



De Voordelta: hoe het was, is en kan gaan worden

Voor de kust van Walcheren, Schouwen en Goeree, ook wel de Voordelta genoemd, liggen zandplaten die zelfs bij hoogwater niet onder lopen. Dat is niet altijd zo geweest. De Deltawerken hebben grote veranderingen geïnitieerd. Over de ontwikkelingen wordt druk gespeculeerd. Komt er een tweede Waddenzee met eilanden voor de kust? Dit artikel gaat in op de morfologische processen van zeegaten en de gevolgen van hun afsluiting. Tevens wordt een doorkijk gemaakt richting de ecologie en de toekomst.

Waarom de Nederlanders ooit voor de lage landen als vestigingsplaats hebben gekozen is niet duidelijk. Is het omdat ze iets met water hadden? Of is het vanuit hun koopmansgeest? Feit is dat de lage delta zeer vruchtbaar was en nog steeds is, dankzij het sediment dat hier door de rivieren naar toe is gebracht. De estuaria, de plekken waar de rivieren de zee ontmoeten, zijn vanouds de meest productieve ecosystemen ter wereld (Costanza *et al.*, 1997). Wereldwijd zijn ze de oorsprong van vele beschavingen. Maar wonen in de lage landen betekent ook de voortdurende strijd tegen het water, waarmee de Nederlanders inmiddels een rijke historie hebben opgebouwd. Terpen, polders, dammen en dijken, sluizen en stuwen, alles werd ingezet om het water de baas te blijven. Sluitstuk van de Nederlandse waterprestaties zijn de Deltawerken. Dat zijn grootschalige ingrepen in het kuststelsel die doorwerken op lange tijdschalen. De effecten van de Deltawerken zijn nu gaande. Om te begrijpen wat er gebeurt ga ik eerst dieper in op de werking van een ongestoord zeegat en vervolgens op wat er gebeurt bij afsluiting van een zeegat.

zeegaten en estuaria

Om de morfologische processen in de kustwateren te begrijpen, onderscheiden we zeegaten en estuaria. Met zeegat wordt een bekken bedoeld waar de zee in- en uitstroomt, maar waar geen rivier in uitmondt. De Waddenzee is een fraai voorbeeld van een aaneenschakeling van zeegaten. De wantijen, de denkbeeldige lijnen waar de watermassa's uit de verschillende zeegaten elkaar ont-

moeten, zijn de grenzen van de zeegaten. Een estuarium is een overgang van een rivier naar een zee. Anders dan bij een zeegat vindt in een estuarium aanvoer plaats van zoet en nutriëntrijk rivierwater met de nodige hoeveelheid sediment (veelal slib). De aanvoer van sediment door een rivier bepaalt in belangrijke mate hoe een estuarium zich in de loop van eeuwen ontwikkelt. Veel sedimentaanvoer zorgt voor een uitbouwende delta, zoals bij de Gele Rivier (Pedroli, dit nummer). De uiterlijke kenmerken van het estuarium worden verder bepaald door de verhouding van rivierdebiet en getijvolume. In Nederland kennen we nog twee redelijk ongestoorde estuaria: de Westerschelde en de Eems-Dollard.

De opbouw van platen

In zeegaten draait het dus om de wisselwerking tussen water en sediment. Met sediment wordt alles tussen slib (heel fijn en licht) en zand (grof en zwaar) bedoeld. Slib kan in water zweven en bepaalt dan in belangrijke mate hoe troebel of helder het is en kan over grote afstanden relatief snel verplaatst worden. Slib is van groot belang voor de ecologie; zowel voedingsstoffen als verontreinigingen hechten zich aan slib. Zand daarentegen blijft niet in suspensie. Het ligt vooral op de bodem en wordt getransporteerd door de kracht die stroming en golven op de bodem uitoefenen.

