

Monitoring van de effecten van de verruiming 48'/43'

'Een verruimde blik op waargenomen ontwikkelingen'

MOVE Evaluatierapport 2003

MOVE-rapport 8

Deel B: Hoofdrapport



Rapport RIKZ/2003.027

Colofon

Uitgave

Rijksinstituut voor Kust en Zee/RIKZ, Middelburg 16 juni 2003

Opdrachtgever

Rijkswaterstaat Directie Zeeland

Auteurs

ir. B.G.T.M. Peters, ir. G.A. Liek, dr. ir. J.W.M. Wijsman, drs. M.W.M. Kuijper,
dr. G.Th. van Eck

Redactie

C.F.M. Withagen

Reviewteam

Universiteit van Twente prof. dr. S.J.M.H. Hulscher, Universiteit van Antwerpen
prof. dr. P. Meire, WL|Delft Hydraulics dr. M.C.J.L. Jeuken, WL|Delft Hydraulics
dr. ir. Z.B. Wang

De volgende personen van Rijksinstituut voor Kust en Zee

ir. A.A. Arends, dr. B. Dauwe, C.M. Berrevoets, dr. ing. J. Graveland,
dr. A.W. Hesselink, drs. H.J. Hoeksema, dr. G. Th. van Eck, drs. B.A. Kornman,
drs. D.J. de Jong, ir. J.A. van Pagee, ir. J.H. Vroon, drs. H. Wilmer

Fotografie

omslag RIKZ archief, Jan van den Broeke, © Ed Stikvoort
pag. 4 RIKZ archief, Harry van Reeken
pag. 8 Edwin Parée
pag. 12 RIKZ archief, Jan van den Broeke
pag. 27 © Peter H. van Bragt
pag. 30 RIKZ archief, Jan van den Broeke
pag. 32 RIKZ archief, Jan van den Broeke
pag. 39 Ronald Eijlers
pag. 46 © Ed Stikvoort
pag. 54 RIKZ archief, Jan van den Broeke
pag. 58 © Ed Stikvoort

Grafische realisatie

LnO drukkerij/uitgeverij, Zierikzee

Informatie

ir. B.G.T.M. Peters, tel. 0118 672242, e-mailadres
B.G.T.M.PETERS@RIKZ.RWS.MINVENW.NL

Inhoudsopgave

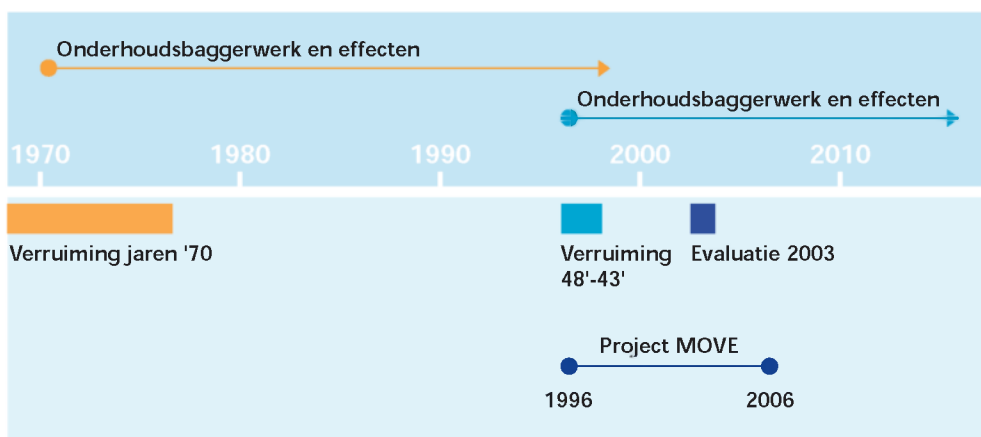
Inleiding	5
Doelstelling	5
Uitgevoerde studies	6
Afbakening	6
Presentatie MOVE evaluatie 2003	7
Leeswijzer rapport	7
1 Aanpak MOVE evaluatie 2003	9
Aanpak evaluatie effecten verruiming 48'/43'	9
Aanpak evaluatie bagger-, stort- en zandwinstrategie	11
2 De verruiming 48'/43'	13
Verruimingswerkzaamheden	13
Onderhoudsbaggerwerkzaamheden	14
Geulwandverdediging	14
3 Resultaten evaluatie effecten verruiming 48'/43'	15
Inleiding	15
De effecten op en ontwikkelingen in de fysica	15
De effecten op en ontwikkelingen in de biologie	26
De effecten op en ontwikkelingen in de chemie	31
4 Resultaten evaluatie bagger-, stort- en zandwinstrategie	33
Inleiding	33
Westerschelde, een veerkrachtig meergeulen systeem?	35
Het onderhoudsbaggerwerk op de drempels	39
Westerschelde: van zandimporterend naar zandexporterend	41
5 Conclusie MOVE evaluatie 2003	43
6 Aanbevelingen voor de toekomst van MOVE	47
Evaluatie effecten verruiming 48'/43'	47
Evaluatie van de bagger-, stort- en zandwinstrategie	50
Literatuurlijst	51
Bijlagen	55
Bijlage A: Het MOVE denkmodel	55
Bijlage B: De ecotoopbenadering	59



Inleiding

In 1995 kwamen Vlaanderen en Nederland overeen dat de vaargeul naar Antwerpen verruimd¹ zou worden tot 48/43/38 voet. Dit betekent dat schepen met een maximale diepgang van 48 voet (1 voet is circa 0,3 meter) in één getij naar Antwerpen kunnen varen en dat schepen met een maximale diepgang van 43 voet in één getij vanuit Antwerpen de Westerschelde af kunnen varen. Schepen met een diepgang van 38 voet kunnen onafhankelijk van het getij op de Westerschelde varen. Het verruimingsverdrag voorziet naast de verruimingswerkzaamheden ook in wrakkenberging, aanleg van geulwandverdedigingen en een natuurcompensatieprogramma. Tussen juli 1997 en juli 1998 is deze vaarwegverruiming in de Westerschelde (kortweg de verruiming 48'/43') uitgevoerd. Dit rapport beschrijft de evaluatie van de effecten van deze verruiming en de bijbehorende bagger-, stort- en zandwinstrategie. Beide evaluaties zijn gebaseerd op meetgegevens die ondermeer in het kader van het project MOVE (Monitoring Verruiming Westerschelde) zijn verzameld. MOVE is in 1996 door de beheerder van de Westerschelde, Rijkswaterstaat Directie Zeeland, opgezet en wordt in 2006 afgerond met een eindevaluatie (zie figuur 1).

Figuur 1
Tijdspad van het project MOVE.



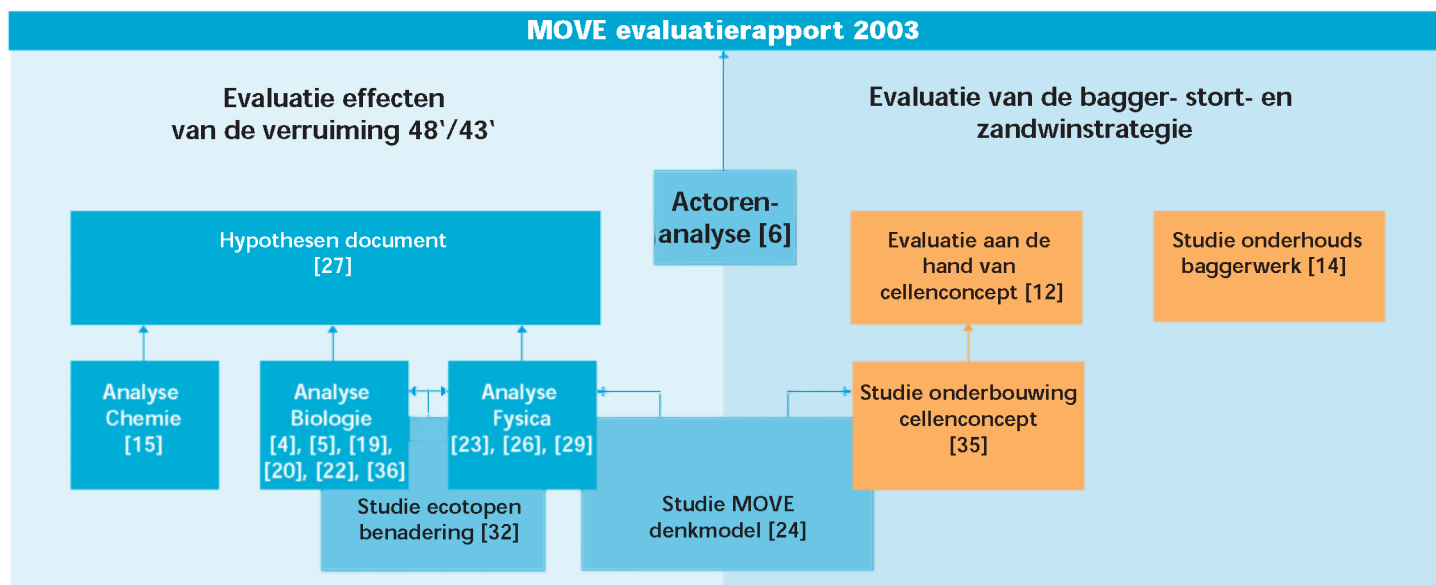
DOELSTELLING

De MOVE evaluatierapportage 2003 is een tussenevaluatie en heeft de volgende doelstellingen:

- 1 Het signaleren van ontwikkelingen in de Westerschelde om daarmee de effecten van de verruiming 48'/43' te evalueren.
- 2 Het evalueren van de effecten van de bagger-, stort- en zandwinstrategie.

Het verzamelen en interpreteren van gegevens vergroot impliciet de kennis van het systeem, maar kennisvergroting op zich is geen doel van het project MOVE.

¹ verruiming=verbreiding en verdieping



Figuur 2

Het evaluatierapport en de onderliggende studies.

[getal] verwijst naar genummerde studie in de literatuurlijst.

UITGEVOERDE STUDIES

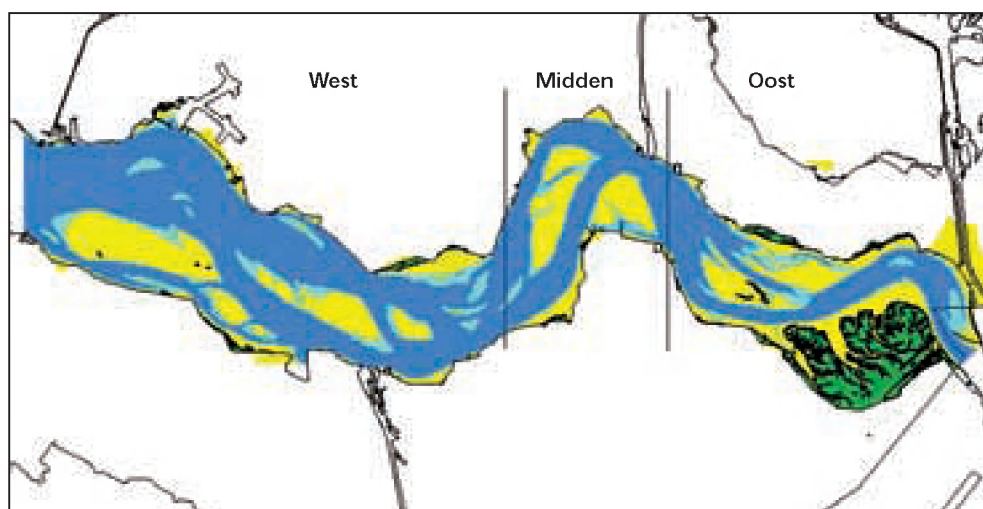
In het kader van deze evaluatie is een groot aantal studies uitgevoerd (zie figuur 2). De in het monitoringsprogramma MOVE verzamelde gegevens zijn getoetst aan hypothesen om zo vast te stellen welke veranderingen in de fysica, chemie en biologie zijn opgetreden en in hoeverre deze samenhangen met de verruiming (Hypothesendocument, Stikvoort 2003). Het hypothesendocument en de onderliggende studies dragen bij aan de eerste doelstelling. Ten behoeve van de tweede doelstelling zijn een studie naar het onderhoudsbaggerwerk (Kornman et al., 2003) en een studie naar de bagger-, stort- en zandwinstrategie gedaan (Jeuken et al., 2003). Om voorliggend rapport af te stemmen op de lezersgroep is ook een actorenanalyse uitgevoerd (De Groot, 2002).

AFBAKENING

- Het project MOVE onderzoekt de Westerschelde tussen de grens Nederland-Vlaanderen en de lijn Vlissingen-Breskens.
- Deze rapportage is gebaseerd op monitoringsgegevens van zowel voor, tijdens als na de verruiming. Voor de periode na de verruiming zijn gegevens beschikbaar vanaf medio 1998 tot 2002.
- In de MOVE hypothesen zijn voornamelijk grootschalige veranderingen geformuleerd. Hiermee worden veranderingen bedoeld in de deelgebieden oost, midden en west (zie figuur 3). De MOVE evaluatie 2003 rapporteert dan ook op dit niveau. Ook zijn er hypothesen geformuleerd over ontwikkelingen die zich op een kleinschaliger of lokaal niveau afspelen. Dit gebeurt om deze kleinschalige veranderingen te kunnen extrapoleren naar grootschalige veranderingen, die in MOVE gehanteerd worden. Soms gebeurt dit ook om de ontwikkelingen van een specifieke functie van een gebied in kaart te brengen.

Figuur 3

De verdeling van de Westerschelde in de deelgebieden west, midden en oost.



- De wrakkenberging en het natuurcompensatieprogramma, die ook onderdeel uitmaken van het verruimingsverdrag, worden in dit kader niet geëvalueerd. De effecten van de aangelegde geulwandverdedigingen worden wél beschreven, omdat binnen het project MOVE over dit onderwerp hypothesen zijn geformuleerd.
- Het project MOVE beschrijft geen toekomstige ontwikkelingen in de Westerschelde (geen extrapolatie van waargenomen trends).
- De gevolgen van de verruiming 48'/43' voor het gebruik van de Westerschelde (scheepvaart, visserij, recreatie enzovoort) vallen buiten het kader van het project MOVE (De Jong et al., 1997).

PRESENTATIE MOVE EVALUATIE 2003

De gebruikersgroep van het MOVE evaluatierapport 2003 is zeer divers: overheden, bedrijven, maatschappelijke organisaties en kennisinstituten. Daarom is gekozen voor het maken van een aparte samenvatting (MOVE evaluatierapport deel A) van het meer technisch inhoudelijke hoofdrapport (deel B).

LEESWIJZER RAPPORT

Hoofdstuk 1 behandelt de aanpak van de MOVE evaluatie 2003. In dit hoofdstuk is in hoofdlijnen uitgelegd hoe hypothesen zijn gebruikt om de evaluatie van de effecten van de verruiming uit te voeren. Daarnaast beschrijft het hoe de evaluatie van de bagger-, stort- en zandwinstrategie is aangepakt.

In hoofdstuk 2 wordt een beschrijving gegeven van de verruiming 48'/43'.

Hoofdstuk 3 beschrijft de resultaten van de evaluatie van de effecten van de verruiming 48'/43' beschreven. Op achtereenvolgens de fysische, biologische en chemische parameters van de Westerschelde.

Hoofdstuk 4 gaat in op de evaluatie van effecten van de bagger-, stort- en zandwinstrategie met behulp van het onlangs verbeterde cellenconcept. Dit hoofdstuk gaat ook in op onderzoek naar het verloop van het onderhoudsbaggerwerk in de Westerschelde en de vraag of de Westerschelde een importerend of exporterend systeem is.

In hoofdstuk 5 zijn de resultaten van hoofdstuk 3 en 4 samengebracht om te komen tot een eindconclusie van de MOVE evaluatie 2003.

In hoofdstuk 6 ten slotte zijn aanbevelingen gedaan met betrekking tot de toekomst van het project MOVE.



uitspraken te doen over veranderingen in het vóórkomen van planten en dieren. Meer informatie over de ecotoopbenadering is te vinden in Appendix B en in Twisk (2002). Echter, de ecotoopbenadering is op dit moment nog te onzeker (zie hoofdstuk 6) om gekwantificeerde conclusies over veranderingen in bodemdieren, microfytobenthos, vis en garnaal en diverse vogelfuncties te verklaren. Om de ontwikkelingen in de biologie in kaart te brengen zijn daarom de meetgegevens over de soortgroepen uiteindelijk leidend geweest voor de conclusies van deze evaluatie.

Toetsing van de hypothesen

Voor de toetsing van de hypothesen maakt de MOVE evaluatie 2003 gebruik van de via het monitoringsprogramma verzamelde meetgegevens tot 2002. De geëvalueerde periode ná de verruiming beslaat de jaren 1998-2001. Echter, de hypothesen spreken een verwachting uit over de situatie 15-25 jaar na de verruiming. Strikt genomen kan dus geen enkele hypothese nu al goed getoetst worden. In deze evaluatie is daarom, op basis van de beschikbare meetgegevens van de periode na de verruiming, een verwachting uitgesproken in hoeverre de hypothese uiteindelijk wel of niet zal worden verworpen en hoe zeker we hiervan zijn.

De effecten van de laatste verruiming zijn ingeschat door de waargenomen ontwikkelingen in het systeem na de verdiepingswerkzaamheden af te zetten tegen een inschatting van hoe het systeem zich na de verruiming 48'/43' zou hebben ontwikkeld als deze verruiming niet had plaatsgevonden. Dit betekent dat de situatie van het systeem in 1996 (zowel ontstaan door autonome ontwikkelingen als door ingrepen van de mens) als referentie is gebruikt. Om de hypothesen te kunnen toetsen, moet de situatie voor de verruiming goed gedefinieerd zijn. Omdat de door Mol et al. (1997) vastgelegde situatie niet altijd aan deze eis voldoet, wordt tijdens deze evaluatie in het hypothesendocument (Stikvoort et al., 2003) vastgelegd welke situatie is gebruikt als referentie. Afhankelijk van de eigenschappen van een parameter en de aanwezige meetgegevens is dit de situatie in 1996, of een schatting van de situatie in 1996 gebaseerd op meetgegevens uit de periode voor de verruiming.

De toetsing van de hypothesen is hoofdzakelijk uitgevoerd aan de hand van tijdreeksanalyses van meetgegevens, eventueel na bewerking. In een aantal gevallen sloot het monitoringsprogramma niet helemaal aan bij de hypothese. In dergelijke gevallen is, als mogelijk, gewerkt met een afgeleide toetsingsparameter (Stikvoort et al., 2003). Bij meetgegevens die zich daarvoor lenen is bovendien een statistische toets uitgevoerd. In het hypothesendocument zijn de uitgevoerde tijdreeksanalyses om de hypothesen te toetsen per parameter beschreven. Deze analyses resulteren in uitspraken over de ontwikkelingsrichting van de parameter en of de hypothese op basis hiervan voorlopig wel of niet verworpen kan worden. Tevens wordt, als mogelijk, aan de hand van de gegevens en anders op basis van een oordeel van deskundigen, een uitspraak gedaan óf en in hoeverre de geobserveerde veranderingen een logische relatie hebben met de verruiming 48'/43'.

AANPAK EVALUATIE BAGGER-, STORT- EN ZANDWINSTRATEGIE

Een belangrijk uitgangspunt van deze evaluatie is dat de effecten van de verruiming kunnen worden beïnvloed door de keuze van stort- en zandwinlocaties en de hoeveelheden te storten en te winnen zand. De huidige bagger-, stort- en zandwinstrategie is geëvalueerd om te bepalen of deze strategie het systeem in een juiste richting beïnvloedt. Met juiste richting wordt hier bedoeld 'behoud van het meergeulensysteem', één van de belangrijkste fysische kenmerken van de Westerschelde. Nederland en Vlaanderen zijn overeengekomen dat het meergeulensysteem in de Westerschelde behouden moet blijven (Technische Scheldec commissie, 2001). Voor de evaluatie zijn 3 studies verricht.



