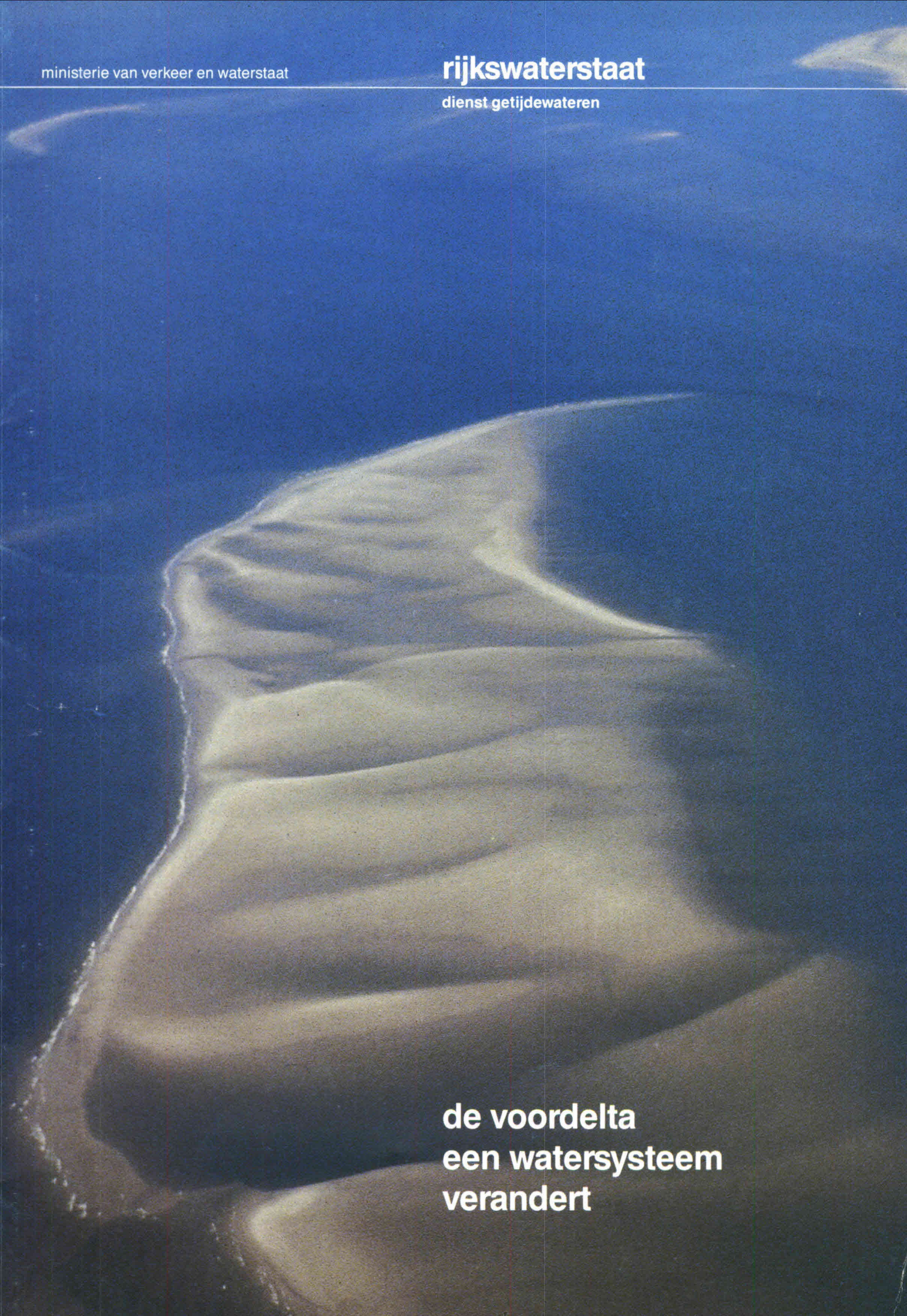


ministerie van verkeer en waterstaat

rijkswaterstaat

dienst getijdewateren



**de voordelta
een watersysteem
verandert**



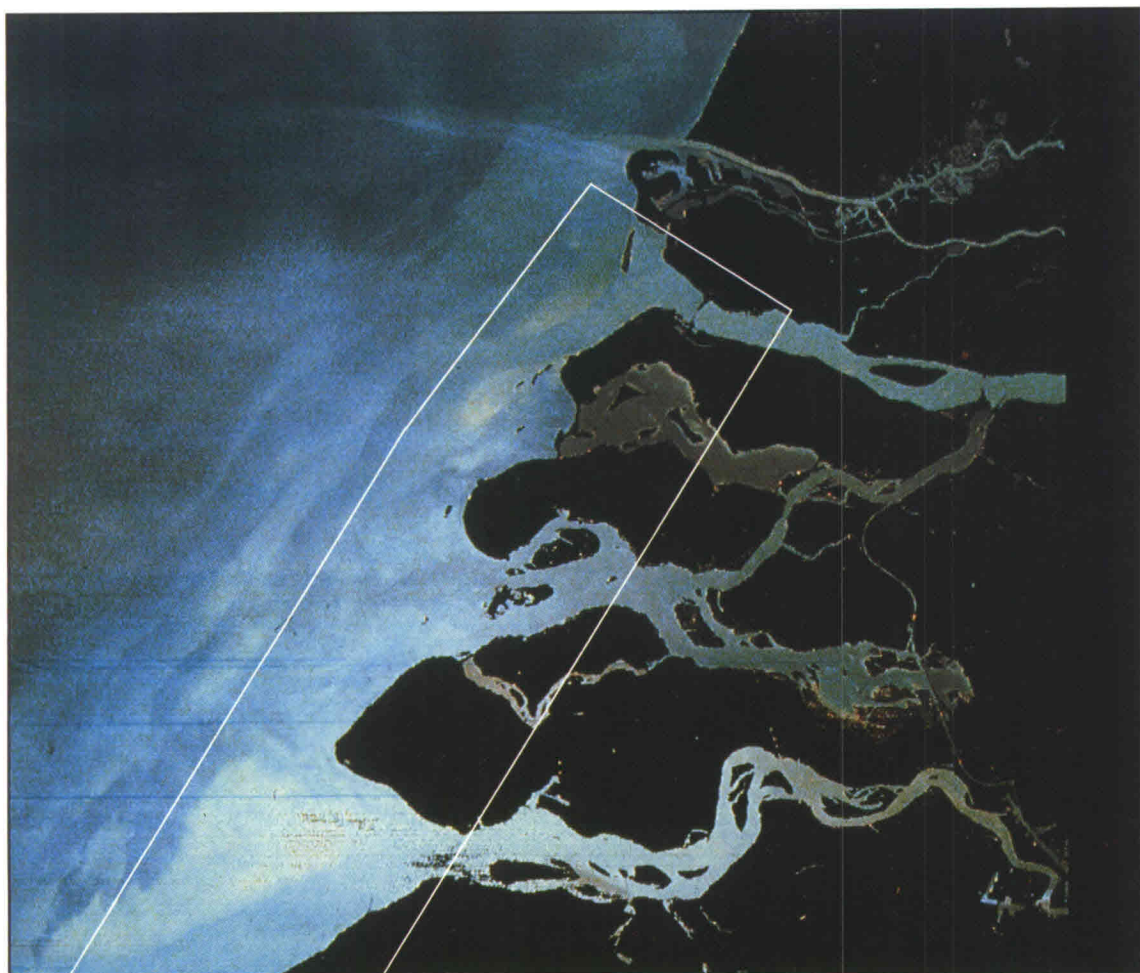
de Voordelta

een watersysteem verandert



Rijkswaterstaat Dienst Getijdewateren
postbus 8039, 4330 EA Middelburg

Middelburg, 1989



De Voordelta: overgang tussen de Delta en de Noordzee

INHOUD

De Voordelta; een watersysteem verandert	4
Kustgebied reageert op Deltawerken	4
Onzekerheden voor het gebruik	5
Het onderwaterlandschap	6
Buitendelta's	6
Effecten van de Deltawerken	7
Haringvliet en Grevelingen: veranderingen vanaf 1970	7
Verwachting 2020	10
Doorkijk naar verre toekomst	11
Het leven	14
Algen	14
Bodemdieren	16
Microverontreinigingen in mosselen	18
Vissen	20
Visziekten	20
Vogels	21
Zeehonden	21
Gevolgen voor het maatschappelijk gebruik	22
Kustverdediging	22
Natuur en Landschap	22
Recreatie en Toerisme	22
Scheepvaart	23
Visserij	23
Zandwinning	23

DE VOORDELTA EEN WATERSYSTEEM VERANDERT

Kustgebied reageert op Deltawerken



Het ondiepe zeegebied voor de Zeeuwse en Zuid-Hollandse eilanden - de Voordelta - wordt, in tegenstelling tot het zeegebied voor de Hollandse kust, gekenmerkt door een grillig stelsel van geulen en banken (fig. 1).

De Voordelta is de laatste decennia sterk aan het veranderen. Belangrijkste oorzaak vormt de uitvoering van het Deltaplan: de afsluiting van het Haringvliet en de Grevelingen in 1970 en 1971, en de voltooiing van de Oosterscheldewerken in 1987.

De hierdoor veranderde getijstrooming heeft een sterke gedaante-
verwisseling in gang gezet van het onderwaterlandschap in het gebied. Voor de kust van Voorne, Goeree en Schouwen zijn sinds de afsluiting van de zeearmen, grote zandbanken ontstaan en zijn sommige diepe getijdegeulen tot meer dan de helft opgevuld. Door getij en golven is hier sinds 1970 ongeveer 100 miljoen m³ sediment afgezet. Dit is weinig in vergelijking met de totaal te verwachten sedimentverplaatsing. Toch zouden hier al ca. 1 miljoen flinke vrachtwagens voor nodig zijn geweest.

