

Ministrie van Verkeer en Waterstaat
Directoraat-Generaal Rijkswaterstaat



Rijksinstituut voor Kust en Zee



Ingenieursbureau Svasek BV

Lange termijn gedrag Westerscheldemon

workshops 21/04/97 en 09/01/98

werkdokument RIKZ/OS-98.107x

29

T*2000

W

RIKZ

98649
VLIZ (vzw)

VLAAMS INSTITUUT VOOR DE ZEE
FLANDERS MARINE INSTITUTE
Oostende - Belgium

Lange termijn gedrag Westerscheldemon

workshops 21/04/97 en 09/01/98

werkdokument RIKZ/OS-98.107X

april 1998

auteurs: D.W. Dunsbergen (Rijksinstituut voor Kust en Zee /RIKZ)

A. de Gelder (Ingenieursbureau Svasek bv)



coastal & harbour
engineering consultants



INHOUDSOPGAVE

Pag. nr.

Voorwoord	- 2 -
1. Inleiding	- 3 -
1.1 ONDERZOEKSPROGRAMMA KUST*2000	- 3 -
1.2 OPBOUW VAN HET RAPPORT	- 3 -
1.3 DEFINITIE STUDIEGEBIED	- 3 -
2. K2000*KOP studies Westerscheldemon in 1997	- 5 -
2.1 GEDRAGSGEORIENTEERDE BENADERING (ASMITA)	- 5 -
2.2 GEOLOGISCHE OPBOUW	- 5 -
2.3 ZANDBALANS OP GROTE TIJD- EN RUIMTESCHAAL	- 6 -
2.4 GETIJANALYSE	- 6 -
2.5 GETIJRECONSTRUCTIE	- 7 -
3. Workshop 21 april 1997	- 8 -
3.1 DOEL	- 8 -
3.2 OPZET	- 8 -
3.3 EVALUATIE	- 8 -
4. Workshop 9 januari 1998	- 10 -
4.1 DOEL	- 10 -
4.2 OPZET	- 10 -
4.3 FENOMENEN	- 10 -
4.4 BENODIGD ADVIESGEREEDSCHAP	- 12 -
4.5 MODELLERING VAN HET LANGE TERMIJN GEDRAG	- 12 -
4.6 EVALUATIE	- 13 -
5. Discussie / Aanbevelingen	- 15 -
Referenties	- 16 -
Bijlage 1 Werkdocument RIKZ/OS-97.119X	
Bijlage 2 Voorbereiding en reacties workshop 21 april 1997	
Bijlage 3 Voorbereiding workshop 9 januari 1998	

Voorwoord

Het voorliggende rapport is de rapportage van de workshops Westerscheldemon gehouden in 1997 en 1998. Bij de verslaglegging is vooral aandacht besteed aan het lange termijn gedrag van de Westerscheldemon en de modellering daarvan. In aanvulling daarop worden in dit rapport ook een aantal andere KUST*2000 activiteiten geëvalueerd die betrekking hebben op het lange termijn gedrag van het mondingsgebied van de Westerschelde. Dit rapport dient als discussierapportage over lange termijn processen, met de nadruk op methodieken die het lange termijn morfologische gedrag van de Westerscheldemon beschrijven.

De basis voor dit rapport is een conceptrapport (Lange termijn gedrag Westerscheldemon d.d. 19 maart 1998) dat door Arie de Gelder (Ingenieursbureau Svašek) is opgesteld in nauwe samenwerking met Daan Dunsbergen (RIKZ). Wijzigingen zijn door laatstgenoemde aangebracht (o.a. hoofdstuk 5). Op 8 april 1998 is het resultaat met Rijkswaterstaat Directie Zeeland bediscussieerd, waarna het voorliggende rapport is opgesteld. Bijlage 2 is tot stand gekomen dankzij bijdragen van Janrik van den Berg (Universiteit Utrecht), Bram Blik (Ingenieursbureau Svašek bv), Tom Pieters (Bureau Getijdewateren), Ad van der Spek (Nederlands Instituut voor Toegepaste Geowetenschappen / TNO) en Zheng Bing Wang (Waterloopkundig Laboratorium).

1. Inleiding

1.1 ONDERZOEKSPROGRAMMA KUST*2000

Om de landelijke beleidsuitvoering van de kustlijn zorg te ondersteunen wordt door het RIKZ het onderzoeksprogramma KUST*2000 uitgevoerd. Binnen dit programma worden een aantal projecten uitgevoerd, waaronder het project K2000*KOP dat uit kustmorfologisch onderzoek bestaat, gerelateerd aan de erosieproblematiek rond eilandkoppen. Eén van de studiegebieden binnen K2000*KOP is de Westerscheldemon. De belangrijkste aandachtspunten voor dit gebied zijn de lange termijn strategie inzake baggeren en storten en de erosieproblematiek van de zuidwestkust van Walcheren.

Projectnamen zijn in de afgelopen jaren gewijzigd. Om verwarring te voorkomen is hier een overzicht opgenomen.

	1996	1997	1998
Programma		KUST*2000	KUST*2000
Project	KUST*2000	K2000*KOP	
Produkt		Westerscheldemon	K2000*WS

Kerntaak van KUST*2000 is het toepasbaar maken van kustmorfologische kennis voor de beleidsuitvoering. Onderdeel van deze taak is het leveren van instrumenten voor toepassingen in concrete adviesprojecten. Voor de Westerscheldemon bestaat onder andere behoefte aan een instrument, waarmee de invloed van beheer op het lange termijn morfologisch gedrag van het mondingsgebied kan worden geëvalueerd.

1.2 OPBOUW VAN HET RAPPORT

In dit rapport staan de volgende onderwerpen centraal:

- de invloed van natuurlijke omstandigheden en ontwikkelingen op het lange termijn gedrag van het mondingsgebied van de Westerschelde;
- de invloed van bagger- en stortactiviteiten op het lange termijn gedrag van het mondingsgebied van de Westerschelde;
- modellering van het lange termijn gedrag van de Westerscheldemon.

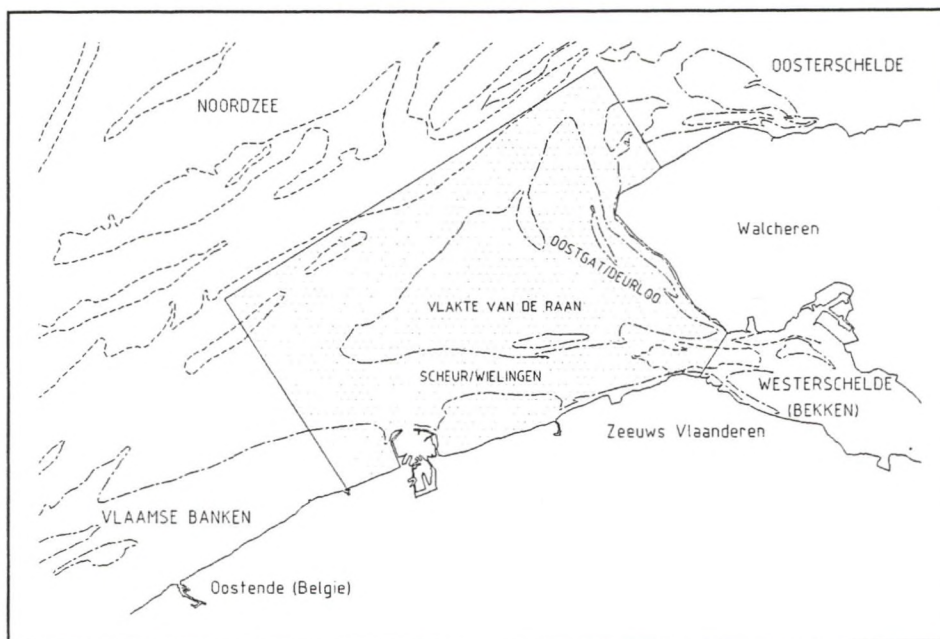
In dit kader zijn de in 1997 uitgevoerde K2000*KOP studies en een tweetal gehouden workshops geëvalueerd. Directe aanleiding voor dit rapport is de verslaglegging van de 9 januari 1998 gehouden workshop.

De uitgevoerde studies, die zijn gepresenteerd tijdens de workshop, worden samengevat in hoofdstuk 2, hierbij is vooral aandacht besteed aan de relaties met modellering van het lange termijn gedrag van de Westerscheldemon. Doel, opzet, inhoud en conclusies van de workshops zijn beschreven in hoofdstuk 3 en 4.

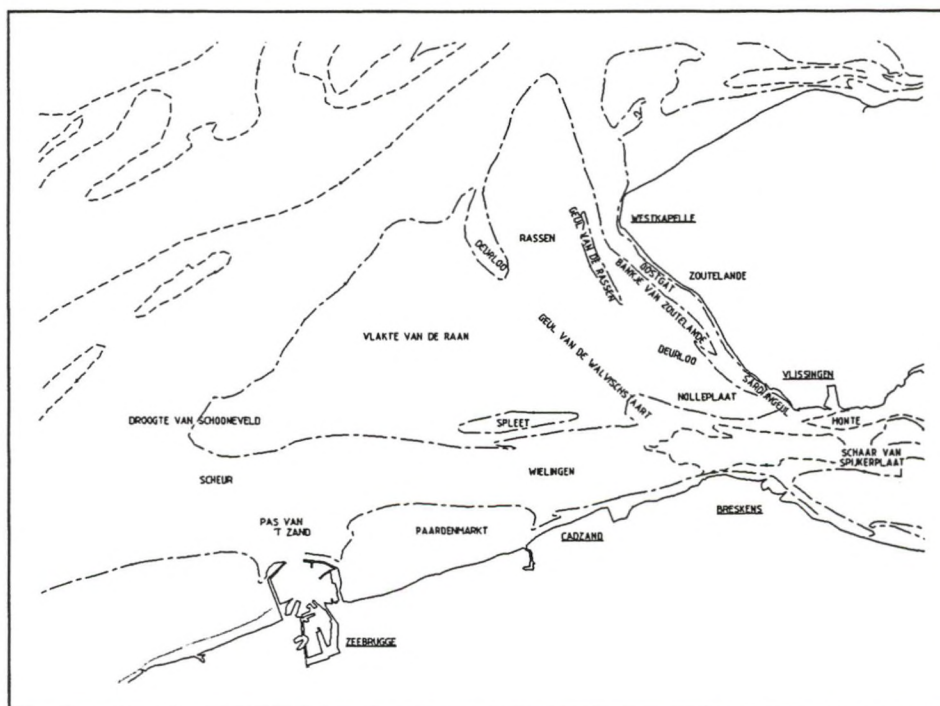
1.3 DEFINITIE STUDIEGEBIED

De westelijke grens van het mondingsgebied van de Westerschelde strekt zich globaal uit van de uitloop van de Scheur ter hoogte van Oostende (België) tot de uitloop van het Oostgat ten noorden van Westkapelle op Walcheren (de NAP -20 m dieptelijn). In dit laatste gebied is duidelijk sprake van een interferentie met het mondingsgebied van de Oosterschelde. Aan de oostzijde wordt in het algemeen de geografische lijn Vlissingen-

Breskens aangehouden als scheiding tussen de Westerschelde zelf en het mondingsgebied. In grote lijnen bestaat het gebied uit de geulenstelsels Wielingen/Scheur en Oostgat/Sardijngeul met Deurloo, met daartussen een uitgestrekt bankengebied, de Vlake van de Raan. De diepte van de grote geulen bedraagt op de meeste plaatsen tussen 15 en 20 m ten opzichte van NAP. De banken op de Vlake van de Raan hebben een diepte van ongeveer 5 m.



Figuur 1 Studiegebied en omgeving



Figuur 2 Geulen en banken in het studiegebied

2. K2000*KOP studies Westerscheldemon in 1997

2.1 GEDRAGSGEORIENTEERDE BENADERING (ASMITA)

Het doel van deze studie was het vaststellen van de invloed van zandwinning in de Westerschelde op de kustontwikkeling in het mondingsgebied. Behalve zandwinning zijn de invloeden van zeespiegelrijzing, vergroting van getijslag, verschillende bagger- en stort-scenario's tijdens en na de verdieping in de toekomst meegenomen. Voor een rapportage van de studie, zie Wang, 1997.

In de studie is gebruik gemaakt van een gedragsgeoriënteerd model op basis van het ASMITA-programma. Het model bevat zowel een schematisatie van het Westerschelde estuarium als een van het mondingsgebied.

ASMITA is een zogenaamd semi-empirisch model. Het model verdeelt een morfologisch systeem in verschillende morfologische elementen. Het is gebaseerd op de volgende aannamen:

- Voor ieder element in het model bestaat er een evenwichtssituatie als de hydrodynamische conditie gegeven is.
- Het netto sedimenttransport tussen de elementen kan beschreven worden door de algemene advectie-diffusie vergelijking. Een gevolg hiervan is dat er een overall evenwichtskoncentratie bestaat, die aanwezig is in het hele modelgebied wanneer alle elementen in evenwicht zijn.
- Wanneer een element uit evenwicht is, ontstaat er zandvraag of zandaanbod. Dit komt tot uitdrukking via een lokaal aangepaste evenwichtskoncentratie. De uitwisseling tussen bodem en water, en daarmee de morfologische verandering, is bepaald door het verschil tussen de lokale concentratie en de lokale evenwichtskoncentratie.

Het model is gekalibreerd aan de hand van metingen in de periode 1955-1994 in het estuarium en metingen in de periode 1970-1994 in het mondingsgebied. Zonder veel moeite is het model zodanig gekalibreerd dat het de morfologische ontwikkeling in het binnengebied zoals gerapporteerd door Uit den Boogaard (1995) goed reproduceert en de trend van morfologische veranderingen in het mondingsgebied (waar gegevens beperkt waren) goed weergeeft.

Bij de interpretatie van de rekenresultaten is de nadruk gelegd op het identificeren van effecten van natuurontwikkelingen en menselijke ingrepen in het estuarium zelf en op de aanliggende kusten in het mondingsgebied.

De resultaten van deze studie hebben een belangrijk bijdrage geleverd bij het opstellen van een zandwinadvies aan Directie Zeeland (zie Roelse, 1997). Dit zandwinadvies is besproken tijdens de workshop van 21 april 1997 (zie hoofdstuk 3).

2.2 GEOLOGISCHE OPBOUW

Het doel van deze studie was het bepalen van de invloed van de geologische opbouw op de morfologische ontwikkeling van de Westerscheldemon. Voor een rapportage van de studie, zie Spek, 1997.

De gevolgde werkwijze was een beschrijving van de geologische opbouw op basis van een analyse van beschikbare en aanvullende, nieuw verzamelde seismische lijnen en boringen.

Er is speciaal aandacht besteed aan het lokaliseren van stroomresistente lagen en de erosiebestendigheid hiervan.

De geanalyseerde gegevens zijn gebruikt om de invloed van de geologische opbouw op de morfologische ontwikkelingen te bepalen. Hieruit is geconcludeerd dat de geologische opbouw de morfologische ontwikkelingen wel kan vertragen, maar niet kan verhinderen.

Als de verzamelde geologische informatie wordt gebruikt bij modellering van het lange termijn gedrag van de Westerscheldemond, moet rekening worden gehouden met de volgende beperkingen:

- doordat het aantal en de lengte van de uitgevoerde boringen beperkt was kan in sommige gebieden de bodemopbouw afwijken van het geschetste beeld;
- hoewel bepaalde bodemlagen (bijvoorbeeld geconsolideerde klei) erosiebestendiger zullen zijn dan andere lagen (bijvoorbeeld zand) is de kritische bodemschuifspanning en erosiesnelheid hiervan niet exact bekend;
- Door dataschaarste (zowel geografisch als cartografisch) zullen de historische ontwikkelingen niet volledig gereconstrueerd worden.

2.3 ZANDBALANS OP GROTE TIJD- EN RUIMTESCHAAL

Het doel van deze studie was het kwantificeren van historische morfologische veranderingen. Voor een rapportage van de studie, zie Slikke, 1997.

De gevolgde werkwijze was het verzamelen en digitaliseren van historische dieptegegevens. Verder zijn de digitaal beschikbare lodingsgegevens in samenhang met bagger- en storthoeveelheden geanalyseerd.

De geanalyseerde gegevens zijn gebruikt voor het opstellen van een zandbalans voor de Westerscheldemonding over de periode 1969-1993. Hieruit blijkt dat in deze periode sprake is van een exporterend mondingsgebied.

De verzamelde en geanalyseerde data zijn belangrijk voor calibratie en verificatie van lange termijn modelconcepten. Belangrijke factoren die de nauwkeurigheid van de gevonden hoeveelheden beïnvloeden zijn:

- oudere gegevens zijn voornamelijk t.b.v. de scheepvaart verzameld. Dit betekent dat er waarschijnlijk meer metingen in geulen dan op platen beschikbaar zijn, en dat bovendien de gegevens gefilterd kunnen zijn op ondiepten;
- een belangrijk stortvak ligt vrij dicht bij de grens van het balansgebied zodat onduidelijk is of de hier gestorte hoeveelheden wel in het balansgebied blijven.

Om de data te kunnen gebruiken voor het vaststellen van grootte en richting van sedimentstromen zal een kleinschalige zandbalans worden opgesteld. Deze detailbalans zal gebaseerd zijn op kleinschalige morfologische eenheden. Om de richting en grootte van sedimentstromen te bepalen is echter extra kennis (gegevens) nodig over de uitwisseling tussen monding en aangrenzende gebieden.