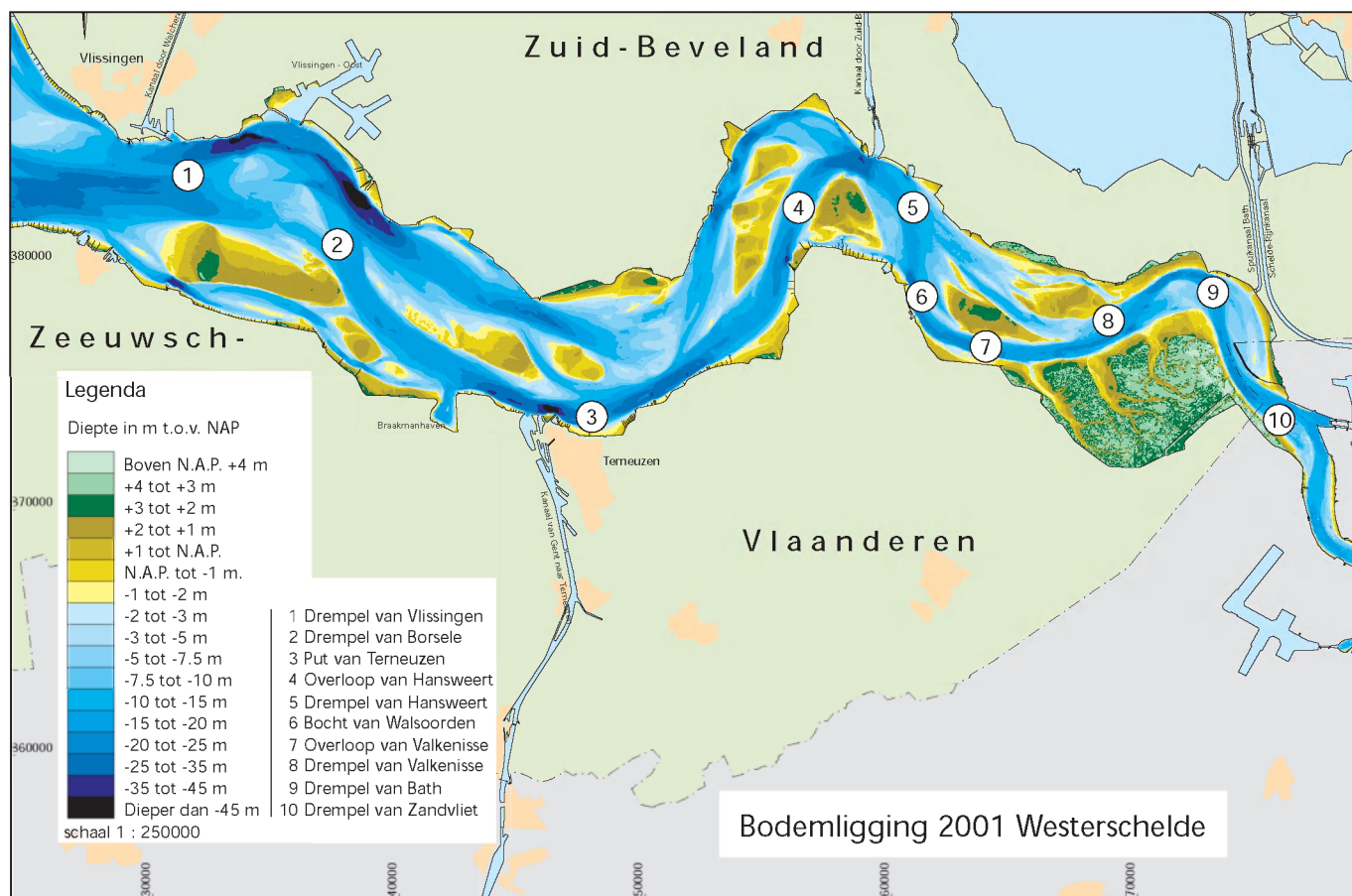
2 De verruiming 48'/43'

VERRUIMINGSWERKZAAMHEDEN

Tijdens de verruiming 48'/43' zijn de drempels (zie figuur 5) verlaagd en de geulen verruimd. Hiermee is de toegankelijkheid van de haven van Antwerpen voor grote zeeschepen vergroot. In de Westerschelde ging deze verlaging tot ongeveer -16 meter NAP en in de monding (inclusief de geulen van Wielingen en de Scheur) werd een verdieping uitgevoerd tot -17,4 meter NAP. Deze werkzaamheden zijn uitgevoerd tussen juli 1997 en juli 1998, uitgezonderd de drempel van Vlissingen, die pas in 1999 is verdiept. In de monding zijn de verruimingswerkzaamheden voltooid in 2000.

Om de vaarweg op de nieuwe breedte en diepte te brengen zijn eerst aanlegbaggerwerkzaamheden uitgevoerd, waarbij ten oosten van Vlissingen tot de Nederlands/Belgische grens 14,7¹ miljoen m³ gebaggerd is.

Figuur 5
Bodemliggingskaart van de Westerschelde in 2001 met daarin aangegeven de drempels.



¹ Dit is de totaal gebaggerde hoeveelheid in de periode juli 1997 tot en met juli 1998. Het aanlegbaggerwerk zelf is dus wellicht minder omdat het in principe ook onderhoudsbaggerwerk bevat.

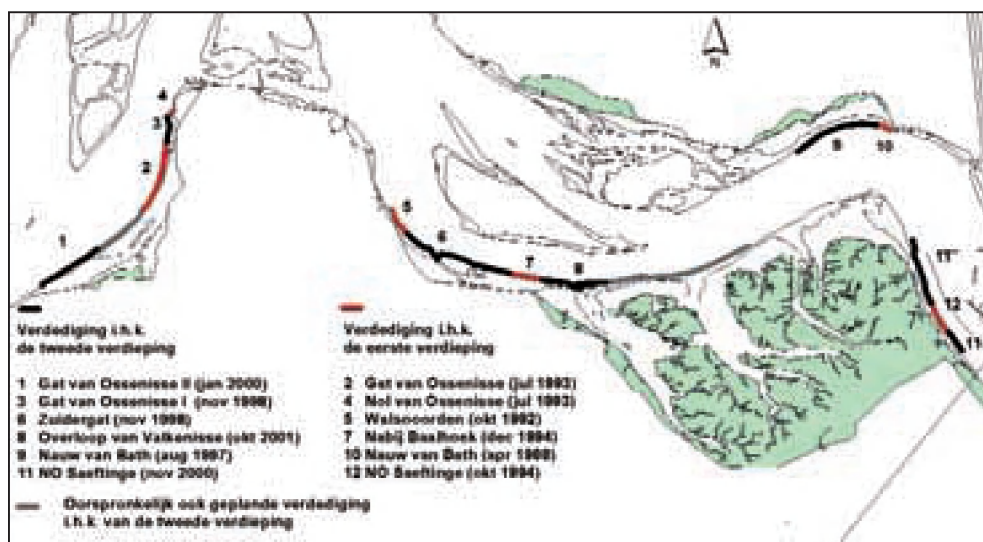
ONDERHOUDSBAGGERWERKZAAMHEDEN

Omdat drempels van nature aanzanden, is in de Westerschelde continu onderhoudsbaggerwerk nodig, zowel op de drempels om de vaargeul op de gewenste diepte te houden als in overige gebieden (o.a. de plaatranden) om de vaargeul op de gewenste breedte te houden. Het totale jaarlijkse onderhoudsbaggerwerk bedroeg in de periode 1999-2001 gemiddeld 11 miljoen m³. Om de zandhuishouding van het estuarium in stand te houden wordt het gebaggerde materiaal op een andere plaats in de Westerschelde teruggestort. Vervolgens zal het gedeeltelijk terugstromen naar de drempels waar het zand opnieuw gebaggerd wordt.

GEULWANDVERDEDIGING

Als onderdeel van het verruimingsverdrag zijn tussen 1996 en 2001 op verschillende plaatsen in het midden en oostelijke deel van de Westerschelde geulwandverdedigingen (zie figuur 6) aangelegd. Deze dienen om inscharing¹ van geulbochten tegen te gaan om zo de veiligheid te waarborgen. Daarnaast wordt met geulwandverdediging ook voorkomen dat slikken en schorren achter de geulwand eroderen.

Figuur 6
Geulwandverdedigingen in de
Westerschelde.



¹ Inscharing van geulbochten betekent dat de buitenbocht van de geul zich in de richting van de waterkering beweegt. Kenmerkend hierbij is dat de achterliggende slikken eroderen. Als het inscharen vele jaren ongemoeid zijn gang gaat dan zal de buitenbocht uiteindelijk de waterkering bereiken en die ondermijnen.

3 Resultaten evaluatie effecten verruiming 48'/43'

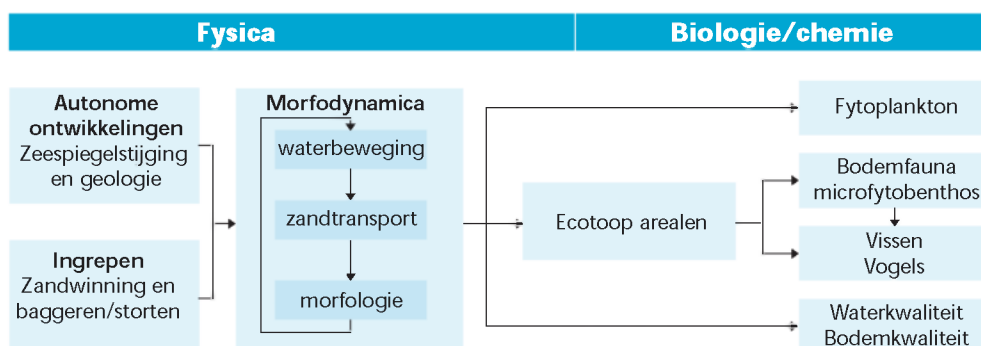
INLEIDING

Dit hoofdstuk is gebaseerd op de toetsing van de MOVE hypothesen, die gebundeld en uitgebreid beschreven zijn in het hypothesendocument (Stikvoort et.al, 2003).

Dit hoofdstuk is opgebouwd volgens onderstaand schema (figuur 7). Het begint met de waargenomen ontwikkelingen en effecten van de ingreep op fysische parameters waterbeweging, zandtransport en morfologie. Daarna volgen de waargenomen ontwikkelingen en effecten van de ingreep op de biologische parameters: achtereenvolgens volgt een beschrijving van de effecten op de primaire productie van het fytoplankton en het microfytobenthos, de ontwikkelingen in het bodemdierenbestand en een beschrijving van de ontwikkelingen in opgroeigebied van vis en garnaal en in de aantallen vogels. Dit hoofdstuk sluit af met een korte beschrijving van de veranderingen in de chemische parameters van de Westerschelde.

Figuur 7

Een schematische voorstelling van de effectketen gebaseerd op Hoeksema et al., 2002.



DE EFFECTEN OP EN ONTWIKKELINGEN IN DE FYSICA

Ontwikkeling waterbeweging

De verruiming 48'/43' is een (lokale) ingreep in de morfologie van de Westerschelde. De waterbeweging reageert het meest direct op zo'n ingreep en zal de morfodynamische cyclus (zie figuur 7) starten om een nieuw (morfodynamisch) evenwicht te vinden of het oude te herstellen.

De ontwikkeling van de waterbeweging sinds de verruiming 48'/43' is onderzocht aan de hand van waterstanden, getijvolumes en stroomsnelheden. Twee waterstandsparameters laten in de periode na de verruiming veranderingen zien ten opzichte van de periode daarvoor: de gemiddelde laagwaterstand te Bath (ten opzichte van de periode ervoor meer afgenomen) en –daardoor– het gemiddelde getijverschil te Bath (ten opzichte van de periode ervoor meer toegenomen). Deze veranderingen zijn

waarschijnlijk een gevolg van de verruiming, maar de tijdreeks is nog niet lang genoeg om dit statistisch te kunnen aantonen. De gemiddelde hoogwaterstanden in het oosten nemen toe, maar er kan nog niet worden vastgesteld dat ze sneller toenemen dan in de periode voor de verruiming. Hierbij moet worden opgemerkt dat over de gemiddelde hoogwaterstanden moeilijk uitspraken te doen zijn, omdat de ontwikkeling die verwacht werd kleiner is dan de natuurlijke fluctuaties.

De waarnemingen zijn in overeenstemming met de verwachting dat ten gevolge van de verbreding en verdieping van de vaarweg de getijgolf minder weerstand ondervindt, waardoor het water gemakkelijker in en uit het estuarium kan stromen. Er treedt dan minder energieverlies op, waardoor de getijgolf minder gedempt wordt. Dit uit zich in een hoger hoogwater en een lager laagwater. Daarnaast speelt nog een proces een rol: resonantie van de getijgolf in het estuarium. Door de verruiming verandert de lengte van de getijgolf, hierdoor verandert de verhouding tussen de getijgolf lengte en de estuariumlengte en gaat de getijgolf steeds meer resoneren. Het gevolg daarvan is hogere hoogwaterstanden en lagere laagwaterstanden. De veranderingen in de laagwaterstanden ten opzichte van Vlissingen zijn wel waarneembaar maar in de hoogwaterstanden niet. De verklaring hiervoor is dat de wrijving bij laagwater een grotere rol speelt. Door de verruiming neemt juist bij laagwater de wrijving relatief sterker af dan bij hoogwater. De ebstroom zal dus makkelijker het estuarium uit kunnen stromen, waardoor de laagwaterstanden meer zullen verlagen dan de hoogwaterstanden toenemen.

Aan de hand van de monitoringsgegevens is een toename van getijvolume in de hoofdgeul in het oostelijk deel van de Westerschelde te zien. Het getijvolume in de nevengeulen is afgenomen; er heeft dus een herverdeling van het totale getijvolume plaatsgevonden. De hypothesen voorspellen de waargenomen herverdeling, maar de onnauwkeurigheid van de beschikbare dataset (tot 2001) in acht nemend is niet vast te stellen of de waargenomen herverdeling afwijkt van de trend die al voor de laatste verruiming was ingezet. De meetgegevens laten zien dat herverdeling al vanaf de verruiming van de jaren '70 is ingezet. De verklaring hiervoor is dat door de vaarwegverruiming de getijgolf minder weerstand in de diepere hoofdgeulen ondervindt en het water de weg van de minste weerstand kiest. Het getijvolume in de hoofdgeulen zal toenemen en dat zal ten koste gaan van het getijvolume in de nevengeulen.

De overige onderzochte waterbewegingsparameters (tijdverschil hoogwater/laagwater Vlissingen-Bath, totale getijvolume en stroomsnelheden) laten in de periode na de verruiming geen duidelijk afwijkende trend zien ten opzichte van de periode voor de verruiming. Dit komt waarschijnlijk doordat de natuurlijke fluctuaties te groot zijn om de dikwijls subtiele veranderingen die voorspeld worden in de hypothesen (op dit moment) te kunnen aantonen. Een andere reden kan zijn dat de meetgegevens onvoldoende nauwkeurig zijn. Voorlopig zijn er nog geen redenen om de hypothesen en het denkmodel betreffende de waterbeweging te verwerpen.

Ontwikkeling zandtransporten

In de eerste evaluatie in 1999 (Arends et al., 1999) wordt opgemerkt dat al vóór de verruiming 48'/43' de Westerschelde (exclusief monding) omgeslagen lijkt te zijn naar een zandexporterend systeem. De huidige evaluatie bevestigt dit. Hierop wordt nader ingegaan in hoofdstuk vier.

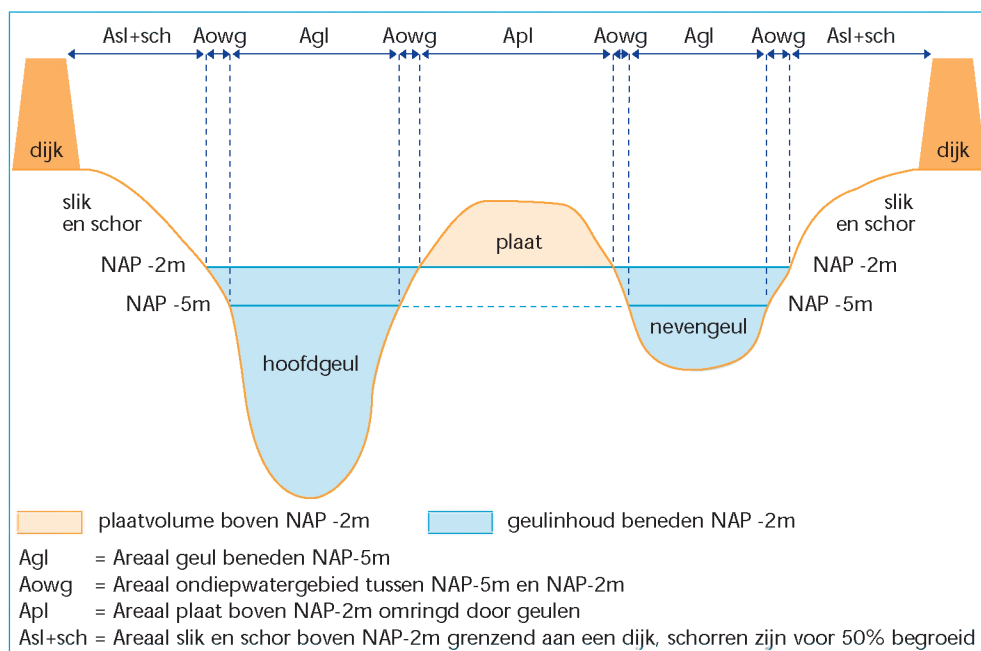
Het eveneens voor de verruiming waargenomen transport van sediment van het westelijk naar het oostelijk gedeelte van de Westerschelde¹, is in de periode na de verruiming gemiddeld groter geworden. Dit is zoals verwacht werd en is mogelijk een gevolg van de gevoerde stortstrategie tijdens en na de verruiming 48'/43', waarbij in het oostelijk deel van de Westerschelde zand gebaggerd wordt dat in het midden en westen gestort wordt.

Ontwikkeling arealen en inhoud

De Westerschelde heeft een geschiedenis van diverse menselijke ingrepen, die allemaal in enige mate invloed gehad hebben op de huidige morfologische ontwikkelingen van de Westerschelde. Naast de natuurlijke processen hebben ook menselijke ingrepen de morfologie van de Westerschelde bepaald. Hoe de respons van de Westerschelde op deze factoren precies heeft plaatsgevonden en hoe groot de respons op de afzonderlijke factoren is geweest, weten we, ondanks vele studies [o.a. Stive et al., 1998, Winterwerp et al. (2000), Jeuken (2001, 2003) en Wang (2002)] (nog) niet.

Om ondanks een gebrek aan kennis de effecten van de verruiming toch in te schatten, is een vergelijking gemaakt tussen de geschatte morfologische ontwikkeling vanaf

Figuur 8
De morfologische eenheden van de Westerschelde.



¹ Is met behulp van de jaarlijkse zandbalans uit MOVE bepaald, deze zandbalans betreft de Westerschelde exclusief mondingsgebied.

1996 zonder verruiming en de daadwerkelijke ontwikkelingen vanaf 1996. Deze vergelijking is de basis om effecten van de verruiming te kunnen inschatten en de opgestelde hypothesen te kunnen toetsen (Stikvoort et al., 2003). Hieronder volgen de belangrijkste conclusies van de toetsing van de morfologische hypothesen.

Ontwikkeling schorren

Schorren westelijk deel

Verwacht werd dat de trend van schorvermindering die voor de verruiming al was ingezet, na de verruiming in dezelfde mate door zou zetten. De beschikbare meetgegevens bevestigen deze verwachting. Het areaal schorren in het westen van de Westerschelde toont een relatief kleine afname in de periode na de verruiming. Op basis van de waarnemingen kan geen significante invloed van de verruiming op de areaalontwikkeling van de schorren worden vastgesteld.