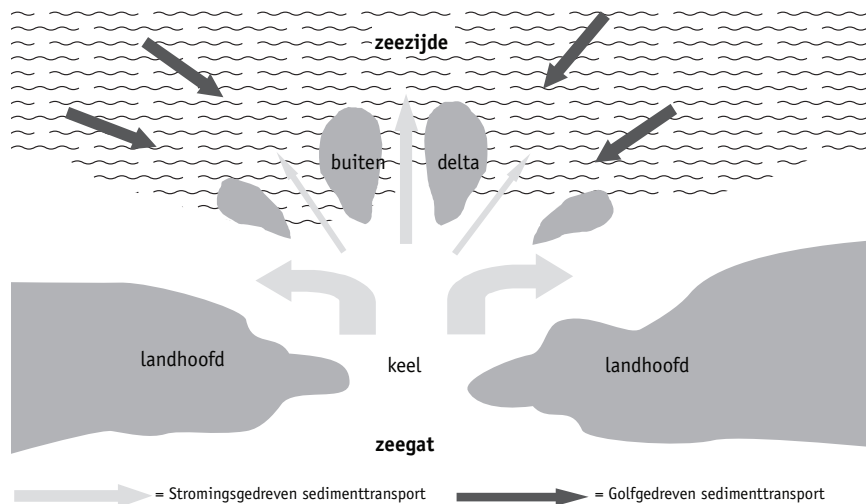
Zeegaten staan onder invloed van het getij. Met vloed stroomt zeewater met zwevend sediment (slib) naar binnen. In de winter bevat de zee doorgaans 10 milligram slib

FLORIS GROENENDIJK

Drs. F.C. Groenendijk Stichting
De Noordzee, Drieharingstraat
25, 3511 BH Utrecht
f.groenendijk@noordzee.nl

Foto Tim Smit
www.tim-smit.com

per liter; 's zomers kan dit teruglopen tot 2 à 3 milligram per liter (Suijlen & Duin, 2002). Dit verschil heeft te maken met de biologische activiteit én het feit dat er 's winters door hardere wind meer opgewerveld slib in suspensie is. Bochtstroming is van essentieel belang voor de opbouw van de platen. Water dat door een bocht stroomt draait als het ware om de lengte as in de richting van de kromming. Daardoor worden geulen extra efficiënt uitgediept in de buitenbocht en wordt het sediment naar de binnenbocht gebracht. Wanneer het tij kentert en het zeegat vol water staat krijgt het slib de gelegenheid om uit te zakken. Zo vindt de opbouw van platen plaats. Bij eb stroomt het water langzaam weer naar buiten, neemt wat slib mee maar altijd minder dan er met vloed naar binnen is gekomen. Immers de golven in het zeegat zijn minder krachtig dan daarbuiten. Zeegeten hebben de capaciteit om slib te 'importeren'.



Figuur 2 De verschillende krachten rondom een zeeget. De geometrie van een zeeget én van de buitendelta is afhankelijk van grootte en richting van de golfgedreven krachten ten opzichte van de stromingsgedreven krachten. Bij grote getijverschillen en kleine golven zal een grote buitendelta ontstaan. Bij weinig getijverschil en grote golfkrachten zal het zeeget eerder 'dichtgezet' worden.

Werking van een ongestoord zeeget

Het in- en uitstromende water schuurt de doorstroomoppervlakte van het zeeget (de keel) uit. Dit proces schuurt de keel zodanig uit dat een doorstroomopening ontstaat, die evenredig is aan de hoeveelheid water dat per getijdebeweging in- en uitstroomt. Die hoeveelheid water, het 'getijvolume' is gelijk aan het oppervlakte van het zeeget vermenigvuldigd met de getijslag: het verschil tussen eb en vloed (figuur 1). Eenmaal buitengaats, wanneer de eb-stroomsnelheid afneemt bezinkt het sediment op de buitendelta. Zand valt als eerste stil, zodra de krachten van de stroming aan de bodem afnemen. Slib verspreidt zich verder met de stroming mee. Er is ook een tegengestelde beweging onder invloed van golven. Deze zorgen enerzijds voor opwerveling, anderzijds voor een kracht aan de bodem in de richting van de golfvoertplanting. Daarmee wordt het grove sediment van de buitendelta richting kust gedreven en zo ontstaan de duinen uit zee.

