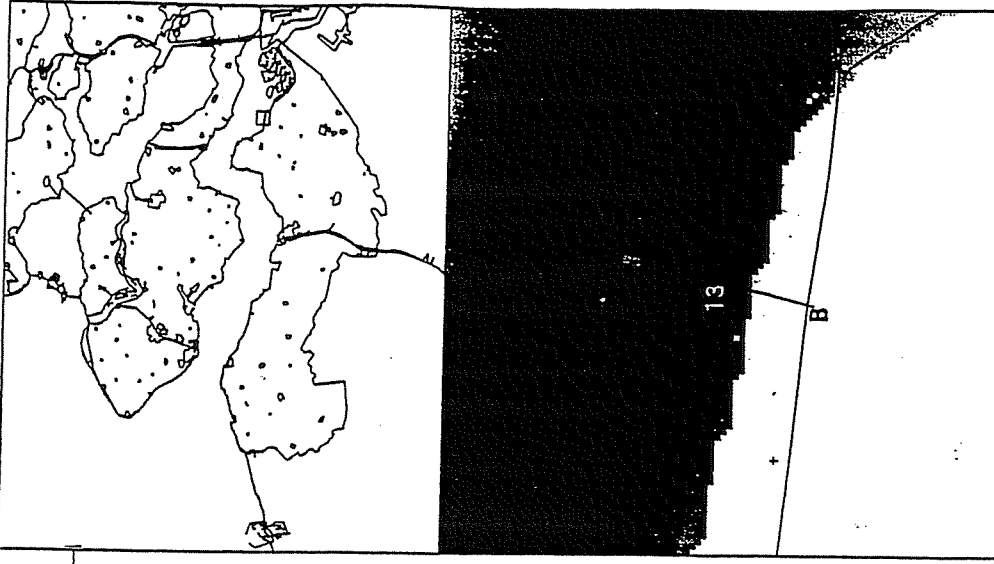
Arc-Info applicatie: ProfielGIS
Drs. L.A. Uijt den Bogaard

Profiel 13 Baalhoek-oost

'960312.102651'



- Profiel 13 van 1961
- Profiel 13 van 1972
- Profiel 13 van 1982
- Profiel 13 van 1994



OW*MOS

Rijksinstituut voor Kust en Zee
Rijkswaterstaat

Arc-Info applicatie: ProfielGIS
Drs. L.A. Uit den Bogaard