2.4 GETIJANALYSE

Het doel van deze studie was het leggen van relaties tussen waterbeweging, morfologie en ingrepen. Voor een rapportage van de studie, zie Svašek, 1997a.

De gevolgde werkwijze was het verzamelen van de beschikbare meetgegevens en het analyseren van deze gegevens in samenhang met grootschalige ontwikkelingen en ingrepen.

De geanalyseerde meetgegevens zijn gebruikt voor een beschrijving van de belangrijkste veranderingen in de waterbeweging en de mogelijke oorzaken en gevolgen daarvan.

De verzamelde en geanalyseerde data zijn belangrijk voor de calibratie en verificatie van lange termijn modelconcepten. De belangrijkste factoren, die de kwaliteit van de gevonden veranderingen beïnvloeden, zijn:

- de meeste gegevens zijn opgenomen in havens en daarom relatief sterk beïnvloed door locale omstandigheden;
- bij de oudere gegevens bestaat onduidelijkheid over tijdstipregistratie en referentieniveau.
- Door dataschaarste (zowel hydraulisch als cartografisch) zullen de historische ontwikkelingen niet volledig gereconstrueerd kunnen worden.

Met het oog op lange termijn modellering is een beperking van de uitgevoerde analyse dat de gevonden relaties tussen waterbeweging, morfologie en ingrepen niet onderscheidend zijn. Zo wordt alleen een uitspraak gedaan over de gevolgen van een grootschalige menselijke ingreep in samenhang met natuurlijke ontwikkelingen. De invloed van louter de ingreep is met deze analyse niet te achterhalen.

2.5 GETIJRECONSTRUCTIE

Het doel van deze studie is het toetsen van hypothesen over de relaties tussen veranderingen in de waterbeweging enerzijds en veranderingen in grootschalige morfologische ontwikkelingen en ingrepen anderzijds. Voor een rapportage van de eerste fase van de studie, zie Svašek, 1997b.

De gevolgde werkwijze bij deze studie bestaat uit het onderzoeken van de gevoeligheid van de waterbeweging voor bepaalde ontwikkelingen (zoals diepteanpassing Vlake van de Raan) en ingrepen (zoals het verondiepen van Scheur/Wielingen of de aanleg van de stormvloedkering) met behulp van een 2DH-waterbewegingsmodel (KUSTSTROOK).

Tijdens een oriëntatiefase is met een rechtlijnige versie van het KUSTSTROOK-model (oktober 1997) onderzocht of veranderingen in de waterbeweging als gevolg van morfologische veranderingen überhaupt kwantificeerbaar zijn. Tijdens een tweede fase zullen berekeningen met een recent ontwikkelde kromlijnige versie van het KUSTSTROOK-model (januari 1998) worden uitgevoerd. De resultaten zullen worden geïnterpreteerd aan de hand van de getijanalysestudie. In tegenstelling tot de getijanalyse wordt nu wel de invloed van afzonderlijke ingrepen onderzocht.

Om op basis van 2DH-procesmodellen te komen tot kwantitatieve lange termijn voorspellingen zal het gebruikte waterbewegingsmodel minimaal gekoppeld moeten worden met een sedimenttransportmodel.

3. Workshop 21 april 1997

3.1 DOEL

Door het RIKZ is op 1 mei 1997 aan RWS Directie Zeeland een advies gegeven m.b.t. zandwinning in de Westerschelde (zie bijlage 1). Dit advies doet een uitspraak over de effecten van zandwinning in de Westerschelde op de kustontwikkeling in het mondingsgebied.

Voorafgaand aan het advies is een workshop gehouden met als doel verkennen van de onzekerheden in het zandwinadvies en aangeven in hoeverre verkleinen van deze onzekerheden van belang is voor de oplossing van de beheersproblematiek van het mondingsgebied van de Westerschelde.

3.2 OPZET

Aan de genodigden zijn vooraf de volgende vragen voorgelegd (zie ook bijlage 2):

- Welke hypothesen moeten zijn uitgewerkt om het advies te onderbouwen;
- Wat is de meerwaarde van het uitwerken van deze hypothesen voor de beantwoording van de beheersproblemen die verband houden met de erosieproblematiek van de zuidwest kust van Walcheren, die invloed van baggeren en storten in de monding op de kustontwikkeling van met name Zeeuws Vlaanderen, en de lange termijn ontwikkeling van de Westerschelde monding en de aangrenzende kusten.

De workshop bestond uit twee dagdelen. Tijdens het ochtendgedeelte is de eerste vraag behandeld, tijdens het middagedeelte de tweede vraag.

Na afloop is door de externe deelnemers een schriftelijke reactie op het zandwinadvies en de workshop geformuleerd. Deze reacties zijn gebundeld in bijlage 2.

3.3 EVALUATIE

Bij het zandwinadvies is gebruik gemaakt van zandbalansen en een gedragsgeoriënteerde benadering. Evaluatie is belangrijk voor het vertrouwen in het KUST*2000 programma. Deze evaluatie is uitgevoerd op basis van de schriftelijke reacties op het zandwinadvies en de workshop. Voor een definitie van de geografische aanduidingen wordt verwezen naar figuur 1 en 2.

De ontwikkeling van het mondingsgebied is niet los te zien van de ontwikkeling van het bekken. Daarnaast speelt ook de zanduitwisseling met aangrenzende kuststroken en de Noordzee een grote rol. Voor de ontwikkeling van de zuidwestkust van Walcheren en de kust van Zeeuws Vlaanderen zijn de ontwikkelingen in het mondingsgebied zelf van groot belang.

Bij het bepalen van de invloed van zandwinning in de Westerschelde (structureel onttrekken van zand aan het bekken) op het mondingsgebied is de zanduitwisseling tussen bekken en mondingsgebied de belangrijkste factor.

De invloed van ingrepen op de zandbeweging in het bekken is te beschrijven als de herverdeling tussen zandcirculatiecellen, die kunnen worden onderverdeeld in evenwichts-, overschots- en tekortgebieden. Dit is echter alleen mogelijk als sprake is van grootschalige ingrepen en een goedgedefinieerde evenwichtstoestand. De waterbeweging is het primaire

transportsysteem. Door een veranderende waterbeweging (o.a. in termen van eb/vloeddominantie) zal de evenwichtstoestand veranderen. Veranderingen in de voortplanting van de getijgolf zullen de zandbeweging in het bekken en de zanduitwisseling met het mondingsgebied beïnvloeden.

Uitgaande van de tekort-overschotbenadering zal de zanduitwisseling tussen bekken en mondingsgebied effect hebben op de kuststroken in het mondingsgebied als zand onttrokken wordt aan relatief kleinschalige zelfstandige zandcirculatiecellen in het mondingsgebied, waar de betreffende vooroevers of stranden deel van uit maken. Als deze cellen goede verbindingen hebben met andere cellen (grote transportcapaciteit over celgrens), dan zal de erosie zich over een groter gebied uitstrekken en daardoor nauwelijks merkbaar zijn. De zandbeweging in het mondingsgebied is momenteel nog niet voldoende beschreven. Het verband tussen de zandinhoud van de buitendelta en de stabiliteit van de kuststroken is bijvoorbeeld nog onzeker. Uitspraken over de effecten van zanduitwisseling van het mondingsgebied met aangrenzende gebieden op de kustontwikkeling zijn momenteel nog indicatief.

De kustontwikkeling in het mondingsgebied zal ook door grootschalige geul- en plaatontwikkelingen beïnvloed worden. Bij geulontwikkelingen in het mondingsgebied is de waterbeweging de belangrijkste factor. Naast het getij hebben in het mondingsgebied ook de golven invloed op de waterbeweging. De geulontwikkelingen kunnen vertraagd worden door de aanwezigheid van stroomresistente bodemlagen.

Concluderend kan worden gesteld dat bij het zandwinadvies de beschikbare kennis optimaal is ingezet, maar dat onzekerheden te onderkennen zijn. Om deze onzekerheden te verkleinen moeten

- de zandbeweging in het mondingsgebied,
- de relaties tussen veranderingen in waterbeweging, morfologie en ingrepen,
- en de aanwezigheid van stroomresistente lagen

beter beschreven worden. Dit zal een belangrijke bijdrage leveren aan het oplossen van de beheersproblematiek inzake de bagger- en stortstrategie en de erosie van de zuidwest kust van Walcheren. Bij de invulling van het KUST*2000 programma is daarom veel aandacht aan deze aspecten besteed (zie hoofdstuk 2).

4. Workshop 9 januari 1998

4.1 DOEL

Eind 1997 zijn een aantal deelstudies binnen K2000*KOP Westerscheldemon afgerond. Het doel van de workshop op 9 januari 1997 was tweeledig:

- informeren over het uitgevoerde onderzoek;
- bepalen van de samenhang van de verschillende deelstudies en disciplines; traceren van kennisleemten die aandacht verdienen met betrekking tot beheersvragen.

4.2 OPZET

De workshop bestond uit twee dagdelen. Tijdens het ochtendprogramma zijn de uitgevoerde deelstudies door de betrokken onderzoekers gepresenteerd. Naast de direct betrokkenen zijn ook vertegenwoordigers van het ministerie van de Vlaamse Gemeenschap, diverse ingenieurbureau's en belangstellenden binnen Rijkswaterstaat en het Nederlands Centrum voor Kustonderzoek uitgenodigd. Voor de inhoud van het ochtendgedeelte wordt verwezen naar hoofdstuk 2 en de rapportages van de studies. Tijdens het middagprogramma zijn de afgeronde deelstudies en vervolgvragen met een aantal betrokkenen besproken.

Ter voorbereiding op het middagprogramma zijn een aantal conclusies van de deelstudies en beschrijvingen van twee cases aan de genodigden toegezonden (zie bijlage 3). Tijdens het middagprogramma zelf zijn de volgende vragen voorgelegd:

- welke elementen dienen deel uit te maken van een over twee jaar aan de beheerder aan te bieden gereedschap om de beheersproblemen te beantwoorden;
- is het haalbaar om dit gereedschap te laten bestaan uit een computermodel waarmee de ontwikkelingen voor de komende 10 tot 50 jaar kunnen worden doorgerekend.

Zowel enkele fenomenen (zie paragraaf 4.3) als de modellering van het lange termijn gedrag van het mondingsgebied (zie paragraaf 4.4) zijn besproken.

4.3 FENOMENEN

Bodemsamenstelling

Naar aanleiding van de studie naar de geologische opbouw van het studiegebied wordt opgemerkt dat de morfologische veranderingen van de Westerscheldemon het gevolg zijn van veranderingen in de waterbeweging. De geologische opbouw speelt hierin een ondergeschikte rol. Dit wordt geïllustreerd met twee historische ontwikkelingen:

- Tot 1800 nam de toenmalige middengeul (Deurloo) in betekenis toe en nam de zuidelijke geul (Wielingen) af. Na 1800 vindt de tegenovergestelde ontwikkeling plaats. Nu is het zuidelijke geulstelsel Scheur/Wielingen het geulstelsel, waardoorheen het overgrote deel van het vullen en legen van het bekken plaatsvindt. De geologische opbouw geeft geen aanleiding tot een dergelijke ontwikkeling.
- Op basis van de beschikbare informatie wordt geconcludeerd dat het Bankje van Zoutelande uit zand bestaat. Het bankje is dus ontstaan als gevolg van hydraulische processen.

Hierop wordt gereageerd met de stelling dat de samenstelling van de ondergrond toch wel een belangrijke factor in de historische ontwikkelingen is. In dit verband wordt stroomresistentie van bepaalde bodemlagen als een belangrijke eigenschap genoemd. Deze

beïnvloedt namelijk de erosiesnelheid van de gebieden waar deze bodemlagen voorkomen. De samenstelling van de bodem en de locatie van bijvoorbeeld Boomse Klei (meest stroomresistente materiaal) is vastgesteld. Onderzoek naar het verband tussen kritische bodemschuifspanning en erosiesnelheid van deze materialen (in termen van bijvoorbeeld bezwijkspanning) heeft voorzover bekend nog geen praktisch bruikbare relaties opgeleverd.

Momenteel bestaat de bodem van een aantal diepe geulen in het mondingsgebied uit stroomresistent materiaal. Het lijkt wel of de geulen tegen een ondergrond aan zijn gaan liggen waar ze niet verder kunnen. Dit verklaart echter niet de genoemde historische functiewisseling van Deurloo en Wielingen. De mogelijkheid van een cyclisch gedrag in deze wisseling wordt genoemd. Hiervoor zijn echter geen aanwijzingen.

Geulontwikkelingen

Er zijn verschillende aanwijzingen dat de geulontwikkelingen in het mondingsgebied beïnvloed zijn door ontwikkelingen in het Westerscheldeestuarium. De impuls van de ebstroom, het getijvolume, het faseverschil tussen horizontaal en verticaal getij worden als belangrijke parameters genoemd. Over de invloed van elk van deze parameters op de waterbeweging en morfologie van het mondingsgebied bestaat verschil van mening. Opgemerkt wordt dat duidelijk onderscheid moet worden gemaakt tussen verschillende tijd- en ruimteschalen. De invloed van de volgende ontwikkelingen is besproken:

- Op een tijdschaal van eeuwen lijkt de berging in het estuarium tot 1650 toe te nemen gepaard gaand met grotere getijvolumina door het mondingsgebied. Na 1650 volgt uit reconstructies dat het getijvolume ongeveer constant is gebleven (zie Spek, 1997b). Wel is door inpolderingen en verdiepingen een faseverschuiving tussen horizontaal en verticaal getij opgetreden die het stroombeeld in het mondingsgebied beïnvloed zal hebben.
- De afgelopen honderd jaar is een vervroeging en een toename van de amplitude van het getij bij Vlissingen opgetreden.
- De orientatie en omvang van de geulen in het overgangsgebied tussen Westerschelde en mondingsgebied (rond de geografische lijn Vlissingen-Breskens) zijn in de loop der tijd veranderd.

Met name bij de invloed van de impuls van de ebstroom wordt vrij lang stilgestaan. De directe invloed hiervan wordt te beperkt verondersteld om in een uitgestrekt gebied als de Westerscheldemon een geul te onderhouden. Wel kan door een verandering van de impuls van de ebstroom een gedeelte van een geulwand eroderen. Als tijdens hoogwater (grootste diepte) door de kortere afstand over ondiep gebied hierdoor voldoende grote verhangen en snelheden ontstaan, kan de geul zich verder ontwikkelen. Er bestaat verschil van mening of dit mechanisme een rol heeft gespeeld in de ontwikkeling van de Geul van de Walvischstaart of dat deze ontwikkeling is gedomineerd door het Noordzeegetij.

Ontwikkeling Oostgat en zuidwestkust van Walcheren

Naar aanleiding van de verhouding tussen de invloed van golven en getij op de waterbeweging wordt doorgesproken over de ontwikkeling van het Oostgat en de zuidwestkust van Walcheren. Over de processen die deze ontwikkeling bepalen bestaat geen eenduidig beeld. Ook de reden voor de (stabiele) ligging van het Bankje van Zoutelande is nog onbekend. Zowel getij, golven, kustlijnhandhaving en de aanwezigheid van (minder) stroomresistente delen worden genoemd als mogelijk belangrijke factoren.

4.4 BENODIGD ADVIESGEREEDSCHAP

Uit de discussie blijkt dat iedereen de waterbeweging als de belangrijkste factor in morfologische ontwikkelingen beschouwt. Daarom wordt gesteld dat het te ontwikkelen adviesgereedschap in ieder geval uit een 2DH-waterbewegingsmodel moet bestaan, omdat hierin alle genoemde hydraulische karakteristieken (Noordzeegetij, nietlineaire effecten; faseverschil tussen horizontaal en verticaal getij, getijvolume, vervallen, snelheden en impuls) worden samengeballd.

Ter nuancering wordt opgemerkt dat voor het zandtransport m.n. de getijasymmetrie en golfwerking van belang zijn. De ervaring is dat getijasymmetrie in waterbewegingsmodellen niet altijd goed gereproduceerd wordt en nauwkeurige afregeling behoeft.

Over deze nuancering blijkt verschil van mening te bestaan. In de Waddenzee zijn studies uitgevoerd die erop wijzen dat getijasymmetrie de belangrijkste factor in het sedimenttransport is (zie Ligtenberg, 1998). De Westerscheldemon is echter veel grootschaliger. In dit gebied zou de reststroming relatief meer invloed kunnen hebben. Er wordt vastgesteld dat bij de calibratie van een eventueel 2DH-waterbewegingsmodel in ieder geval wel aandacht moet worden besteed aan de getijasymmetrie.

Vervolgens wordt de vraag opgeworpen of een goed 2DH-waterbewegingsmodel voldoende is om uitspraken te kunnen doen over de komende 50 jaar.

Een 2DH-waterbewegingsmodel is geen morfologisch model in de zin dat waterbeweging en morfologie (terug)gekoppeld zijn, maar een model dat een indicatie kan geven over initiele morfologische veranderingen. Veronderstelde relaties tussen waterbeweging, morfologie en ingrepen kunnen getoetst worden met een 2DH waterbewegingsmodel. Daarmee wordt het model ingezet bij het zoeken naar verklaringen van waargenomen historische veranderingen. Voor een lange termijn voorspelling (termijn langer dan 5 jaar) lijkt kennis over de invloed van morfologische veranderingen op de waterbeweging noodzakelijk.