Het samenspel van golven en stroming bepaalt hoe een zeeget eruit ziet (figuur 2).

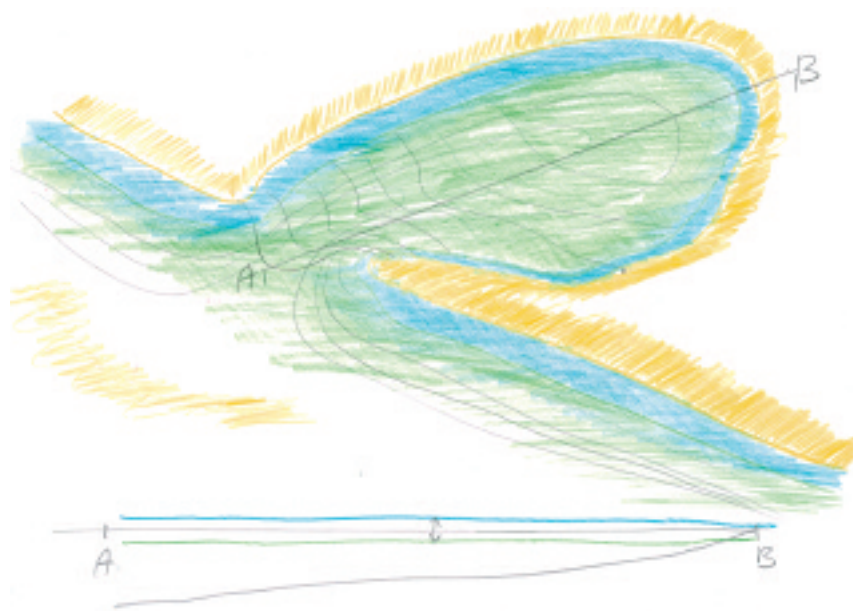
Golven transporteren zand naar de monding van het zeeget. De stroming onder invloed van het getij bepaalt hoe het zand verdeeld wordt tussen zee en gat. Bij een kleine getijslag zal het zand dat eenmaal in een zeeget aanwezig is daar moeilijk uit kunnen komen. Een groot verschil van eb en vloed in combinatie met weinig golfwerking zal resulteren in een zeeget met een groot doorstroomoppervlakte en een grote uitgestrekte buitendelta. Het zeeget van Texel (figuur 3) illustreert de werking van het getij door het Schulpengat en de invloed van de golven uit het noordwesten die het zand van de buitendelta zuidwaarts drukken.

Effecten van afsluiting van een zeeget

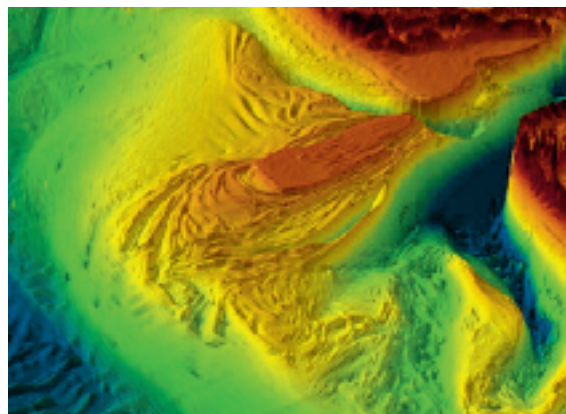
Een afsluiting van een zeeget grijpt sterk in op het stromingspatroon. De in- en uitgaande stroming valt weg, en

