



Foto 1. Sedimentatie - erosiemetingen op Galgeplaat.

Jan Mulder

De Oosterschelde op zoek naar een nieuwe vorm

Het getij, de hartslag van de Oosterschelde, is verzwakt. Sinds de aanleg van de Oosterscheldewerken stroomt bij vloed minder water naar binnen, bij eb minder naar buiten; de stroomsnelheden zijn afgenomen, het gemiddelde verschil tussen hoog- en laagwater is kleiner geworden. Het bekken is hierdoor uit balans gebracht. De Oosterschelde is uit vorm geraakt: de afmetingen van de geulen, de platen en de schorren zijn niet meer in evenwicht met de nieuwe getijdenmerken.

Door gegevens over de geomorfologie aan te dragen beoogt dit artikel informatie te leveren voor het beheer van het natuurgebied Oosterschelde.

Het is niet de eerste keer in het bestaan van de Oosterschelde dat het bekken uit balans raakt. In het verleden reageerde het bekken telkens door zijn vorm aan te passen aan de nieuwe omstandigheden. Na voltooiing van de Oosterscheldewerken in 1987 is het begin van een vormherstel af te lezen uit een sedimentatie in de geulen, afvlakking van de platen en erosie van de schorren. De Oosterschelde is actief op zoek naar een nieuwe vorm.

Het beheer van het natuurgebied Oosterschelde zal met deze ontwikkelingen rekening moeten houden. Dat vraagt echter beantwoording van een aantal vragen, zoals: Hoe is precies het

getij in het bekken veranderd? Welke veranderingen zijn er recent opgetreden in de geomorfologie, en welke zijn nog te verwachten? Hoe lang gaat het duren voor er sprake is van een nieuw evenwicht? Wat zijn de gevolgen voor de natuurwaarde?

Het hier gepresenteerde onderzoek draagt aan de beantwoording van deze vragen een steentje bij.

Onderzoeksgebied

De Oosterschelde, het grootste getijdebekken in ZW Nederland, wordt gekenmerkt door grote getijgeulen, geflankeerd door uitgestrekte gebieden met droogvallende platen, slikken en schor-

ren (tabel 1). De Galgeplaat, gelegen in het centrale deel van het bekken, en de Roggenplaat, in het mondingsgebied, hebben in het onderzoek speciale aandacht gehad (zie omslag).

Kenmerkend voor het huidige getij is een gemiddeld verschil tussen hoog- en laagwater van ca 3,25 m; de maximaal optredende stroomsnelheden bedragen ca 1,0 m.s⁻¹. Bij vloed stroomt momenteel gemiddeld 0,9 miljoen m³ water het bekken binnen. Deze getijkenmerken gelden vanaf 1987 na de voltooiing van de werken.

Methode

Het getij-onderzoek heeft gebruik gemaakt van gegevens van automatische peilschrijvers rond het bekken. Vanaf 1980 hebben deze schrijvers op diverse locaties de waterstanden geregistreerd. Verschillende meetcampagnes met schepen in een negental dwarsraaien verspreid over het bekken leverden informatie over stroomsnelheden en hoeveelheden afgevoerd water. Computermodellen berekenden nauwkeurig de ruimtelijke spreiding in waterhoogtes en stroomsnelheden.

Het geomorfologisch onderzoek steunt voor een belangrijk deel op lodingsgegevens van de diepte. Van de Oosterschelde zijn jaarlijkse gegevens beschikbaar vanaf 1960. Uit deze lodingen zijn sedimentbalansen berekend welke een grootschalig beeld geven van de geomorfologische veranderingen. Frequentie waterpassingen op platen en slikken, nauwkeurige sedimentatie - erosie metingen op de Galgeplaat (foto 1), naast continue procesmetingen, geven een kleinschalig beeld van de veranderingen op het intergetijdengebied (Kohsiek et al., 1987; Dronkers et al., 1988).

Getijveranderingen

De bouw van de kering in de monding van de Oosterschelde deed in de loop van 1985 de doorstroomopening afnemen tot 50% van de oorspronkelijke waarde. Het in- en uitstromen van het water bij vloed en bij eb ging hierdoor geleidelijkaan steeds moeilijker. De hoeveelheid die het bekken kon binnenstromen verminderde sterk, en daarmee namen ook de stroomsnelheden binnen

Oosterschelde oppervlakte van bekken en afzonderlijke eenheden	1983	1987	netto effect bouw in %
totale bekken (·10 ⁶ m ²)	452	351	-22%
geulen (beneden NAP) (·10 ⁶ m ²)	362	304	-16%
plaat en slik (·10 ⁶ m ²)	170	118	-31%
schorren (·10 ⁶ m ²)	17,2	6,4	-63%

Tabel 1. Gebiedskenmerken van de Oosterschelde, vóór aanvang en na gereedkomen van de Oosterscheldewerken in 1987.