Schorren middendeel

Aangezien de schorren in het middendeel op relatief rustige plaatsen liggen, werd verwacht dat het areaal in dit deel van de Westerschelde gelijk zou blijven na de verruiming. De beschikbare meetgegevens laten zien dat het areaal schorren in het middendeel inderdaad onveranderd is. De verruiming heeft het areaal dus niet beïnvloed.

Schorren oostelijk deel

Verwacht werd dat in het oostelijk deel de trend van schorvermindering die voor de verruiming al was ingezet, na de verruiming in dezelfde mate door zou zetten. Dit is inderdaad het geval. De verruiming heeft ook hier geen significante invloed op de areaalontwikkeling van de schorren gehad.

Ontwikkeling slikken

Slikken westelijk deel

In het westen werd verwacht dat de erosie langs de geulranden zou leiden tot een afname van het slikareaal. De meetgegevens laten zien dat het areaal slikken na de verruiming niet significant veranderd is, er is zelfs sprake van een lichte toename. Dit is tegengesteld aan wat verwacht werd. Een verklaring is dat in het westelijk deel de inhoud van de hoofdgeulen door de verruiming toeneemt en de inhoud van de nevengeulen afneemt. Veel van de slikken grenzen juist aan nevengeulen, waar dus weinig erosie optreedt langs de geulranden. De waargenomen ontwikkeling heeft dus een verband met de verruiming en de bijbehorende stortstrategie.

Slikken middendeel

Door de aanleg van geulwandverdedigingen werd verwacht dat in het middendeel het areaal slikken gelijk zou blijven. De beschikbare meetgegevens laten zien dat het areaal iets is toegenomen. De geulwandverdedigingen hebben dus voor het gewenste effect gezorgd. De evaluatie van de ontwikkeling van de slikken áchter de geulwandverdediging laat zien, dat in het Gat van Ossensisse de slikken enkel nog lokaal eroderen. Dit heeft te maken met het feit dat alle geulwandverdedigingen tijdens de verruiming 48' / 43' verlaagd zijn aangelegd (zie intermezzo).

Intermezzo: het schor Zuidgors en de slikken van de Everingen

De slikken van de Everingen liggen in het westelijk deel van de Westerschelde (zie figuur 9). Hier zijn metingen gedaan naar de bodemsamenstelling. De verwachting was dat de bodemsamenstelling grover zou worden als gevolg van het storten van onderhouds-specie in het nabijgelegen stortvak bij Ellewoutsdijk en de Ebschaar van de Everingen. Ook is de sedimentatiesnelheid op het schor Zuidgors gemeten, dit schor grenst aan de slikken van de Everingen. De verwachting was dat het 'Zuidgors' mogelijk sneller zou ophogen, vanwege die zelfde stortingen.

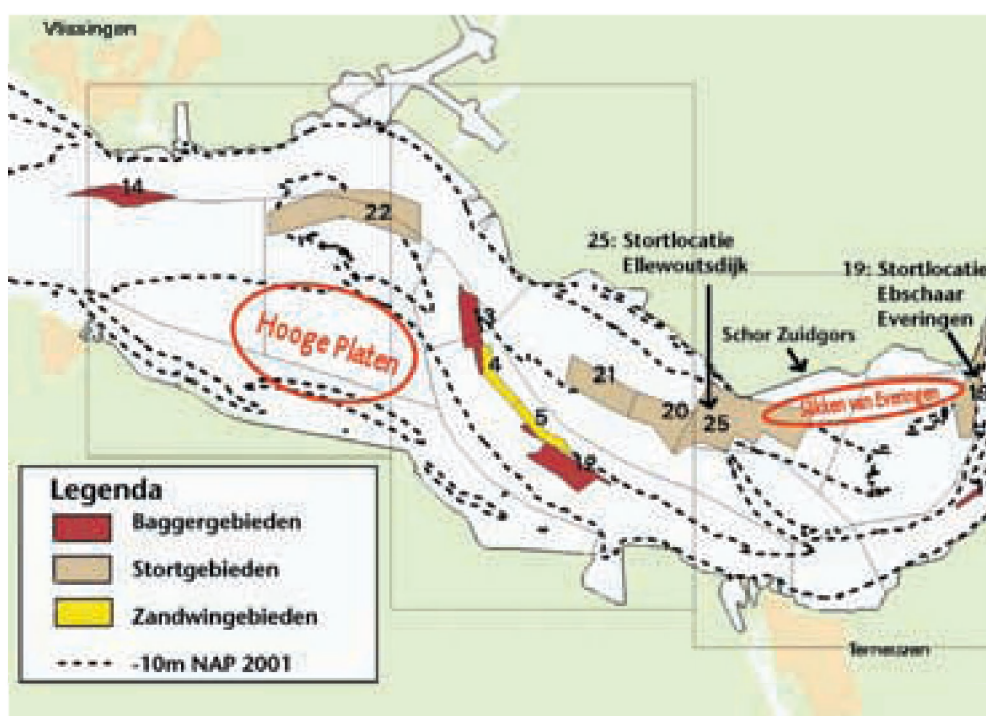
De meetgegevens van slibgehalte ($\% < 63 \mu\text{m}$) en gemiddeld mediane korrelgrootte (D50) laten echter zien dat de bodemsamenstelling van de Slikken van de Everingen in de jaren na de verruiming 48'/43' (1998-2001) gemiddeld fijner is geworden. Dit is dus in tegenstelling met de verwachting. Dichtbij de Slikken van de Everingen worden sinds 1997 grote hoeveelheden baggerspecie gestort. Dit heeft hier waarschijnlijk tot een verlaging van de stroomsnelheid geleid, waardoor de hydrodynamiek op de slikken van Everingen is afgenomen en het fijne sediment gemakkelijker kan neerslaan.

Op het schor Zuidgors zijn in de jaren na de verruiming (1998-2001) plaatselijk hoge tot zeer hoge sedimentatiesnelheden (mm/jaar) gemeten. Metingen in de periode vóór de verruiming laten sedimentatiesnelheden zien die als gemiddeld (natuurlijk) kunnen worden beschouwd. De toename van sedimentatiesnelheden valt samen met het invoeren van de nieuwe stortstrategie.

Een eerste stap om te onderzoeken of bovenstaande waarnemingen met elkaar overeenstemmen, is nagaan of op het schor Zuidgors ook fijn sediment gemeten wordt.

Figuur 9

De Slikken van de Everingen en het Schor Zuidgors.



Intermezzo: Verlaagd aangelegde geulwandverdediging

De lokale verlaging van het slik bij het Zuidergat, het Nauw van Bath en het Gat van Ossensisse heeft te maken met de keuze om de geulwandverdediging verlaagd aan te leggen. Bij de aanleg van geulwandverdediging op NAP bestaat de kans dat de slikken die achter de verdediging liggen zeer slibrijke en laagdynamische gebieden worden (zogenaamde 'slibbakken'). Om dit te voorkomen zijn geulwandverdedigingen tijdens de verruiming 48'/43' op de Gemiddelde LaagWaterlijn aangelegd. Door dit verlaagd aanleggen van de geulwandverdediging wordt nog enige natuurlijke afwisseling van erosie en sedimentatie toegelaten op de slikken (Liek, 2001). Ondanks het (verlaagd) aanleggen van geulwandverdediging zet de trend van slikverlaging zich gewoon voort. Het is van belang om de ontwikkeling van de slikken in de toekomst goed te monitoren om vast te kunnen stellen of er wel echt sprake is van regelmatige afwisseling van sedimentatie en erosie of alleen erosie.

Slikken oostelijk deel

Er werd in 1996 weinig erosie van de slikken verwacht omdat er geulwandverdedigingen zouden worden aangelegd. De verwachting was zelfs dat het areaal (iets) zou kunnen toenemen. Het areaal slikken is na de verruiming in het oostelijk deel sterker dan verwacht toegenomen; deze toename is zelfs zowel absoluut als relatief de grootste in de Westerschelde. Dit wordt (mede) veroorzaakt door het verder aanzanden van de Zimmermangeul. De evaluatie van de ontwikkeling van de slikken achter de geulwandverdediging in het oostelijk deel laat zien, dat de slikken alleen lokaal eroderen. Dit is het geval bij het Zuidergat, het Nauw van Bath en Noord-Oost Saeftinge.

Ontwikkeling ondiepwater

Ondiepwater westelijk deel

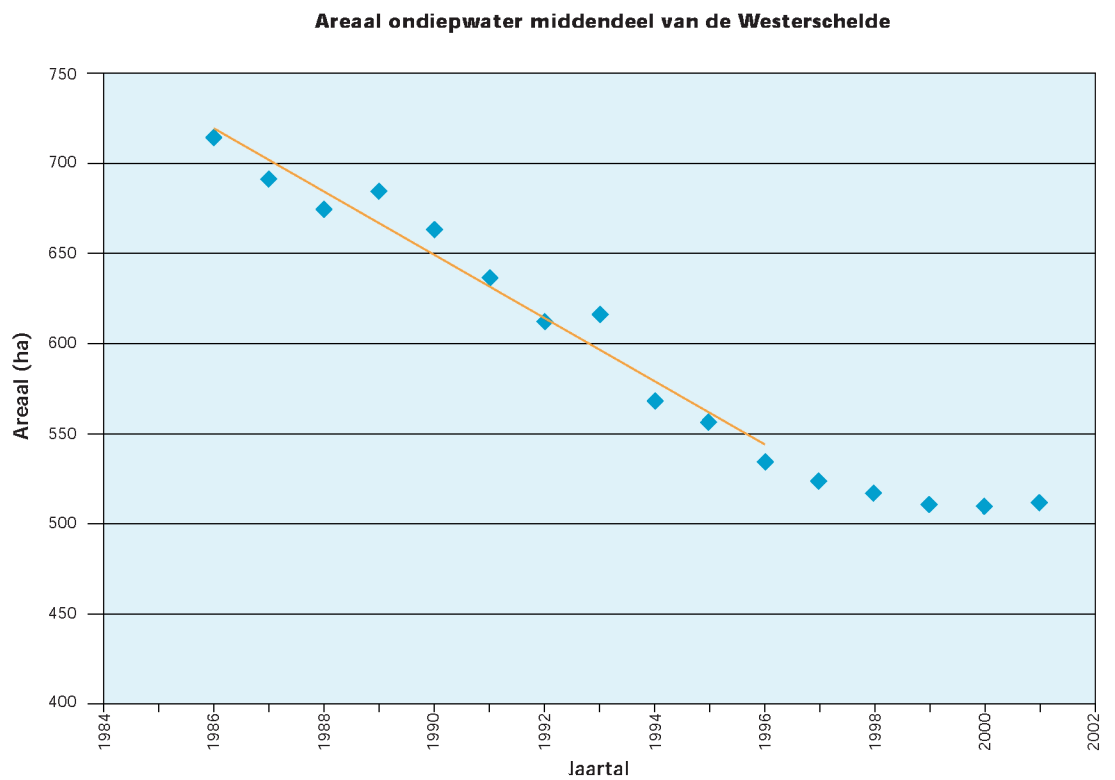
Het was de verwachting dat het areaal ondiepwater na de verruiming zou afnemen. Dit is gerelateerd aan de verwachting dat de platencomplexen hier zouden vergroten en verhogen ten koste van het areaal ondiepwater als gevolg van verhoogde stortactiviteiten. Aan de verwachting wordt niet voldaan: het areaal ondiep water is min of meer gelijk gebleven. Het verband met de verruiming is daarmee onduidelijk.

Ondiepwater middendeel

De verwachting was dat de arealen ondiepwater in dit deel van de Westerschelde zouden afnemen, omdat de platen zouden vergroten en verhogen door de toename van de stortingen. De dalende trend die het areaal ondiepwater in het middendeel van de Westerschelde vertoonde, buigt na de verruiming om naar een meer constant niveau (zie figuur 10). In 2001 is het areaal ondiepwater min of meer gelijk aan het areaal ondiepwater in 1996. Dit is niet overeenkomstig met de verwachting. Waarom deze trendbreuk na de verruiming is opgetreden is (nog) niet te verklaren.

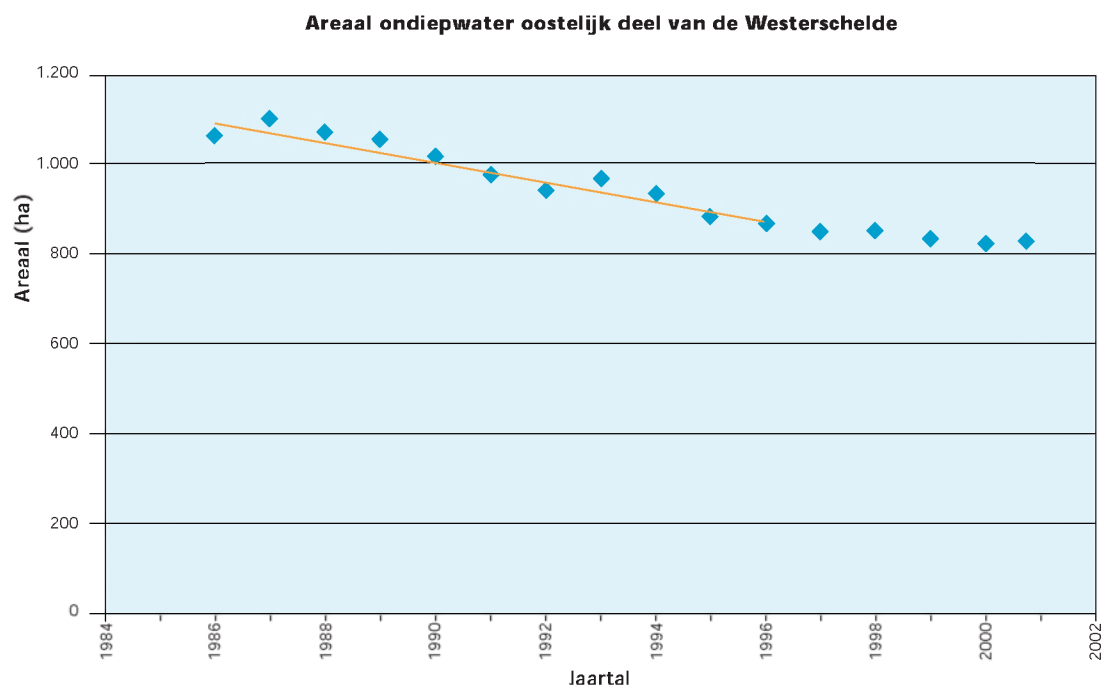
Figuur 10

De ontwikkeling van de arealen ondiepwater in het middendeel van de Westerschelde.



Figuur 11

De ontwikkeling van de arealen ondiepwater in het oostelijk deel van de Westerschelde.



Ondiep water oostelijk deel

Er werd een afname van ondiep waterareaal verwacht, omdat de geulen in dit deel van de Westerschelde door de verruiming breder zouden worden. Het areaal ondiepwater in het oostelijk deel vertoont in de periode voor de verruiming een dalende trend. Na de verruiming blijft het areaal min of meer constant (zie figuur 11). Ook hier is de trendbreuk na de verruiming (nog) niet te verklaren.

Ontwikkeling platen

Platen westelijk deel

In het westelijk deel neemt het totale plaatareaal en de totale plaatinhoud af. Dit is tegengesteld aan de verwachting: er werd een toename voorspeld. Voor de verruiming was er een afname die nu zelfs versterkt is. Wat het verband met de verruiming zou zijn is (nog) niet te verklaren.

Ontwikkeling Hooge Platen

Aan de gehele zuidzijde van de Hooge Platen is erosie opgetreden. Dit kan verklaard worden door het verplaatsen van het vaarwater langs de Hoofdplaat in noordelijke richting. Deze migratie is al lang voor de verruiming in gang gezet. De Hooge Platen blijven ten oosten van 'de Bol' qua hoogte ongeveer gelijk, op enkele lokale uitzonderingen na waar een grillig sedimentatie/erosie patroon te zien. 'De Bol' zelf wordt hoger (zie Broedfunctie Hooge Platen). Ten westen van 'de Bol' nemen de Hooge Platen in hoogte iets af (orde 25-50 cm in de periode 1996-2001).

Ontwikkeling Middelpaat

De Middelpaat ten westen van de kortsluitgeul Zuid Everingen laat in de periode 1996-2001 aan de noordoostkant erosie zien van het ondiep watergebied en de plaatranden. Dit is waarschijnlijk een gevolg van het verplaatsen van de geul 'Zuid Everingen' naar het westen in combinatie met een verandering van de lokale hydrodynamiek ten gevolge van de stortingen in het stortvak voor Ellewoutsdijk.

De Middelpaat ten oosten van de Zuid Everingen laat daarentegen sedimentatie zien. De plaat is verhoogd en ook het plaatareaal is toegenomen.

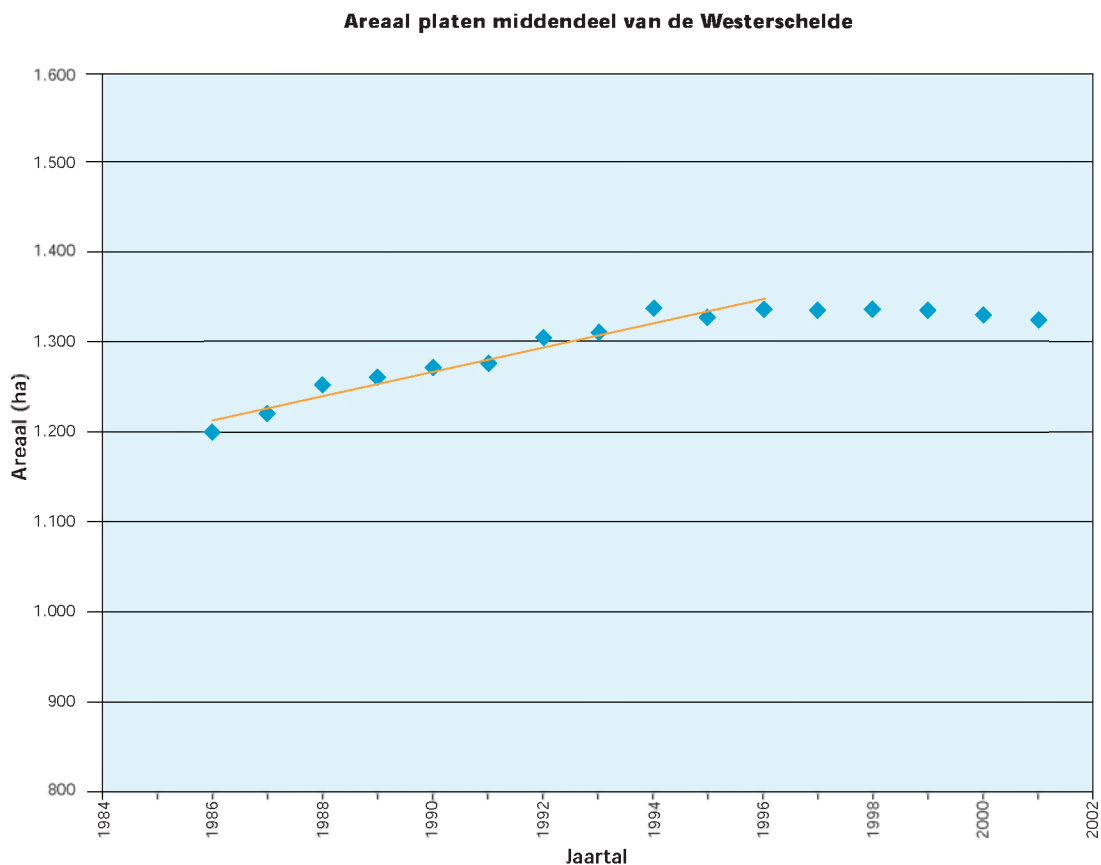
Platen middendeel

In de periode voor de verruiming is een nagenoeg lineaire licht stijgende trend te zien in het areaal platen. Sinds de verruiming is deze stijgende trend echter omgebogen naar een meer constant verloop (zie figuur 12). In 2001 is het areaal plaat min of meer gelijk aan het areaal plaat in 1996. Dit is tegengesteld aan de verwachting.