Bij de interpretatie van de modelresultaten moet apart aandacht worden besteed aan de sedimentopwoeling door golven. Windopzet en golven zullen de waterbeweging het sterkst beïnvloeden tijdens stormsituaties.

4.5 MODELLERING VAN HET LANGE TERMIJN GEDRAG

De wens wordt uitgesproken om over 2 jaar over een instrument te beschikken waarmee de ontwikkelingen in het mondingsgebied in 10 tot 50 jaar met behulp van een computer bepaald kunnen worden. Dit instrument zou dus ook in staat moeten zijn om de ontwikkelingen in de afgelopen, zeg, 30 jaar te reproduceren. De vraag is of en hoe deze wens gerealiseerd kan worden.

In reactie hierop worden bestaande methodieken als voorbeeld gegeven. Eén van de mogelijkheden is om een cascade van modellen op te zetten. Met een procesmodel (waarin waterbeweging, golven, sedimenttransport gekoppeld zijn) kan een initieel resttransport worden berekend. Hiermee kunnen parameters in veronderstelde gedragsrelaties (koppeling hydraulica - sedimenttransport) worden geschat. Dit gedragsmodel berekent dan vervolgens de bodemveranderingen voor een periode van 50 jaar. Deze methodiek is bijvoorbeeld ingezet bij de Maasvlakteproblematiek (zie Walstra, et al., 1997). De tijdschaal kan worden uitgebreid tot zo'n 200 jaar als tenslotte het in 2.1 beschreven gedragsmodel ASMITA aan de cascade wordt toegevoegd.

De vraag is echter of de modelresultaten voldoende vertrouwd mogen en begrepen kunnen worden en of alle invloeden op de waargenomen ontwikkelingen (klimaat, getij & golven, sediment en mens) hiermee voldoende beschreven kunnen worden.

Een aantal algemene aandachtspunten bij verdere modelontwikkeling wordt genoemd:

- er moet een aantal scenario's doorgerekend kunnen worden (ten behoeve van gevoeligheidsonderzoek);
- het model moet door meerdere specialisten gebruikt kunnen worden (gebruikersvriendelijkheid en beschikbaarheid van up-to-date handleidingen);
- gebruik van het model moet inzichtverhogend zijn (het gaat niet zozeer om het modelresultaat alswel om de interpretatie van het modelresultaat).

Gezien de genoemde punten wordt geadviseerd o.a. aandacht te besteden aan gebruikersvriendelijkheid. Verder wordt genoemd dat in een waterbewegingsmodel naast de getijbeweging ook de invloed van wind en golven bepaald moet kunnen worden. Een zandbewegingsmodel moet ook rekening houden met de ruimtelijke variatie in korrel diameter en stroomresistentie. In een morfologisch model moet de mogelijkheid om interactief ingrepen te plegen (baggeren en storten) aanwezig zijn.

4.6 EVALUATIE

Om het lange termijn gedrag van het mondingsgebied goed te beschrijven dient aan de volgende onderwerpen aandacht te worden besteed:

- de zandbeweging in het mondingsgebied en de uitwisseling met omliggende gebieden;
- de relaties tussen veranderingen in waterbeweging, morfologie en ingrepen.

Momenteel wordt hieraan tegemoet gekomen door een kleinschalige zandbalans op te stellen en een getijreconstructie uit te voeren.

Genoemd ideaal: één computermodel dat alle morfologische ontwikkelingen in een tijdsbestek van 10 tot 50 jaar goed reproduceert en voorspelt is niet binnen 2 jaar te realiseren. Wel kan een mix van meerdere modellen, gebaseerd op verschillende concepten worden ingezet. Beschikbare modellen worden hier kort besproken. Aanbevelingen voor verdere ontwikkeling worden in hoofdstuk 5 gegeven.

procesmodellen

Over de bruikbaarheid van ééndimensionale (proces)modellen bestaan verschillende opvattingen. Het opstellen van een ééndimensionaal netwerk, dat de geulen met elkaar verbindt, wordt bemoeilijkt doordat in een aantal delen van het studiegebied geen duidelijke eb/vloedstroomrichting kan worden onderscheiden.

De momenteel bij Rijkswaterstaat operationele 2DH-waterbewegingsmodellen (WAQUA) waar het mondingsgebied van de Westerschelde deel van uitmaakt zijn in volgorde van toenemend detail: CSM, ZUNOWAK, KUSTSTROOK en SCALWEST. De zeewaartse begrenzing van het SCALWEST-model ligt echter in het studiegebied en is daarom beperkt bruikbaar. Het meest gedetailleerde gebiedsdekkende model is KUSTSTROOK. In het mondingsgebied variëren de roosterafmetingen van dit model tussen de 200 en 2000 meter. Dit model wordt momenteel bij de getijreconstructie toegepast. Voor een aantal toepassingen, o.a. het berekenen van zandtransporten is dit model (nog) niet geschikt (zie hoofdstuk 5). Met betrekking tot golfmodellering kan mogelijk gebruik gemaakt worden van een studie naar de maatgevende golf randvoorwaarden voor een 100-tal dijkvakken in Westerschelde en monding (zie ALKYON, 1998). In die studie is het golfmodel SWAN ingezet.

gedragsmodellen

Om invloed van grootschalige bagger- en stortactiviteiten in de Westerschelde op de

morfologische ontwikkelingen in het mondingsgebied van de Westerschelde te beschrijven is een tekort-overschotbenadering toegepast (Wang, 1997). Het model kan verbeterd worden als de beschikbare data en kennis, benodigd voor calibratie en definitie van de coëfficiënten in het model worden uitgebreid. Hiervoor zijn nodig meer jaargangen met digitale lodingsgegevens en meer kennis over de hydrodynamica, evenwichtsrelaties en sedimenttransporten in het gebied. Met andere morfologische computermodellen is in het mondingsgebied van de Westerschelde nog geen ervaring opgedaan. Evenals voor de tekort-overschotbenadering geldt voor alle gedragsmodellen dat een fysische onderbouwing noodzakelijk wordt geacht.

5. Discussie / Aanbevelingen

Om te komen tot zinvolle lange termijn (10-50 jaar) beheersvoorstellen voor het mondingsgebied van de Westerschelde is, naast kennis van de werking van de monding als morfologisch systeem, een instrument gewenst om die voorstellen te toetsen. Het onderzoeksprogramma maakt geen direct onderscheid tussen kennis- en instrumentontwikkeling maar onderkent dat inzage in de dominante rol van het getij zeker deel uit moet maken van een toetsinstrument.

Om tot inzicht in de relatie tussen getij en morfologische structuur te komen, zullen drie activiteiten moeten worden uitgewerkt:

- kwalitatieve analyse van ontwikkeling van de morfologische structuur van het gebied uit het verleden naar de huidige situatie;
- analyse van de ontwikkeling van het getij uit beschikbare getijgegevens;
- simulatie van bepaalde (historische) situaties met een mathematisch getijmodel.

Met het inzicht in het functioneren van bijvoorbeeld het Deurloo-Oostgat-systeem moet het mogelijk zijn om die kennis om te zetten in een onderbouwde lange termijn toekomstverwachting van het mondingsgebied. Het geeft tevens richting aan modelontwikkeling.

Zoals ook in het onderzoeksprogramma KUST*2000 is aangegeven, richt modelontwikkeling zich op gedragsmodellen en procesmodellen. Bij procesmodellen wordt gedacht aan een combinatie van getij-, golf- en sedimentmodules waarmee initiële sedimenttransporten kunnen worden bepaald. Door aan deze modelketen een bodemveranderingsmodule toe te voegen kan een dynamische terugkoppeling (bodemverandering beïnvloedt getijbeweging, en vice versa) worden gesimuleerd. RWS beschikt momenteel nog niet over een dergelijk modelinstrumentarium. Realisatie op termijn van 2 jaar, als realisatie überhaupt gewenst is, wordt onmogelijk geacht. Beperking tot initiële berekeningen waarbij bestaande getij- (WAQUA) en golf- (SWAN) modellen worden ingezet is wel realiseerbaar.

Bij de ontwikkeling van gedragsmodellen zal de nadruk moeten liggen op gebiedsbeschrijving (fenomenologie), statistische analyse van morfologische en hydraulische ontwikkelingen en evenwichtsrelaties (structuurbepaling in fenomenologie). Bestaande evenwichtsrelaties voor het Westerscheldeestuarium zullen moeten worden uitgebreid naar de monding. Doordat in delen van het mondingsgebied geen duidelijk onderscheid te maken is tussen geulen en banken (geen duidelijke hoofdstroomrichting), lijkt een uitbreiding naar een tweedimensionale ruimtelijke beschouwing zinvol. Daarnaast dienen bestaande evenwichtsrelaties te worden uitgebreid met golfinvloeden en de aanwezigheid van stroomresistente bodemlagen. Een gedragsmodel op basis van gebiedskennis, statistische analyse en evenwichtsrelaties is op termijn van 2 jaar te realiseren.

Een belangrijk aspect bij modelontwikkeling en bij het opdoen van systeemkennis is de mogelijkheid om gegevens te visualiseren. Een pakket voor 3D presentaties en animaties voor Westerscheldemonddtoepassingen is onontbeerlijk. Dit middel geeft inzicht aan beheerder en onderzoeker.

Voor de interpretatie van lange termijn modelresultaten is de inzet van experts onontbeerlijk. Toetsing van beheersscenario's kan niet beperkt blijven tot een enkele modeltoepassing. Het is belangrijk dat resultaten van proces- en gedragsmodellen blijvend worden geconfronteerd met specialistische kennis van de Westerschelde en haar monding. Discussies tijdens workshops en colloquia zijn daarvoor een adequaat middel gebleken.

Referenties

- ALKYON, 1998
Ligtenberg, 1998
Roelse, 1997
Slikke, 1997
Spek, 1997
Spek, 1997b
Svašek, 1995
Svašek, 1997a
Svašek, 1997b
Walstra, et al., 1997
Wang, 1997
- ALKYON; Golfberekeningen Westerschelde 2, A224
Ligtenberg, L.; De rol van het getij bij de aanzanding van het Marsdiep, voor en na de afsluiting van de Zuiderzee, RIKZ/OS-98.106X
Roelse, P.; Effecten zandwinning in de Westerschelde, RIKZ/AB-97.822X
Slikke, M.J. van der; Grootschalige zandbalans van de Westerscheldemoning (1969-1993); Een inventarisatie van de dieptegegevens (1800-1996), IMAU rapport R7-18
Spek, A.J.F. van der; De geologische opbouw van de ondergrond van het mondingsgebied van de Westerschelde en de rol hiervan in de morfologische ontwikkeling, NITG/TNO 97-284-B
Spek, A.J.F. van der; Tidal asymmetry and long-term evolution of Holocene tidal basins in the Netherlands: simulation of palaeotides in the Schelde estuary, Marine Geology 141 (1997), pp71-90
Ingenieursbureau Svašek B.V.; Definitiestudie Westerscheldemon, RWS nota RKZ-256
Ingenieursbureau Svašek B.V.; Getijanalyse Westerscheldemon, rapport 97462/1029
Ingenieursbureau Svašek B.V.; Oriëntatiefase getijreconstructie Westerscheldemon, rapport 97467/1034
Walstra, Reniers, Roelvink, Wang, Steetzel, Aarninkhof, van Holland en Stive; Grootschalige lange-termijn effecten van Maasvlakte-2 en gerelateerde zandwinningsvarianten; Morfologische effecten op de Nederlandse kust van Zeeuws-Vlaanderen tot Den Helder over een periode van 300 jaar, ALKYON|WL, rapport Z2255/A194
Wang, Z.B.; Morfologische Interactie Westerschelde Estuarium en het Mondingsgebied, Asmita Westerschelde, Een gedragsgeoriënteerde modellering, WL rapport Z2253

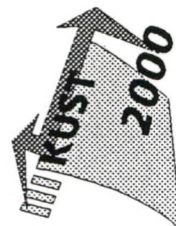
Bijlage 1 Werkdocument RIKZ/OS-97.119X

Werkdocument

Ministerie van Verkeer en Waterstaat

Directoraat-Generaal Rijkswaterstaat

Rijksinstituut voor Kust en Zee / RIKZ



Aan

Rijkswaterstaat- dir. Zeeland,
t.a.v. drs. S. Huijs (NWL)
Postbus 5014,
4330 KA Middelburg.

Van

P. Roelse en D.W. Dunsbergen

Datum

1 april 1997

Nummer

RIKZ/OS-97.119X

Onderwerp

Effect Zandwinning Westerschelde, samenvatting advies

Doorkiesnummer

0118-672300 / 070-3114233

Bijlage(n)

1

Project

KUST*2000/VERDIEP

1. Inleiding

De zandwinning in de Westerschelde wordt door de beheerder Rijkswaterstaat-directie Zeeland geregeld via vergunningen aan particuliere concessiehouders en aan andere overheden.

Om eind 1997 tot een eventuele wijziging van het zandwinbeleid voor de Westerschelde te kunnen besluiten heeft de beheerder vragen aan RIKZ gesteld over de mogelijke gevolgen van de zandwinning. Bijlage 1 bevat deze vragen.

De beantwoording van de vragen moet voor 1 april 1997 plaats vinden, de onderbouwing wordt opgenomen in een rapportage die voor 1 mei 1997 gereed zal zijn.

Het voorliggende werkdocument bevat de beantwoording van de gestelde beheersvragen. Hierbij is gebruik gemaakt van huidige kennis opgedaan in de projecten OOSTWEST en KUST*2000. Dit betreft zowel fenomenologische kennis als de resultaten van rekenmodellen. Speciaal voor het zandwinadvies is een ASMITA-versie (Aggregated Scale Morphological Interaction in Tidal inlet system) voor de Westerschelde gemaakt en toegepast. Dit model is een gedragsgeoriënteerde benadering van de morfologische ontwikkeling van Westerscheldeestuarium en -monding.

2. Uitgangspunten, aannamen

De effecten van zandwinning zijn afgezet tegen de effecten van de natuurlijke ontwikkeling (zoals zeespiegelstijging en getijslagvergroting) en de effecten van vaargeulverdieping in de periode 1997-2000 en vaargeulonderhoud na 2000, waarbij de vrijkomende baggerspecie in het westelijke deel van de Westerschelde wordt gestort.

Tot de baggerspecie is alleen zand gerekend. Het baggeren en storten van slib uit de havens langs de Westerschelde is niet in de beschouwingen meegenomen.

Wordt gesproken van baggerwerk dan kan dat zijn ten behoeve van:

-zandwinning (orde $2\frac{1}{2} 10^6 \text{ m}^3/\text{jaar}$), waarbij sediment aan het estuarium wordt onttrokken en

-verdieping en onderhoud van de vaargeul (orde $10 10^6 \text{ m}^3/\text{jaar}$), waarbij sediment in de Westerschelde en/of de mond wordt verplaatst.

Voor de korte termijn is de periode tot 2010 beschouwd; voor de lange termijn tot 2100.

Wordt gesproken van het estuarium, dan wordt bedoeld het gebied ten oosten van de lijn Vlissingen-Breskens. De mond refereert aan het gebied ten westen van deze lijn.

3. Mond Westerschelde

Algemene vraag:

Wat is het effect van de zandwinning in de Westerschelde op de aangrenzende kuststroken van ZW-Walcheren en Zeeuws Vlaanderen in het mondingsgebied?

3.1 Vraag:

- . Zandwinning heeft op langere termijn door het in één richting continu onttrekken van sediment een verruimende invloed op het estuarium. Heeft dit effect op de import van extra sediment vanuit het buitengebied? Zo ja, hoe groot is de invloed van de zandwinning op de import en op welke tijdschaal is dit van belang?*

Antwoord:

Het effect van zandwinning in het estuarium op de monding hangt af van de plaats waar het sediment wordt onttrokken. Wordt de zandwinning in het oostelijke deel van het estuarium geconcentreerd, dan heeft dit geen noemenswaardige morfologische effecten op de morfologie van de mond. Wordt het zand onttrokken aan het westelijke deel van het estuarium (bijvoorbeeld indirect door baggerspecie aan de zandhandel te leveren) dan gaat een zeer klein gedeelte van de onttrokken hoeveelheid ten koste van het zandvolume in de mond.

Korte termijn:

Het huidige -mogelijk verwaarloosbare- netto transport van de mond naar het estuarium vermindert door het storten in het westelijke deel van het estuarium en slaat na enkele decennia om in een transport van het

estuarium naar de mond. Op korte termijn heeft zandwinning in het oostelijke deel van het estuarium hierop geen invloed. Ook zandwinning in het westelijke deel heeft geen noemenswaardige invloed. Op korte termijn worden derhalve geen significante morfologische effecten in de mond verwacht ten gevolge van zandwinning in de Westerschelde.

Lange termijn:

Ook op lange termijn heeft zandwinning in het oostelijke deel van de Westerschelde nauwelijks gevolgen voor het zandvolume van de mond. Zandwinning in het westelijke deel heeft wel een merkbare invloed op het zandvolume van de mond. Door het in de voorgenomen verdieping en het onderhoudsbaggeren vrijgekomen zand in het westelijk deel te storten zal de Westerschelde naar verwachting over enkele decennia zand naar de mond gaan exporteren. Door zandwinning in het westelijke deel zal het omslagpunt ongeveer tweemaal zo lang op zich laten wachten. De reden hiervoor is dat de vermindering van het zandvolume in de mond (tgv de zandwinning in het westelijk deel) aanzienlijk kleiner is dan de verwachte zandexport van de Westerschelde naar de mond door de verdiepings- en onderhoudsbaggerwerken. Het nettoeffect op lange termijn blijft een sedimenttransport van estuarium naar de mond.