Oosterschelde getijdenmerken	1983	1983-1987	na 1987	netto effect bouw in %
gem. getijverschil (m) Yerseke	3,70	2,50	3,24	-12%
max. getij snelheid (m.s ⁻¹)	1,5	1,0	1,0	-30%
gem. getij volume (.10 ⁶ m ³)	1230	-	880	-28%

Tabel 2. Getijdenmerken van de Oosterschelde vóór beïnvloeding door de Oosterscheldewerken, tijdens de bouwfase en na voltooiing.

het bekken aanzienlijk af. Omdat er bij vloed minder water de Oosterschelde binnenstroomde, kon het bekken minder hoog vollopen: het Hoogwater bleef lager. Bij eb stroomde als gevolg van de lagere stroomsnelheden het bekken langzamer leeg: het Laagwater bleef hoger. Het verschil tussen Hoog- en Laagwater, het getijverschil, werd kleiner. Bij gereedkomen van de kering in 1986 was het getijverschil, evenals het volume en de snelheid van het in- en uitstromende water, gereduceerd tot 75 % van de oorspronkelijke waarde (tabel 2).

Het getijverschil bij Yerseke was in 1986 teruggelopen van gemiddeld 3,70 m tot gemiddeld 2,50 m. Een ongewenste situatie voor natuur en visserij: de sterk veranderde overspoeling van het intergetijdengebied zou nadelige gevolgen kunnen hebben voor het bodemleven (waaronder de kokkels en mosselen) en de vogelstand. Dit was echter bij het ontwerp van de Oosterscheldewerken voorzien. Om een groter getijverschil te bereiken waren daarom zogenaamde compartimenteringsdammen (Oosten Philipsdam) gepland. Gebaseerd op het gegeven 'dat in een kleinere badkuip, met dezelfde hoeveelheid water, een hogere waterstand is te bereiken' werden er delen van de Oosterschelde afgesneden. Na gereedkomen van de compartimentering in 1987 was hierdoor het getijverschil teruggebracht van 75 % tot ongeveer 87 % van de uitgangswaarde. Het horizontale getij, de hoeveelheid in- en uitstromend water en de stroomsnelheid namen tegelijkertijd nog iets verder af tot ongeveer 70 % van de oorspronkelijke waarde (tabel 2). Bij Yerseke is sinds 1987 het gemiddeld getijverschil 3,25 m.

De overgangperiode

De compartimenteringsdammen zijn, volgens een tussentijds besluit in de laatste fase van de Oosterscheldewerken, niet opgebouwd uit stenen, maar uit zand (Iedema & Turkstra, dit nummer). Om deze zandsluitingen mogelijk te

maken werd het getij zoveel als nodig was uitgeschakeld door gebruik van de stormvloedkering. Het gemiddeld getijverschil in deze fase is daardoor kleiner uitgevallen dan oorspronkelijk was voorzien, de periode met kleine getijverschillen langer. Al met al heeft de overgangperiode (1985-1987) ongeveer twee jaar in beslag genomen.

Het getij heeft heel direct gereageerd op veranderingen als gevolg van de bouw van de stormvloedkering en compartimenteringsdammen (fig. 2 op p. 133). Vanaf begin 1985 nam het getijverschil geleidelijk steeds verder af, tot medio 1986 een verschil van ca 2,50 m was bereikt. Dit extreem kleine getijverschil bleef bijna een jaar gehandhaafd. In april 1987, direct na de voltooiing van de Philipsdam, ontstond het huidige gemiddelde getijverschil van 3,25 m.