De inhoud van de platen neemt na de verruiming wel toe zoals voorspeld was, maar deze toename is vrijwel even groot als voor de verruiming. Omdat daarnaast het plaatareaal is toegenomen, betekent dit dat de gemiddelde plaathoogte iets zou moeten zijn toegenomen. Dit wordt ook waargenomen. Een eventueel verband met de verruiming is (nog) niet aan te tonen.

Figuur 12

De ontwikkeling van de arealen platen in het middendeel van de Westerschelde.



Rug van Baarland

Aan de oostelijk zijde van de Rug van Baarland is erosie opgetreden. Dat kan verklaard worden door het van nature kantelen (zie intermezzo hoofdstuk 4 'resultaten evaluatie bagger-, stort- en zandwinstrategie') van het geulsysteem Middelgat (sedimenteren) en Gat van Ossensisse/de Overloop van Hansweert (eroderen). De toegenomen stortintensiteit in het Middelgat vanaf de verruiming 48'/43' heeft dit proces mogelijk wel versterkt. Een andere verklaring is dat aan de oostkant van de Rug van Baarland in de jaren 1999 en 2000 zand is gewonnen voor de aanleg van de Westerscheldetunnel. Ten zuiden van de geul van Molenplaat treedt plaatverhoging op. De oorzaak is onbekend.

Plaat van Ossensisse

De Plaat van Ossensisse vertoont op de westelijke en oostelijke plaatranden erosie, terwijl de Plaat van Ossensisse in zijn geheel verhoogt. De oorzaak is onbekend.

Platen oostelijk deel

De verwachting dat het areaal platen af zou nemen als gevolg van het verder verruimen van de geulen lijkt te kloppen. De dalende trend die reeds voor de verruiming is ingezet zet zich na de verruiming voort. De plaatinhoud laat na de verruiming een voortzetting van de stijgende trend zien die al voor de verruiming was ingezet, terwijl verwacht werd dat de inhoud zou afnemen als gevolg van erosie van plaatranden.

De gemiddelde plaathoogte van de platen in het oosten is toegenomen. Waarom na de verruiming deze veranderingen zijn optreden is (nog) niet te verklaren.

De Plaat van Walsoorden

De Plaat van Walsoorden verlaagt in zijn geheel met uitzondering van het oostelijk deel dat lokaal verhoogt. De plaat laat aan de noordoost kant erosie zien doordat de nevengeul, de Schaar van Valkenisse, zich de laatste jaren richting de plaat verplaatst. Bovendien is de Schaar van Valkenisse in het oosten dieper geworden en heeft steilere geulwanden gekregen. Als gevolg hiervan is de plaat van Walsoorden en het aangrenzende ondiepwatergebied geërodeerd. Het profiel van de plaat van Walsoorden is aan de noordoostkant gelijkgebleven of versteild en aan de oostkant is het plaatareaal afgenomen.

De Plaat van Valkenisse

De Plaat van Valkenisse verhoogt en breidt uit, met name in het centrum en aan de oostkant. Het profiel van de plaat blijft over het algemeen gelijk of wordt iets steiler, waardoor het ondiepwatergebied iets afneemt. Aan de westkant echter verdwijnt plaatareaal in ondiepwatergebied. Dit kan mogelijk verklaren waarom het areaal ondiepwater in het oostelijk deel niet verder afneemt (zie figuur 11).

Ontwikkeling geulen

Geulen westelijk deel

De verwachte toename van de inhoud van de hoofdgeulen ten gevolge van de verdieping van de hoofdgeul is waargenomen. Na de verruiming 48'/43' is er sprake van een toename van de inhoud. Vóór de verruiming was de inhoud nagenoeg stabiel. Deze verandering is waarschijnlijk een gevolg is van de verruiming.

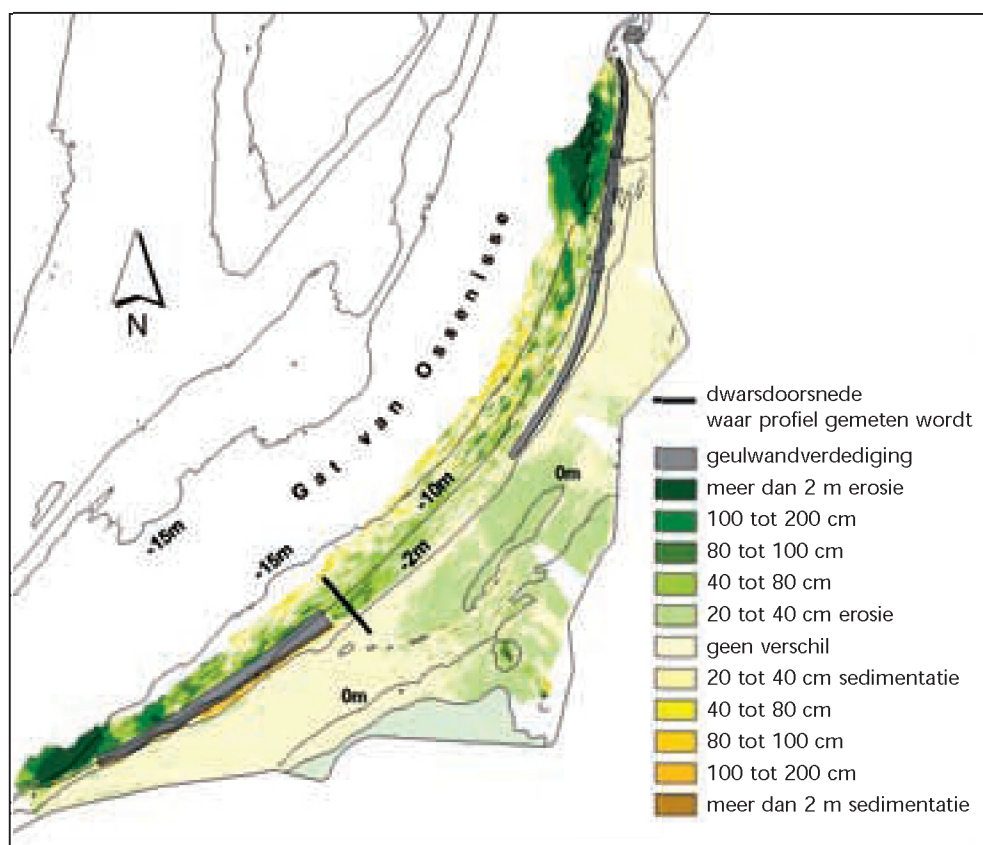
De waarnemingen van de inhoudsontwikkeling van de nevengeulen laten na de verruiming 48'/43' een afname zien van de inhoud, terwijl in de periode daarvoor juist een stijgende trend in de inhoud van de nevengeulen waarneembaar was. Deze afname werd ook verwacht ten gevolge van de toegenomen stortingen in de nevengeulen. Deze omslag wordt waarschijnlijk veroorzaakt door de toegenomen stortingen in de nevengeulen vanaf de verruiming 48'/43'.

Geulen middendeel

Uit de waarnemingen blijkt dat de inhoud van de hoofdgeulen in de periode na de verruiming 48'/43' zelfs nog iets sterker toeneemt dan vóór de verruiming. Verwacht werd dat de stortingen in het middendeel van Westerschelde de inhoudstoename van de hoofdgeulen tegen zou werken. Aan die verwachting is niet voldaan. In het middendeel van de Westerschelde is geulwandverdediging aangelegd. Het monitoringprogramma laat zien dat de (onderdelen van) geulbochten met geulwandverdediging niet verder ingeschaard zijn. De geulwandverdedigingen blijken dus een effectief middel om inscharing van geulbochten en slikverlaging te voorkomen of te stoppen. Bij het Gat van Ossensse heeft de inscharing en slikverlaging zich wel voortgezet, daar was dan ook geen verdediging aangebracht (zie figuur 13).

Figuur 13

Verschilkaart van de bodemligging van het Slik langs het Gat van Ossensse voor de periode mei 1999 tot oktober 2000.



De inhoudsontwikkeling van de nevengeulen verloopt echter wel volgens verwachting: de inhoud neemt sterker af na de verruiming 48'/43' dan in de periode daarvoor, waarschijnlijk als gevolg van de toegenomen stortingen in de nevengeulen vanaf de verruiming 48'/43'.

Geulen oostelijk deel

De verwachting was dat de inhoud van de hoofdgeulen zou toenemen omdat drem-pels zouden worden gebaggerd en aangrenzende geuldelen vervolgens zullen gaan uitruimen. Dit is ook waargenomen. Na de verruiming 48'/43' is de toename van de inhoud groter dan voor de verruiming, maar niet zo groot als verwacht. De toename is waarschijnlijk een gevolg van de verruiming zelf. Ook in het oostelijk deel van de Westerschelde is geulwandverdediging aangelegd. Het monitoringsprogramma laat zien dat alle (onderdelen van) geulbochten met geulwandverdediging niet verder ingeschaard zijn. In het Nauw van Bath is echter wel erosie zichtbaar van het slik achter de onverdedigde geulwand.

De nevengeulen nemen na de verruiming 48'/43' wel in inhoud toe, maar minder dan in de periode vóór de verruiming. Het is onduidelijk waarom. Het was de verwachting dat de nevengeulen in dit deel extra in inhoud zouden toenemen, omdat hier vanaf de verruiming 48'/43' veel minder gestort wordt.

Aandachtspunten

Mogelijk kan de aanleg van een geulwandverdediging tussen de bestaande geulwandverdedigingen bij het Gat van Ossensse de nu nog optredende inscharing en de optredende slikverlaging achter het onverdedigde deel stoppen. In het Nauw van Bath moet bovendien onderzocht worden of uitbreiding van de geulwandverdediging naar het westen, de huidige lokale inscharing kan stoppen.

Het is van belang om de ontwikkeling van de slikken in de toekomst goed te monitoren om vast te stellen of er wel echt sprake is van dynamiek (regelmatige afwisseling van sedimentatie en erosie) of alleen erosie. Verder heeft de ontwikkeling van slikken ook nog een relatie met de ontwikkeling van schorren. Indien slikverlaging kan wordt gestopt, is het waarschijnlijk dat de schorrand zich ook niet verder landwaarts verplaatst.

Aanbevolen wordt het slibgehalte en de gemiddelde mediane korrelgrootte (D50) op het schor Zuidgors in het meetprogramma op te nemen. Ook wordt aanbevolen om via profielmetingen vast te stellen in hoeverre de versnelde sedimentatie lokaal is, of dat het juist over grotere delen van het Schor optreedt.

DE EFFECTEN OP EN ONTWIKKELINGEN IN DE BIOLOGIE

Ontwikkeling primaire productie fytoplankton

De ontwikkeling van de jaargemiddelde primaire productie van het fytoplankton in het water wordt mede bepaald door de beschikbaarheid van voedingsstoffen (stikstof en fosfor) en het onderwater lichtregime (voornamelijk bepaald door het doorzicht). Voedingsstoffen zijn altijd en overal in overvloed beschikbaar in de Westerschelde en daarom wordt de jaargemiddelde primaire productie in de Westerschelde voornamelijk bepaald door het doorzicht. De resultaten van het monitoringsprogramma laten zien dat sinds 1994 het doorzicht, en daarmee de primaire productie in de hele Westerschelde duidelijk is afgenomen.

Het verminderde doorzicht is niet veroorzaakt door hogere concentraties zwevend stof dat in het water zweeft, maar is eerder het gevolg van een toename van de concentraties pigmenthoudende opgeloste stoffen zoals humuszuren die voor een belangrijk deel de 'kleur' van het water bepalen. Mogelijk is dit het gevolg van een toename in de concentraties humuszuren in het water. De afname in doorzicht en primaire productie is al in 1994 begonnen, en is derhalve niet te relateren aan de verruiming 48'/43'.

Ontwikkeling primaire productie microfytobenthos

De primaire productie van het microfytobenthos is afhankelijk van de biomassa algen ofwel het chlorofylgehalte van de bodem. Door de morfologische ontwikkelingen van de Westerschelde is het geschikt areaal voor microfytobenthos veranderd. In het deelgebied midden is het geschikt areaal met een kleine 10% toegenomen, terwijl in het oosten de geschiktheid met 5% is afgenomen. In het westen is de situatie min of meer gelijk gebleven.



De waargenomen biomassa, en dus de primaire productie, van het microfytobenthos is in het midden en oostelijk deel na de verruiming 48'/43' toegenomen. Dit is met name in het oostelijk deel opmerkelijk omdat daar het areaal geschikt gebied voor microfytobenthos is afgenomen. In het westen is er geen duidelijke toe- of afname in waargenomen biomassa. Deze geobserveerde veranderingen zijn waarschijnlijk meer het gevolg van natuurlijke trends als gevolg van autonome ontwikkelingen (weersomstandigheden) dan van veranderingen in geschiktheden.

De jaargemiddelde primaire productie van het microfytobenthos is toegenomen in het oostelijk en middendeel van de Westerschelde. Deze toenames zijn slechts ten dele te verklaren door de ontwikkelingen in het areaal geschikt gebied voor microfytobenthos. De invloed van de verruiming 48'/43' op de primaire productie van het microfytobenthos is hierdoor onduidelijk.

Ontwikkeling bodemdieren

De morfologische veranderingen in de Westerschelde, al dan niet als gevolg van de verruiming 48'/43', hebben ertoe geleid dat het areaal geschikt gebied voor bodemdieren is afgenomen in het oostelijk en westelijk deelgebied. In het middendeel van de Westerschelde is het areaal geschikt gebied voor bodemdieren echter toegenomen. De waargenomen verandering in bodemdierbestanden correspondeert niet met de waargenomen veranderingen in areaal geschikt gebied voor bodemdieren. In 1992 zijn de gemeten bodemdierbestanden hoog in alle gebieden van de Westerschelde.

Ook in de jaren van de verruiming, 1997 en 1998, zijn er relatief veel bodemdieren, maar in de jaren na de verruiming is het bodemdierbestand relatief laag. Goede respectievelijk slechte broedval van met name kokkels is hiervan de oorzaak.

De invloed van de verruiming 48'/43' op het voorkomen van bodemdieren is door de sterke jaarlijkse natuurlijke variatie in bodemdierbestanden en door het beperkt aantal gegevens onduidelijk.

Ontwikkeling kinderkamerfunctie garnaal en vis

Door een toename van het laagdynamische ondiepwatergebied is de potentie van de kinderkamerfunctie (het areaal geschikte ecotopen voor garnaal en vis) in de hele Westerschelde toegenomen. Er zijn echter geen geschikte monitoringsgegevens over de bestandsgrootte garnaal en/of jonge vis voorradig, zodat deze uitspraak niet kan worden getoetst. Ook is er grote onzekerheid over het relatieve belang van het laagdynamische ondiepwatergebied voor de kinderkamerfunctie en onzekerheid over de daadwerkelijke toename van dit ecotoop.

Door de naar verhouding grote onzekerheden en door het gebrek aan geschikte gegevens is de invloed van de verruiming 48'/43' op de veranderingen van de kinderkamerfunctie van de Westerschelde onduidelijk.

Ontwikkeling vogels

De Westerschelde vervult voor vogels de functie van foerageer-, broed-, rui- en rustgebied (hoogwatervluchtplaats).

In het kader van MOVE is specifiek gekeken naar:

- de broedfunctie van de Westerschelde voor sterns;
- ontwikkeling van de Hooge Platen als broedgebied voor sterns;
- de ruifunctie van de Westerschelde voor de Bergeend;
- de foerageermogelijkheden voor steltlopers;
- de foerageermogelijkheden voor zichtjagende viseters met name Dwergstern en Visdief.

Er is gekeken hoe deze verschillende functies zich in de tijd hebben ontwikkeld en in hoeverre de verruiming 48'/43' hierop van invloed is geweest.

Broedfunctie Westerschelde

Het functioneren van de Westerschelde als broedgebied voor Visdief en Dwergstern is in beeld gebracht aan de hand van het aantal broedparen en de conditie van jonge Visdieven.

Het aantal broedparen van de Visdief in de Westerschelde is in 2000-2002 hoger dan voor de verruiming 48'/43', maar deze toename past in de stijgende trend sinds 1979. Dwergsterns broedden de afgelopen jaren in aantallen die vergelijkbaar zijn met de periode voor de verruiming. De ontwikkelingen in de Westerschelde zijn op hoofdlijnen vergelijkbaar met de ontwikkelingen in de overige delen van het Deltagebied.

De visdiefkuikens in de Westerschelde hebben gemiddeld een slechtere conditie dan kuikens elders in het Deltagebied. Een vergelijking met de periode voor de verruiming 48' / 43' is niet goed mogelijk door gebrek aan voldoende gegevens.

Een van de weinige nog resterende natuurlijke broedplaatsen van sterns in de Westerschelde ligt op het hoogst gelegen deel van de Hooge Platen, 'de Bol'. Dit gebied is van belang als broedplaats voor Visdief en Dwergstern en is de enige broedplaats in de Westerschelde van de Grote Stern. Een verlaging van de 'de Bol' zou er toe kunnen leiden dat deze frequenter overspoelt en minder geschikt wordt als broedgebied.

Broedfunctie Hooge Platen voor sterns

De functie van de Hooge Platen als broedgebied voor sterns is in kaart gebracht aan de hand van twee parameters, het areaal geschikt habitat (boven NAP +2,5 m), en het aantal broedparen sterns. Het areaal potentieel broedgebied is sinds 1996 waarschijnlijk (indirect gemeten) toegenomen door een verhoging van "De Bol". De dwergsterns zijn recent verhuisd naar het nabijgelegen Voorland Nummer Één. Het aantal broedparen van de Grote Stern is sinds 1987 gestegen. De waargenomen ontwikkelingen komen op hoofdlijnen overeen met de ontwikkelingen in de rest van het Deltagebied.

Ontwikkeling ruigebied Bergeend

De Westerschelde vervult voor de Bergeend een belangrijke rol als ruigebied. Uit de resultaten blijkt een stijgende trend in het aantal Bergeenden in de maand augustus sinds 1993. De oorzaak van deze toename is niet bekend maar is niet toe te schrijven aan een recente groei van de Noordwest-Europese populatie.

Foerageermogelijkheden voor steltlopers

De hoeveelheid gegeten bodemdieren door steltlopers is berekend op basis van vogeltellingen en op basis van beschikbare kennis over de soortspecifieke voedselconsumptie. Hierbij is onderscheid gemaakt tussen 'schelpdieretende' steltlopers (scholekster, kanoetstrandloper) en 'overige' steltlopers die voornamelijk wormen en kreeftachtigen eten.

Tabel 1

Veranderingen in de vogelfunctie van de Westerschelde na de verruiming 48' / 43'.

			Visdief	Dwergstern	Grote Stern	Steltlopers	Bergeend
Broedgebied	Westerschelde	aantal broedparen	+	o			
		conditie	-				
	Hooge Platen	aantal broedparen	+	o	+		
		areaal broedgebied	+	-	+		
Ruigebied							+
Foerageergebied	Steltlopers					o	
	Sterns		?	?	?		

+ = toename; - = afname; o = onveranderd; ? = onbekend; niet ingevuld = niet van toepassing



Het blijkt dat in het algemeen de hoeveelheid gegeten bodemdieren na de verruiming 48'/43' ongeveer gelijk is gebleven. Alleen in het middengebied van de Westerschelde is de totale consumptie van bodemdieren door steltlopers afgenomen; de consumptie door 'schelpdieretende' steltlopers nam in dit gebied sterk af, terwijl die van de 'overige' steltlopers duidelijk toenam. Populatieschommelingen op (inter)nationale schaal en sterfte als gevolg van strenge winters kunnen van invloed zijn op de gemeten ontwikkelingen. Het is niet duidelijk welke factoren de afname in het middengebied hebben veroorzaakt.