De meest in het oog lopende veranderingen op de Voordelta hebben voor het moment weliswaar betrekking op het onderwaterlandschap, maar blijven daartoe niet beperkt. Ze hebben gevolgen voor het gehele watersysteem. De veranderingen in de waterbeweging beïnvloeden de verspreiding van Rijnwater en daarmee de water- en waterbodembodemkwaliteit in het gebied. De aanpassingen van het onderwaterlandschap leiden tot veranderingen in de samenstelling van het bodemsediment. Het veelsoortig plantaardig en dierlijk leven, dat voorkomt op en in de bodem en het water van het kustgebied, moet zich aan al deze veranderingen in de leefomgeving aanpassen.

Foto 1,2 en 3. In 1970-71 grijpt de mens sterk in op het natuurlijk proces. De Haringvlietdam en de Brouwersdam worden aangelegd. De levensadern van dit gebied worden daarmee afgesneden. Aan weerszijden van de dammen ontwikkelen zich nieuwe watersystemen. Voor het gebied aan de zeezijde valt rond 1985 de term "de Nieuwe Wadden". Of hier werkelijk sprake van is, valt of staat met het onderwater blijven of definitief bovenwater komen van de enorme zandbanken, die zich op de zeerand van de Voordelta hebben ontwikkeld.

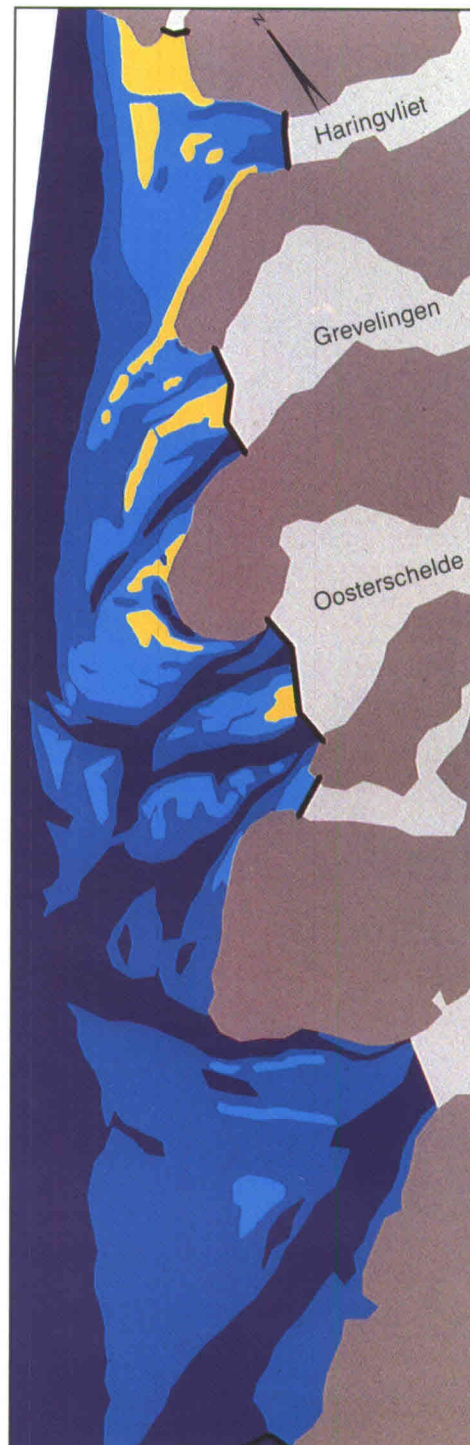
Onzekerheden voor het gebruik

Betekenen bovengeschetste veranderingen nu dat zich op de Voordelta nieuwe Wadden ontwikkelen, zoals wel is gesuggereerd? En ontstaat daarmee dan niet een uniek natuurgebied dat nu al om bescherming vraagt? Of is het juist zo dat ontwikkelingsmogelijkheden voor mosselcultuur en recreatie, belangrijker moeten worden geacht? Wat is trouwens het effect op het scheepvaartverkeer door het Oostgat (voor de Kop van Walcheren), als belangrijk onderdeel van de route Rotterdam-Antwerpen? En, niet in de laatste plaats, wat zijn de gevolgen voor de veiligheid en het kustonderhoud?

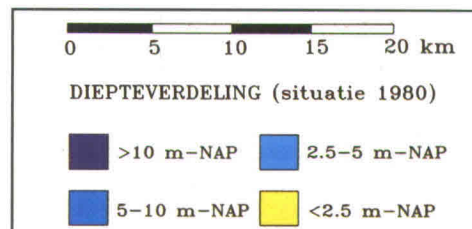
Al deze vragen maken duidelijk dat de veranderingen invloed hebben op de potenties van alle maatschappelijke belangen in het gebied. Het beheer zal daarop moeten inspelen. Zoals aangekondigd in de 4e Nota Ruimtelijke Ordening zal daartoe een Integraal Beleidsplan Voordelta worden opgesteld.

Om dat mogelijk te maken is allereerst kennis vereist over de aard, de omvang en de snelheid van de veranderingen in de Voordelta, op abiotisch en biotisch gebied. Om deze kennis te verwerven is door Rijkswaterstaat in 1985 het projekt Voordelta gestart.

In de voorliggende nota zijn, ter gelegenheid van de start van de eigenlijke werkzaamheden voor het Integraal Beleidsplan Voordelta in 1989, de resultaten van de inventarisatie van het watersysteem Voordelta kort samengevat¹. Gebaseerd op de huidige onderzoeksresultaten en de daaruit voortvloeiende hypothesen wordt een eerste kwalitatieve indicatie over de ontwikkelingen op de lange termijn gegeven. De consequenties voor het maatschappelijk gebruik zullen kort worden aangegeven.