3.2 Vraag:

- . Waar komt het geïmporteerde zand vandaan? Is dit rechtstreeks van de kuststroken of vanuit de voordelta? Wat is vervolgens de invloed van eventuele veranderingen van de voordelta op de kustontwikkeling?*

Antwoord:

Het bankengebied in de mond reageert direct op de im- of export van de Westerschelde. Door het storten in het westelijke deel ondergaat het bankengebied in de mond na enkele decennia van enige uitruiming (periode van import naar het estuarium) een forse sedimentatie (periode van export uit het estuarium).

In de periode van export reageren het Oostgat en de kuststrook van Zeeuwsch-Vlaanderen vrij direct (sedimentatie). De kuststrook van Zeeuwsch-Vlaanderen profiteert hiervan waarschijnlijk het meest.

Korte termijn:

Zandwinning in de Westerschelde heeft op korte termijn geen significant meetbare invloed op het zandvolume van de mond (zie 3.1).

Lange termijn:

Op lange termijn is er nauwelijks invloed bij winning in het oostelijke deel, de sedimentatie in de mond vermindert iets. Winning in het westelijke deel, onafhankelijk van de verdiepingsactiviteiten, gaat ten koste van het zandvolume in de kuststroken. De storting van vrijgekomen verdiepingszand in het westelijk deel heeft op lange termijn een sedimentatie in de monding tot gevolg. De storting gecombineerd met winning in het westen zal deze verwachte sedimentatie aanzienlijk doen verminderen. De sedimentatie van de kuststroken blijft gehandhaafd door de netto export uit het estuarium naar de monding.

3.3 Vraag:

- . Hoe moet je bij de huidige en verwachte relatieve zeespiegelstijging omgaan met de zandwinning in relatie tot de kustontwikkeling (sedimentbeschikbaarheid)? Waar staan we op dit moment in deze ontwikkeling?*

Antwoord:

De effecten van zandwinning in de Westerschelde zijn in de mond zeer gering in vergelijking met de effecten van zandwinning in het estuarium zelf. De effecten in de mond zijn pas op lange termijn merkbaar en alleen bij onttrekken in het westelijke deel van dezelfde orde van grootte als de effecten van een versnelde zeespiegelstijging. De invloed van zeespiegelstijging op de kustontwikkeling is niet duidelijk, doch lijkt verwaarloosbaar klein.

Opm.: We spreken hier over indirecte invloed van zeespiegelstijging op de kustontwikkeling: de reactie van de kust op de morfologie van de mond. De directe invloed -erosie door profielaanpassing (ook wel bekend als de Bruun regel)- is hier buiten beschouwing gelaten.

De kusterosie van ZW Walcheren en Zeeuwsch-Vlaanderen is gering in verhouding tot andere erosieve trajecten van de Nederlandse kust, zoals bijvoorbeeld Texel en Schouwen. De erosie van Walcheren lijkt eerder af dan toe te nemen.

Door de zeer geringe volumeveranderingen van stranden en vooroevers in vergelijking met de volumeveranderingen in het hele mondingsgebied en de Westerschelde en in vergelijking met de nauwkeurigheid van de volumeberekeningen zijn relaties tussen de kustontwikkeling en de morfologie van de Westerschelde en de mond moeilijk aan te geven.

3.4 Vraag:

- . Wat zijn de meest geschikte lokaties voor zandwinning met het oog op minimale effecten voor de kuststroken van ZW-Walcheren en Zeeuws Vlaanderen?*

Antwoord:

Door natuurlijke ontwikkeling, vaargeulverdieping en vaargeulonderhoud zal de import naar het estuarium omslaan in een export naar de mond. Dit heeft een positief effect op de kuststroken van ZW-Walcheren en Zeeuws Vlaanderen. Deze omslag wordt niet merkbaar beïnvloed door zandwinning in het oostelijke deel. Wordt het handelszand aan het westelijke deel onttrokken, dan wordt het positieve effect op de kuststroken vertraagd.

4. Westerschelde estuarium

Algemene vraag:

Hoe moeten we omgaan met het zandwinbeleid na 1997?

4.1 Vraag:

. Moet rekening worden gehouden met versnelde zeespiegelstijging?

Antwoord:

Het IPCC verwacht dat bij het scenario "business as usual" de zeespiegelstijging in de komende eeuw tussen 0,35 en 0,85 m bedraagt. Het is dus verstandig hiermee rekening te houden bij lange termijn strategieën.

Zeespiegelstijging veroorzaakt zandhonger in zowel het estuarium als in de monding. De extra zandhonger in het estuarium ten gevolge van een mogelijk versnelde zeespiegelstijging wordt niet meteen gecompenseerd door extra import bij de monding. Er is sprake van een beperkte netto transportcapaciteit van het estuarium. Het systeem heeft lange tijd nodig (eeuwen) om een nieuw dynamisch evenwicht in te stellen.

4.2 Vraag:

. Moeten hoeveelheden worden afgebouwd of moet er zelfs gestopt worden? Hoe urgent is dat?

Antwoord:

Korte termijn:

De effecten van zandwinning in de Westerschelde op de Westescheldemon- ding zijn op korte termijn vrij gering in vergelijking met de huidige ontwikkeling van het totale zandvolume en in vergelijking met de voorgenomen bagger- en stortwerken. Zou de zandwinning voorlopig nog worden toegestaan en later moeten worden gestopt vanwege een lokale ongunstige ontwikkeling van het zandvolume, dan kan deze waarschijnlijk worden bijgestuurd met de bagger- en stortwerken. Het op zeer korte termijn afbouwen of stoppen lijkt derhalve niet noodzakelijk.

Lange termijn:

Op lange termijn zijn de effecten van menselijke ingrepen en natuurlijke invloeden het grootst in het oostelijke deel. Alle hebben een verruiming tot gevolg. De baggerwerken hebben hierin het grootste aandeel, gevolgd door de zandwinning en daarna de natuurlijke invloeden.

Een verruiming van het oostelijke deel hoeft echter niet te betekenen dat de (voornamelijk natuur-)functies van platen, slikken en schorren negatief worden beïnvloed.

Door getijslagvergroting verruimen de geulen. Hierbij komt genoeg materiaal vrij om te voldoen aan de zandvraag van de platen ten gevolge van zeespiegelstijging en getijslagvergroting. In de afgelopen periode is zelfs een extra toename van het plaatvolume (en plaatareaal) opgetreden. Toen werd veel baggerspecie vlakbij de platen in de vloodscharen gestort. De vergroting van het plaatareaal is echter ten koste gegaan van het areaal ondiepwatergebied.

In de toekomst zal de baggerspecie naar het westelijke deel worden afgevoerd. Dit zal in mindering komen van het zandaanbod door getij-

slagvergroting. Momenteel is niet duidelijk waar dit het sterkst merkbaar zal zijn. Kunnen de platen de waterstandsverhoging niet bijhouden, of neemt de plaatoppervlakte af? In het laatste geval rijst de vraag of de ondiepwaterarealen nog verder kunnen afnemen, gezien de al vrij steile hellingen.

In het (extreme) geval dat na 2000 niet meer wordt gebaggerd, wijkt de ontwikkeling van het zandvolume nauwelijks af van de ontwikkeling bij voortzetting van de huidige ingrepen.

Zoals te verwachten heeft het onttrekken van alle baggerzand aan de Westerschelde een enorme invloed ten opzichte van storten in het westen. Er ontstaat dan geen export naar de mond, doch de import neemt toe. Dit als reactie op het verruimen van alle delen, met name het westelijke en het middelste deel.

4.2 Vraag:

. Welke alternatieve zandwinplaatsen zijn er (ook buiten de Westerschelde)?

Antwoord:

Door de bagger- en stortwerken neemt de zandinhoud van het oostelijke deel aanzienlijk af. In het westelijke deel wordt zoveel zand geborgen dat de zandimport van de Westerschelde overgaat in zandexport naar de mond. Door het zand voor de handel niet aan het oostelijke, maar aan het westelijke deel te onttrekken neemt deze export aanzienlijk af. Het zandvolume van het oostelijke deel loopt hierdoor minder verlies op. Gezien de snelle uitwisseling tussen het westelijke deel en het bankengebied in de mond lijkt op lange termijn geen bezwaar tegen het onttrekken van handelszand aan dit bankengebied. Het systeem is in staat de verschillen ten opzichte van onttrekken aan het westelijke deel van de Westerschelde snel te vereffenen.

Buiten de Westerschelde en haar monding kan zonder bezwaar zand worden gewonnen in de Noordzee. Het betreft hier wel een andere zandsoort, zodat dit voor de vraag naar specifiek "Westerscheldezand" geen bruikbaar alternatief is.

Het verschil in zandsoort zal minder aan de orde zijn bij zandwinning in de Voordelta, waar door de afsluiting van de zeegaten een zandoverschot is ontstaan. Zandwinning is hier echter niet toegestaan.

4.3 Vraag:

. Op korte termijn kan door zandwinning gestuurd worden in de baggerhoeveelheden en -lokaties. Welke lokaties zijn dan het meest geschikt?

Antwoord:

Zoals reeds vermeld is zandonttrekking aan het westelijke deel aanzienlijk gunstiger voor de verhouding van de zandvolumes in de diverse delen van de Westerschelde dan zandwinning in het oostelijke deel. Aan een nadere detaillering van zandwinlokaties is in de huidige fase van de projecten K2000*KOP en VERDIEP nog onvoldoende aandacht geschonken

voor het doen van uitspraken.

Opm.: Gezien de doelstelling tot minimalisering van de ingrepen in het estuarium verdient het betrekken van het handelszand van de baggerwerken in het oostelijke deel verre de voorkeur boven winnen in het westelijke deel. De baggerinspanning en het aantal scheepsbewegingen nemen hierdoor af.

5. Samenvatting

Het Westerscheldeestuarium en de Westerscheldemon zullen verruimen door natuurlijke ontwikkeling (zoals zeespiegelstijging en getijslagvergroting) en voortzetting van het huidige bagger- en stortbeleid. Ten gevolge van vaargeulverdieping in de periode 1997-2000 en vaargeulonderhoud na 2000, waarbij de vrijkomende baggerspecie in het westelijke deel van de Westerschelde wordt gestort, zal over enkele decennia de import naar het estuarium omslaan in een export naar de mond.

Hiertegen afgezet heeft zandwinning (van orde $2\frac{1}{2} \cdot 10^6 \text{ m}^3/\text{jaar}$) in het oostelijke deel van het Westerschelde estuarium geen meetbaar morfologisch effect op het mondingsgebied en dus ook niet op de aangrenzende kuststroken. Een zandwinning (van vergelijkbare orde) in het westelijke deel van het Westerschelde estuarium heeft op termijn van enige decennia eveneens geen meetbaar morfologisch effect, maar op termijn van 100 jaar wordt de verwachte toename van sedimentinhoud in de mond vertraagd.

BIJLAGE 1

Beheersvragen Directie Zeeland m.b.t. zandwinning in de Westerschelde

1. KUST*2000:

memo S. Huijs dd. 29-10-1996.

Algemene vraag:

Wat is het effect van de zandwinning in de Westerschelde op de aangrenzende kuststroken van ZW-Walcheren en Zeeuws Vlaanderen in het mondingsgebied?

Deelvragen:

- . Zandwinning heeft op langere termijn door het in één richting continu onttrekken van sediment een verruimende invloed op het estuarium. Heeft dit effect op de import van extra sediment vanuit het buitengebied? Zo ja, hoe groot is de invloed van de zandwinning op de import en op welke tijdschaal is dit van belang?
- . Waar komt het geïmporteerde zand vandaan? Is dit rechtstreeks van de kuststroken of vanuit de voordelta? Wat is vervolgens de invloed van eventuele veranderingen van de voordelta op de kustontwikkeling?
- . Hoe moet je bij de huidige en verwachte relatieve zeespiegelstijging omgaan met de zandwinning in relatie tot de kustontwikkeling (sedimentbeschikbaarheid)? Waar staan we op dit moment in deze ontwikkeling?
- . Wat zijn de meest geschikte lokaties voor zandwinning met het oog op minimale effecten voor de kuststroken van ZW-Walcheren en Zeeuws Vlaanderen?

2. VERDIEP:

notitie NWL-96.60 van P. Sistermans dd. 1-11-1996.

Algemene vraag:

Hoe moeten we omgaan met het zandwinbeleid na 1997?

Deelvragen:

- . Het zandwinbeleid is vastgesteld via vergunningen tot en met 1997. Vanaf 1998 kan het huidige beleid gewijzigd worden. Op lange termijn moet de vraag worden gesteld of bij verschillende scenario's (zeespiegelstijging, ontpolderen, verplaatsen havenactiviteiten naar Zeebrugge en dus stoppen met onderhoud vaargeul) het winnen van zand nog verstandig is. Moet rekening worden gehouden met versnelde zeespiegelstijging? Moeten hoeveelheden worden afgebouwd of moet er zelfs gestopt worden? Hoe urgent is dat? Welke alternatieve zandwinplaatsen zijn er (ook buiten de Westerschelde)?
- . Op korte termijn kan door zandwinning gestuurd worden in de baggerhoeveelheden en -lokaties. Welke lokaties zijn dan het meest geschikt?

Bijlage 2 Voorbereiding en reacties workshop 21 april 1997

AANWEZIGEN

Janrik van den Berg (Universiteit Utrecht)
Bram Blik (Ingenieursbureau Svašek bv)
Daan Dunsbergen (RIKZ)
Miriam van Endt (RIKZ)
Saskia Huijs (DZL)
Ad Langerak (RIKZ)
Jan Mulder (RIKZ)
Tom Pieters (Bureau Getijdewateren)
Piet Roelse (RIKZ)
Ad van der Spek (Nederlands Instituut voor Toegepaste Geowetenschappen TNO)
Zheng Bing Wang (Waterloopkundig Laboratorium)

TER VOORBEREIDING TOEGESTUURDE INFORMATIE

Aanleiding tot het organiseren van deze workshop was het door RIKZ opgestelde zandwinadvies ten behoeve van RWS Directie Zeeland. Hierin worden uitspraken gedaan over de morfologische effecten van zandwinning in de Westerschelde (orde $2\frac{1}{2} \cdot 10^6 \text{ m}^3/\text{jaar}$) op het estuarium en de kuststroken van Zuidwest Walcheren en Zeeuwsch Vlaanderen. De effecten zijn afgezet tegen de natuurlijke ontwikkeling zoals zeespiegelstijging (20cm per eeuw) en een getijslagvergroting (4% per eeuw) in combinatie met effecten van voorgenomen vaargeulverdieping (1997-2000) en onderhoud waarbij vrijgekomen baggerspecie (orde $10^6 \text{ m}^3/\text{jaar}$) wordt gestort in het westelijk deel van het estuarium. Zowel de korte termijn (periode tot 2010) als de lange termijn (periode tot 2100) effecten komen daarin aan bod. De conclusies van het zandwinadvies zijn bijgevoegd (RIKZ/OS-97.119X). De discussie was voornamelijk gericht op de conclusies die betrekking hebben op de Westerscheldemon om met de uit deze discussie volgende nieuwe inzichten het KUST*2000 programma aan te scherpen.

REACTIES

Van de volgende personen zijn in deze bijlage reacties opgenomen:

Janrik van den Berg (Universiteit Utrecht)	2.2
Bram Blik (Ingenieursbureau Svašek bv)	2.4
Tom Pieters (Bureau Getijdewateren)	2.7
Ad van der Spek (Nederlands Instituut voor Toegepaste Geowetenschappen TNO) . .	2.11
Zheng Bing Wang (Waterloopkundig Laboratorium)	2.14

REACTIE VAN JANRIK VAN DEN BERG

Gedachtenlijn van OOSTWEST:

(zie rapport DGW-93.032: het Schelde estuarium, beheren of beheersen?)

Netto zandtransport in een estuarium van het ene vloed-eb-schaar koppel naar het andere ontstaat door het bestaan van "overschotten" en "tekorten", waarbij de snelheid van verevening hiervan een functie is van de gradient in de "credit-debet balans" over de transportas: verweg van de winplaats storten betekent een lage gradient in de balans, dus een lage terugvoer snelheid. Uit de vaarwegverdieping van 1970-1975 kwam ca. 50 miljoen kuub zand vrij. Dit relatieve "overschot" van gestort zand wordt geleidelijk afgebouwd door zandwinning. Nu is er nog ca. 25 miljoen kuub "over" voor zandwinning. Pas als deze hoeveelheid is opgebruikt ontstaan ook overal elders tekorten en zal het systeem zand gaan importeren. Door een nieuwe verdieping zal het "overschot" sterk toenemen, hetgeen de mogelijkheden voor zandwinning voor nog een aantal decennia zou verlengen.

Aanwijzingen die deze hypothese ondersteunen:

Met deze hypothese kan de sediment-import in de jaren 60 verklaard worden.