Foerageermogelijkheden voor zichtjagende viseters

De ontwikkelingen van de foerageermogelijkheden voor Visdief en Dwergstern zijn in beeld gebracht aan de hand van het areaal foerageergebied dat het belangrijkste wordt geacht: het laagdynamisch ondiepwater. Het is echter onduidelijk hoe dit zich heeft ontwikkeld, en het is dus onduidelijk hoe de foerageermogelijkheden zich hebben ontwikkeld.

De veranderingen met betrekking tot de vogelfunctie van de Westerschelde staan samengevat in tabel 1. Dit leidt tot de volgende conclusies:

1. Het aantal broedparen van de Visdief en Grote Stern is toegenomen, het aantal broedparen van de Dwergstern is gelijk gebleven. De waargenomen veranderingen worden in de eerste plaats bepaald door de ontwikkelingen in de Deltagebied als totaal.

2. De potentiële broedfunctie van de Hooge Platen voor sterns is versterkt door toename van het areaal geschikt broedgebied.
3. De ruifunctie van de Westerschelde voor de Bergeend is toegenomen, de oorzaak hiervan is onbekend.
4. De voedselconsumptie door steltlopers is na de verruiming 48'/43' min of meer gelijk gebleven. Alleen in het middengebied van de Westerschelde is de totale consumptie van biomassa afgenomen; de consumptie door 'schelpdieretende' steltlopers nam sterk af, terwijl die van de 'overige' steltlopers hier toenam.
5. Het is vooralsnog onduidelijk of het areaal laagdynamisch ondiepwater, het belangrijkste foerageergebied voor zichtjagende viseters (sterns) in de Westerschelde, na de verruiming 48'/43' is veranderd. Door daarmee zijn eventuele effecten op de foerageer mogelijkheden ook onduidelijk.

De relatie tussen de waargenomen veranderingen na de verruiming en de verruiming zelf is meestal onduidelijk.

DE EFFECTEN OP EN ONTWIKKELINGEN IN DE CHEMIE

Waterkwaliteit

De invloed van de verruimingswerken is nagegaan door de ontwikkeling van de waterkwaliteit voor en na de verruiming 48'/43' te bekijken. De belangrijkste conclusies voor de Westerschelde zijn:

- Zuurstof, nutriënten en pesticiden zijn niet veranderd;
- In de periode 1995-1998 bleken de gehalten aan sommige organische microverontreinigingen in zwevend materiaal in de Westerschelde te zijn toegenomen in vergelijking met de gehalten aan de Belgisch-Nederlandse grens van het estuarium. Na deze periode zijn de gehalten in de Westerschelde weer gedaald. De gehalten aan verschillende spoormetalen en andere microverontreinigingen in (hetzelfde) zwevend materiaal laten daarentegen geen verschil zien tussen beide locaties. De relatie met de verruiming 48'/43' en/of het reguliere onderhoudsbaggerwerk van de vaargeul en/of het onderhoudsbaggerwerk van de Westerschelde havens is onduidelijk. Verder treden er voor sommige spoormetalen kleine toenames op;
- De zwevende stof (slib) concentratie is (plaatselijk) beïnvloed door sedimentstortingen van de Westerscheldetunnel, niet door de verruiming 48'/43';

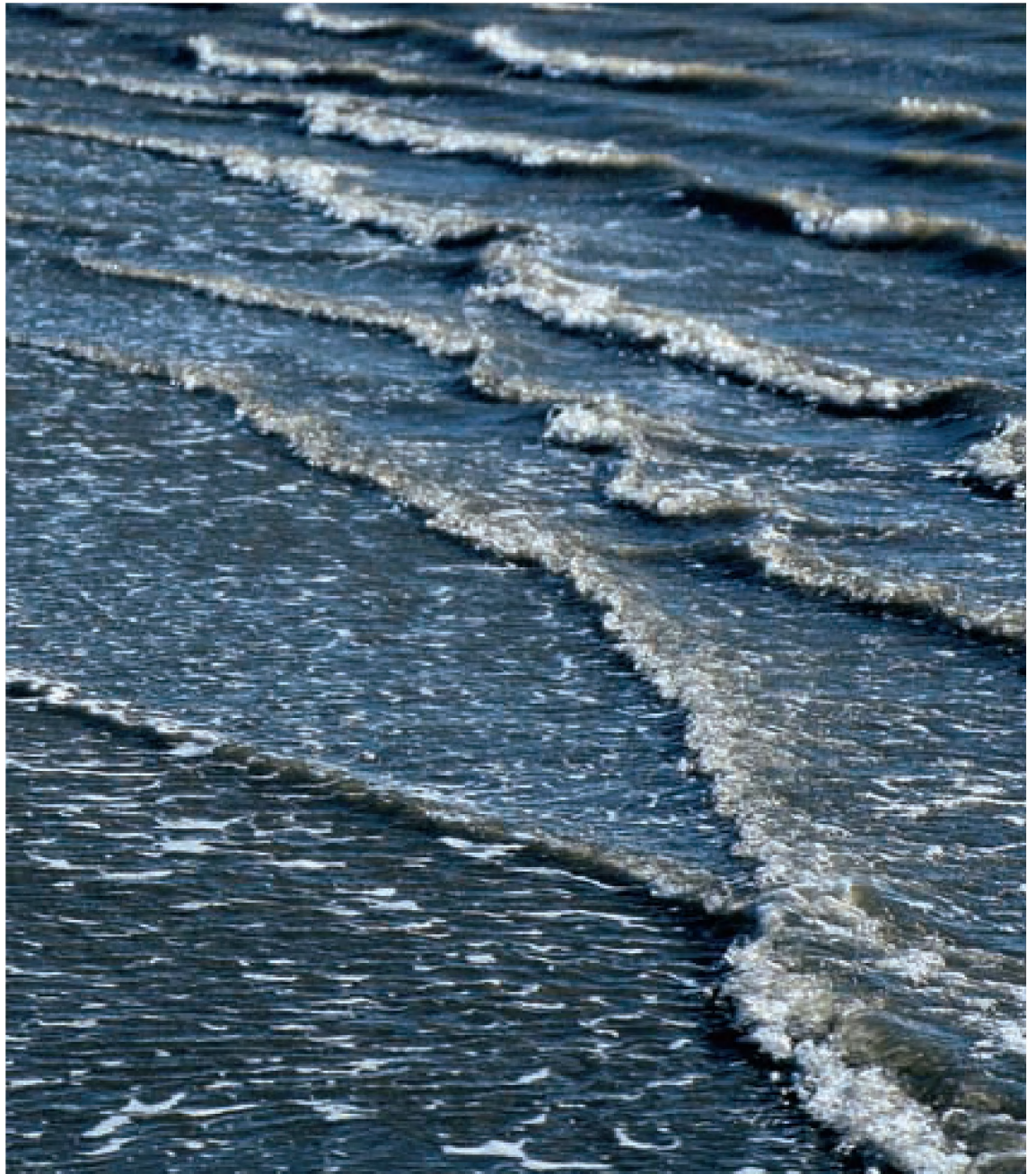
In het algemeen is de waterkwaliteit van de Westerschelde niet beïnvloed door de verruiming 48'/43' met uitzondering wellicht van enkele sedimentgebonden stoffen.

Waterbodempkwaliteit

In het oosten stroomt verontreinigd water uit het stroomgebied de Westerschelde in, in het westen komt relatief schoon water binnen vanuit de zee. In de bodem is daardoor voor veel verontreinigende stoffen een concentratiegradiënt ontstaan, waarbij de hoogste concentraties in het oostelijk deel van het estuarium te vinden zijn en de laagste in het westen. Volgens de gevoerde bagger- en stortstrategie is tijdens de verruiming 48'/43' de meer vervuilde baggerspecie vanuit het oostelijk deel gestort in

het schonere westelijk deel. De veronderstelling was dat de concentraties verontreinigende stoffen in de bodem van het westelijk deel van de Westerschelde in lichte mate zouden kunnen toenemen.

Er is onvoldoende aandacht besteed aan het opstellen van een adequaat bemonsteringsprogramma waarmee de concentratie microverontreinigingen in de bodem van het westelijk deel daadwerkelijk kan worden getoetst. Daarom kan er geen uitspraak gedaan worden over de effecten van de verruiming op de waterbodemkwaliteit.



4 Resultaten evaluatie bagger-, stort- en zandwinstrategie

INLEIDING

De bagger-, stort- en zandwinstrategie is een doelmatige keuze van de stort- en zandwinplaatsen ten opzichte van de baggerplaatsen en de verdeling van de hoeveelheden onderhoudsbaggerwerk en te winnen zand over deze locaties.

Het uitgangspunt bij deze evaluatie is dat met een passende strategie voor baggeren, storten en zandwinnen het systeem bij te sturen is (Vroon et al., 1997). Na de eerste verruiming werd het onderhoudsbaggerwerk uit de Westerschelde voornamelijk in de nevengeulen in het oosten gestort. De gevolgen van deze stortstrategie waren in het oostelijk deel van de Westerschelde merkbaar: er trad verlies aan natuurlijke dynamiek en verlies aan diversiteit van ecotopen op (Vroon et al., 1997). Daarnaast verwachtten men dat door de verruiming 48'/43' het onderhoudsbaggerwerk in de gehele Westerschelde zou toenemen. Het oostelijk deel had niet de capaciteit om deze extra hoeveelheid ook nog te bergen. Vanaf de verruiming 48'/43' wordt het onderhoudsbaggerwerk dan ook grotendeels in het midden en westen van het estuarium gestort. Naast het feit dat deze nieuwe strategie een positieve uitwerking kan hebben op herstel van de dynamiek in het oosten, was de verwachting dat de hoeveelheid onderhoudsbaggerwerk¹ op de drempels in het oosten tijdelijk minder snel zou toenemen, omdat het langer duurt voordat het zand daar terug is. In dit hoofdstuk wordt deze nieuwe bagger-, stort- en zandwinstrategie geëvalueerd.

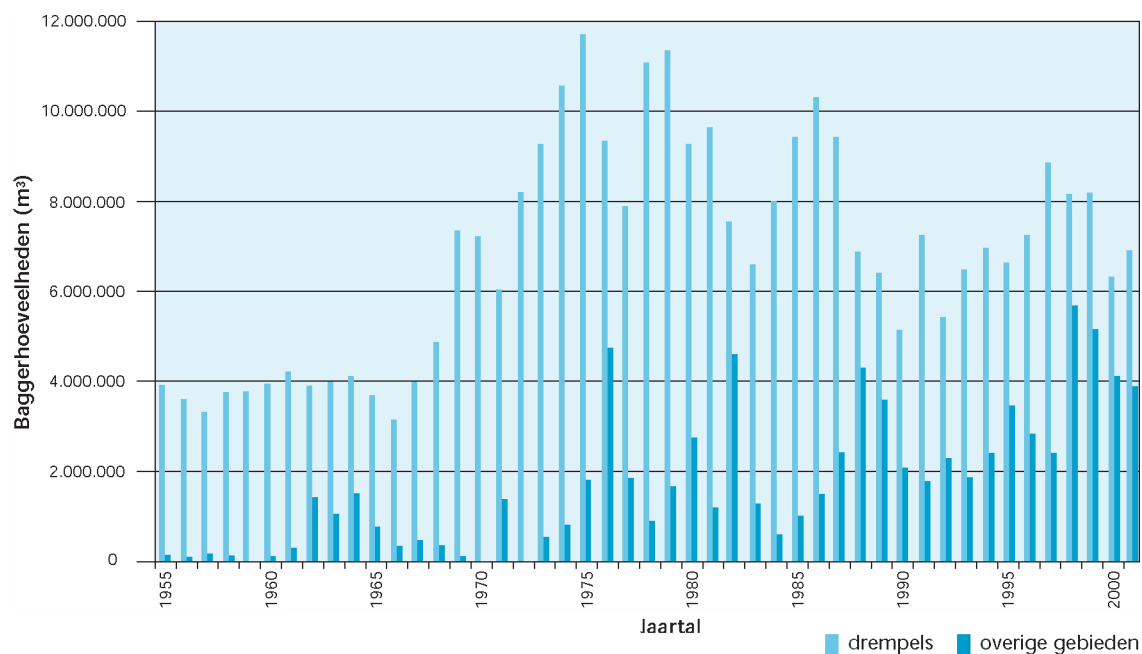
Intermezzo: De geschiedenis van het baggeren, storten en zandwinnen in de Westerschelde

In het begin van de vorige eeuw werd er in totaal ongeveer 1 tot 2 miljoen m³ per jaar gebaggerd, in de jaren '60 van de vorige eeuw ging het al om gemiddeld 4 miljoen m³ op de drempels en gemiddeld 1 miljoen m³ in de overige gebieden.

De eerste grote verruiming van de Westerschelde begon in 1967 met het verdiepen van de drempel van Bath en eindigde in 1978 toen als laatste de drempel van Hansweert verdiept was (Belmans, 1988). Na deze verdieping kon voor de vaargeul een minimale diepte van 14,5 meter beneden NAP gegarandeerd kon worden. Drempels zanden constant aan en daarom moet er continu gebaggerd worden om ze op de gewenste diepte te houden. De onderhoudsbaggerwerkzaamheden op de drempels bedroegen vanaf 1978 tot 1989 gemiddeld 8 à 9 miljoen m³ per jaar en op de overige gebieden rond 2 miljoen m³ per jaar (zie figuur 14). In de periode 1989 tot aan de verruiming 48'/43' in

¹ De hoeveelheid zand die op de drempel gebaggerd moet worden om de drempels op de gewenste diepte te houden.

Figuur 14:
Het baggerwerk
in de Westerschelde.

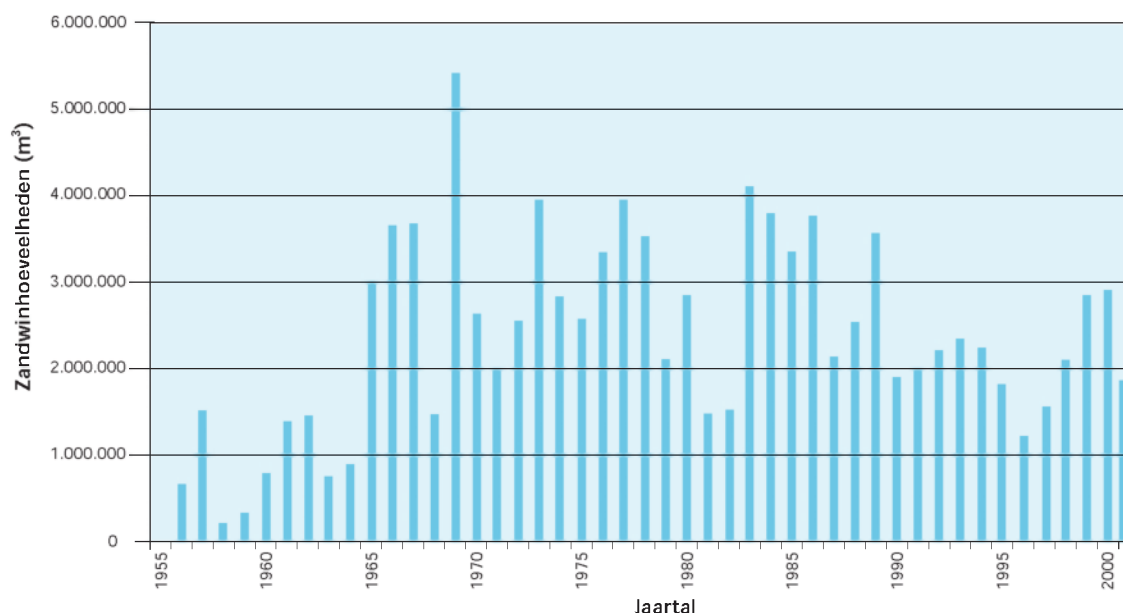


1997 daalde het gemiddelde onderhoud op de drempels naar 6,5 à 7 miljoen m³ per jaar, terwijl het baggerwerk in de overige gebieden nagenoeg gelijk bleef.

Van juli 1997 tot juli 1998 werd de Westerschelde voor de tweede keer verruimd (48'/43') met uitzondering van de drempel van Vlissingen, die pas in 1999 is verdiept. Vóór de verruiming 48'/43' werd onderhoudsbaggerwerk voornamelijk in het oostelijke deel van de Westerschelde gestort, na de verruiming 48'/43' is dit verplaatst naar het midden en westelijke deel van de Westerschelde, om het oostelijke deel te ontlasten.

Naast baggeren en storten wordt in de Westerschelde zand gewonnen, zowel door de Nederlandse en Belgische overheden als door de zandhandel. Vanaf 1993 is de maximale hoeveelheid gewonnen zand 2,6 miljoen m³ per jaar. (Huys et al., 2000). De zandwinning concentreert zich vanaf 1991 in het oostelijke deel van de Westerschelde, terwijl daarvoor voornamelijk in het westelijke deel zand werd gewonnen. In figuur 15 zijn de totale zandwinhoewelheden in de Westerschelde vanaf 1956 te zien. In 1999 en 2000 werd toegestaan dat de maximale hoeveelheid werd overschreden, dit extra zand is gewonnen voor de aanleg van de Westerscheldetunnel. Vanaf het begin van de jaren '90 is de Westerschelde omgeslagen van een zandimporterend naar een zandexporterend systeem (Arends et al., 1999). Tot eind jaren negentig bleef het uitgangspunt van de zandwinstrategie 'handhaven van een sluitende zandbalans' (Huys et al., 2000), daarna is dit uitgangspunt losgelaten.

Figuur 15
Zandwinhoeeelheden
in de Westerschelde.



WESTERSCHELDE, EEN VEERKRACHTIG MEERGEULEN SYSTEEM?

WL | Delft Hydraulics heeft in het kader van het project Langetermijnvisie Schelde-estuarium 'het cellenconcept' ontwikkeld. Hiermee kan bepaald worden of het voortbestaan van het meergeulensysteem van de Westerschelde in gevaar komt door bagger- en stortactiviteiten. In het cellenconcept wordt het systeem van geulen en platen van de Westerschelde als een 'ketting' van morfologische cellen weergegeven. Iedere cel bestaat uit een ebgedomineerde (eb)geul en een vloedgedomineerde (vloed)geul met daartussen een plaat en binnen zo'n cel is sprake van een circulerend netto-sedimenttransport. De grote geulen (hoofdgeulen) van de Westerschelde vormen de macrocellen. De mesocellen worden gevormd door de kleinere geulen of inscharingen. Figuur 16 geeft de ligging van de morfologische cellen in de Westerschelde weer.

Figuur 16
De macro- en mesocellen
in de Westerschelde
(Winterwerp et al., 2000).



Tabel 2

De geulen in de macrocellen.

Macrocel	Vloedgeul	Ebgeul
1	Honte	Schaar van de Spijkerplaat
3	Everingen	Pas van Terneuzen
4	Gat van Ossensisse	Middelgat
5	Schaar van Waarde / Valkenisse	Zuidergat / Overloop van Valkenisse
6	Schaar van de Noord	Nauw van Bath
7	Appelzak	Vaarwater boven Bath

De volgende geulen bevinden zich in de macrocellen (zie tabel 2):

Volgens de theorie van het cellenconcept is met name storten kritisch voor de instandhouding van het dynamische meergeulensysteem in de Westerschelde. Om het meergeulensysteem te handhaven (evenwicht 1 in figuur 17) en dus te voorkomen dat een nevengeul verzandt en het meergeulensysteem degenereert naar een ééngeulensysteem (evenwicht 2 in figuur 17) is met behulp van het cellenconcept een stortcriterium bepaald. Dit stortcriterium is vastgesteld op netto maximaal 10% van de bruto-transportcapaciteit¹. Netto wil hier zeggen dat als in een cel ook wordt gebaggerd, de stortcapaciteit met deze gebaggerde hoeveelheid kan worden vergroot. In de Westerschelde is het gemiddelde stortcriterium, afhankelijk van de grootte van de cel, 1 miljoen m³ per jaar.