Figuur 1. De dieptezonekaart van 1980 geeft een indruk van de ondiepten, zandbanken en geulen in de Voordelta. Markant is het verschil tussen enerzijds de buitendelta's van Haringvliet en Grevelingen en anderzijds die van Ooster- en Westerschelde.



¹ Een uitvoeriger beschrijving is te vinden in nota GWAO-88.002 "Een verkenning van een veranderend watersysteem: de Voordelta"

HET ONDERWATERLANDSCHAP

Basiskenmerk van het Voordelta-watersysteem is de waterbeweging, bepaald door het getij en het golfklimaat. De Noordzeegetijstroming is evenwijdig aan de kust; bij vloed noordwaarts, bij eb zuidwaarts. De totale waterverplaatsing bij vloed is groter dan bij eb, zodat een noordwaarts gerichte, zogeheten reststroom bestaat. In de monding van de zeegaten bestaat een wisselwerking tussen Noordzeegetij en het binnengaatse, in- en uitstromende getij. Het golfklimaat wordt bepaald door de overheersende winden uit zuidwestelijke tot noord-westelijke richting.

Een ander basiskenmerk is de samenstelling van het bodemsediment, het zogenaamde geologische moedermateriaal. Dit bestaat overwegend uit los, zandig materiaal, dat hier in de loop van tienduizenden jaren geologische geschiedenis is afgezet. Een uitzondering vormen de uitgestrekte, weerstandkrachtige sliblagen op de vlakte van de Raan in de Westerscheldemonding.

Buitendelta's

In een samenspel tussen sedimentverplaatsingen door de in- en uitgaande stroming bij de zeegaten, door de evenwijdig aan de kust verlopende Noordzee getijstroming en door de golfwerking, ontstonden in het ondiepe kustgebied van zuid-west Nederland een aantal buitendelta's (fig. 2).

De historische ontwikkeling in de omvang van de buitendelta's werd grotendeels bepaald door wijzigingen van de in- en uitgaande stromingen, de getijdebieten. Bijvoorbeeld:

Aan het eind van de Middeleeuwen gingen grote delen van Zuid-Beveland verloren. Door dit landverlies was er meer water nodig om de Oosterschelde bij vloed te vullen. Het getijdebiet nam toe en veroorzaakte een morfologische aanpassing die eeuwen vergde: de Oosterschelde erodeerde en leverde daarmee materiaal voor de uitbouw van zijn buitendelta. Het omgekeerde gebeurde in de Westerschelde. Door landaanwinning tussen 1800 en 1970 was er steeds minder water nodig om de Westerschelde bij vloed te vullen. Gevolg: een iets kleiner wordende buitendelta.



Figuur 2. Geomorfologie staat voor de wetenschap van de vormen aan het aardoppervlak. Hop en zand en klei met een deltavorm, welke onderwater zijn gelegen aan de zeezijde van estuaria en zeearmen, worden aangeduid als buitendelta's.

Effecten van de Deltawerken

De ontwikkeling van de Voordelta, opgebouwd uit de afzonderlijke buitendelta's, werd door de aanleg van de Deltawerken sterk verstoord.

Door de afsluiting van het Haringvliet en de Grevelingen in 1970-71 werd het dynamisch evenwicht tussen de vormende krachten van de bijbehorende buitendelta's verbroken. Nabij de dammen nam de sterkte van de in- en uitgaande stroming op deze buitendelta's met 50 tot 90% af. Het met deze stroming samenhangend zandtransport reduceerde vrijwel tot nul. De golferosie op de onderzeese vooroever, die tot voor kort gecompenseerd werd door sedimentatie van zand afkomstig uit de zeegaten, kreeg vrij spel. Golven en het Noordzeegetij begonnen de vorm van de buitendelta's te veranderen.

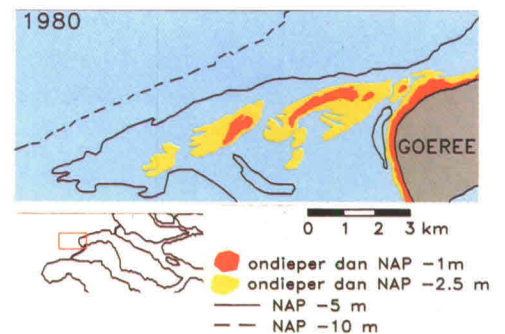
Nam in 1970 en 1971 in het Haringvliet en de Grevelingen de in- en uitgaande stroming drastisch af, in de Oosterschelde nam na de sluiting van het Volkerak in 1969, het getijdebiel juist nog toe met 8%. De buitendelta van de Oosterschelde groeide onder invloed hiervan in de periode na 1970 nog verder uit. De reductie van het getijdebiel door de aanleg van de Oosterscheldewerken, heeft vanaf 1986 opnieuw een vormverandering in gang gezet. De buitendelta van de Westerschelde is morfologisch gesproken stabiel. De grootste veranderingen hier sinds 1970 zijn veroorzaakt door baggeractiviteiten: het verdiepen van vaargeulen en het graven van de toeleidingsgeul naar de haven van Zeebrugge.