Kanttekeningen:

Het grootschalig effect van het baggeren op de drempels op de morfologie is, dat het systeem meer naar een 1-geulpatroon neigt (zie rapport Fred Tank). De afgelopen verdieping 1970-1975 heeft vooral de doorgaande ebgeulen in het oostelijk deel van de Westerschelde doen verdiepen. Dat is een gevolg van een toename van de ebdebieten in deze geul. M.i. heeft deze verandering geleid tot een toename van het totale evenwichts vermogen*) van de geulen in dit gebied: doordat de maximale vloedbeweging bij een veel hogere waterstand dan bij max. eb optreedt "merkt" de vloed minder van de drempelverlaging. Het vloeddebiet in de vloedscharen zal daarom minder afnemen dan dat het ebdebiet in de ebgeulen toeneemt. (Of dit werkelijk zo is weet ik overigens niet). Het gevolg zou zijn dat de "externe dominantie"**) sensu Onno van Kleef toeneemt waardoor het evenwichts (water)volume in het betreffende gebied toeneemt. Het actuele hydraulisch zand"tekort" in het oostelijk deel van de Westerschelde is hierdoor m.i. minder groot dan door de verruiming wordt gesuggereerd, waardoor het zandhonger van dit gebied wordt getemperd. Het is de vraag of bij verdere verdieping van de drempels de externe dominantie nog verder zal toenemen. M.a.w. mogen we de ervaring van de voorgaande verdieping zonder meer extrapoleren naar effecten die de toekomstige verdieping oplevert (onderbroken lijn in figuur 2)? Het is ook voor te stellen dat bij de verdere verdieping van de drempels de doorgaande (eb)geul zo sterk gaat domineren dat de externe dominantie afneemt (de vloedscharen verzanden: doorgetrokken lijn in figuur 2). Dit zou betekenen dat de "morfologische efficiency" van het systeem zou toenemen (minder dwarsprofiel nodig om meer water te geleiden), waardoor een zandtekort gaat ontstaan en er een import van zeewaartse zijde op gang komt. Een verdere afname van het "evenwichtsvolume" van de geulen is overigens ook het geval als het baggeren van de vaarweg naar Antwerpen zou leiden tot een verkorting ervan.

Probleem bij dit soort beschouwingen is het ontberen van een goede kwantitatieve verificatie. Het is nog steeds niet gelukt de mate van uit evenwicht zijn van een geulsysteem met de hydraulica omdat dit een analyse vereist van interne en externe dominantie die tot nu toe niet is uitgevoerd omdat dat alleen met de resultaten van 2-D waterbewegingsmodellen voor een (groot) aantal hindcasts, met steeds een andere bodemligging, mogelijk is. Binnen OOSTWEST heeft dit onderzoek onvoldoende prioriteit gekregen, waardoor het niet is uitgevoerd. Het moge duidelijk zijn dat ik er (opnieuw) voor pleit dit onderzoek alsnog uit te voeren.

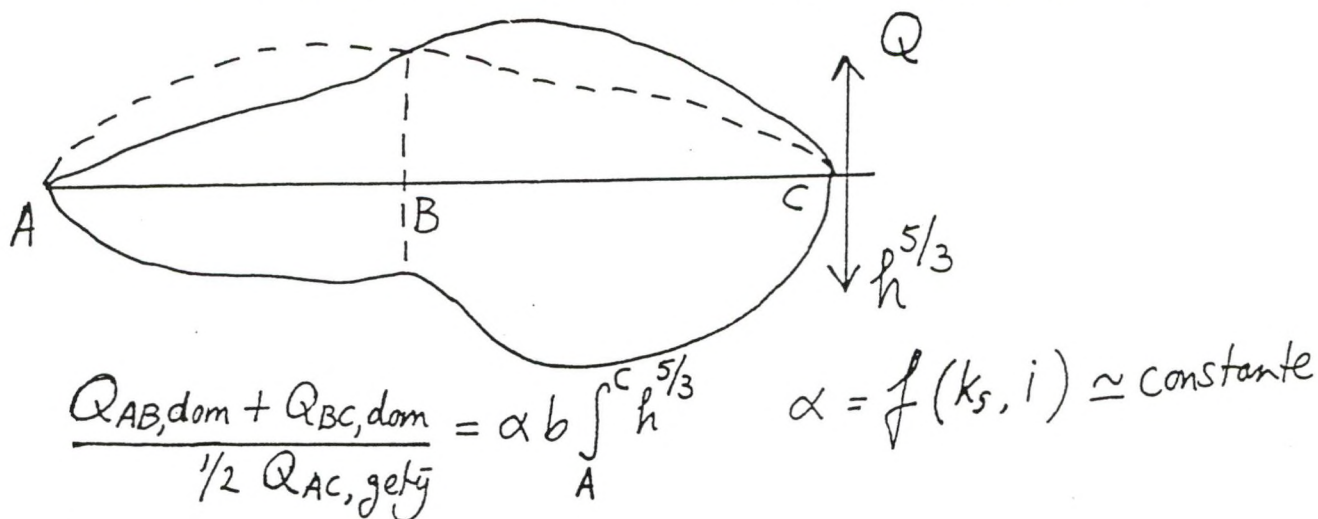
noten:

*) Geulen in een getijsysteem streven voortdurend naar een evenwicht tussen doorstroom-

oppervlak, A_c of beter, het stroomvoerend vermogen, $b \int_A^C h^{5/3}$, en het getijdebiet, Q .

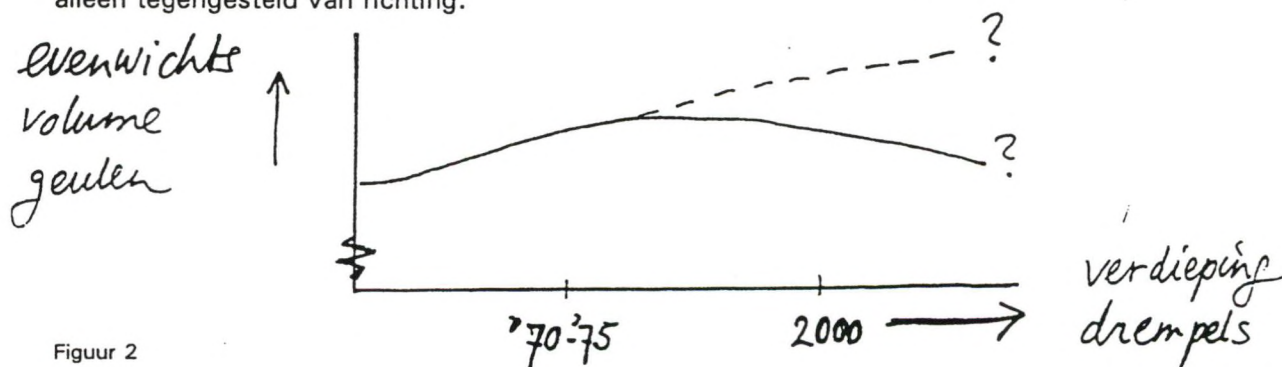
Maatgevend wordt daarbij meestal het totale debiet van de dominante getijfase, Q_{dom} , en de waterdiepte, h , bij de waterstand op NAP hoogte genomen.

**) In een getijgeul kan vaak onderscheid worden gemaakt tussen een gedeelte dat door de vloed wordt gedomineerd en een gedeelte waar de ebdebieten het grootst zijn. Het evenwichts vermogen van de geul zou dan het best correleren met de som van de vloed en ebvolumina voor de delen van de geul waar de eb- en vloeddebieten dominant zijn:



Figuur 1

In de figuur is een situatie geschetst van *interne* dominantie, waarbij de dominantie in één geul wisselt. Als, in meer extreme vorm, het segment AB een aparte geul gaat vormen (eb en vloodschaarsysteem) spreekt men van *externe* dominantie. In de theoretisch meest extreme situatie zijn vloed en ebstroom geheel van elkaar gescheiden in twee aparte geulen. In dat geval is het evenwichtsvolume van de geulen in het betreffende gebied twee maal groter dan in het geval dat de eb en vloeddebietverdeling in de geulen hetzelfde is en alleen tegengesteld van richting.



Figuur 2

Verandering van het evenwichtsvolume bij toenemende verdieping van drempels in een traject van de Westerschelde.

REACTIE VAN BRAM BLIEK

Referentie: 97176/1021, 28 april 1997

1. Algemeen

Deze notitie geeft de visie weer van Blik inzake de onzekerheden en meerwaarde van aanvullend onderzoek ten aanzien van de kustontwikkeling van Zuid-West Walcheren en Zeeuwsch-Vlaanderen en met name de mogelijke invloed van zandwinning in de Westerschelde op deze ontwikkeling.

De notitie is tot stand gekomen na bestudering van werkdocument nr. RIKZ/OS-97.119X d.d. 1 april 1997: "Effect Zandwinning Westerschelde, samenvatting advies" en na de gedachtenwisseling tijdens de workshop in Middelburg op 21 april j.l.

Alvorens in te gaan op de onzekerheden in het advies (par. 3 van deze notitie) en op de meerwaarde van nader onderzoek (par. 4) wordt eerst een kritische kanttekening geplaatst bij de uitgangspunten (par. 2).

2. Uitgangspunten (par. 2 van Werkdocument)

De effecten van zandwinning in het estuarium zijn afgezet tegen de effecten van de "natuurlijke" ontwikkeling (zoals zeespiegelrijzing en getijslagvergroting) en de effecten van vaargeulverdieping en -onderhoud in het estuarium. Gezien de vraagstelling is deze keuze logisch. Voor de kustontwikkeling van ZW-Walcheren en Zeeuwsch-Vlaanderen dient men zich echter te realiseren dat deze effecten slechts in indirecte zin invloed hebben, namelijk via de sediment import/export in het estuarium.

Afgezet tegen de directe effecten van de "natuurlijke" ontwikkeling (zeespiegelrijzing en getijslag- en getijfase veranderingen) en van de kunstmatige invloeden (gigantische bagger- en stortactiviteiten, toekomstige verdieping, etc.) in het mondingsgebied zelf, zijn de ingrepen en ontwikkelingen in het estuarium van secundair belang.

3. Onzekerheden in het advies

3.1 mond westerschelde (par. 3 van werkdocument)

3.1.1 Invloed zandwinning op sedimentimport

- A. In het estuarium zelf zijn veel processen aan de gang (natuurlijk en kunstmatig), waarvan de wisselwerkingen en gevolgen nog lang niet eenduidig vaststaan. Zo is de uitspraak dat zandwinning in het oostelijk deel geen noemenswaardige effecten heeft op de mond, te kort door de bocht. Als door zandwinning in het oosten de getijgolf wordt beïnvloed kan dit direct gevolgen hebben voor de zandimport. Ten opzichte van de beïnvloeding van de getijgolf door de baggerwerken voor de vaargeul zijn deze gevolgen echter ondergeschikt.
- B. Het effect van de verplaatsing van de stortlocaties van het oostelijke deel naar het westelijke deel van de Westerschelde heeft (afhankelijk van de exacte stortlocaties) naar verwachting een vrij directe invloed op de sedimentimport. De in het advies uitgesproken verwachting dat hiermee enkele decennia gemoeid zijn klopt niet. Zandwinning in het westelijke deel zal in het algemeen een reducerend effect hebben op de gevolgen van de verplaatsing van de stortlocaties naar het westen.

3.1.2 Herkomst geïmporteerd zand

Het verband tussen de zandinhoud van het mondingsgebied en de stabiliteit van de kuststroken van ZW-Walcheren en Zeeuwsch-Vlaanderen is nog onzeker. Een beter begrip van de processen in het gebied dient in het vervolg-programma van KUST*2000 te worden opgebouwd. De gedachten dat wijzigingen in de zandimport, cq. -export in het estuarium directe gevolgen hebben voor de kuststroken is derhalve prematuur.

De ontwikkeling van de kust van ZW-Walcheren lijkt in sterke mate bepaald te worden door het gedrag van het Oostgat. Dit gedrag hangt weliswaar samen met het zandvolume in het mondingsgebied, maar de relatie is nog onzeker.

De kuststrook van Zeeuwsch-Vlaanderen wordt mogelijk meer direct beïnvloed door de situatie in de hals van het estuarium. Daarbij speelt echter niet alleen de zandimport een rol, maar ook de geulontwikkeling in het gebied. Zo krijgt het geulenpatroon de laatste decennia door de sterke toename van de Schaar van Spijkerplaat ten kosten van de Honte een meer westelijke strekking, waardoor de stromingsdruk op de Zeeuwsch-Vlaamse kust mogelijk afneemt.

3.1.3 Invloed zeespiegelstijging

De invloed van de zeespiegelstijging in het estuarium is beperkt ten opzichte van de invloed van de stijging in het mondingsgebied zelf, althans voor zover het de kustontwikkeling van ZW-Walcheren en Zeeuwsch-Vlaanderen betreft.

Door combinatie van zeespiegelstijging en zandwinning zullen de effecten versterkt worden. Zoals aangegeven in het advies zal dit primair gevolgen hebben voor de Westerschelde zelf. De gevolgen voor het mondingsgebied blijven beperkt.

3.1.4 Meest geschikte locaties voor zandwinning

Het advies tendeeft naar een voorkeur voor zandwinning in het oostelijke deel van de Westerschelde, omdat daardoor minder beïnvloeding van de sedimentexport optreedt. De gevolgen van veranderingen in de import/export voor de kustontwikkeling staan echter nog geenszins vast. Het lijkt derhalve reëel om de keuze van de zandwinlocaties in het estuarium niet te laten beïnvloeden door de vraag naar de kustontwikkeling.

De ontwikkelingen van het estuarium zelf, en de gevolgen die zandwinning daarop kan hebben dienen bepalend te zijn voor de omvang en de locaties van de zandwinning en niet het gedrag van de kuststroken.

3.2 Westerschelde estuarium (par. 4 van werkdocument)

De invloed van de zandwinning op het estuarium zelf moet afgezet worden tegen de totale ontwikkeling van het estuarium en alle ingrepen die daarin plaatsvinden. Daarbij dient bedacht te worden dat in een estuarium met een systeem van 2 geulen (of meer) geen eenduidig evenwicht te definiëren is. Verruiming van de geulprofielen hoeft niet noodzakelijk te leiden tot "zandhonger" maar kan ook een nieuw evenwicht tot gevolg hebben met een gewijzigde eb/vloeddominantie van de geulen.

Dit geheel dient meegenomen te worden in het onderzoeksprogramma in het kader van het project VERDIEP en valt als zodanig buiten het takenpakket van KUST*2000.

4. Meerwaarde nader onderzoek

De zandwinning in de Westerschelde speelt een ondergeschikte rol voor de kustontwikkeling van ZW-Walcheren en Zeeuwsch-Vlaanderen. Als zodanig is de meerwaarde van nader onderzoek naar de zandwinning beperkt.

De kustontwikkeling wordt primair bepaald door de processen die zich in het mondingsgebied zelf afspelen (natuurlijk en kunstmatig). Onderzoek naar deze processen zal een significante meerwaarde opleveren voor het inzicht in de korte en lange termijn ontwikkelingen van de kuststroken.

In de Definitiestudie Westerscheldemon, die in het kader van KUST*2000 is uitgevoerd is een onderzoeksprogramma aangegeven om de processen in het mondingsgebied nader te bestuderen. Vooralsnog is er geen aanleiding om van het voorgestelde programma af te wijken.

REACTIE VAN TOM PIETERS

Referentie: A917, 14 mei 1997

De zandwinning op de Westerschelde en de mogelijke invloed op het mondingsgebied

Voor het vervolgonderzoek in de projecten K2000*KOP en VERDIEP en de afronding en implementatie van het advies over een mogelijke relatie tussen de zandwinning op de Westerschelde en de ontwikkelingen in het mondingsgebied lijken mij de volgende overwegingen van belang.

1. Invloed op mondingsgebied van sedimentuitwisseling met estuarium

De sedimentuitwisseling tussen estuarium en mondingsgebied lijkt volgens de recent uitgevoerde beschouwingen en berekeningen, ook onder invloed van ingrepen en grootschalige natuurlijke ontwikkelingen, in de toekomst te klein te zullen zijn om op systeemniveau een wezenlijke invloed te hebben op het functioneren van het mondingsgebied. Op dit niveau, waarmee bedoeld wordt de ligging en afmetingen van de grotere geulen, de hoogteligging van de Vlakte van de Raan of de positie van de zeerand, valt ze vrijwel zeker in het niet bij de jaarlijkse sedimentuitwisseling met de aangrenzende kustgebieden en het diepere zeegebied. Ook in het recente verleden, de afgelopen anderhalve eeuw, heeft de uitwisseling volgens de beschikbare gegevens nooit langdurig een zodanig grotere omvang gehad, dat de invloed substantieel kan zijn geweest.

Het voorgaande betekent niet dat de sedimentuitwisseling tussen estuarium en monding niet van belang kan zijn voor de beheersvragen in het mondingsgebied. De uitwisseling kan zeker op lokaal niveau invloed hebben in het mondingsgebied. Hoe beperkt of uitgebreid dit lokale niveau zich uitstrekt, hangt af van de ligging en sterkte van en de eventuele verbindingen tussen de grootschalige en lokale sedimenttransportcirculaties binnen het mondingsgebied. De geulen Vaarwater langs Hoofdplaat en Honte zijn vanaf het begin van de zeventiger jaren elk verondiept met 15 á 20 miljoen m³ materiaal uit het mondingsgebied. Als dit materiaal onttrokken is aan relatief kleinschalige zelfstandige sedimenttransportcellen, moet dit ten koste zijn gegaan van een ander deel van de cel, bijvoorbeeld de vooroevers en stranden van de kusten van Zeeuws-Vlaanderen of van Zuidwest-Walcheren. Voor deze gebieden zijn dit grote hoeveelheden. Als de cel goede verbindingen heeft met andere cellen of met grootschaliger circulaties, of als het materiaal rechtstreeks aan grootschaliger circulaties is onttrokken zal de complementaire erosie zich over een veel groter gebied uitstrekken en mogelijks nauwelijks merkbaar zijn. Uiteraard speelt hierbij ook de verhouding tussen de sterkte van de circulaties en de omvang van de onttrekking een rol. Van Veen heeft naar aanleiding van de relatief hoge slibgehalten in de actieve bodemlagen ooit verondersteld, dat de zandtransporten in het gebied mogelijk geen hoge intensiteit hebben (Van Veen, 1936).