daarmee ook de slibimporterende capaciteit van het zee-gatsysteem. Aan de binnenkant van de afsluiting kalven de platen af door de blijvende aanwezigheid van golfslag en de afwezigheid van sterke stroming. De geulen die voor de afsluiting door de stromingen op diepte werden gehouden zijn te ruim voor de nieuwe situatie en zullen zich vullen. ‘Zandhonger’ wordt dat genoemd. Ook aan de buitenkant van de afsluiting vinden essentiële veranderingen plaats. De balans tussen stromingskrachten en golfkrachten is verstoord. Stroming vindt alleen nog evenwijdig aan de kust plaats. Golfkrachten blijven loodrecht op de kust gericht. De gehele buitendelta – de bult zand die voor een zee-gat in zee ligt – wordt langzaam door de golfkrachten richting kust gebulldoerd. Eerst zullen de oude getijgeulen vollopen en daarna profiteren de kusten van een verhoogde aanvoer van zand uit zee. Let wel het betreft hier voornamelijk zand en geen slib. De golfwerking verhindert dat er luwe gebieden zijn waar slib zich langdurig kan afzetten. De eindsituatie van een totale afsluiting is een gesloten kust met een vloeiende kustlijn. Dit proces vindt plaats op een tijdschaal van decennia tot eeuwen, afhankelijk van de grootte van het zee-gat in combinatie met de getijstrooming en de kracht van de golven (Kragtwijk et al. 2004).

Met het afsluiten van een zee-gat verdwijnen er allerlei biotopen met het daarop aanwezige leven. Open zee-gaten zijn uitstekende kweekreactoren voor de omzetting van nutriënten in eiwitten. De bodemdieren, de jonge vis, alles wat in de estuaria vóór de Deltawerken geproduceerd werd, vond zijn weg naar de Noordzee en diende daar als voedsel voor hogere trofische niveaus. Tegenwoordig echter krijgt de Noordzeekustzone een overmaat aan nutriënten direct via de Nieuwe Waterweg geïnjecteerd. Door de overheersende westenwind blijft het lichte, zoete en overbemeste (eutrofe) water dicht onder de kust waar het in noordelijke richting stroomt. Plaaegalgen, herkenbaar aan



Figuur 1 ‘artist impression’ van een zee-gat. De groene tint geeft het laagwater niveau weer, de blauwe tint het hoogwater niveau. Het verschil van de waterstand (getijslag) vermenigvuldigd met het oppervlakte van het zee-gat geeft het getijvolume. De doorsnede van de keel (bij letter A) is gerelateerd aan dit getijvolume; immers dat moet per getij door de keel stromen.



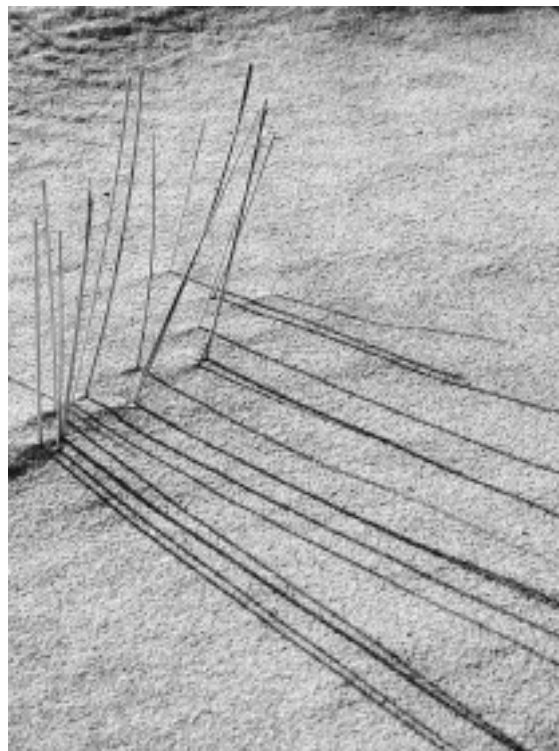
Figuur 3 Een impressie van het zee-gat van Texel. Op de voorgrond rechts het Schulpengat en links daarboven de buitendelta van het zee-gat van Texel. Het Schulpengat wordt op diepte gehouden door de getijstroom die tweemaal daags met kracht door het Marsdiep heen en weer stroomt. De buitendelta krijgt zijn vorm door de golfkrachten die het zand in de kustzone zuidwaarts duwen. De getijdestrooming ‘veegt’ dit zand als het ware direct weg, óf het zee-gat in óf het zee-gat uit (eindrapport Kust2000).

grote hoeveelheid vuilwit schuim op de stranden, komen regelmatig voor, mogelijk als gevolg van een verstoorde nutriëntenhuishouding (Lindeboom & Rijnsdorp, 2006).