Ruimtelijke variatie

De periode met zeer kleine getijverschillen in 1986-87 heeft sterke invloed gehad op de hogere delen van platen en vooral schorren, die gedurende bijna een vol jaar nauwelijks overspoeling hebben gekend. Met name voor de schorren lijkt dit ongunstige gevolgen te hebben ge-

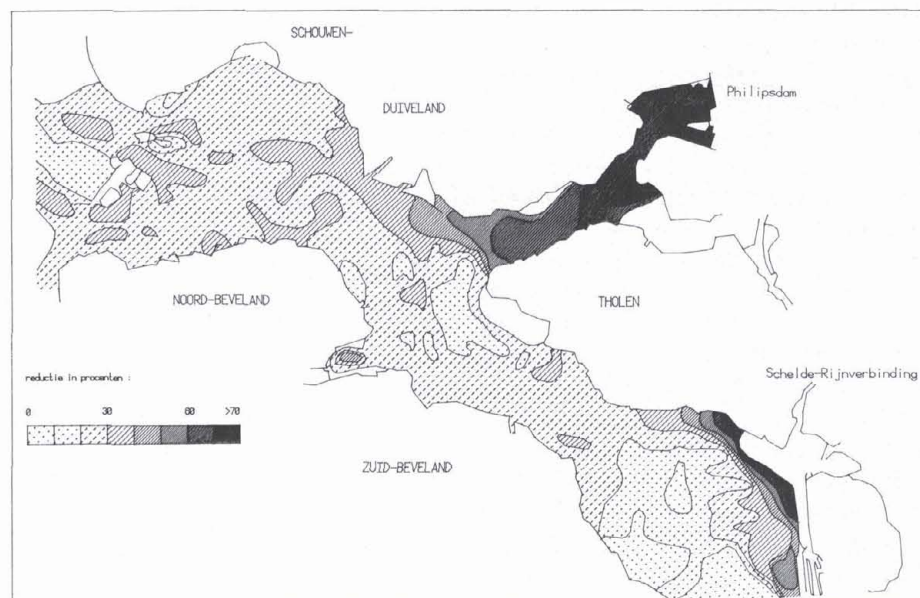
had (De Jong et al., dit nummer).

Op de platen en slikken is ook de afname van getijstroomsnelheden sterker merkbaar dan gemiddeld in het bekken. De afname in maximale snelheden kan hier oplopen van 30 % tot 70 %. In de geulen is gemiddeld over het bekken, de reductie in stroomsnelheden ca 30 %. Veel grotere reducties, tot meer dan 70 %, zijn opgetreden in geulen achter in het bekken (met name in het Keeten-Mastgat; fig. 1).

Geomorfologische veranderingen

In de Oosterschelde is voortdurend sediment in beweging. Belangrijkste werkzame krachten zijn: het getij, als grote zandtransporteur, en de golven, als opwoelers. Deze krachten streven continu naar een dynamisch evenwicht met de geulen, platen, slikken en schorren in het systeem. De Oosterscheldewerken hebben een directe invloed gehad op dit evenwicht. Vooral de afname van de getijstroomsnelheden is van grote invloed op de geomorfologische processen. Deze afname heeft namelijk zorggedragen voor een vele male sterkere reductie van de zandtransporten door de stroming - het zandtransport is een machtsfunctie van de stroomsnelheid, met een macht van grootte-orde 2 tot 5 -. Tegelijkertijd heeft de afname van het verticale getijverschil tot gevolg dat de golfwerking geconcentreerd wordt in een smallere band rond de platen. De opwoeling is

Fig. 1. Modelberekening van de reductie in maximale vloodsnelheden na voltooiing van de Oosterscheldewerken (uit Smaal en Boeije, 1991).



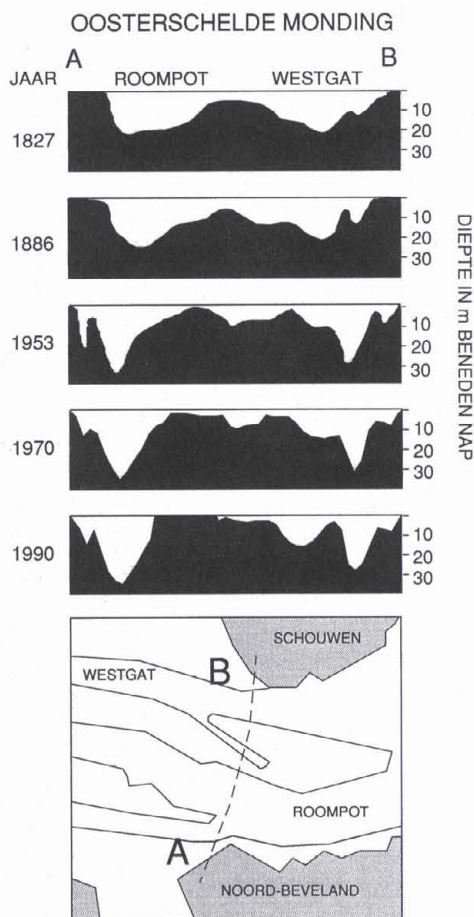


Fig. 2. Toename van doorstroomprofielen in de geulen, en groei van platen in de Oosterscheldemonding, onder invloed van getijvolumetoename gedurende de laatste 150 jaar (naar Mulder, 1989).

is hierdoor lokaal sterk toegenomen. Het dynamische evenwicht tussen verschillende sedimentstromen is verstoord. De geomorfologie is aan het veranderen.