Voor de beoordeling van de invloed van de sedimentuitwisseling tussen bekken en mondingsgebied op bijvoorbeeld het kustgedrag is een beter inzicht dan nu nodig in de zandtransportcirculaties in het mondingsgebied. Dat is uiteraard zeker nodig voor een efficiënt lange termijn kustbeheer in het algemeen en voor een daarop inspelende bagger- en stortstrategie vanuit het vaarwegbeheer.

2. Uitgangspunten, aanpak en berekeningswijze

Volgens de uitgevoerde beschouwingen en berekeningen wordt de sedimentuitwisseling tussen mondingsgebied en estuarium bepaald door de ingrepen in het estuarium. Dat dit zo is, en ook de mogelijkheid de uitwisseling tenminste kwalitatief met een redelijke zekerheid

te voorspellen, is te danken aan de relatief grote omvang van de ingrepen. Een grote omvang betekent in dit verband een zodanige bagger- of stortomvang dat een morfologische eenheid, ongeacht de beginsituatie en kleinere natuurlijke ontwikkelingen, in een met zekerheid te bepalen richting sterk uit evenwicht zal raken. In die situatie kan ook de langere termijnreactie van het gebied bij voortzetting van de ingreep, in- of exporterend gedrag, vrij zeker worden bepaald. Als er in de orden van grootten van "uit evenwicht" zijn van aangrenzende morfologische eenheden bovendien duidelijk een gradient te onderscheiden of te verwachten is, kan er ook iets worden gezegd over de richtingen van de resulterende in- of exporten. Op deze uitgangspunten is de aan eerdere OOSTWEST-studies ontleende beschouwingswijze met "tekort- en overschots-gebieden" gebaseerd.

Voor de resulterende sedimenttransporten op de Westerschelde en de uitwisseling met het mondingsgebied als reactie op de voorgenomen bagger-, stort- en zandwinstrategie komen de ASMITA-berekeningen kwalitatief overeen met de uitkomsten van de eerder uitgevoerde "tekort- en overschotgebieden"-beschouwingen. Dit is niet verwonderlijk, omdat het model, voorzover ik kan beoordelen, op grotendeels dezelfde concepten is gebaseerd. Daarom mag deze overeenkomst niet zonder meer als een wederzijdse bevestiging van de juistheid van de methoden worden beschouwd.

Voor het bestaan en de werking van de tekort- en overschotgebieden en ook voor de gradiëntwerking zijn in het waarnemingsmateriaal over de ontwikkelingen in het estuarium in de afgelopen halve eeuw meerdere duidelijke aanwijzingen te vinden (Huijs, 1996). Daaruit blijkt ook, zoals te verwachten is en eigenlijk altijd geldt voor morfologische analyses en prognoses, dat de geldigheid van de concepten per situatie en per gebied moet worden geverifieerd en genuanceerd aan de hand van het gedrag in de tijd in het verleden.

Er is één voorbeeld dat deze noodzaak in extreme mate illustreert, de zg. funktiewisseling in het middengebied die haar hoogtepunt had rond het midden van deze eeuw. Omvangrijke stortingen in het Middelgat in die periode zouden waarschijnlijk niet hebben geleid tot een exporterend "overschotgebied", maar zouden hebben gepast in de optredende grootschalige natuurlijke ontwikkelingen. Het gebied ontwikkelde zich naar een andere "evenwichtsligging", waarbij een veel groter sedimentvolume van het gebied hoorde.

Met voorgaand voorbeeld is de waarde en de toepasbaarheid van de beschouwingswijze met de tekort-en overschotgebieden ten onrechte te veel gerelativeerd. Het Gat van Ossensse, deel van hetzelfde gebied, vormt nu een overtuigend voorbeeld van een overschotgebied. In het midden van de zeventiger jaren, toen de geul in het kader van genoemde funktiewisseling nog licht aan het verruimen was, werden de stortingen sterk opgevoerd. De verruiming kwam tot stilstand en vrijwel alle sindsdien gestorte materiaal, ruim 40 miljoen m³, werd ook weer geëxporteerd.

Binnen een eenvoudig rekenmodel is de noodzakelijke verificatie en nuancering per situatie maar heel beperkt mogelijk. Onder andere zullen de grootte van de transporten en het verloop daarvan in de tijd heel gevoelig zijn voor de ingevoerde evenwichtsinhouden van de secties, die op hun beurt in de praktijk vaak situationeel bepaald lijken te zijn. Aanbevolen wordt het model meer dan nu lijkt te zijn gebeurd te gebruiken als rekengereedschap samen met de aan de praktijk in het verleden ontleende informatie en inzichten en minder als zelfstandig voorspelmodel. Als lange termijn kan bij deze werkwijze beter een minder "abstracte" en een voor mensen beter voorstelbare termijn gekozen worden, bijvoorbeeld drie á vier decennia.

3. Omgaan met de zandwinning

Bij een verdieping van de vaargeul, door het op een dieper niveau onderhouden van de drempels, verruimt een veel groter gebied dan alleen het gebied ter plaatse van de drempels. Ook de aanliggende geuldelen verdiepen, tot een nieuwe "evenwichtsligging" bij de diepere drempels en de veranderde waterbeweging en sedimenttransporten is bereikt. De verruimde gebieden vormen "tekortgebieden", waarnaartoe zich resulterende sedimenttransporten instellen. Ze worden in stand gehouden met onderhoudsbaggeren op de drempels. Tussen 1955 en 1994 verruimde de hoofdgeul vanaf de Overloop van Hansweert tot de grens, hoofdzakelijk aangedreven door de verdieping, met rond 100 miljoen m³. Bij de komende verdieping wordt een verruiming van rond 80 miljoen m³ verwacht (Dekker, 1994/1995).

Uit de verruiming komt een evengrote hoeveelheid sediment vrij. Dit materiaal moet elders een plaats krijgen. Het kan worden "bewaard" binnen het systeem voor de toekomst, bijvoorbeeld in verband met de zeespiegelstijging, door het hierin terug te storten. Hierdoor ontstaan, zeker in eerste instantie bij de hoeveelheden waarom het hier gaat, "overschotgebieden". De lokaties en de sterkte van de overschotten worden bepaald door de stortstrategie. Ook de baggeromvang wordt beïnvloed naarmate nabij of verder weg van de baggergebieden wordt teruggestort. De laagste baggeromvang wordt bereikt en geen overschotgebieden ontstaan als het "overschotmateriaal" uit het systeem wordt verwijderd. Dan echter verliest het systeem per saldo sediment dat het mogelijk in de toekomst nodig kan hebben.

Tot nu toe wordt uit baggereconomische overwegingen, en tot voor kort ook vanwege de water- en bodemkwaliteit, het materiaal zo dicht mogelijk bij de baggergebieden in het oostelijke deel teruggestort. De onderstaande tabel laat zien wat er bij deze strategie gebeurde, weergegeven in miljoenen m³, tussen de Overloop van Hansweert en de grens (Huijs, 1996).

zandbalans en inhoudsveranderingen oostelijke deel 1955-1997 (miljoenen m ³)				
gebaggerd	gewonnen zand	teruggestort	nat.transport	verruiming
+ 275	+ 25	-195	-80	+ 25
inhouden	hoofdgeul	nevengeulen	plaatvolume	vloedv. LvSaft
afn/toen	+ 100	-40	+ 20	-15
inh 1994	390	65	35	10

Per saldo is van de uit de verruimde hoofdgeul vrijgekomen 100 miljoen m³ sediment 25 miljoen m³ onttrokken door zandwinning en heeft 75 miljoen m³ de nevengeulen en het Land van Saeftinge verondiept en de platen verhoogd. Rond 35 miljoen m³, het in het Land van Saeftinge en op de platen gesedimenteerde materiaal, is in de loop van de tijd uit de sedimentcirculaties van het actieve deel van het systeem verwijderd. Het is door het systeem zelf "geborgd" en vormt geen "overschot" meer. Met een groot deel van het materiaal dat de nevengeulen verondiepte, vooral in het Valkenissegebied, is dat waarschijnlijk nog wél het geval. Samengevat zou kunnen worden gesteld dat met deze processen en maatregelen het potentiële "overschot" van 100 miljoen m³ is afgebouwd tot nu nog enkele tientallen miljoenen m³. Hoewel het getalsmatig gelijk zijn aan de resulterende verruiming als toevallig moet worden beschouwd heeft de zandwinning daarin een substantieel aandeel gehad.

Het is aannemelijk dat er een positieve relatie bestaat tussen de grootte van het "overschot" enerzijds en de baggeromvang en de ophoging van platen en van geulbodems in het Land van Saeftinge anderzijds.

Terwijl het volume van de hoofdgeul toenam van rond 300 naar bijna 400 miljoen m³ verminderde het nevengeulvolume van ruim 100 naar minder dan 70 miljoen m³.

Voortzetting van de vigerende strategie bij de volgende verdieping is niet mogelijk. Vanaf de Overloop van Hansweert zou een ééngesysteem ontstaan. Met de vrijkomende 80 miljoen m³ kan het nog aanwezige nevengeulvolume worden opgevuld én het huidige plaatareaal met 0.5 á 1.0 m worden verhoogd.

Om deze redenen en nog enkel andere te verwachten voordelen, zie hierna, werd geadviseerd het storten in het westen en het zandwinnen in het oosten te concentreren (o.a. Pieters, 1993). Samenvattend kan daarmee worden bereikt dat:

- de baggeromvang vermindert, cq. de toekomstige toename beperkt blijft tot de minimaal noodzakelijke omvang, economisch én ecologisch belangrijk;
- de snelheid en omvang van de ophoging van de platen en van de geulen in het Land van Saeftinge en van de afname van ondiepwater gebied afnemen naar natuurlijke waarden, van belang voor natuurwaarden en natuurlijkheid én om kombergingsverlies te minimaliseren;
- de beweeglijkheid van kleinere geulen en platen (mesodynamiek) in het Valkenissegebied afneemt, van belang voor natuurwaarden (bodemleven) en veiligheid voor de scheepvaart (dwarsstromen);
- de ingezette ontwikkeling naar een ééngesysteem in het oostelijke deel wordt teruggedraaid, met herstel van de afgenomen macrodynamiek;
- de import van zand uit het mondingsgebied ten koste van de kust wordt voorkomen.

De verwijdering uit het oostelijke deel van de vrijkomende 80 miljoen m³ sediment uit de komende verdieping zou bij de huidige retourstroom van rond 3 miljoen m³ per jaar met de nu voorgenomen stort- en zandwinstrategie een tiental jaren vergen. Rekening houdend met een zeker toenemende retourstroom zal het in werkelijkheid zeker 10 á 15 jaar duren voordat ook het nu nog aanwezige "overschot" van enkele tientallen miljoenen m³ aan de beurt is. Dit lijkt een uitstekende termijn om het zandwinbeleid te "flexibiliseren", zodanig dat aan de hand van de optredende ontwikkelingen de zandwinning kan worden ingezet, als "correctiemiddel" op de stortstrategie, waar overschotten moeten worden weggewerkt. Voorlopig, de eerste vijf á tien jaar, is de zandwinning het meest nodig in het oostelijke deel. Daarna mogelijk meer in het middengebied of in het westelijke deel.

Referenties

- | | |
|------------------------|---|
| HUIJS, S.W.E., 1996, | De ontwikkeling van de morfologie in de Westerschelde in relatie tot menselijke ingrepen, 1955-1994. RUU R96-17 |
| DEKKER, L., 1994/1995, | Verdieping Westerschelde. Getijberekeningen Scaldis100. DZL AX 94.042 (+ aanv. memo dd. 16-10-1995). |
| PIETERS, T., 1993, | Het Schelde-estuarium, beheren of beheersen? DGW-93.032 |
| VEEN, J. van, 1936, | Onderzoekingen in de hoofden. Min.v.V.enW. |

REACTIE VAN AD VAN DER SPEK

Referentie: MK 97-206, 24 april 1997

1. Inleiding

In dit memo wordt een reactie gegeven op het werkdocument RIKZ/OS-97.119X, Effect Zandwinning Westerschelde, samenvatting advies, d.d. 01.04.97. Daarbij zijn de aspecten welke tijdens de workshop welke maandag 21 april jongstleden in Middelburg gehouden is meegenomen.

2. Achtergrond

Het uitgangspunt van mijn reactie is de lange-termijn trend van getijdebekkens om te verondiepen door sediment import en uiteindelijk geheel op te vullen. De Westerschelde is sinds de zeventiende eeuw veranderd van een getijbekken met een aantal zijtakken en verbindingen naar de Oosterschelde, in een min of meer trompetvormig estuarium met slechts een relatief gering oppervlak aan intergetijdegebieden. Voor de Westerschelde lijkt volledige opvulling echter onwaarschijnlijk gezien de bovenafvoer van de rivier.

Als voor de netto import van zand verantwoordelijke processen kunnen we onderscheiden: asymmetrie van de maximale stroomsnelheden in de monding als gevolg van het asymmetrische Noordzee getij en longshore drift langs de kusten van Walcheren en Zeeuws-Vlaanderen o.i.v. de overheersende westenwinden en -stormen (NB het relatieve belang van deze processen staat echter geenszins vast).

Uitgaand van bovenstaand beeld zal netto onttrekking van zand aan het estuarium resulteren in een extra vraag die door extra import gecompenseerd moet worden. Deze extra import gaat ten koste van het zandvolume van de monding. In hoeverre dit effect optreedt binnen de gestelde tijdshorizon (2100) is moeilijk aan te geven. Bij de inschatting van de effecten van ingrepen moeten, naast de natuurlijke ontwikkeling, de effecten van ingrepen in het verleden en die van mogelijke toekomstige veranderingen in de natuurlijke randvoorwaarden, zoals een versnelde zeespiegelrijzing, eveneens meebeschouwd worden.

3. Te toetsen hypothesen

In het boven genoemde werkdocument wordt impliciet van een aantal hypothesen uitgegaan. In het stuk is niet altijd duidelijk wat de effecten van andere ingrepen zijn. De hierna opgesomde hypothesen komen naar mijn mening voor toelichting in aanmerking.

(a) "zandwinning in het oosten heeft geen effect op de monding" (3.1)

Hoe weet je dat zo zeker? Als het in het oosten gecreeerde tekort zand uit het westelijk deel begint aan te trekken kunnen er wel degelijk effecten in de monding optreden. Daarnaast kan verdieping leiden tot vergroting van de getijslag en dus het getijprisma. De geulen in het westelijk deel zullen hierop reageren met uitschuring. Het vrijkomende materiaal zal deels naar het oosten en deels naar het buitengebied verplaatst worden. Of dit ook binnen de gestelde periode tot 2100 plaatsvindt is moeilijk in te schatten.

(b) "storten in het westen leidt op lange termijn tot export naar de monding" (3.1)

Gaat het hier om netto export? Wat is hier dan de verklaring voor? Hoeveel van dit gestorte materiaal gaat weer naar het oosten? (Waarschijnlijk het overgrote deel.)

(c) "export naar de monding is gunstig voor de aangrenzende kust" (3.2)

Is dat zo? Een toename van de zandinhoud van de monding betekent niet automatisch dat de aangrenzende kust gevoed zal worden. Als materiaal uit het estuarium afgezet wordt op de ebschilden aan de rand van de buitendelta is het nog maar de vraag of het terug kan komen naar de kust. In principe moeten er twee ontwikkelingen onderscheiden worden: (1) directe morfologische veranderingen in kleinere eenheden als geulen of platen, als gevolg van bijvoorbeeld een toename in stroomsnelheid of getijvolume, en (2) geleidelijke veranderingen in de grotere eenheden zoals de buitendelta of het bekken, door toe- of afname van het totale volume.

Over de uitwisseling en transportbanen van zand tussen de grootschalige morfologische eenheden in het mondingsgebied (buitendelta, zeebodem, bekken en kustlijnen) is niet veel bekend. Met name de vraag of er actief zand uit de Noordzee aangevoerd wordt (over de zeewaartse grens van de buitendelta, bijv. de -20 m contour) is belangrijk.

Daarnaast leveren modellen met een zeer grove schematisatie zoals bijvoorbeeld ASMITA geen uitsluitsel waar het zand in een vak terecht zal komen. Hierdoor kan er een verschil ontstaan tussen de netto volumeverandering van een vak en de volumeveranderingen van de kleinere morfologische eenheden in datzelfde vak.

(d) "uitwisseling tussen het westelijk deel van het estuarium en het bankengebied gaat snel" (4.2)

Waar is dit op gebaseerd? Verificatie lijkt me nuttig.