Verbetering en evaluatie van het stortcriterium

Voor deze evaluatie is een bijgesteld stortcriterium gebruikt. Uit de verdere onderbouwing van het cellenconcept blijkt namelijk dat het stortcriterium ook afhangt van de morfologische ontwikkeling van de cel, al dan niet onder invloed van ingrepen (Wang et al., 2002). Als beide geulen in een cel morfologisch niet veranderen en er netto dus geen zand bijkomt in of verdwijnt uit de cel, geldt het 10%-stortcriterium. Als in de cel echter wel netto zand bijkomt of verdwijnt dan worden de stortcriteria per (geul) SC_{geul} , gelijk aan:

$$SC_{geul\ 2} = SC_{10\%} - \Delta V_{geul\ 2} + \Delta V_{geul\ 1}$$

$$SC_{geul\ 1} = SC_{10\%} - \Delta V_{geul\ 1} + \Delta V_{geul\ 2}$$

Waarin $SC_{10\%}$ het stortcriterium is dat geldt als de geulen niet eroderen of sedimenteren. ΔV_{geul} geeft de volumeverandering van de geul aan. Indien ΔV_{geul} positief is dan betekent dat de geul sedimenteert (Jeuken et al., 2003).

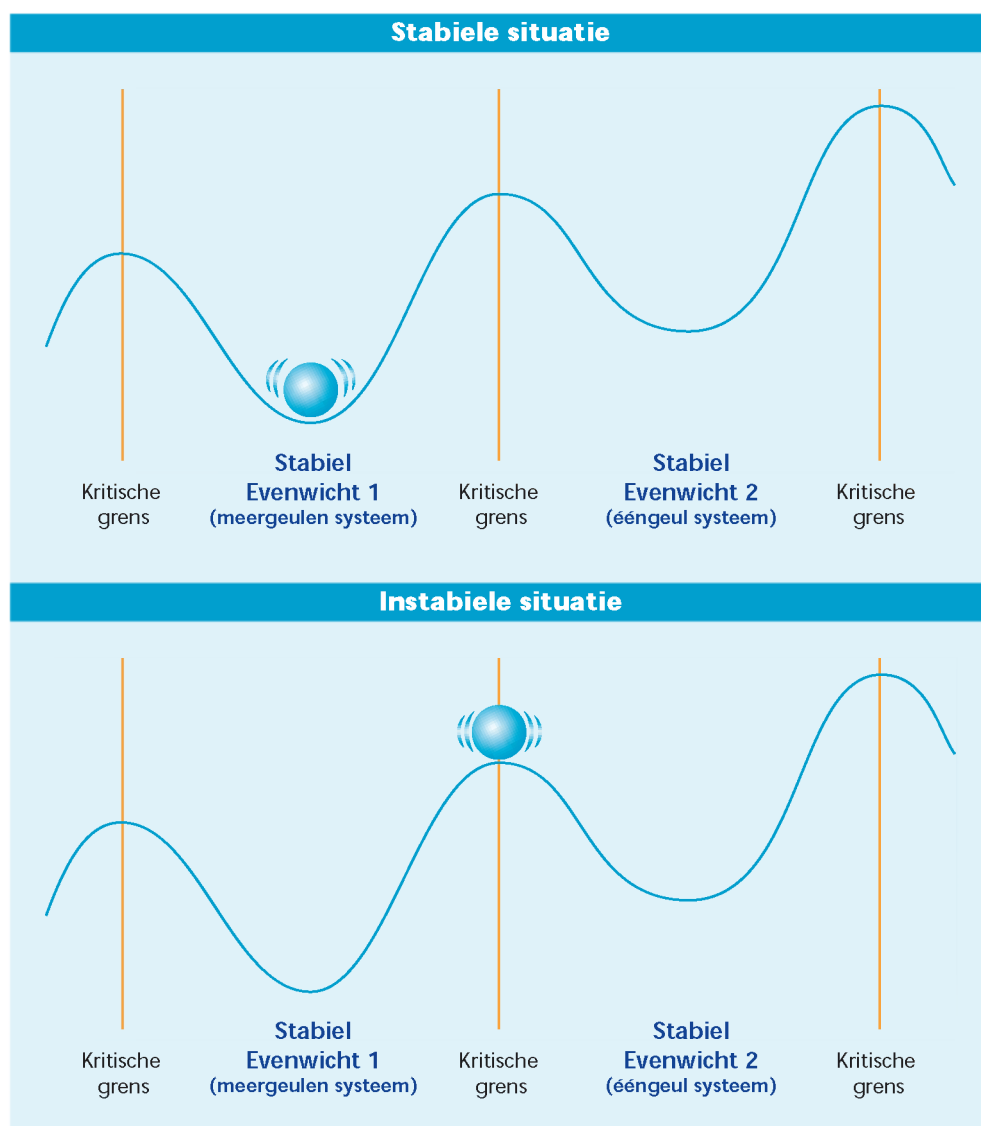
Op dit moment is het nog niet mogelijk een stortcriterium voor enkele jaren vast te leggen. Hiervoor is kennis nodig over hoe het geulensysteem zich morfologisch zal ontwikkelen (ΔV_{geul}) en deze kennis is nog niet voorhanden. Ook de beschikbare modellen zijn nog niet toereikend om ΔV_{geul} te berekenen.

Wel kon met de meetgegevens van de afgelopen jaren het bijgestelde stortcriterium worden geverifieerd. Het bleek, met een onzekerheidsmarge, dat het theoretische stortcriterium overeenstemt met de waarnemingen uit de praktijk (Jeuken, 2003).

¹ Bruto-transportcapaciteit is de som van het totale sedimenttransport tijdens eb en vloed.

Figuur 17

*Hoe het cellenconcept tegen
grootschalige morfologie van de
Westerschelde aankijkt.*



Waargenomen ontwikkelingen

Tot 1997 geldt dat er in de cellen in het westelijk gedeelte van de Westerschelde van nature sprake is van een neiging tot 'kantelen' (zie intermezzo): de vloedgeulen vertoonden de neiging tot eroderen, terwijl de ebgeulen sedimenteerden. De ingrepen werkten in dit gedeelte van de Westerschelde de kanteling tegen. In de oostelijke cellen was tot 1997 een natuurlijke neiging tot kantelen ook aanwezig, alleen, hier erodeerden de ebgeulen en sedimenteerden de vloedgeulen. Deze ontwikkeling werd juist versterkt door de ingrepen (baggeren in de ebgeulen en storten in de vloedgeulen). Na 1997, dus na invoering van de nieuwe bagger- en stortstrategie, is er in de oostelijk gelegen cellen van de Westerschelde eigenlijk weinig veranderd. De neiging tot kantelen is er nog steeds. Er zijn hier geen knelpunten in de stortstrategie en strikt genomen is er volgens het cellenconcept in dit gedeelte van de Westerschelde nog stortruimte. In het westen daarentegen is in meerdere cellen gedurende een korte tijd

Intermezzo: kantelen en degenereren

Kantelen betekent dat de verhouding tussen de gemiddelde dieptes van beide geulen in een cel verandert. Dit kan betekenen dat de ene geul van een cel erodeert terwijl de andere geul tegelijkertijd sedimenteert, maar er kan ook sprake van kantelen zijn wanneer bijvoorbeeld beide geulen eroderen of sedimenteren. Kantelen is een proces dat van nature voorkomt in de Westerschelde. De vraag is nu in hoeverre dit wordt versterkt of tegengewerkt door storten (en baggeren) en of het een zichzelf versterkend proces is. Wanneer langdurig meer dan het stortcriterium wordt gestort in een cel zal die dus degenereren naar een ééngeulstelsel.

teveel gestort. De gevolgen hiervan lijken beheersbaar: er zijn nog geen tekenen dat het een zichzelf versterkend proces is en het stelsel kan het materiaal dat hier te veel gestort is nog steeds opruimen.

In cel 4, nabij Hansweert, is in de ebgeul (het Middelgat) meer dan de stortcapaciteit gestort, in de vloedgeul (het Gat van Ossensisse) minder dan de capaciteit. Waarnemingen laten zien dat de hele ebgeul verondiept als gevolg van de stortingen. De natuurlijke erosie van de vloedgeul lijkt hierdoor te zijn versterkt. De stortingen in het Middelgat lijken tevens een sedimentatie in de aangrenzende geuldelen te veroorzaken. Dit alles vormt een sterke aanwijzing dat het geulstelsel daar onomkeerbaar aan het 'kantelen' is ten gevolge van de grote stortingen in de ebgeul en degenerereert naar een ééngeulstelsel.

Aandachtspunten

Gezien bovenstaande ontwikkelingen is het raadzaam om het storten in de ebgeul 'Middelgat' te verplaatsen naar de vloedgeul 'Gat van Ossensisse', waar de komende paar jaar een netto stortcapaciteit van 3-4 miljoen m³ per jaar beschikbaar is.

Het is mogelijk de strategie voor storten en zandwinning efficiënter te integreren: zandwinnen concentreren bij stortlocaties en/of zandwinnen op plaatsen waar gebaggerd moet worden voor vaargeulonderhoud.

De maximale stortcapaciteit van het geulstelsel kan variëren in de tijd. Een flexibele stortvergunning geeft de mogelijkheid om de maximale storthoeveelheid per lokatie te kunnen wijzigen gedurende de vergunningperiode. Bovendien is het raadzaam om stortlocaties aan te wijzen, die gecontroleerd kunnen worden gebruikt bij knelpunten in de stortcapaciteit van de reguliere locaties.

HET ONDERHOUDSBAGGERWERK OP DE DREMPELS

Inzichten in het onderhoudsbaggerwerk

Na de verruiming 48'/43' is geconstateerd dat het totale onderhoudsbaggerwerk (drempels + overige gebieden) slechts met ongeveer 2 miljoen m³ per jaar is gestegen. De baggergegevens laten zien dat het onderhoud op de drempels niet is gestegen na de laatste verruiming, maar vergelijkbaar is met het onderhoud in het laatste decennium voor deze verruiming (ongeveer 6,5 à 7 miljoen m³ per jaar). Het onderhoud in de overige gebieden is na de verruiming 48'/43' met 2 miljoen m³ per jaar toegenomen, van ongeveer 2 miljoen m³ per jaar naar 4 - 4,5 miljoen m³ per jaar (zie figuur 14). Het totale onderhoud na de verruiming 48'/43' (1999-2001) bedraagt gemiddeld ongeveer 11 miljoen m³ per jaar, tegen 9 miljoen m³ per jaar in de periode voor de verruiming.

In Kornman et al. (2002) zijn de processen rond baggeren en storten onderzocht om bovenstaande verschijnselen te kunnen verklaren. Deze studie heeft nieuwe inzichten rond het baggeren en storten opgeleverd. Uit de studie blijkt dat het onderhoudsbaggerwerk op een drempel niet 'sterker dan lineair groeit bij een te onderhouden toenemende overdiepte' zoals verondersteld door Vroon et al. (1993), maar dat het onderhoudsbaggerwerk meer bepaald wordt door de veranderingen in het te onderhouden baggeroppervlak. De baggeromvang op een drempel kent in een situatie van toenemende overdiepte op een bepaald moment een maximum. Dit volgt zowel uit analyse van de baggergegevens als uit berekeningen met behulp van een model dat op fysische principes is gebaseerd.



De analyses wijzen erop dat de maximum hoeveelheid onderhoudsbaggerwerk op de drempels van Hansweert, Valkenisse en Bath nu ongeveer bereikt is. Tevens blijkt er een sterke relatie te bestaan tussen de grootte van het onderhoud op een drempel en de grootte van het oppervlak dat op diepte gehouden moet worden (Kornman et al., 2002). De toename van het jaarlijkse onderhoud op de drempels na de eerste verdieping is voor het grootste deel veroorzaakt door de toename van het te onderhouden oppervlak. Vroon et al. (1993) stellen dat het terugstorten van het gebaggerde materiaal dichtbij de drempels (storten in het oosten) leidt tot een groter onderhoud dan wanneer het materiaal verder weg wordt gestort (storten in het westen). De stort- en baggergegevens na de eerste verruiming onderbouwen deze gedachte echter niet. Er is geen relatie gevonden tussen de grootte van het onderhoud op een drempel en de grootte van de hoeveelheid materiaal die dichtbij een drempel wordt gestort (Kornman et al., 2002). Om definitief vast te stellen dat er geen relatie is tussen de grootte van het onderhoud op een drempel en de grootte van de hoeveelheid materiaal die dichtbij een drempel wordt gestort, is aanvullend onderzoek nodig met een morfologisch model.

Discussie

Bovenstaande inzichten leveren mogelijkheden op om de huidige stortstrategie aan te passen: binnen de grenzen die het cellenconcept aangeeft is er ruimte om meer te gaan storten in het oosten. Meer storten in het oosten is echter wel in conflict met de gedachte om het oostelijk deel van de Westerschelde te ontlasten zodat er weer meer dynamiek wordt verkregen. Volgens het cellenconcept is het weliswaar mogelijk om meer in het oosten te storten zonder dat het meergeulensysteem daar degenereert naar een ééngelensysteem, maar dat wil nog niet zeggen dat de dynamiek op het schaalniveau van kortsluitgeulen dan niet verder achteruitgaat. Het cellenconcept doet daar namelijk geen uitspraken over.

Aandachtspunten

Er is een mogelijkheid om in de toekomst meer te storten in het oosten, om andere delen in de Westerschelde te ontlasten, maar daarbij hoort het risico dat de dynamiek op kortsluitgeul niveau zich niet kan herstellen.

De grootte van het onderhoud op een drempel lijkt een maximum te kennen en neemt slechts toe met het te onderhouden oppervlak. De beheerder kan het baggerwerk dus verminderen door de vaargeulbreedte boven een drempel kleiner te maken. De huidige breedte is op de meeste plaatsen in de Westerschelde 300 meter, een versmalling naar bijvoorbeeld 250 meter kan het huidige onderhoud al met ongeveer 15% (1 miljoen m³ per jaar) doen verminderen.

WESTERSCHELDE: VAN ZANDIMPORTEREND NAAR ZANDEXPORTEREND

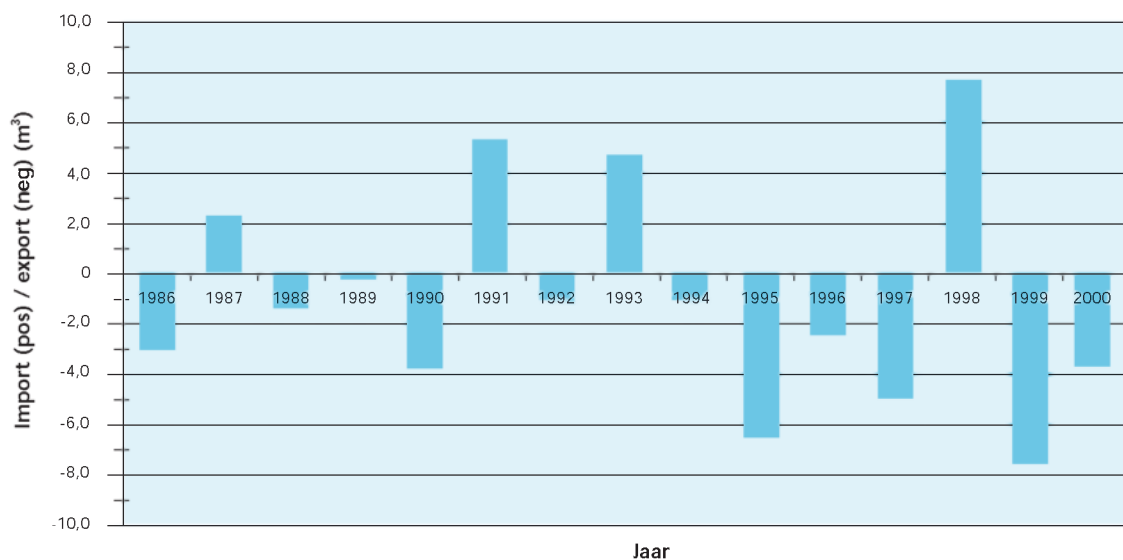
Waargenomen ontwikkelingen

Uit zandbalansen bleek dat sinds de jaren zeventig de hoeveelheid zandimport afnam. Begin jaren negentig van de vorige eeuw is de Westerschelde omgeslagen van een gemiddeld zandimporterend naar een gemiddeld zandexporterend systeem. Deze omslag is een voortzetting van een eerder geconstateerde afname van de zandimport. De waargenomen afnemende trend wordt gekenmerkt door fluctuaties, die waarschijnlijk worden veroorzaakt door de 18,6 jarige cyclus die optreedt in de waterbeweging (Jeuken et al., 2002).

Na de verruiming 48'/43' is geconstateerd dat de Westerschelde nog steeds exporterend is (met uitzondering van het jaar 1998) (zie figuur 18). De continue export die we nu waarnemen kan te maken hebben met het feit dat er in het westelijke deel een netto overschot aan sediment is ten gevolge van de stortingen. Het westen is hiermee uit evenwicht. In het oosten is er juist een tekort aan sediment, aangezien daar wel veel gebaggerd wordt (zowel onderhoudsbaggerwerk als zandwinning), maar nauwelijks wordt gestort. Vanuit het westelijk deel van de Westerschelde zal daarom een transport van zand naar zowel de monding¹ als het oostelijke deel optreden. De zandbalansen laten inderdaad zien, dat er naast export ook een transport van het westelijke gedeelte naar het oostelijke plaatsvindt.

Een andere verklaring voor het feit dat het systeem exporterend is geworden, kan te maken hebben met een veranderende getij-asymmetrie in de loop der jaren. Er zou dan sprake moeten zijn van een omslag van vloeddominantie naar ebdominantie. Er is nog onvoldoende onderzoek gedaan om hierover een uitspraak te kunnen doen.

Figuur 18
Zandimport/export
vanuit
de Westerschelde.



¹ Ervan uitgaande dat de monding morfologisch in evenwicht is.

Om beheersmaatregelen te kunnen treffen is het van belang om te weten welke van bovenstaande verklaringen geldt. Als het systeem exporterend is omdat er een zandoverschot in het westelijke deel is, dan is de export goed te beïnvloeden door de stortstrategie. Als de oorzaak echter verandering in getij-asymmetrie is, dan is naast de stortstrategie ook de baggerstrategie van invloed. Baggeren heeft namelijk invloed op de getij-asymmetrie. Nader onderzoek is vereist.

In de huidige zandbalans wordt de lijn Vlissingen-Breskens aangehouden als het gaat over import of export van de Westerschelde. De monding wordt dus niet meegenomen in deze zandbalans. Hierdoor is niet bekend, waar het zand dat deze grens passeert blijft. Er moet onderzocht worden of het geëxporteerde zand wordt opgeslagen in het mondingsgebied, of dat het naar de Noordzee verdwijnt. Het RIKZ zal om dit te onderzoeken eind 2003 een nieuwe, meer gedetailleerde zandbalans opstellen, waarin ook het mondingsgebied wordt meegenomen.

Ook dient onderzoek gedaan te worden naar de oorzaak van het exporterend worden van de Westerschelde, waarbij speciale aandacht uit moet gaan naar de relatie met vaarwegverruiming uit de jaren '70 en de verruiming 48'/43'.

Aandachtspunt

Indien blijkt dat het zand verdwijnt via het mondingsgebied naar de Noordzee waardoor het niet meer beschikbaar is voor de Westerschelde, wordt aangeraden om met alle zandexport bevorderende activiteiten en dus ook zandwinning zeer zorgvuldig om te gaan. Om de huidige fysische kenmerken van de Westerschelde te kunnen behouden is het een voorwaarde de zandhuishouding in balans te houden.

5 Conclusie MOVE evaluatie 2003

Aan de hand van de beschikbare monitoringsgegevens (tot 2002) kunnen tijdens deze evaluatie de meeste in 1996 voorspelde effecten nog niet of nauwelijks met voldoende betrouwbaarheid bevestigd of uitgesloten worden. Desalniettemin zijn er signalen dat er sinds de verruiming 48'/43' veranderingen zijn opgetreden in de Westerschelde, zoals bijvoorbeeld in de arealen en inhouden van platen en ondiepwater. Het feit dat voorspelde effecten niet kunnen worden vastgesteld aan de hand van beschikbare monitoringsgegevens, betekent echter niet dat de voorspelde effecten niet optreden of dat er geen effecten van de verruiming zijn.