Haringvliet en Grevelingen: veranderingen vanaf 1970.

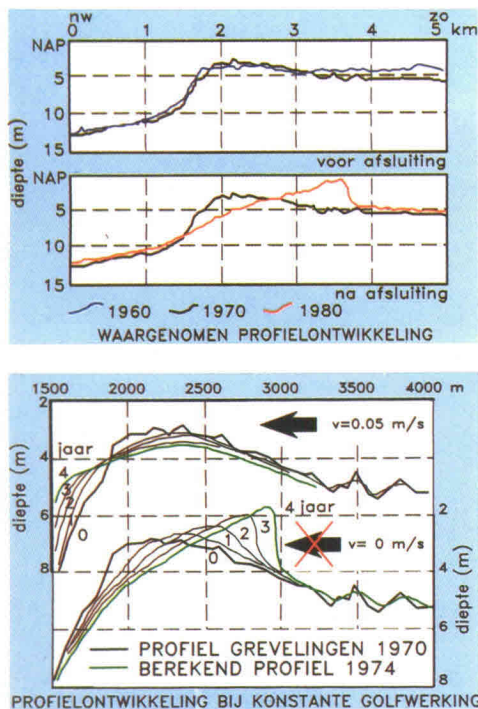
Het veranderingsproces van de buitendelta's van het Haringvliet en de Grevelingen vanaf 1970, volgde in hoofdlijnen hetzelfde patroon. In dit patroon zijn tot op heden een tweetal stadia te onderscheiden.

Stadium 1 (1970 - ca. 1978)

Een periode met bankvorming en geulopvulling, waarin de golfwerking een hoofdrol speelde. De vooroever van de buitendelta's in de dieptezone tussen de N.A.P. -9 en N.A.P. -4 m erodeerde. Het vrijgekomen materiaal vormde zandbanken (fig. 3) of sedimenteerde in de voormalige getijdegeulen. De zandbanken ontstonden vooral langs de noordrand van de buitendelta's. Ze groeiden in hoogte van ca. -3,5 m tot -0,5 m NAP en verplaatsten zich landwaarts met een afnemende snelheid van honderden meters per jaar in 1971, tot nog slechts tientallen meters per jaar in 1978.



Figuur 3. Het zandbankencomplex op de zee-rand van de Grevelingen buitendelta heeft zich naar geomorfologische begrippen stormachtig ontwikkeld.



Figuur 4. In het wiskundig model CROSTRAN (CROSShore TRANsport) dat door het Waterloopkundig Laboratorium is ontwikkeld, zijn de hiernaast simpel geschetste mechanismen wiskundig geformuleerd. Met dat model is in eerste instantie getracht om de waargenomen ontwikkelingen voor de Grevelingenmonding te simuleren. Een vergelijkbare situatie als gold van 1960 tot 1970, waarin naast het golf-asymmetrie transport vooral de zeewaarts gerichte reststroming van belang was, werd in principe goed gesimuleerd. In 1970 werd de getijstrooming sterk gereduceerd. Het model bleek de situatie tot 1978 - het bankopbouwstadium - goed na te bootsen. In de situatie na 1978 - het stabilisatiestadium - worden een aantal mechanismen belangrijk, die in het model niet zijn geschematiseerd. Het model is niet geschikt voor berekeningen van dit stadium.

Het opbouwmechanisme voor de zandbanken hangt hoofdzakelijk samen met de asymmetrie van de golfbeweging voor de kust (fig. 4).

Als zeegolven bij het naderen van de kust in steeds ondieper water komen en de bodem "voelen", vervormen ze. Het golfdal neemt in breedte toe, de golfkammen versmelten en worden hoger. De symmetrisch oscillerende waterbeweging vervormt tot een sterke kustwaartse beweging tijdens de passage van een golfkam en een langzaam teruggaande beweging onder het golfdal. De kustwaartse stroming verplaatst sediment landwaarts. Bij de trage, langdurende stroming zeewaarts wordt dit niet teruggebracht, omdat de stroming niet krachtig genoeg is om deeltjes op te nemen. De bodemhelling speelt een rol in de "groeisnelheid" van de zandbanken, alsmede de zee- en landwaarts gerichte componenten van de getijdestroming.

De opvulling van de getijdegeulen tot 1978, was nabij de dammen het grootst en nam verder zeewaarts af. Dit is verklaarbaar door het lineaire verband dat bestaat tussen de geulafmetingen en de hoeveelheid doorstromend water; de afname van het getijdebiet door de geulen was nabij de dammen groter dan verder zeewaarts.