(e) evenwichtsrelaties in ASMITA

De antwoorden op de vragen lijken vooral gebaseerd op het ASMITA model. De modelopzet van dit gedragsmodel gaat uit van evenwichtsrelaties. Voor een aantal relaties (bijvoorbeeld uitwisseling tussen de kustvakken en de buitendelta) is m.i. nauwelijks goede informatie voorhanden. Hier moet de nodige inspanning ingestopt worden om een betrouwbaarder model te krijgen. Daarnaast zijn de reaktietijden van de ingrepen waar we hier mee te maken hebben erg lang. Gedurende de responstijd zullen de randvoorwaarden ongetwijfeld veranderen (o.a. zeespiegelstijging en hernieuwd ingrijpen) waardoor de uitwerking van eerdere ingrepen nog maar moeilijk in te schatten valt.

(f) verdieping van het estuarium

Structurele verdieping van het oostelijk deel van het estuarium zal op termijn leiden tot een toename van de getijslag en dus van het getijdeprisma (conform de ontwikkeling in het verleden). Het is niet denkbeeldig dat een toename in het getijdeprisma tot uitschuring van de geulen in het westelijk deel van het estuarium zal leiden. Indien de ondergrond hier uit weerstandskrachtige Pleistocene en Tertiaire lagen bestaat zal de uitschuring sterk achter kunnen gaan lopen bij de debietstoename, met

grotere (maximale) stroomsnelheden tot gevolg. Dit laatste kan nadelig uitpakken voor de scheepvaart.

(g) effect ingrepen op positie van de geulen

De huidige beschouwingen kijken vooral naar de herverdeling van zand over de onderscheiden deelsystemen. Het effect van de ingrepen op met name de positie van de geulen dient echter goed afgewogen te worden, aangezien dit op korte termijn tot grote problemen kan leiden bij een nadelige ontwikkeling. (Dit sluit direct aan bij punt (c).)

(h) "er zijn geen alternatieven voor specifiek Westerschelde zand" (4.2)

Wat maakt Westerschelde zand zo specifiek en waarvoor wordt het dan gebruikt? Het lijkt me sterk dat zandwinning per se in de Westerschelde moet plaatsvinden.

4. Opmerkingen naar aanleiding van de discussie op 21 april 1997

(1) De ontwikkelingen in de monding zijn nooit los te zien van de ontwikkelingen in het bekken, maar niet alle details zijn even relevant voor wat er in de monding gebeurt. Het voorbeeld gepresenteerd door Janrik van den Berg laat zien dat een verschuiving in het karakter van een geul, bijvoorbeeld van eb- of vloed gedomineerd naar meer intermediair of vice versa aanzienlijke consequenties heeft voor de zandvraag van het bekken.

(2) De uitwisseling van zand tussen de morfologische eenheden, de "sedimentstromen", en de processen daarachter zijn onvoldoende bekend. Het in kaart brengen, zowel kwalitatief als kwantitatief, van de sedimentuitwisseling tussen de Noordzeebodem, de buitendelta, het bekken en de aangrenzende kustlijnen en buitendelta's is van belang om iets te kunnen zeggen over de lange-termijn ontwikkeling van het mondingsgebied. Daarnaast is er ook nog steeds niet voldoende duidelijkheid over de sedimentuitwisseling tussen kleinere morfologische eenheden (bijvoorbeeld geul-plaat systemen).

(3) Het hoeveelheden te winnen zand zijn klein in verhouding tot de als gevolg van andere ingrepen verplaatste volumina. Echter: het te winnen zand wordt definitief aan het systeem onttrokken, terwijl de andere volumina slechts binnen het systeem verplaatst worden. Het langdurig onttrekken van kleine volumina kan over een langere periode wel degelijk duidelijke effecten hebben.

REACTIE VAN ZHENG BING WANG

Algemeen

Aanleiding tot de workshop is het door RIKZ opgestelde zandwinadvies ten behoeve van RWS Directie Zeeland. De onderbouwing van het advies is o.a. gebaseerd op de gedragsgeïoriënteerde modellering van de morfologische ontwikkeling van Westerschelde estuarium en -monding aan de hand van ASMITA. Het is de bedoeling naast de modelresultaten ook generieke inzicht te verwerven uit deze specifieke toepassing van de generieke tool ASMITA conform de filosofie van het KUST*2000 programma. Daarom wordt in deze bijdrage eerst een aantal opmerkingen gemaakt over het model zelf. Daarna worden ook persoonlijke meningen die tijdens de workshopdiscussie zijn geuit, op een aantal andere punten samengevat.

Opmerkingen over het ASMITA-Westerschelde model

De toepassing van het ASMITA model op het Westerschelde estuarium en het mondingsgebied heeft resultaten opgeleverd over de grootschalige sedimentverplaatsing in het systeem onder invloed van natuurontwikkelingen en menselijke ingrepen. Het model is gekalibreerd met de data verzameld in de periode 1955-1994. Het is goed de basisveronderstellingen van het modelconcept, bij de opzet van het model en bij de calibratie/verificatie nader te bekijken om de zwakke punten te identificeren en tot nader inzicht te komen.

Een belangrijk uitgangspunt van het model is dat er een morfologisch evenwicht bestaat. Het model veronderstelt dat de evenwichtstoestand niet verandert als de hydrodynamische conditie constant blijft. Met andere woorden, ingrepen zoals baggeren heeft geen directe invloed op het evenwichtstoestand (wel indirect via de waterbeweging). Hierbij de volgende opmerkingen:

Dit geldt zolang de globale morfologische structuur van het estuarium niet verandert, of wel het aantal geulen niet verandert. Wanneer het van een twee-geulensysteem naar een één-geulensysteem overgaat, geldt er een andere morfologische evenwichtsrelatie tussen bijvoorbeeld de oppervlak van het dwarsprofiel en de getijvolume, zoals Allersma (1992) heeft laten zien (zie Fig.1).

De geplande ingrepen, baggeren in de hoofdgeul en/of storten in het nevengebied, kunnen invloed hebben op de globale morfologische structuur. Van nature heeft het estuarium de neiging om een meer-geulenstructuur te hebben als het dwarsprofiel een bepaalde omvang bereikt (zie Fig.1). Baggeren en/of storten kunnen deze natuurlijkheid echter verstoren. Het wel of niet kunnen behouden van bijvoorbeeld een twee-geulenstructuur is een stabiliteitsprobleem. Dit probleem komt ook voor in rivieren (Wang en van der Kaaij, 1994). Een analyse op een riviertoepassing geeft aan dat als de ingrepen een bepaald niveau bereiken een stabiel twee-geulensysteem kan omslaan naar een één-geulensysteem (Fig.2). Vertaald naar het estuarium betekent het dat er een kritiek niveau van ingrepen t.o.v. het totale transport (eb-transport plus vloed-transport) is waarboven het systeem van structuur verandert. Waar precies dit kritieke niveau ligt hangt af van de lokale omstandigheden en moet nog nader onderzocht worden.

Er is dus een bepaalde onzekerheid m.b.t. de evenwichtstoestand. Daarom is het aan te bevelen om gevoeligheidsonderzoek te doen met de evenwichtsvolumes in het model. De mate van variatie kan worden afgeleid uit het verschil tussen het één-geulensysteem en het twee-geulensysteem (Fig.1).

Wanneer het evenwicht van het systeem verstoord wordt, veronderstelt het model dat er

zandvraag (zandhonger) en/of zandaanbod (zandoverschot) ontstaat. De gradient van zandvraag leidt tot sedimenttransport zodat het systeem weer terug naar evenwicht gaat. Bij de workshop is gediscussieerd of zandhonger een goed begrip is. Twijfels zijn gebaseerd op de argumenten dat de evenwichtstoestand niet uniek is (1- of 2-geulen systeem, zoals hierboven besproken) en dat een gebaggerd gat ver binnen het estuarium niet meteen de waterbeweging bij de monding beïnvloedt en dus ook niet meteen sedimentimport kan veroorzaken. Hierover de volgende opmerkingen:

Zandhonger is gedefinieerd als evenwicht gedefinieerd is. Dat er meerdere evenwichtstoestanden mogelijk zijn betekent niet dat zandhonger geen zinnig begrip is. Er is wel onzekerheid m.b.t. deze grootheid zoals hierboven besproken. Ook volgens het model leidt een gebaggerd gat achterin het estuarium niet meteen tot sedimentimport bij de monding. In eerste instantie leidt dit alleen tot transport naar het gat toe in de directe omgeving. Deze ontwikkeling leidt weer tot verstoring in de omgeving en op den duur leidt dit tot import bij de monding. Dit komt overeen met de gedachte dat het gat in het begin alleen tot verandering in de waterbeweging in de directe omgeving leidt. Het model verwaarloost een effect dat wel tot snellere reactie bij de monding op een gebaggerd gat achterin het estuarium kan leiden. Het gat kan invloed hebben op de morfologische ontwikkeling van platen in de buurt, die vervolgens de getijbeweging in het estuarium beïnvloedt via bijvoorbeeld de veranderde komberging. Hierbij is de plaat-geul uitwisseling van groot belang.

Bij de workshop is ook discussie gevoerd over het voorspellende vermogen van het model op lange-termijn. Hierover de volgende opmerkingen:

Er is terecht op gewezen dat de voorspellende waarde van de modelresultaten minder wordt naar mate de termijn langer wordt. Een simpele reden is dat het model nooit in staat zal zijn rekening te houden met alle mogelijke ontwikkelingen in de toekomst. Verder is er in het model geen rekening gehouden met de terugkoppeling tussen de morfologische ontwikkeling en de omvang van ingrepen. De bagger- en stortcijfers zijn als modelinvoer gegeven.

Het blijft wel zinvol om de modelresultaten op lange-termijn te gebruiken om verschillende scenario's met elkaar te vergelijken. De modelresultaten op lange-termijn moeten alleen niet meer absoluut beschouwd worden.

In het huidige model is het niet zinvol om de bagger- en storthoeveelheden aan de berekende morfologische ontwikkeling te koppelen. De baggerbehoefte hangt in hoge mate af van lokale verschijnselen zoals plaat-geul uitwisseling en drempelvorming, die allemaal niet in het model zitten.

Met betrekking tot de kalibratie/verificatie van het model de volgende opmerking:

Het model is beter gekalibreerd voor het estuarium zelf dan voor het mondingsgebied. Dit komt door de kwantiteit en kwaliteit van de beschikbare gegevens. Voor het estuarium zijn er veel meer gegevens die ook beter geanalyseerd zijn dan voor het mondingsgebied.

Ontwikkeling van het mondingsgebied

Binnen het kader van KUST*2000 behoort vooral het mondingsgebied tot het aandachtsgebied. De volgende opmerkingen hebben betrekking op dit gebied.

Invloed van ingrepen binnen het estuarium op het mondingsgebied wordt nu uitgedrukt in de import/export van sediment bij de monding. Om te onderzoeken wat voor invloed de import/export op de kusten heeft kunnen 2DH-waterbeweging- en sedimenttransportmodellen gebruikt worden. Met een gevoeligheidsonderzoek kan

aangetoond worden of een hoger deltagebied een positieve dan wel een negatieve invloed op de kusten heeft.

Het is van groot belang de veldgegevens van het mondingsgebied nader te analyseren. Maar het opstellen van een 2D zandbalans voor het gebied zal moeilijk zijn. Uit de waargenomen morfologische ontwikkelingen is het 2D transportveld niet eenduidig te bepalen.

De twee merkwaardige ontwikkelingen, het verdwijnen van de grote hoeveelheid gestorte materiaal bij Schooneveld en het veranderde gedrag van de kust van Walcheren sinds de bouw van de Oosterschelde stormvloedkering, verdienen meer aandacht zowel bij data-analyse als bij modelstudies.

Aanbevelingen

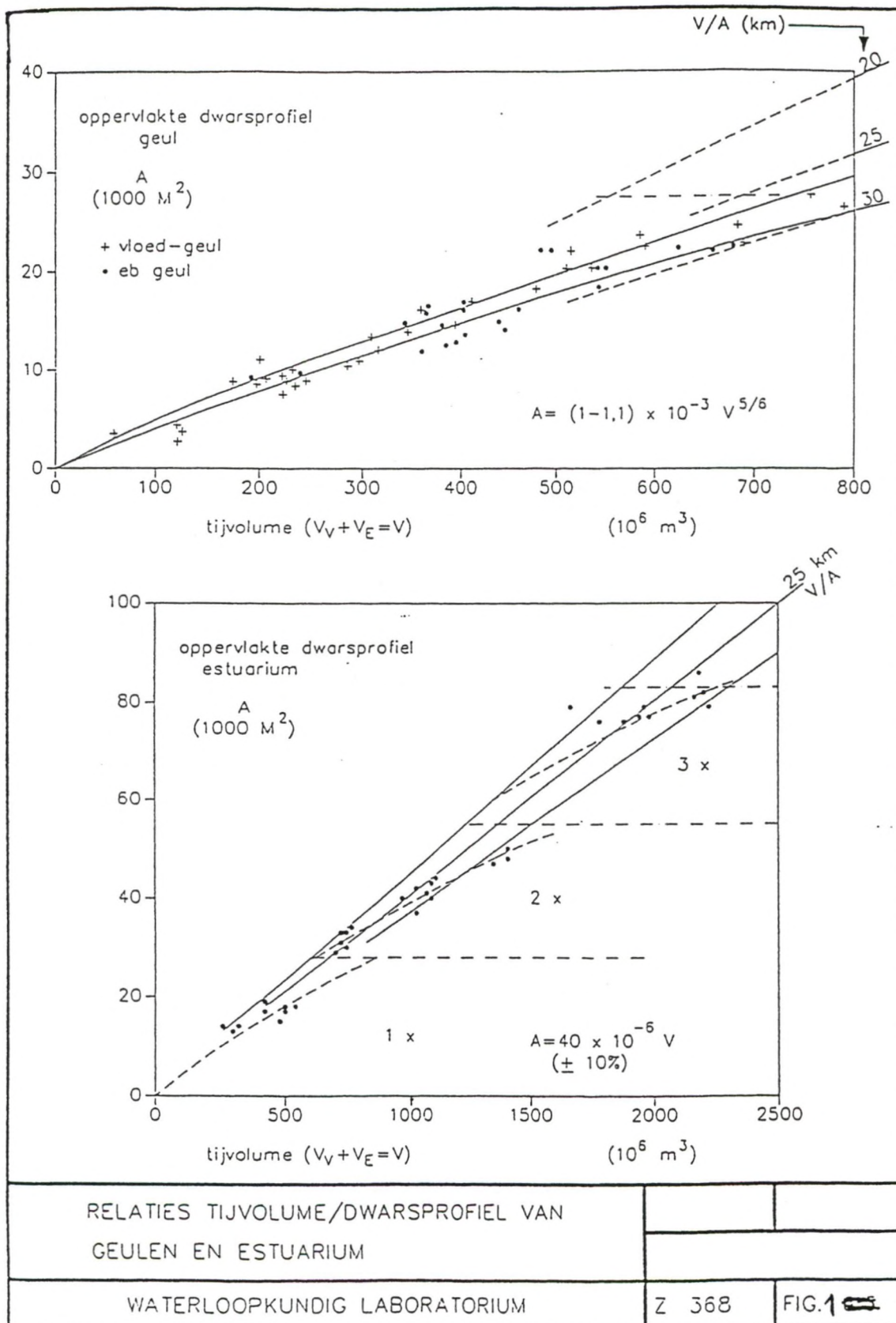
Een aantal aanbevelingen naar aanleiding van de uitvoering van de gedragsgeöriënteerde modellering zijn al gedaan in het rapport Z2253. Het volgende punten worden benadrukt:

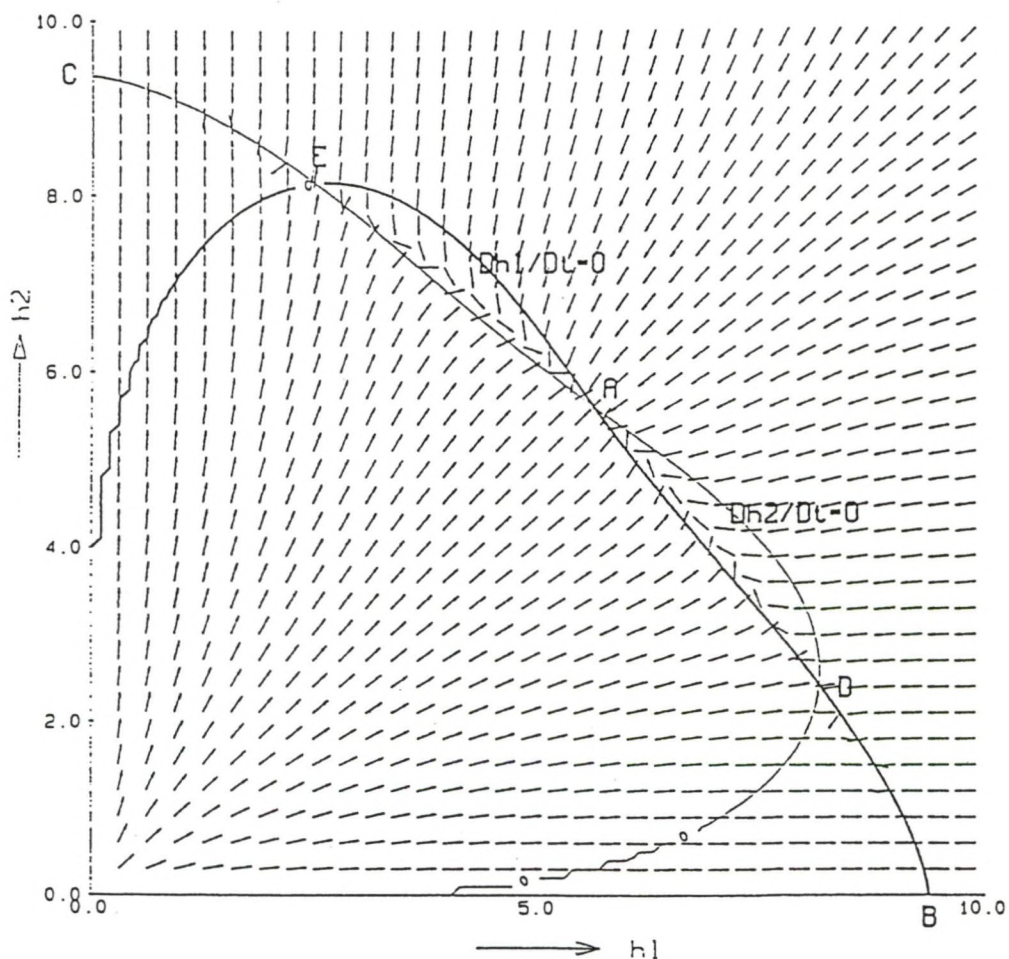
Gedragsgeöriënteerde modellering moet hand in hand gaan met procesgebaseerde modellering en processtudies aan de hand van veld data. Het gedragsgeöriënteerde model moet gevoed worden met kennis en inzichten die wij met behulp van procesmodellen en uit velddata krijgen. Aan de andere kant zal zo een gedragsgeöriënteerd model ook in de toekomst nodig blijven om onze kennis tot advies in de praktijk om te zetten. Tijdens en na de verdieping van de vaargeulen die tot grootschalige ingrepen leidt in het estuarium is het belangrijk de morfologische ontwikkeling binnen en buiten het estuarium te monitoren. Zo kan de verdieping van de vaargeulen ook tot het verdiepen van onze kennis leiden.