Dat de meeste in 1996 voorspelde effecten nog niet of nauwelijks met voldoende betrouwbaarheid bevestigd of uitgesloten kunnen worden, komt vooral door de korte tijdreeks: in de periode sinds de verruiming 48'/43' zijn slechts 5 jaar waarnemingen beschikbaar terwijl de hypothesen zijn opgesteld voor een periode 15-25 jaar na de verruiming 48'/43'. De meeste onderzochte parameters reageren op grotere tijdschalen, zodat de veranderingen (nog) niet waarneembaar zijn.

Hieronder volgt een overzicht van de belangrijkste conclusies van de MOVE evaluatie 2003.

Waterstanden in het oostelijk deel zijn veranderd en zoals verwacht

De waterbeweging reageert het meest direct op vaarwegverruiming. Het is daarom niet verwonderlijk dat de effecten in de waterstanden duidelijk aantoonbaar zijn. De effecten op de waterstanden zijn zoals werd verwacht: de laagwaterstanden zijn lager geworden en de hoogwaterstanden hoger. De monitoringsgegevens laten zien dat de getijamplitude in het oostelijke deel van de Westerschelde is toegenomen als gevolg van de verruiming. Dit uit zich in lagere laagwaterstanden. Een toename van de hoogwaterstanden als gevolg van de verruiming 48'/43', kan nog niet worden aangetoond aan de hand van de beschikbare monitoringsgegevens. In het westelijke deel van de Westerschelde en de monding worden de waterstanden niet beïnvloed door de verruiming. Veranderingen in stroomsnelheden en totaal getijvolume zijn niet aangetoond aan de hand van de beschikbare monitoringsgegevens. De waargenomen ontwikkelingen in de waterbeweging geven vooralsnog geen aanleiding om de gedachtengang die verwoord is in de hypothesen betreffende de waterbeweging te verwerpen.

Morfologische ontwikkeling: met name op platen en ondiep water, is veranderd, maar anders dan verwacht

De morfologie, vooral de morfologische eenheden die van belang zijn voor de biologie: de platen en het ondiep water, ontwikkelt zich anders dan verwacht. De monitoringsgegevens van het areaal platen en areaal ondiepwater laten in alle gevallen een duidelijke verandering zien in de trend ten opzichte van de periode voor de verruiming:

- Het areaal ondiepwater neemt in de gehele Westerschelde niet langer af, maar blijft ongeveer gelijk.

- Het areaal platen neemt in de gehele Westerschelde niet langer toe, maar blijft ongeveer gelijk. Voor het westelijke en het oostelijke deel betekent dit een continuering van de reeds voor de verruiming geconstateerde ontwikkelingen, maar voor het midden wijkt dit af van de periode voor de verruiming.

MOVE Fysisch denkmodel: waterbeweging lijkt te kloppen, morfologie niet

De waargenomen ontwikkelingen in de waterbeweging zijn in overeenstemming met de verwachtingen. Echter, de waargenomen morfologische ontwikkelingen en dan met name in de arealen en inhouden van de platen en de ondiepwatergebieden niet. De effecten van de verruiming 48'/43' en de daarbij gevoerde bagger-, stort- en zandwinstrategie op de morfologie van de Westerschelde zijn nog onvoldoende begrepen. Daarbij speelt het feit dat de kennis over natuurlijke morfologische ontwikkelingen nog onvoldoende is, een grote rol. Een studie aan de hand van een twee- of driedimensionaal morfologisch model in combinatie met gedetailleerde gegevensanalyse zou kunnen helpen om meer inzicht te krijgen in de morfologische processen van de Westerschelde. Het is opmerkelijk dat de morfologie anders reageert dan verwacht. Toch kan zo kort na de verruiming nog niet met zekerheid gezegd worden dat de verwachtingen/hypothesen over de morfologie niet kloppen.

Aangezien juist de slikken, platen en ondiepwatergebieden in de Westerschelde belangrijke gebieden zijn voor de planten en dieren, kunnen deze veranderingen gevolgen hebben voor de geschiktheid van de Westerschelde voor deze organismen.

Biologie: (nog) geen effecten t.g.v. verruiming 48'/43' waarneembaar

Op basis van de huidige kennis en de beschikbare veldgegevens kan er worden geconcludeerd dat er geen duidelijke effecten van de verruiming 48'/43' zijn waargenomen op de primaire productie van het fytoplankton, de waargenomen bestanden bodemdieren, microfytobenthos en de broed-, foerageer- en ruifunctie van de Westerschelde voor vogels. Wel zijn er duidelijke trends geobserveerd. Zo is de primaire productie van het fytoplankton in de gehele Westerschelde afgenomen als gevolg van het verminderde doorzicht en in de deelgebieden oost en midden is de productie van het microfytobenthos toegenomen na de verruiming 48'/43'. De broedfunctie van de Westerschelde, en in het bijzonder de Hooge Platen, voor visdieren en grote stern is toegenomen. Geen van deze geobserveerde ontwikkelingen zijn echter te relateren aan de verruiming 48'/43'.

Effecten van de verruiming 48'/43' worden op dit moment echter nog niet uitgesloten. Mogelijk worden de effecten gemaskeerd door de doorgaans grote natuurlijke variaties. Tevens bevinden we ons nu relatief kort na de verruiming 48'/43'. De morfologie is nog bezig zich aan te passen aan de nieuwe situatie, laat staan dat de biologie zich hier al aan heeft aangepast.

Chemie: waterkwaliteit waarschijnlijk niet beïnvloed door de verruiming 48'/43'

Het lijkt erop dat de waterkwaliteit van de Westerschelde niet is beïnvloed door de verruiming 48'/43'. Wegens gebrek aan juiste meetgegevens kan geen uitspraak

worden gedaan over de effecten van de verruiming 48'/43' op de kwaliteit van de waterbodem in de Westerschelde.

Behoud van het meergeulensysteem bij het huidige vaarwegonderhoud nog mogelijk

Bij het huidige vaarwegonderhoud lijkt de Westerschelde voldoende veerkracht te hebben om haar karakteristieke meergeulensysteem te behouden. Deze conclusie is gebaseerd op het zogenaamde 'cellenconcept'. Het cellenconcept verdeelt het meergeulensysteem van de Westerschelde in een zevental morfologische cellen. Elke cel bestaat uit een eb- en een vloedgeul. Het cellenconcept zegt ook dat storten kritiek is voor het voortbestaan van het meergeulensysteem en aan de hand hiervan zijn (gevalideerde) stortcriteria bepaald. Aan de hand van het cellenconcept kan afgeleid worden dat het (stabiele) meergeulensysteem intact blijft zolang de stortcriteria niet overschreden worden, omdat dan het systeem nog voldoende veerkracht heeft om het meergeulensysteem te behouden. De huidige storthoeveelheden zitten in de buurt van de kritieke hoeveelheden. Dit betekent dat bij het huidige vaarwegonderhoud het meergeulensysteem in de Westerschelde behouden blijft. De waarden van de stortcriteria kunnen in de tijd variëren, als de bagger- en stortvergunning flexibel is, kan hierop ingespeeld worden. Over het behoud van de dynamiek op de schaal van kortsluitgeulen kunnen aan de hand van het cellenconcept geen uitspraken gedaan worden.

Geen relatie omvang onderhoudsbaggerwerk drempel en omvang gestorte materiaal nabij drempel

Het verplaatsen van het storten van het onderhoudsbaggerwerk van het oosten naar het westen na de verruiming 48'/43' heeft in tegenstelling tot de verwachtingen geen invloed gehad op de omvang van het onderhoudsbaggerwerk.

Toename omvang onderhoudsbaggerwerk vooral gevolg van vaarwegverbreding

Het onderhoudsbaggerwerk op de drempels is na de verruiming 48'/43' nauwelijks toegenomen ten opzichte van de periode na de verruiming uit de jaren '70. De meetgegevens en een op fysische principes gebaseerd model wijzen erop dat op de drempels van Hansweert, Valkenisse en Bath een maximum aanzandingsnelheid is bereikt, waardoor het onderhoudsbaggerwerk op deze drempels na de verruiming niet is toegenomen. Het onderhoudsbaggerwerk in de overige gebieden, zoals plaatranden om de vaargeul op de gewenste breedte te houden, is wel toegenomen. De toename in het totale onderhoudsbaggerwerk sinds de verruiming 48'/43' is dus vooral een gevolg van de vaarwegverbreding en niet een gevolg van vaarwegverdieping.

Westerschelde: een zandexporterend systeem

De Westerschelde is het laatste decennium een zand exporterend systeem geworden en is dit ook na de tweede verruiming gebleven. Onduidelijk is of dit zand in het mondingsgebied blijft, of dat het sediment verdwijnt naar de Noordzee. Om de fysische kenmerken van de Westerschelde te kunnen behouden, is het een voorwaarde om de zandhuishouding zo goed mogelijk in balans te houden. Kennis over of het systeem exporterend of importerend is en wat de reden hiervan is, is van belang om beslissingen te kunnen nemen over alle zandexport bevorderende activiteiten, zoals bijvoorbeeld zandwinning.



6 Aanbevelingen voor de toekomst van MOVE

EVALUATIE EFFECTEN VERRUIMING 48'/43'

De volgende aanbevelingen zijn vooral gericht op het verhogen van de betrouwbaarheid van de uitspraken over de effecten van de verruiming 48'/43' die bij de eind-evaluatie 2006 gedaan zullen worden.

Monitoringsplan

Bij aanvang van het project MOVE is een monitoringsplan opgesteld (De Jong et al., 1997). Het voornaamste probleem dat zich voordeed bij de metingen, was de ontoereikende kwaliteit van de meetgegevens in relatie tot de doelstelling van deze evaluatie. Er zijn ontbrekende datareeksen, ontoereikende datareeksen en er is onvoldoende informatie over de referentiesituatie. In het hypothesendocument (Stikvoort et al., 2003) zijn voor ieder cluster van hypothesen de tekortkomingen van de beschikbare gegevens terug te vinden en er worden indien mogelijk ook concrete aanbevelingen gedaan.

Hypothesenbenadering

De hypothesenbenadering heeft zijn doel bewezen als kapstok voor het concretiseren van de verwachte ontwikkelingen in de Westerschelde na de verruiming 48'/43'. Globaal gezien kan gesteld worden dat de hypothesen een goede weergave zijn van het hele spectrum van mogelijke grootschalige effecten van de ingreep.

Zoals in hoofdstuk 1 is beschreven worden in deze evaluatie uitspraken gedaan over de verwachting of hypothesen uiteindelijk wel of niet zullen worden verworpen. De mate van betrouwbaarheid van een uitspraak is hier gedefinieerd als "groot" (zie tabel 3): als de kwaliteit van de meetgegevens goed is (Stikvoort et al., 2003) én als de analyse van de meetgegevens leidt tot een duidelijke (= slechts één interpretatie mogelijk) uitspraak betreffende de hypothese: verwerpen of niet verwerpen én als de resultaten van de meetgegevensanalyse overeenkomen met de verwachtingen over de ontwikkeling van een parameter, met andere woorden: is de ontwikkeling wetenschappelijk verklaarbaar?

Tabel 3

De gehanteerde sleutel om de betrouwbaarheid van een bepaalde uitspraak over de hypothesen te definiëren.

Oordeel op basis van expert judgement	Oordeel op basis van gegevensanalyse	
Kennisniveau 2003	Kwaliteit meet-gegevens goed en gegevensanalyse levert duidelijke uitspraak op	Kwaliteit meet-gegevens niet goed en/of gegevensanalyse levert geen duidelijke uitspraak op
Oordeel op basis van gegevensanalyse is in overeenstemming met kennis en inzichten 2003	groot	klein
Oordeel op basis van gegevensanalyse is niet in overeenstemming met kennis en inzichten 2003	klein	klein

Gezien het feit dat aan de eerste twee voorwaarden vaak niet voldaan wordt, wordt aanbevolen de lijst van hypothesen te herzien. Bij het selecteren en eventueel herformuleren van de hypothesen moet de leidraad zijn dat de hypothesen:

- concreet te toetsen zijn aan meetgegevens uit MOVE of gegevens afkomstig uit andere bronnen en;
- een relatie met de verruiming 48'/43' kunnen aantonen cq. uitsluiten en/of kunnen leiden tot een verbeterd inzicht.

Om de betrouwbaarheid van een uitspraak in de toekomst te kunnen kwantificeren dienen de hypothesen en het monitoringsprogramma beter op elkaar te worden afgestemd. Aanbevelingen om het monitoringsprogramma te verbeteren uit voorgaande MOVE voortgangsrapportages (Liek, 2001; Liek et al., 2002; Lievaart et al., 2002; Stikvoort et al., 2001) en uit het hypothesendocument (Stikvoort et al., 2003) zijn hierbij van belang. In het hypothesendocument (Stikvoort et al., 2003) worden waar mogelijk per hypothese concrete aanbevelingen gedaan om bij een volgende evaluatie met een grote(re) mate van betrouwbaarheid uitspraken te kunnen doen (bijvoorbeeld vaker meten, andere locaties, of proceskennis verder ontwikkelen).

Als de mate van betrouwbaarheid bekend is, is de beheerder/de beleidsmaker beter in staat een afweging te maken over de noodzaak van eventuele investeringen in monitoring en/of kennisontwikkeling betreffende een bepaalde parameter/kenmerk.

Bij het nemen van beslissingen hierover spelen drie factoren een rol:

- (1) wat is het belang van een bepaald onderzocht kenmerk (zowel belang voor beleid vanuit maatschappelijk oogpunt als belang voor het natuurlijke systeem);
- (2) is de waargenomen richting van de ontwikkeling gewenst dan wel ongewenst en
- (3) is de betrouwbaarheid van een bepaalde uitspraak over een waargenomen ontwikkelingsrichting klein of groot?

In tabel 4 kan worden afgelezen welke actie wordt aanbevolen te ondernemen in welke situatie. De mate van betrouwbaarheid (groot of klein) van een uitspraak (verwerpen of niet verwerpen) is te vinden in bijlage A van het hypothesendocument (Stikvoort et al, 2003).

Gedurende de 10 jaar dat het MOVE project loopt, verandert niet alleen de context waarin de studie wordt uitgevoerd, maar ook de maatschappelijke behoefte aan informatie is aan verandering onderhevig. Te denken valt bijvoorbeeld aan de invoering van de Europese Habitat- en Vogelrichtlijn en de instandhoudingsverplichting die sturend zijn voor beleidsvraagstukken. Een ander voorbeeld is de vraag welke effecten de verruiming heeft op zeehonden. Er wordt aanbevolen om na te gaan of de geselecteerde parameters voor de evaluatie in 2006 nog steeds de Westerschelde-problematiek dekken.

Tot slot kan overwogen worden om in plaats van de voortgangsrapportage van 2004 een studie uit te voeren die leidt tot een herziene hypothesenlijst, die als basis zal dienen voor het schrijven van een plan van aanpak voor de eindevaluatie in 2006.

Tabel 4

De betekenis van de uitspraken voor beheerders en beleidsmakers.

Taak beleidsmaker en/of beheerder					
Taak onderzoeker: RIKZ		Belang van de parameter			
		Groot		Klein	
		Ontwikkelingsrichting		Ontwikkelingsrichting	
		Gewenst	Ongewenst	Gewenst	Ongewenst
Betrouwbaarheid uitspraak	Groot	Geen beheersmaatregelen nodig	Beheersmaatregelen nodig en/of voorzorgsprincipe toepassen	Geen beheersmaatregelen, geen nader onderzoek, geen monitoring nodig	
	Klein	Geen beheersmaatregelen nodig, nader onderzoek en/of monitoring gewenst	Beheersmaatregelen en/of voorzorgsprincipe gewenst nader onderzoek en/of monitoring nodig		

Denkmodel

Uit deze evaluatie is gebleken dat het fysisch denkmodel zoals geformuleerd in Arends et al. (1999) en Liek (2001) niet klopt. Alleen de hypothesen die het westelijke deel van de Westerschelde betreffen stemmen volledig overeen met de gedachte die verwoord is in het fysische denkmodel (Arends et al., 1999). En juist in het westelijk deel laten de waarnemingen een ander beeld zien dan op basis van de hypothesen en het denkmodel verwacht zou worden. Om bovenstaande redenen is tijdens deze evaluatie het denkmodel bijgesteld, waarbij de hypothesen het uitgangspunt zijn (zie bijlage A).

De in deze evaluatie waargenomen ontwikkelingen in de waterstanden zijn in overeenstemming met de hypothesen over de waterstanden. Echter, de waargenomen ontwikkelingen in de arealen van de platen en de ondiepwatergebieden zijn niet in overeenstemming met de hypothesen. De effecten van de verruiming 48'/43' en de effecten van de gevoerde bagger-, stort- en zandwinstrategie op de morfologie van de Westerschelde zijn, evenals de natuurlijke ontwikkelingen, dus nog onvoldoende begrepen. Een twee- of driedimensionaal morfologisch model in combinatie met gedetailleerde gegevensanalyse zou kunnen helpen om meer inzicht te krijgen in de morfologische processen van de Westerschelde. Met de kennis die ontwikkeld wordt dient het bijgestelde denkmodel en de fysische hypothesen te worden verbeterd.

Ecotoopbenadering

De ecotoopbenadering is gebruikt om verwachte morfologische veranderingen (areaal slikken, platen en ondiepwater gebieden) te vertalen naar de veranderingen in de biologie (in deze evaluatie microfytobenthos, vis en garnaal, bodemdieren en steltlopers). Het voornaamste probleem bij het gebruik van deze ecotoopbenadering was het gebrek aan kennis over het belang van de verschillende ecotopen voor de verschillende

organismen. Om voor de toekomst de ecotoopbenadering beter bruikbaar te maken voor de evaluatie dient:

- er meer kennis te worden verzameld over het relatieve geschiktheid van ecotopen voor de verschillende plant- en diergroepen;
- de ecotoopindeling en de gebruikte klassegrenzen te worden verbeterd, daarvoor zou het zoute wateren ecotopenstelsel (Bouma et al., 2003) gebruikt kunnen worden;
- de onderliggende kaarten op een eenduidige manier te worden geconstrueerd;
- de tijdreeksen van ecotopen te worden uitgebreid. Bij deze evaluatie zijn er slechts twee ecotopenkaarten gebruikt (1996 en 2001). Voor een volgende evaluatie is het aan te bevelen ecotopenkaarten van de periode voor de verruiming 48'/43' te reconstrueren waardoor statistische analyse mogelijk wordt.

Kennis over natuurlijk ontwikkelingen en proceskennis

Natuurlijke trends en jaarlijkse en meerjarige fluctuaties spelen een belangrijke rol in het dynamische Westerschelde-estuarium, deze maskeren mogelijk de effecten van de verruiming. Er dient meer kennis ontwikkeld te worden over variaties in parameters ten gevolge van natuurlijke/dynamische processen om de effecten (in de toekomst) te kunnen aantonen.