Historische ontwikkeling

Een eerste indruk van de aard van de veranderingen welke redelijkerwijs te verwachten zijn, levert de historische ontwikkeling van de Oosterschelde. Het blijkt in zijn algemeenheid, dat het getijvolume - de hoeveelheid in- en uitstromend water in een getijdebekken - bepalend is voor de grootte van de doorstroomoppervlakken van de geulen. Bij grote waterhoeveelheden horen grote geulen; bij een toename van die hoeveelheden zullen de geulen eroderen. De Oosterschelde illustreert dit: de geulen laten over de laatste 100 jaar een duidelijke verdieping zien (fig. 2), welke samenhangt met de waargenomen toename van het getijvolume in de Oosterscheldemonding. Deze toename was het gevolg van baggeractiviteit en infrastructuurwerken in het achterland van het

bekken. Naast verdieping van de geulen trad in dezelfde periode een doorgaande verhoging van de platen op (fig. 2). Ge koppeld aan de getijvolumetoename in de Oosterschelde, als gevolg van de bouw van Grevelingen- en Volkerakdam (1965 resp. 1969) (Van den Berg, 1986), is nog tot 1984 een duidelijke hoogtegroeï van de platen waargenomen (fig. 3).

De Oosterscheldewerken hebben de trend van een herhaaldelijk toenemend getijvolume abrupt verbroken. Vanaf 1987 is er sprake van het tegengestelde: het getijvolume is met 30% afgenomen. Een ruwe verwachting van geomorfologische veranderingen na 1987 is dan ook een ontwikkeling, welke tegengesteld is aan de vooraangaande ontwikkeling: overheersende erosie van platen, en sedimentatie in geulen.

Erosie van platen

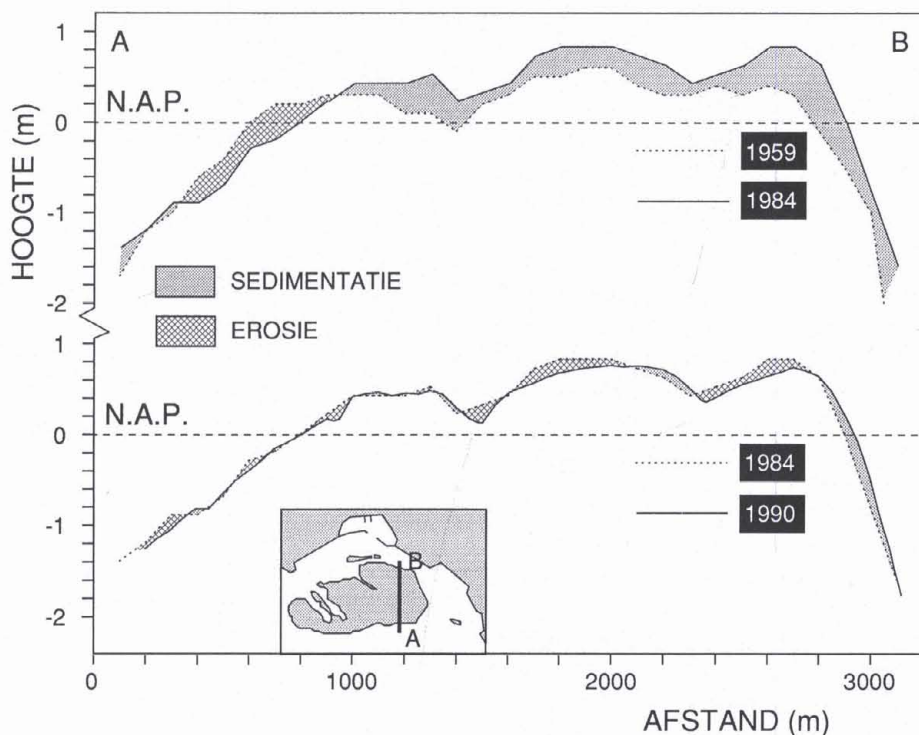
De platen stellen ons in deze verwachting niet teleur. Sinds de aanleg van de Oosterscheldewerken eroderen alle platen en slikken, waarbij op veel plaatsen verlagingen van meer dan 10 cm zijn waargenomen (fig. 3). Het totale oppervlak aan droogvallende platen is met ca 60 ha afgenomen (ongeveer 0,5% van het totale oppervlak in 1987). Erosie blijkt overheersend te zijn in alle hoogtezones van het intergetijdengebied. Relatief de grootste erosiecijfers vertonen