Ontwikkeling en toekomst van de Voordelta

Tot voor een halve eeuw waren de Westerschelde, de Oosterschelde, de Grevelingen, het Haringvliet en de Brielse Maas onderhevig aan eb en vloed. Bij vloed stroomde het Noordzeewater naar binnen en de ebstroom voorzag de buitendelta's van sediment. Die buitendelta's waren en zijn met elkaar versmolten en vormen samen de Voordelta.

De geheel of gedeeltelijke afsluiting van de zeegaten heeft de stroomrichting en de balans tussen golven en stroming behoorlijk veranderd. De stromingen in de Voordelta worden niet meer gedomineerd door in- en uitgaande stroming via zeegaten; de dominante stromingsrichting is nu langs de kust. Het estuarium van de Westerschelde is nog het minst veranderd. Ook de Oosterschelde kent nog wel de typische in- en uitgaande stroming, zij het sterk gereduceerd vergeleken met de oorspronkelijke situatie. Bij de Grevelingen zijn de effecten van de afsluiting duidelijk te zien. De eerste decennia was er nog nauwelijks sprake van zandaanvoer aan de kust. Sterker nog, doordat de zandplaten richting kust bewogen werden bepaalde stromingsgeulen tegen die kust aangeduwd. Dit heeft hier en daar geleid tot de behoefte aan extra beschermende maatregelen. Pas nadat de geulen uiteindelijk zijn opgevuld met zand ontstond er een bijna open verbinding tussen de zandvoorraden van de Voordelta en de kust (Louters et al., 1993). De golven stuwen het zand op de ondieptes richting kust. Dit heeft in de zone nabij de kust geleid tot een grote aanwas van zand. Vanaf de eerste afsluitingen (1964) tot 1992 is het zandvolume in de kustzone van de Zeeuwse en Zuidhollandse Delta met 15 miljoen m³ toegenomen, terwijl de gehele Nederlandse kust juist een verlies vertoonde van zo'n 20 miljoen m³ (Groenendijk, 1995). De Brouwersdam spant de kroon; daar landt het meeste zand aan. Surfers mijden de plek tegenwoordig omdat er nauwelijks branding is. Over 100 jaar vraagt men



zich misschien wel af wat die dam daar toch doet achter de duinen. Ook de monding van het Haringvliet verzandt, al is hier af en toe nog een ebstrooming die het zeegat een beetje open houdt.

Het is niet aannemelijk dat de Delta op den duur in een Waddenzee verandert. De Voordelta is slechts een kleine uitwas in een overigens gladde kustboog van Duinkerken tot Den Helder. Deze kustboog is met name in het zuiden blootgesteld aan sterke getijstromen. Eb- en vloedbeweging én golven ontwikkelen voldoende kracht om het zand op de lange duur langs de kust te verdelen in de vorm van een kustboog. Door vermindering van de stroming uit de diverse zeegaten, loodrecht op de getijstrooming, verdwijnt de Voordelta en vindt aanzanding langs de huidige

kustlijn plaats. De natuurlijke neiging van het systeem is om de kust 'glad' te trekken.