EVALUATIE VAN DE BAGGER-, STORT- EN ZANDWINSTRATEGIE

Om de betrouwbaarheid van de uitspraken betreffende de bagger-, stort-, en zandwinstrategie bij de evaluatie van 2006 te vergroten en/of de uitspraken te verbeteren wordt aanbevolen:

- Een zandbalans inclusief mondingsgebied op te stellen om te onderzoeken waar het zand dat uit de Westerschelde verdwijnt naar toe gaat. Daarbij dient onderzocht te worden of het mondingsgebied van de Westerschelde wellicht dit zand opslaat en fungeert als eb-delta;
- Onderzoek te doen naar de oorzaak van het zandexporterend worden van de Westerschelde, waarbij speciale aandacht uit moet gaan naar de relatie met vaarwegverruiming uit de jaren '70 en de verruiming 48'/43';
- Onderzoek te doen naar de ontwikkeling van de getij-asymmetrie in de Westerschelde en de invloed daarvan op de zanduitwisseling tussen de Noordzee en de Westerschelde. Ook dient de invloed van baggeren op de getij-asymmetrie nader onderzocht te worden;
- Om met het 1-dimensionale morfologische model "ESTMORF" vast te stellen of de zandwinstrategie invloed heeft op de sedimentimport of -export;
- Om een onderzoek te doen naar de maximum aanzandingsnelheid: wat is de fysica achter dit verschijnsel en heeft deze ontwikkeling implicaties op de fysische kenmerken van de Westerschelde, zo ja, welke?
- Om de betrouwbaarheid van de uitspraak dat 'de stortstrategie geen invloed heeft op de jaarlijkse hoeveelheid onderhoudsbaggerwerk' te verifiëren met een 2D of 3D morfologisch model

Literatuurlijst

- [1] Anonymus (1998)
MAS Milieuaspectenstudie baggerspeciéstort Westerschelde. Studie naar de effecten van het storten van specie vrijkomend bij de 48/43 voet verruiming van de vaarweg in de Westerschelde. Rijkswaterstaat, Directie Zeeland, Middelburg
- [2] Arends, A.A., P. Kamermans, E.C. Stikvoort, B. de Winder (1999)
Monitoring van de effecten van de verruiming 48'-43': een eerste evaluatie van de bagger- en stortstrategie, rapport 4. Rapport RIKZ-99.019, Rijksinstituut voor Kust en Zee, Middelburg
- [3] Bouma, H., D.J. de Jong & F. Twisk (2003)
Zoute wateren EcotopenStelsel (ZES). Rapport Rijksinstituut voor Kust en Zee, Middelburg (concept)
- [4] Brenninkmeijer, A., G. Doeglas, J. de Fouw (2002)
Foeragegedrag van sterns in de westelijke Westerschelde in 2002. A&W-rapport 346. Altenburg & Wymenga ecologisch onderzoek b.v., Veenwouden
- [5] Geelhoed, S.C.V., Swaan A.H. (2002)
Ruiende Bergeenden in de Westerschelde, rapport 0055, BFO Bureau Fauna Onderzoek, Egmond-Binnen
- [6] Groot, de K. (2002)
Actorenanalyse voor tweede evaluatierapport van het MOVE project, eindrapport, RA/02-567. Resource Analysis, Delft
- [7] Hoeksema R., B. Kornman, J. Graveland, B. Dauwe, H. van Beek, H. van Pagee (2002)
Integratie van onderzoek en beleid binnen het project Zeekennis, Werkdocument RIKZ/AB/2002.807x, Rijksinstituut voor Kust en Zee, Middelburg
- [8] Huijs, S. (1997)
Baggerinspanning bij verdieping 48'/43', Notitie NWL-97.21, Rijkswaterstaat, Directie Zeeland, Middelburg
- [9] Huijs, S. M., Groenenberg, K. van Westenbrugge, G. de Kock, L. Santbergen, H. van Hoek, A. Polfliet, S. van Herk, P. Roelse (2000)
Zand in de hand: beleidsplan Zandwinning Westerschelde 2001-2011, Nota NWL-00.05, Rijkswaterstaat, Directie Zeeland, Middelburg
- [10] Jeuken, M.C.J.L. (2001)
Verificatie van het cellenconcept Westerschelde op basis van historische gegevens, Rapport Z3078, WL 1 Delft Hydraulics, Delft
- [11] Jeuken C., M. van Helvert, Z.B. Wang (2002)
ESTMORF berekeningen naar de invloed van ingrepen en natuurlijke forceringen op de zandhuis-houding van Westerschelde en monding, fase 2, rapport Z3246, WL 1 Delft Hydraulics, Delft
- [12] Jeuken, C., I. Tánzos, Z.B. Wang (2003)
Evaluatie van het beleid voor vaargeulonderhoud en zandwinning sinds de tweede vaargeulverdieping op basis van veldwaarnemingen en het verbeterde Cellenconcept Westerschelde, Rapport Z3467, WL 1 Delft Hydraulics, Delft

- [13] Jong de J., G. Krijger, L. Nijse, S. Huijs (1997)
Beoordeling van de effecten van de verdieping 48' - 43'. Plan van aanpak – rapport 2, project Monitoring Verdieping Westerschelde, Rijkswaterstaat, Directie Zeeland, Middelburg
- [14] Kornman, B., G.A. Liek, H.K. Schippers (2002)
Baggeren en storten in de Westerschelde, een nieuwe kijk op het onderhoudsbaggerwerk. Werkdocument RIKZ/AB/2002.840x, Rijksinstituut voor Kust en Zee, Middelburg
- [15] Lefèvre, F.O.B. (2003)
Toetsing van de chemische water- en bodemkwaliteit van de Westerschelde ten behoeve van het evaluatierapport 2003, Werkdocument RIKZ/AB/2003.802x, Rijksinstituut voor Kust en Zee, Middelburg
- [16] Liek, G.A. (2001)
Monitoring van de effecten van de verruiming 48'-43'; beschrijving van de fysische toestand van de Westerschelde t/m 2000, rapport 5, Rapport RIKZ/2001.023, Rijksinstituut voor Kust en Zee, Middelburg
- [17] Liek, G.A., F.O.B Lefèvre (2002)
Datarapportage Fysica en chemie 2002, Werkdocument RIKZ/AB/2002.820x, Rijksinstituut voor Kust en Zee, Middelburg
- [18] Lievaart, M.A., E.C. Stikvoort (2002)
Datarapportage ecologie Monitoring Verruiming Westerschelde (T3 t/m 2001), Werkdocument RIKZ/AB/2002.834x, Rijksinstituut voor Kust en Zee, Middelburg
- [19] Lievaart, M.A. (2003)
MOVE microfytobenthos, Effecten van de verruiming van de Westerschelde op de biomassa en primaire productie van het microfytobenthos 1989-2001, Werkdocument RIKZ/AB/2003.809x, Rijksinstituut voor Kust en Zee, Middelburg
- [20] Lievaart, M.A., A.J. Pouwer (2003)
MOVE de Westerschelde als kraam- en kinderkamer voor vis en garnaal in relatie tot de verruiming, Werkdocument RIKZ/AB/2003.810x, Rijksinstituut voor Kust en Zee, Middelburg
- [21] Mol, G., A.M. van Berchum, G.M. Krijger (1997)
De toestand van de Westerschelde aan het begin van de verdieping 48'/43', beschrijving van de trends in de fysische, biologische en chemische toestand, Rapport RIKZ-97.049, Rijksinstituut voor Kust en Zee, Middelburg
- [22] Poot, M.J.M., K.L. Krijveld, S.L.G.E. Burgers, P.W. van Horssen, T.J. Boudewijn (2003)
Ontwikkelingen bij watervogels in de Westerschelde in relatie tot mogelijke effecten van de vaargeulverruiming 48'-43', Trendanalyse van aantallen watervogels en groei van visdiefkuikens, Bureau Waardenburg rapport 02-133, Bureau Waardenburg b.v., Culemborg
- [23] Rosca, A.V. (2003)
A statistical analysis of travelling times and velocities of the tidal wave in the Western Scheldt, Mathematics for Industry, Faculty of Mathematics and Informatics, Technische Universiteit Eindhoven, Eindhoven
- [24] Schippers, H.K. (2003)
De fysische effecten van verruiming in de Westerschelde: verbetering van het MOVE denkmodel met behulp van het cellenconcept, Werkdocument RIKZ/AB/2003.801x, Rijksinstituut voor Kust en Zee, Middelburg

- [25] **Stikvoort, E.C., M.A. Vink (2001)**
Datarapportage ecologie. Monitoring verruiming Westerschelde (T2, t/m 2000) Werkdocument RIKZ/AB/2001.817x. Rijksinstituut voor Kust en Zee, Middelburg
- [26] **Stikvoort, E.C., D. de Jong (2003)**
Sedimentatiesnelheid op Westerscheldeschorren, 1988-2002. Werkdocument RIKZ/OS/2003.807x. Rijksinstituut voor Kust en Zee, Middelburg
- [27] **Stikvoort E. (ed.), C. Berrevoets, M. Kuijper, F. Lefèvre, G-J. Liek, M. Lievaart, D. van Maldegem, P. Meininger, B. Peters, A. Pouwer, H. Schippers & J. Wijsman (2003)**
Monitoring van de effecten van de verruiming 48'-43'. MOVE-rapport 7: MOVE Hypothesendocument 2003. Onderliggende rapportage bij MOVE-rapport 8 (deel A en B) Evaluatierapport 2003. Rapport RIKZ/2003.009. Rijksinstituut voor Kust en Zee, Middelburg
- [28] **Stive M.J.F., H.F.P. van den Bogaard, Z.B. Wang, M.J. Baptist, A.W. van der Weck (1998)**
Definitiestudie Morfologische Dynamiek Westerschelde, WL 1 Delft Hydraulics, Delft
- [29] **Stoorvogel, A.A., L.C.G.J.M. Habets (2002)**
Rapport tijdreeksanalyse Westerschelde, Technische Universiteit Eindhoven, Eindhoven
- [30] **Technische Scheldecommissie, subcommissie Westerschelde (1984)**
Verdieping Westerschelde studierapport, programma 48' - 43'
- [31] **Technische Scheldecommissie (2001)**
Langetermijnvisie Schelde-estuarium. Rijkswaterstaat Directie Zeeland, Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap
- [32] **Twisk, F. (2002)**
Toelichting op de ecotopenkaarten Westerschelde 1996 en 2001. Werkdocument RIKZ/OS/2002.843x. Rijksinstituut voor Kust en Zee, Middelburg
- [33] **Vroon, J., T. Pieters en C. Storm (1993)**
Het Schelde-estuarium, de verdieping 48'/43'. Adviezen en witte vlekken, Werkdocument GWW-93.858x, Rijkswaterstaat, Dienst Getijdewateren, Middelburg
- [34] **Vroon, J.H., C. Storm, J. Coosen (1997)**
Westerschelde Stram of struis? Eindrapport van het project Oostwest, een studie naar de beïnvloeding van fysische en verwante biologische patronen in een estuarium, Rapport RIKZ-97.023, Rijksinstituut voor Kust en Zee, Middelburg
- [35] **Wang, Z.B., P. Thoolen, I.Tanczos (2002)**
Onderbouwing van het cellenconcept Westerschelde als instrument voor beleid en beheer; toetsing aannames met SOBEK berekeningen. Rapport Z3325, WL 1 Delft Hydraulics, Delft
- [36] **Wijsman, J.W.M. (2003)**
Move Bodemdieren, Effecten van verruiming op de biomassa bodemdieren in de Westerschelde 1990-2003. Werkdocument RIKZ/AB/2003.806x. Rijksinstituut voor Kust en Zee, Middelburg
- [37] **Winterwerp, J.C., M.C.J.L. Jeuken, M.A.G. van Helvert, C. Kuijper, A. van der Spek, M.J.F. Stive, P.M.C. Thoolen, Z.B. Wang (2000)**
Lange Termijnvisie Schelde-estuarium cluster Morfologie, rapportage Uitvoeringsfase, Rapport Z2878, WL 1 Delft Hydraulics, Delft

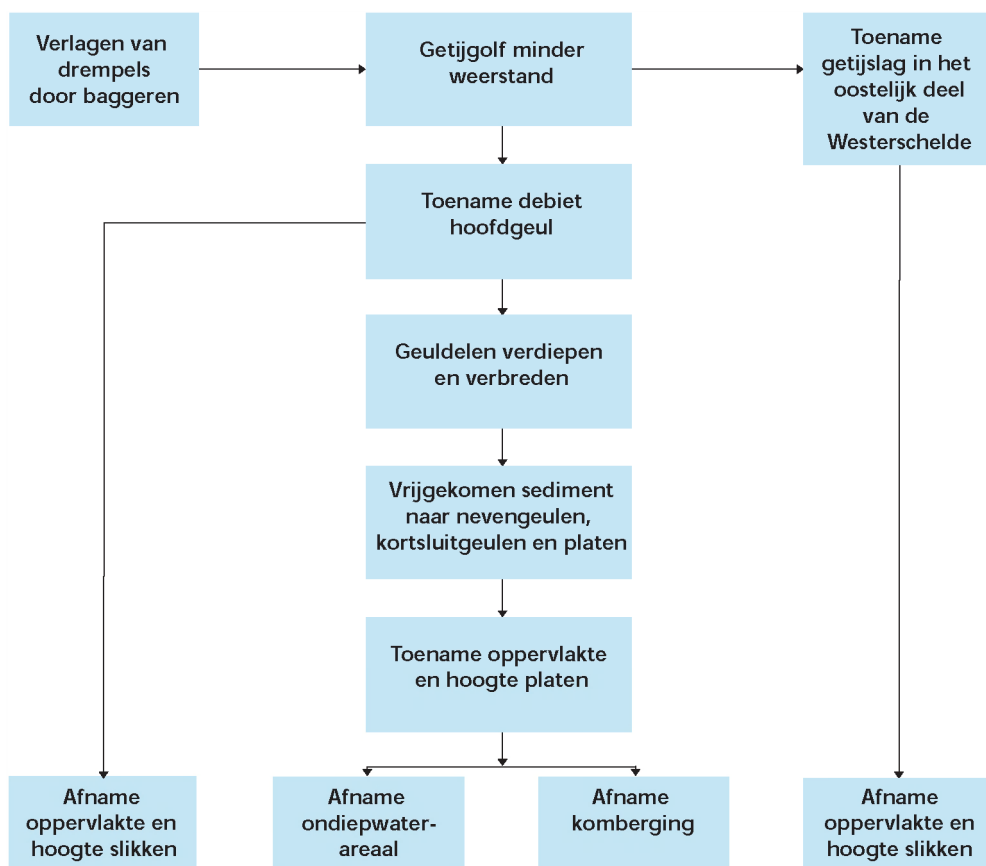


Bijlage A Het MOVE denkmodel

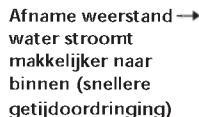
Op basis van de gedachtegang die is vastgelegd in de Oostweststudie (Vroon et al., 1997) is door Arends et al. (1999) het MOVE denkmodel opgezet. Dit fysisch denkmodel is een kwalitatieve gedachtegang over hoe de Westerschelde kan veranderen na verruiming en ziet er als volgt uit:

“als gevolg van de baggerinspanning worden de drempels verlaagd, waardoor de getijgolf minder weerstand ondervindt en er meer water door de geul kan stromen. Als reactie hierop verdiepen en verbreden de geuldelen aan weerszijden van de drempel. Het sediment dat hierbij vrijkomt en het sediment dat wordt gebaggerd om de drempels op diepte te houden, wordt voornamelijk opgeslagen in de nevengeulen, kortsluitgeulen en plaatcomplexen. De platen nemen hierdoor zowel in oppervlak als gemiddelde hoogte toe. Dit draagt bij aan een sterke achteruitgang van het areaal ondiep water en leidt tot een kleinere komberging in de Westerschelde. Ook versmallen en verlagen de slikken in de buitenbochten. De diepere geulen versterken het binnendringen van het getij, zodat de getijslag met name in het oostelijk deel zal toenemen, hetgeen de afname in komberging compenseert”.

Of in schematische vorm:



De fysische hypothesen zijn namelijk veel specifiekere dan de beschrijving in het MOVE denkmodel en zijn een combinatie van de gedachtegang uit het MOVE denk-



model met het huidige bagger- en stortbeleid. Op basis van deze fysische hypothesen en het bestaande denkmodel is een aanzet gemaakt voor een nieuw schematisch overzicht van de veronderstelde fysische processen en relaties voor het oostelijke deel van de Westerschelde. Dit schema is hiervoor weergegeven.

Voor het westelijk, midden en oostelijk deel van de Westerschelde gelden over het algemeen dezelfde kwalitatieve veranderingen (uitgezonderd voor het plaatvolume en de plaatinhoud) en relaties tussen de verschillende fysische processen, alleen kwantitatief zijn de veranderingen verschillend.



Bijlage B De ecotoopbenadering

De verruiming is een ingreep in de morfologie van het systeem. Omdat omgevingsomstandigheden zoals sedimenteigenschappen, hoogteligging en waterbeweging voor een groot deel bepalen welke organismen op een bepaalde lokatie kunnen voorkomen wordt een indirect effect van de verruiming op de biologie verwacht. In 1996 is de ecotoopbenadering gekozen als instrument om de verwachte veranderingen in de morfologie te kunnen vertalen naar veranderingen in het ecologisch functioneren van de Westerschelde. De cruciale vraag is: hoe ligt de relatie tussen het ecologisch functioneren en de verruiming? Met behulp van de ecotoopbenadering kan daarop (deels) een antwoord gegeven worden.

De aanwezigheid van planten- en diersoorten op een bepaalde lokatie is afhankelijk van de omgevingsomstandigheden op die plaats. Gebieden met min of meer dezelfde omgevingscondities kunnen gegroepeerd worden tot ecotopen¹, die worden gekenmerkt door een specifieke levensgemeenschap. Veranderingen in de arealen van deze ecotopen, al of niet ten gevolge van menselijke ingrepen, kunnen gevolgen hebben voor de levensgemeenschap die hiervan afhankelijk is.

De morfologische ontwikkelingen die na de verruiming zullen plaatsvinden zijn verwoord in een fysisch denkmodel (zie appendix A). Door nu de morfologische ontwikkelingen te vertalen naar verandering in ecotopen, kunnen mogelijke veranderingen in de aanwezigheid van planten- en diersoorten direct worden voorspeld uit de morfologische veranderingen. Dit doorvertalen is mogelijk omdat op basis van hoogteligging, dynamiek en geomorfologische karakteristieken in de Westerschelde negen verschillende typen ecotopen zijn onderscheiden (Tabel A; zie Twisk 2003).

Tabel A
Ecotopenindeling van de
Westerschelde.

Ecotoop	Omschrijving
1	Hoogdynamische slikken en platen
2	Slibrijke, laagdynamische slikken en platen boven NAP
3	Slibarme, laagdynamische slikken en platen boven NAP
4	Slibrijke, laagdynamische slikken en platen onder NAP
5	Slibarme, laagdynamische slikken en platen onder NAP
6	Hoogdynamisch ondiepwater
7	Laagdynamisch ondiepwater
8	Schor
9	Geul

¹ Een ecotoop is een ruimtelijk te begrenzen ecologische eenheid waarvan de samenstelling en ontwikkeling worden bepaald door abiotische, biotische en antropogene condities ter plaatse.

Tussen 1996 en 2001 hebben zich aanzienlijke verschuivingen voorgedaan in de ecotooparealen (figuur A) (Twisk 2003; Stikvoort et al. 2003). Ervan uitgaande dat een ecotoop zijn eigen specifieke levensgemeenschap herbergt, zullen de veranderingen in de ecotooparealen gevolgen hebben voor de mogelijkheden van diverse planten- en diergemeenschappen in de Westerschelde. Echter, kwantitatief zijn deze veranderingen nu nog niet goed aan te geven. Een reden daarvoor is uiteraard dat er nog slechts op twee tijdstippen van de totale tijdreeks tot 2021 is gemeten (namelijk 1996 en 2001). Daarnaast behoeft de hier gehanteerde ecotopen classificatie nog verbetering (zie ook hoofdstuk 6 'Aanbevelingen voor de toekomst van MOVE, Ecotoopbenadering'). De voorkeur van organismen voor specifieke ecotooptypen zijn (nog) niet goed bekend en de parameters en klasse-indeling die gebruikt zijn bij de in deze studie gehanteerde ecotopenindeling zijn voor verbetering vatbaar. De parameters en de klasse-indeling zijn namelijk hoofdzakelijk gebaseerd op pragmatische overwegingen, zoals beschikbaarheid van monitoringgegevens, waarbij onvoldoende de relatie is gelegd met het voorkomen van organismen.

Figuur A

Ruimtelijke verdeling van de ecotooparealen in de Westerschelde in 1996 (voor de verruiming) en 2001 (na de verruiming).