Referenties

Allersma, E., 1992, Studie inrichting Oostelijk deel Westerschelde, Analyse van het fysische systeem, Nota voor de werkgroep OOSTWEST, Rapport Z368, Waterloopkundig Laboratorium.

Wang, Z.B. & Th. van der Kaaij, 1994, Morphodynamic development of secondary channel systems along Rhine Branches in The Netherlands, Report Q1963, Delft Hydraulics.





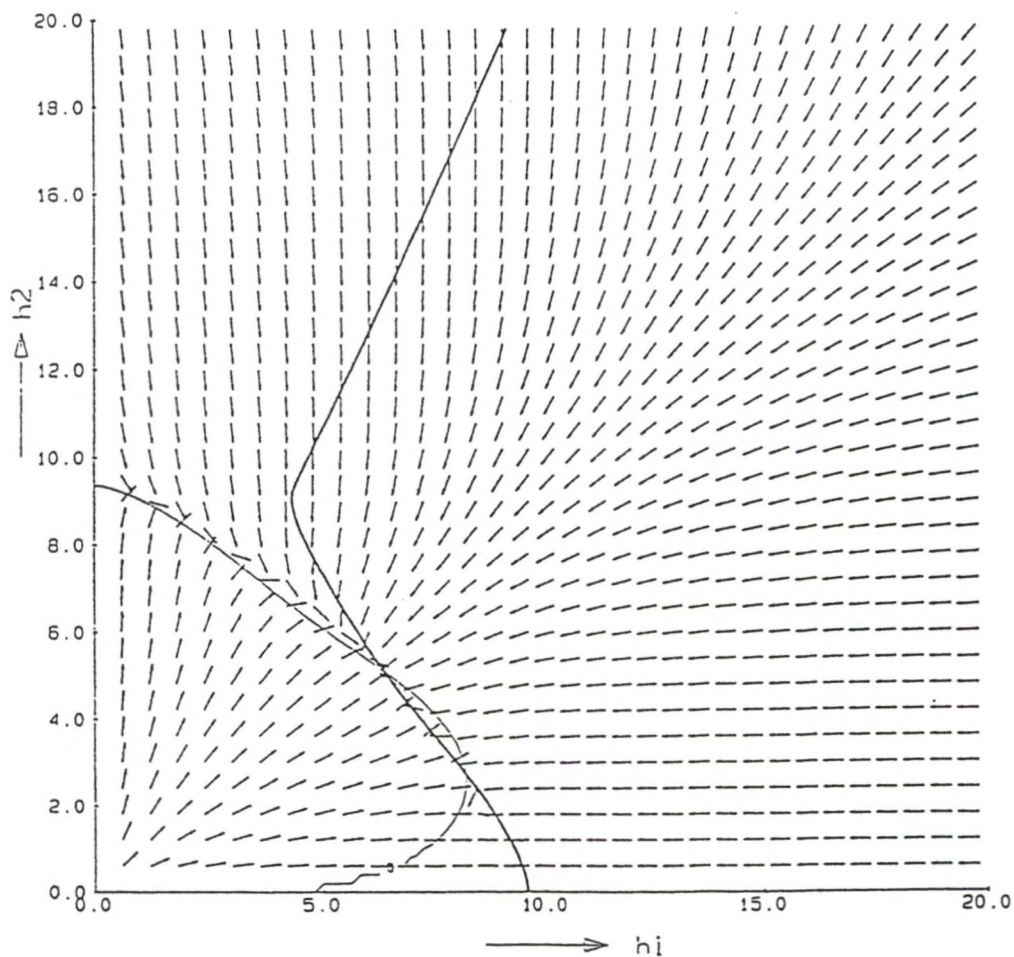
Ongestorede situatie: A, B, C, D en E zijn de 5 mogelijke evenwichtstanden, waarvan A, B, en C zijn stabiel. h_1 en h_2 zijn de waterdiepten in de twee delen. punt A representeert een stabiel twee-bakken systeem. Elke storing wordt weer weggedempt zoals de fase-diagram laat zien.

Equilibrium states and their stability
Symmetric case, No dredging.
 $k = 2$

1994-11-C

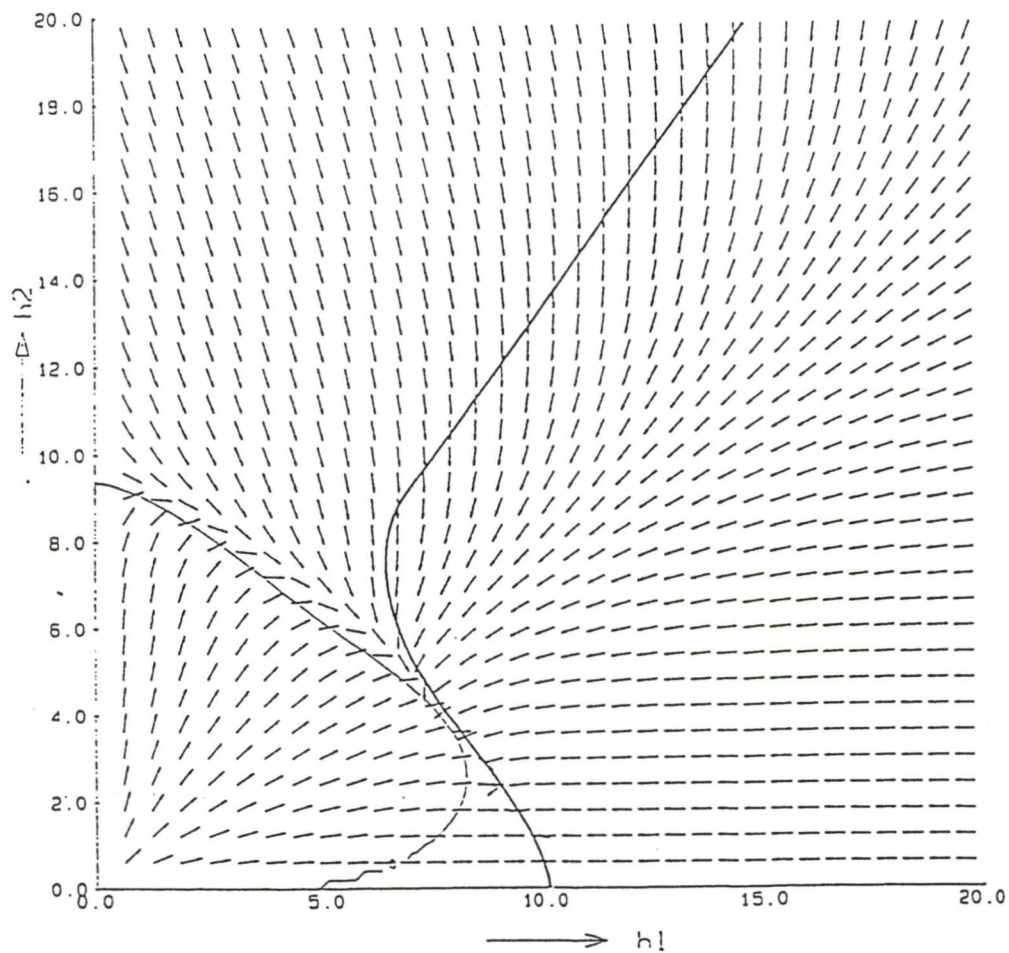
DELFT HYDRAULICS

Fig. 2a



Baggeren in tal 1 met ~~10~~ 10% van het totale transport.
 Er blijven maar 3 evenwichtstoestanden over. De
 toestand met beide takken open is nu anders maar
 blijft stabiel.

Equilibrium states and their stability Symmetric case under influence of dredging (v.l. 50) $k = 2$	1997-C4-17
DELFT HYDRAULICS	Fig. 2B



Baggeren in tak 1 met 30% van het totale transport.
 Er blijft maar één (stabiele) evenwichtstoestand
 over, met alleen tak 1 nog open.

Equilibrium states and their stability Symmetric case under influence of dredging (v.3.50) $k = 2$	1997-04-17	
	DELFT HYDRAULICS	
	Fig. 2C	

Bijlage 3 Voorbereiding workshop 9 januari 1998

AANWEZIGEN

Tijdens het middagprogramma waren de volgende personen aanwezig:

Janrik van den Berg (Universiteit Utrecht)
Bram Blik (Ingenieursbureau Svašek bv)
Daan Dunsbergen (RIKZ)
Caroline Gautier (Ingenieursbureau Svašek bv)
Arie de Gelder (Ingenieursbureau Svašek bv)
Bas Les (Ingenieursbureau Svašek bv)
Saskia Huijs (DZL)
Ad Langerak (RIKZ)
Jan Mulder (RIKZ)
Tom Pieters (Bureau Getijdewateren)
Annemieke van der Slikke (Universiteit Utrecht)
Ad van der Spek (Nederlands Instituut voor Toegepaste Geowetenschappen TNO)
Zheng Bing Wang (Waterloopkundig Laboratorium)

ENKELE CONCLUSIES DEELSTUDIES

Ter voorbereiding op de workshop zijn een aantal conclusies van de in 1997 uitgevoerde K2000*KOP deelstudies toegezonden:

Gedragsgewijde benadering van de Westerscheldemon

- De buitendelta (ondiepe gebied buiten de monding) reageert direct op de (extra) import of export bij de monding.
- Getijslagtoename die samengaat met zeespiegelrijzing leidt tot verruiming van de diepe geulen en sedimentatie van de ondiepe gebieden van het mondingsgebied.

Geologische opbouw Westerscheldemon

- De geconsolideerde sedimenten kunnen de morfodynamiek van geulen aanzienlijk vertragen maar niet geheel belemmeren. De meest resistente lagen zullen vooral door de diepste delen van de geulen aangesneden worden. Een belemmering van uitschuring in de diepte zal dan eerder tot verbreding van dit deel van de geul leiden. Ondieper voorkomende lagen kunnen de laterale migratie van een geul directer belemmeren.
- De Wielingen snijdt ten NW van Breskens in de daar hoog liggende Boomse Klei in. Het is daarom niet waarschijnlijk dat de geul zich hier in de nabije toekomst veel zal verdiepen. Ook de laterale migratie zal beperkt zijn.
- De verlanding van het Zwin, en ook oudere geulsystemen in Zeeuws-Vlaanderen heeft geresulteerd in het geleidelijk verdwijnen van de hiermee samenhangende morfologie welke de ontwikkeling van de Wielingen beïnvloedde.
- Het bankje van Zoutelande lijkt geen kern van resistente klei te hebben. Het is aannemelijk dat het Bankje gevormd is door hydraulische processen en niet door geologische processen.

Zandbalans Westerscheldemon op grote tijd- en ruimteschaal

- Door de baggerwerkzaamheden is de Wielingen/Scheur verdiept en als gevolg van de werking van het getij is deze verdieping zowel naar de oost- als de westzijde uitgebreid. Door de verdieping is het belang van de Wielingen/Scheur voor het getij toegenomen.

- Door de uitbouw van de haven van Zeebrugge is voor de haven een ontgrondingskuil ontstaan. De oevers aan de zuidwest- en noordoostzijde zijn respectievelijk gesedimenteerd en geërodeerd.
- De Geul van de Rassen migreert naar de kust toe en erodeert het bankje van Zoutelande aan de westzijde. Dit heeft een versmalling van het Bankje van Zoutelande tot gevolg.
- De Westerscheldemon is over de periode 1969 t/m 1993 een exporterend gebied.

Getijanalyse Westerscheldemon

- Het ebgetijdelta-model lijkt een goed uitgangspunt voor een gedragsmodel van de Westerscheldemon. De ruimtelijke verschillen in het verticale getij (vervallen) t.g.v. verschillen in fase, amplitude en vervorming moeten in dit model beschreven worden.
- Het getij in het mondingsgebied van de Westerschelde maakt zowel deel uit van het getijsysteem van de Noordzee als van het getijsysteem van de Westerschelde.
- De afsluiting van het Sloe rond 1870 kan de kortsluitfunctie van het Oostgat versterkt hebben. Dit kan een rol hebben gespeeld in de ontwikkelingen van de Deurloo (tweedeling) en de Geul van de Walvischstaart (ontstaan) rond 1880.
- De belangrijkste getij-ontwikkelingen bij Vlissingen zijn een vervroeging, hoofdzakelijk t.g.v. van de verdieping van Scheur/Wielingen en een toename van de getijverschillen, hoofdzakelijk t.g.v. de toegenomen opslingering van het getij in het bekken.

Getijreconstructie Westerscheldemon (oriëntatie)

- Verdieping van De Vlake van de Raan en Scheur/Wielingen doen de verhangen over alle geulen in het gebied toenemen.
- Afsluiting van de Oosterschelde veroorzaakt een sterke toename van de debieten door het westelijk deel van het Oostgat en de Geul van de Walvischstaart.
- Het invloedsgebied van de onderzochte grootschalige veranderingen in het mondingsgebied is ongeveer 40 km vanaf de ingreep.
- De resultaten zijn van dezelfde orde van grootte als wat in de getijanalyse is waargenomen; met een model kunnen de effecten van afzonderlijke fenomenen bestudeerd worden.

CASES

De volgende twee cases zijn toegezonden, omdat ze een sterke relatie hebben met de beheersvragen van de Directie Zeeland. Omdat in verschillende deelstudies aandacht aan de beschreven ontwikkelingen wordt besteed, kan aan de hand van deze cases een koppeling tussen verschillende disciplines (geologie, hydraulica en morfologie) gelegd worden. De onzekerheden die er nog zijn t.a.v. deze ontwikkelingen kunnen een rol spelen bij de invulling van vervolgonderzoek.

CASE 1 Historische ontwikkeling van Deurloo en Geul van de Walvischstaart

In de definitiestudie KUST*2000 Westerscheldemon wordt de ontwikkeling van de Deurloo beschreven (par. 2.3.1): " De uitschuring van de Wielingen ging gepaard met een verzanding van de Deurloo. Deze geul is daarbij tegelijkertijd in noordelijke richting verplaatst. Verder is de verbinding tussen het oostelijke en westelijke deel van de Deurloo verzaand en is een verbinding ontstaan met het noordelijke deel van het Oostgat (Geul van de Rassen). Het restant van de Deurloo ligt thans dicht tegen het Oostgat voor de kop van Walcheren en is van het Oostgat gescheiden door een smalle bank (het Bankje van Zoutelande)."

Aan deze ontwikkelingen is aandacht besteed in bijlage E.3.3 van de definitiestudie en de getijanalyse (deel 2, par. 3.2 en 3.3). Hier worden verbanden gelegd met veranderingen in (de oriëntatie van) de sterkste verhangen (en de event. kortsluitfunctie) t.g.v.:

- de afsluiting van het Sloe rond 1870
- doorgaande verdieping Scheur/Wielingen
- afdamming Volkerak rond 1969

Ter illustratie van deze ontwikkelingen waren de bijlagen 5.2.3, 5.2.4 en 5.2.5 van De Looff (1986), RWS nota GWWS-86.404 bijgevoegd.

CASE 2 Recente en toekomstige ontwikkeling van het Bankje van Zoutelande

Uit de lodingsgegevens vanaf 1969 blijkt dat de Geul van de Rassen kustwaarts migreert en het Bankje van Zoutelande versmalt. De oorzaak voor dit verschijnsel is voornamelijk onbekend, maar hangt waarschijnlijk nauw samen met case 1. De vraag is of deze ontwikkeling zal doorzetten.

Ter illustratie van deze ontwikkeling waren de bijlagen H2, H3 en H4 uit Slikke, 1997 bijgevoegd.