Stadium 2 (1978 - heden)

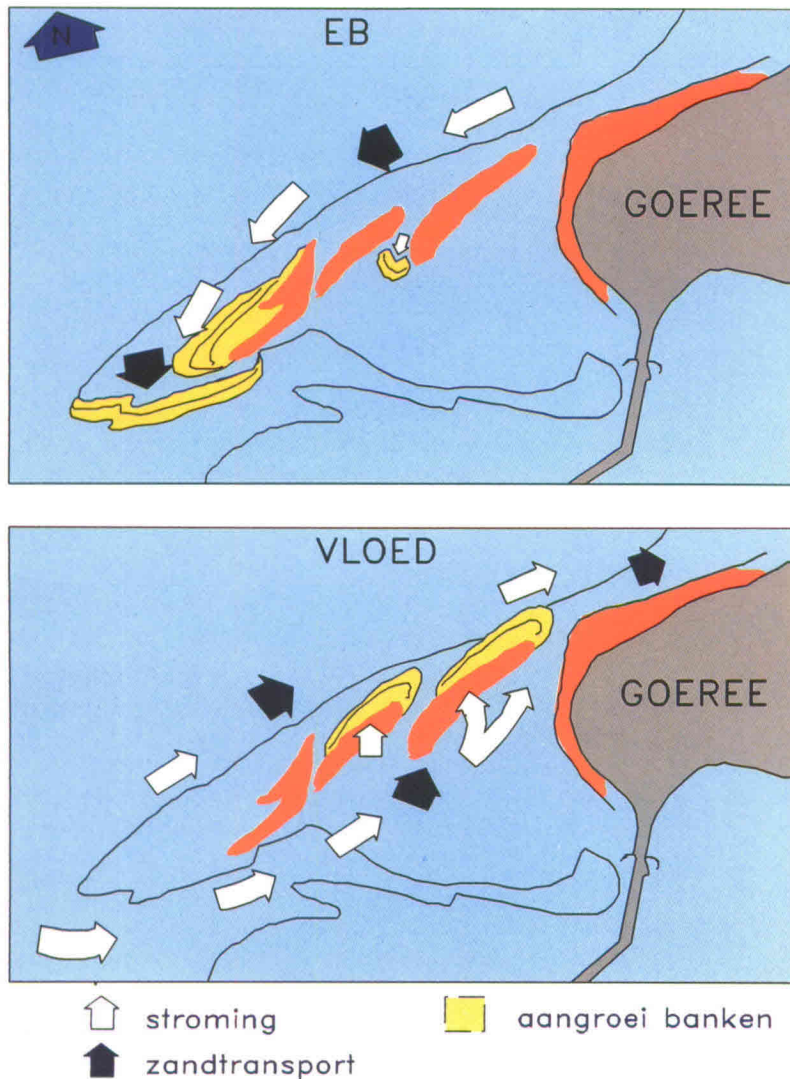
Een periode met stabiliserende banken en verminderde geulopvulling.

De hoogteligging van de banken stabiliseerde zich tussen N.A.P. - 1 m en N.A.P. Deze vallen nu bij laagwater droog. Dit betekent dat een selectief transport mechanisme is ontstaan, dat tijdens rustig weer het volgende beeld geeft (fig.5):

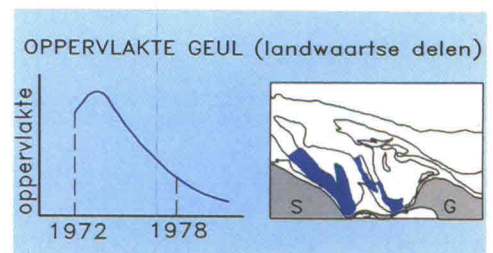
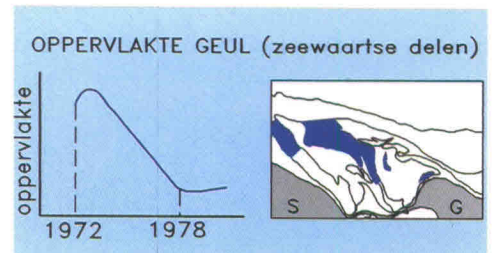
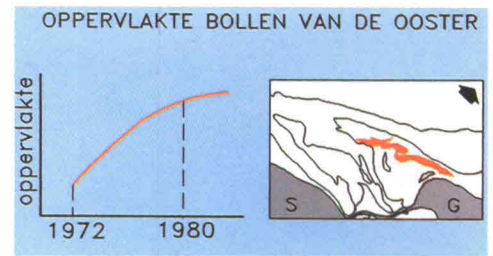
- bij laagwater is sprake van een zuidgaande ebstroom. De hoofdstroom doet zich vanwege het droogliggen van de zandbanken aan de zeezijde voor. Het resulterende zuidgaand sedimenttransport is verantwoordelijk voor de uitbreiding van de zandbankcomplexen in zuidelijke richting;
- bij hoogwater is sprake van een noordgaand sedimenttransport met de vloed over de zandbanken heen, waardoor een zee-waartse verplaatsing optreedt. Deze verplaatsing compenseert gedeeltelijk de landwaartse verplaatsing die regelmatig optreedt onder invloed van stormen uit overheersend west-noordwestelijke richting. De jaarlijkse landwaartse verplaatsing wordt dan ook minder groot. De afvlakkende werking van de stormen blijkt ook de oorzaak van de stagnerende hoogtegroe van de banken.