En dan is daar opeens de kunstmatige uitstulping van de Maasvlakte, en binnenkort wellicht een tweede, die de getijstroming weer verder uit de kust drukt. De vlakke creëert een luwte in het noordelijke deel van de Voordelta; de stroming is er minder, golfkrachten worden van één kant afgeschermd. Zand en slib dat gevangen wordt in deze luwe zone kan er niet meer uit. De verwachting is dat er een snelle sedimentatie zal plaatsvinden in de 'mini'-boog van de tweede Maasvlakte tot aan de kop van Schouwen-Duiveland. Eerst zal hier een wadachtig gebied ontstaan zonder de karakteristiek van een zeegat. Er is geen sprake van een kom die door één keel gevuld en gelegegd wordt. Het is meer een luwe zone waar netto per getij sediment in achter blijft. De blootstelling aan golfkrachten is groot genoeg om zand tot achter in het gebied te transporteren. Duinvorming zal dan ook niet achterblijven en op termijn van honderden jaren zal het gebied één groot duingebied vormen. Mooi wordt het zeker als we de natuur zijn gang kunnen laten gaan, maar kunnen we dat....

Ten slotte

Niet alleen bij de Voordelta, maar in heel Nederland zijn estuaria en zeegaten afgesloten. En de effecten daarvan strekken zich uit over een lange periode. Morfologische ver-

anderingen vormen de basis voor ecologische veranderingen. De ecologische effecten op grote tijd- en ruimteschalen zijn nog te weinig onderwerp geweest van wetenschappelijk onderzoek. Dit onderzoek is nog eens extra relevant nu er grote veranderingen op komst zijn in ons klimaat.

Er gaan spannende dingen gebeuren in het gebied dat nu de Voordelta is. Het gebied moet de vrije ruimte krijgen om te veranderen, waarbij de uitdaging is om menselijke activiteiten goed af te stemmen op de ecologische kwaliteiten. De eerste tekenen zijn hoopgevend. De Haringvlietsluizen bijvoorbeeld gaan per 2008 weer op een kier (zie Storm *et al.*, dit nummer). Daarmee kan er zout water binnendringen in het Haringvliet wat de menging ten goed komt. Ook bij het Volkerrak-Zoommeer wordt gekeken of herstel van de verbinding een oplossing biedt voor de jaarlijkse grote problemen met blauwalgen (zie project Delta Synergie op www.buwa.nl). Bescherming en ontwikkeling van ecologische waarden worden gesteund door Europees beleid als Natura 2000 en de Kaderrichtlijn Water. Onder andere dankzij Natura 2000 mag de Maasvlakte alleen aangelegd worden – in en vlak naast een Natura 2000 gebied – als daarvoor wordt gecompenseerd. De compensatie – een zeereservaat in de Voordelta – is door de Europese Commissie geaccepteerd. Met voldoende kennis en goede wil moet het mogelijk zijn om in de zuidelijke delta ecologische winst te behalen.

Literatuur

Costanza R., R. d'Arge, R. de Groot, S. Farber, M. Grasso, B. Hannon, K. Limburg, S. Naeem, R. V. O'Neill, J. Paruelo, R. G. Raskin, P. Sutton & M. van den Belt, (1997). The Value of the World's Ecosystem Services and Natural Capital. *Nature*: 387: 253-260.

Groenendijk, F.C., 1995. Kustvoorspelling 1995. Integratienota van de kustgenererapporten ten behoeve van de voorspelling van de Nederlandse Kust. Den Haag. Rapport RIKZ-95.004.

Louters, T., J.P.M. Mulder, R. Postma & F.P. Hallie, 1993. Changes in coastal morphological processes due to the closure of tidal inlets in the SW Netherlands. *Journal of Coastal Research* 7: 635-652.

Kragtwijk, N.G., T.J. Zitman, M.J.F. Stive & Z.B. Wang, 2004. Morphological response of tidal basins to human interventions. *Coastal Engineering* 51: 207-221.

Lindeboom, H.J. & A.D. Rijnsdorp, 2006. Effecten van fosfaataddities in het verleden en mogelijkheden voor onderzoek. Een bureaustudie naar de mogelijke effecten van fosfatering van de zee op de visproductie. IJmuiden, IMARES rapport C029/06.

Suijlen, J.M. & R.N.M. Duin, 2002. Atlas of near-surface total suspended matter concentrations in the Dutch coastal zone of the North Sea. Den Haag. Report RIKZ/2002.059.