de hogere plaatdelen (boven NAP), waar tussen de 20 en 60% van het oorspronkelijk aanwezige zand is verdwenen. De erosie leidt tot een vormverandering van de platen. Er treedt een algehele verflauwing op van het reliëf. Het oppervlak in de hoogtezones boven -0,5 mNAP is sterk aan het afnemen, terwijl daarbeneden het droogvallend oppervlak per hoogtezona toeneemt. Dit heeft belangrijke ecologische consequenties. Het totale plaatoppervlak dat relatief lang droog ligt, neemt af; het oppervlak dat kort droog ligt, neemt toe. Voor de Galgeplaat (foto 2) is berekend dat hierdoor de voedselbeschikbaarheid voor vogels met ca 30% is afgenomen sinds 1987 (Meininger et al., dit nummer).

Sedimentatie in geulen

Ook de geulontwikkelingen voldoen aan de verwachtingen. Sinds 1987 is in de geulen een duidelijke sedimentatietrend waarneembaar. Het sterkst komt deze naar voren uit de verspreiding van vers afgezette sliedlagen. Overal in de diepere geuldelen waar vroeger de stroomsnelheid te hoog was om afzetting van fijne slieddelen mogelijk te maken, komen nu ongeconsolideerde sliedlagen voor. Op plekken waar ook vroeger al sedimentatie overheerste, is na 1986 het sliedgehalte in de bodem sterk gestegen (Ten Brinke et al., 1992).

Fig. 3. Hoogte ontwikkeling van de Roggenplaat (uit Louters et al., 1992).





Zandhonger en nieuw evenwicht

Een duidelijke sedimentatie van zand in de geulen over de periode 1987-1991 is met de nauwkeurigheid van de beschikbare waarnemingsmethoden niet aan te tonen. Wel is uit erosiegegevens van de platen becijferd dat deze sinds 1987 ca 5 miljoen m³ zand aan de geulen moeten hebben geleverd. Eenzelfde hoeveelheid zand is mogelijk geïmporteerd uit de Noordzee. Daarmee is echter nog slechts een schijntje van de totale zandbehoefte van de geulen gedekt. Dat blijkt na toepassing van de evenwichtsrelatie tussen getijvolume en doorstroomoppervlak van de geulen. Na de getijvolumereductie van 30% vragen de geulen in de Oosterschelde ca 500 miljoen m³ zand alvorens een nieuw dynamisch evenwicht kan worden bereikt (Kohsiek et al., 1987). Deze zandhonger is een factor 100 groter dan de hoeveelheid welke in de afgelopen vier jaar in de geulen is afgezet. Een nieuw evenwicht, waarbij de totale zandhonger is gestild, zal dan ook nog eeuwen vergen.

Toekomstverwachting 2020

De trends van de waargenomen ontwikkelingen na 1987 zullen zich doorzetten. De snelheid van de geomorfologische aanpassing neemt echter in de tijd af. Dit leidt tot de voorspelling dat het totale verlies aan intergetijdengebied voor de komende 25 jaar ca 15% (1400-1600 ha) zal bedragen (Kohsiek et al., 1987; Dronkers et al., 1988). De algehele verflauwing van het reliëf zet door. De zandhonger van de geulen blijft daarbij voorlopig zeer groot. Door de relatief geringe bijdrage van zand aan het stillen van deze honger, wordt het aandeel van slib in de geulafzettingen belangrijker. De uiteindelijk mogelijke afname van het oppervlak droogvallende platen, voordat een nieuw evenwicht is ingesteld, hangt af van een groot aantal onzekere factoren. Voor de lange termijn bestaan bijvoorbeeld grote onzekerheden over de ontwikkelingen in het

Foto 2. De Galgeplaat in de Oosterschelde.

getij - bijvoorbeeld onder invloed van een versnelde zeespiegelstijging -, en veranderingen in de sedimentuitwisseling met de Noordzee. Onder de aanname dat deze factoren in de toekomst weinig zullen veranderen, is de verwachting uitgesproken dat platen en slikken, ook op de lange termijn, wezenlijke onderdelen van de Oosterschelde zullen blijven uitmaken (Kohsiek et al., 1987).