De getijdegeulen zanden vanaf 1978 in de zeewaartse delen nagenoeg niet verder op (fig. 6). Het doorstroomoppervlak lijkt hier in evenwicht met het getijdebiet, dat met name bepaald wordt door het Noordzee-getij. De opvulling van de landwaartse geuldelen gaat minder snel, omdat de sedimentaanvoer afneemt. Gemiddeld over de afgelopen 20 jaar is er op de voormalige buitendelta's van Haringvliet en Grevelingen respectievelijk ca. 2 en 3 miljoen m³ sediment per jaar afgezet.

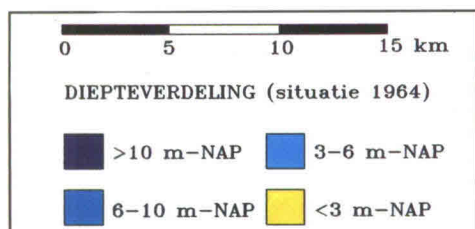
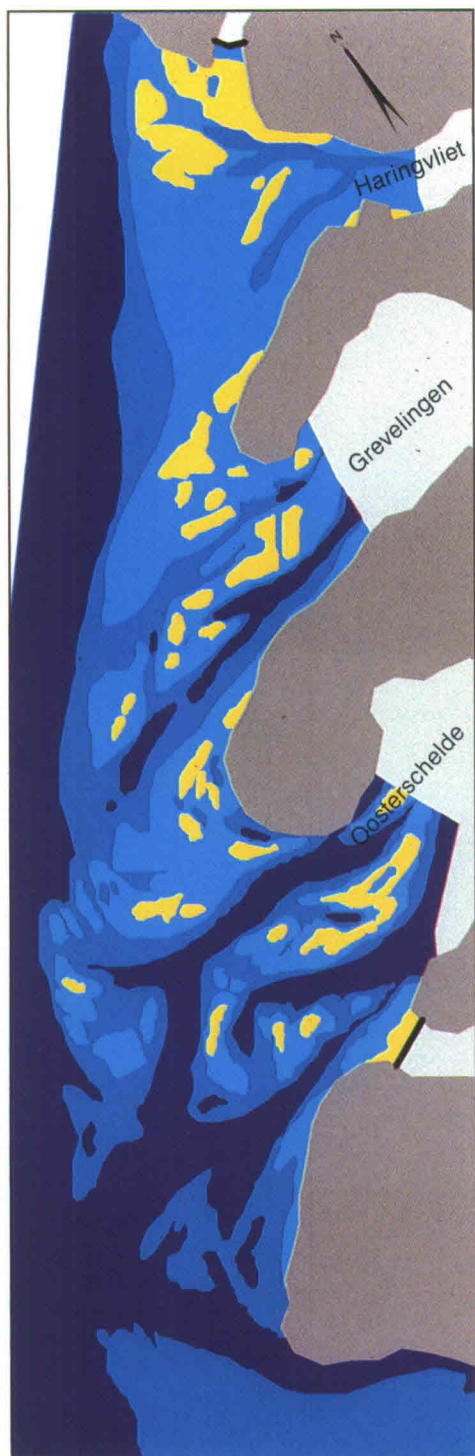
Door de beschutte ligging ten opzichte van de golfwerking, en de relatief ondiepe bodemligging laat het gebied achter de zandbanken zich misschien het best omschrijven met de term "wad-lagune".



Figuur 5. Een vrijwel gesloten zandcirculatiesysteem, met als aandrijfkraft het getij, zoals ontstaan buiten de Grevelingen nadat de zandbanken bij laagwater droogvallen.



Figuur 6. Het totale oppervlak aan zandbanken stabiliseert op een niveau dat past bij het gesloten zandsysteem. Voor de aangrenzende geulen geldt hetzelfde. De meest landwaartse geuldelen verzanden verder.



Verwachting 2020 (fig. 7, 8 en 9)

De algehele verondieping van de Haringvliet buitendelta zal doorgaan, zij het in vertraagd tempo. De stranden zullen in het algemeen breder worden.

Het strand van Oostvoorne loopt gevaar te verslibben. In feite ontstaat tussen de zuidwestpunt van de zogeheten Slufterdam (officieel de Grootschalige Locatie Berging Baggerspecie) en de punt van Voorne een uitgebreid systeem van schorren begrensd door een strandvlakte.

De Hinderplaat zal vermoedelijk smaller worden en zich nog enigszins in westelijke richting uitbreiden. De maximale hoogte blijft waarschijnlijk rond N.A.P. De Garnalenplaat breidt zich, vooral onderwater, zo sterk uit dat zelfs een kans bestaat dat deze gedeeltelijk vastgroeit aan Voorne.

Het Rak van Scheelhoek zal als geul nagenoeg verdwijnen. Het Slijkgat moet grotendeels kunstmatig op diepte worden gehouden. De invloed van de in 1986/1987 aangelegde zogeheten Slufter op deze ontwikkeling is naar verwachting beperkt.