Conclusies

De Oosterscheldewerken hebben een rechtstreekse invloed gehad op het getij in de Oosterschelde. Het getij heeft zich direct aan de nieuwe omstandigheden aangepast. De aanpassing van de geomorfologie zal daarentegen nog eeuwen vergen. Als eerste tekenen van deze aanpassing zijn zichtbaar een duidelijke erosie van platen en slikken, en een sedimentatietrend in de geulen. Rekening moet worden gehouden met een afname van het plaatareaal met 10-15% over de komende 25 jaar. Ecologische effecten komen het sterkst naar voren in de doorgaande afvlakking van de platen, en de negatieve invloed daarvan op de voedselbeschikbaarheid voor vogels.

Het beleid zal zich er over moeten uitspreken of deze ontwikkelingen als negatief moeten worden gekenschetst (Iedema & Turkstra, dit nummer).

Literatuur

- Berg, J.H. van den, 1986. Aspects of sediment- and morphodynamics of subtidal deposits of the Oosterschelde (the Netherlands). Rijkswaterstaat, Communications no. 43/1986.
- Brinke, W.B.M. ten, J. Dronkers & J.P.M. Mulder, 1992. Fine sediments in the Oosterschelde tidal basin before and after partial closure. *Hydrobiologia* (in druk).
- Dronkers, J., L.H.M. Kohsiek & J.P.M. Mulder, 1988. Zandhonger, de Oosterschelde slibt dicht. *Natuur en Techniek*, 56 (10): 838-849.

Kohsiek, L.H.M., J.P.M. Mulder, T. Louters & F. Berben, 1987. De Oosterschelde; naar een nieuw onderwaterlandschap. Eindrapport project GEOMOR, Nota GWAO-87.029, RWS Dienst Getijdewateren, Den Haag.

Louters, T., J.P.M. Mulder & J.H. van den Berg, 1992. Large scale morphodynamic response of the Oosterschelde system to implementation of the Delta Project. *Journ. of Coastal Research* (in druk).

Mulder, J.P.M., 1989. The changing tidal landscape in the Delta area of the SW Netherlands. TNO Comm. Hydr. Res., Proc. and Inform. 41. Tech. Meeting 46 R'dam 8 March 1989: 71-88.

Smaal, A.C. & R.C. Boeije (red.), 1991. Vei- lig getij, de effecten van de waterbouwkundige werken op het getijdemilieu van de Oosterschelde. Nota GWWS 91.088. RWS Dienst Getijdewateren/ Directie Zeeland, Middelburg.

Summary

The Oosterschelde, in search of a new shape; changes in tide and geomorphology

The completion in 1986/87 of an open storm surge barrier in the inlet, and of closure dams in the landward parts of the Oosterschelde tidal basin (SW Netherlands), have reduced both the horizontal and vertical tide in the basin. These hydraulic changes have a significant impact on geomorphological developments. An analysis of historic data and of recent detailed bathymetric and morphodynamic process data, indicates that former geomorphological trends have reversed. Presently the Oosterschelde is a sedimentation basin with a degrading intertidal area and silting up of channels. The continuing reduction in intertidal area, the decreasing geomorphological gradients, the increasing fine sediment content of channel deposits, combined with a general reduction in hydrodynamics, imply significant ecological effects.

Dankwoord

Voor deze bijdrage is gebruik gemaakt van hydraulische gegevens bewerkt door ir. J. Vroon. Een groot deel van het geomorfologische onderzoek is in opdracht van de RWS Dienst Getijdewateren uitgevoerd door de RU Utrecht, Vakgroep Fysische Geografie. In dit verband hebben een bijdrage geleverd drs. M. Philippart, drs. W. Jonkers en drs. W. ten Brinke. Tevens ben ik dank verschuldigd aan drs. T. Louters en ing. F. de Vos voor hun geomorfologische analyses, en aan G. Stove voor het vervaardigen van de figuren.

Dr. J.P.M. Mulder
Rijkswaterstaat, Dienst Getijdewateren
Postbus 20907
2500 EX Den Haag