Op de Grevelingen buitendelta zal vergelijkbaar met de ontwikkelingen voor het Haringvliet, de algehele verondieping vertraagd doorgaan en zullen de stranden breder worden. Het laatste geldt met name langs de noordkust van Schouwen en de Brouwersdam. Het strand voor de westpunt van Goeree wordt niet breder, maar zal eerder wat afslaan onder invloed van de erosieve werking van het ter plaatse aanwezige geultje voor de kust. Het bankencomplex de Bollen van de Ooster- zowel als de Middelplaten, migreren nog honderden meters landwaarts. De omvang van het eerstgenoemde blijft gelijk, terwijl die van het tweede waarschijnlijk iets afneemt. De hoogteligging van beide stabiliseert tussen N.A.P. -1 en N.A.P. -0,5 m.

Het Brouwershavense Gat en de Kous zullen aan de landzijde nog sterk verondiepen. Aan de zeezijde zal de diepte van deze geulen weinig meer veranderen.

Door de aanleg van de Oosterscheldekering is het getijdebiel in de monding met ongeveer 25% gereduceerd. Een nieuw morfologisch evenwicht kan worden bereikt wanneer het doorstroomoppervlak van de getijdegeulen met eenzelfde percentage afneemt. Opvulling kan plaatsvinden met zand afkomstig van de vooroever en van de ondiepere delen van de buitendelta. Dit zal een afname bewerkstelligen van het areaal ondieper dan N.A.P. -5 m en een nivellering van het reliëf in de hand werken. De snelheid waarmee de geulen zullen opvullen is afhankelijk van het zandaanbod, dat mede wordt bepaald door onzekere factoren als de zandexport naar het Oosterscheldebekken² en naar de Grevelingen-buitendelta. Verder onderzoek zal hier uitsluitsel moeten geven.

Figuur 7. Vóór aanleg van de dammen werden de buitendelta's van Haringvliet, Grevelingen en Oosterschelde in oost-west richting doorsneden door diepe getijdegeulen. De zandbanken lagen hiertussenin geklemd.

2 zie nota GWAO-87.029 'De Oosterschelde naar een nieuw onderwaterlandschap'

Door de getijreductie zijn ook de uitgaande stroomsnelheden met 25% gereduceerd. Als gevolg hiervan neemt het zandtransport door het getij met 75% af. Hoewel de afname minder groot is dan op de buitendelta's van het Haringvliet en de Grevelingen is de reductie groot genoeg om het evenwicht tussen de golfkrachten en de stroomkracht in het voordeel van de eerste te beslissen. Verken-nende modelberekeningen geven vooral bankvorming op de Ban-jaard, het noordelijk deel van de Oosterschelde voordelta. Hoe de ontwikkeling van deze banken zal zijn is een punt van nader onder-zoek.

De Westerschelde buitendelta is morfologisch stabiel en zal weinig veranderen.

Doorkijk naar de verre toekomst

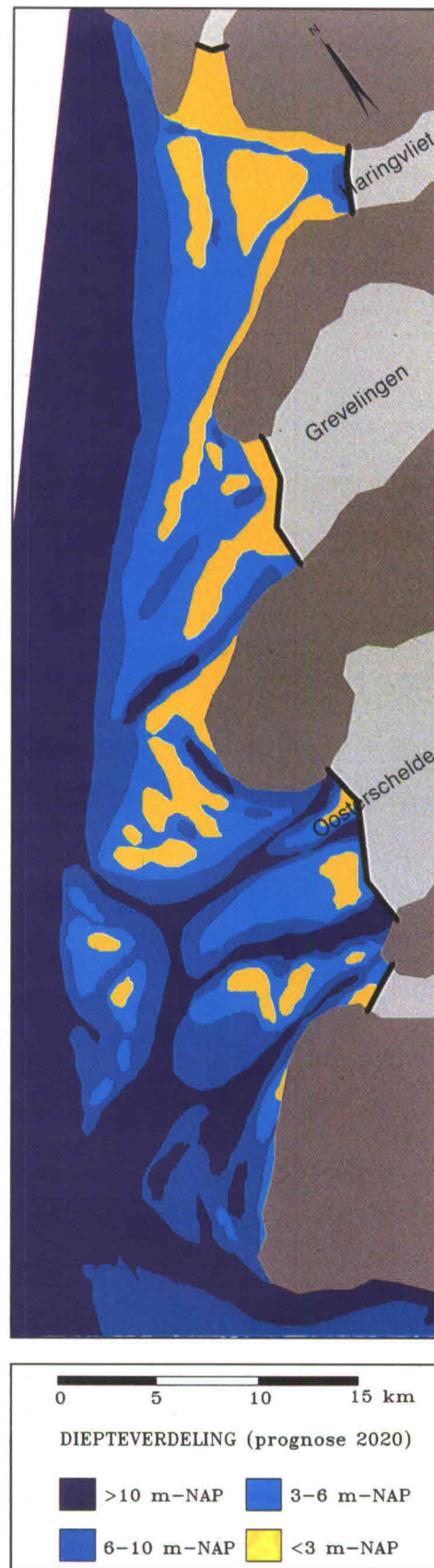
Het hoeft geen betoog dat de geschetste morfologische ontwikke-ling van de buitendelta's **niet** in 2020 is voltooid. Ook als de zee-spiegelrijzing beperkt blijft en als de mens nauwelijks meer ingrijpt in dit gebied, wordt een nieuw dynamisch evenwicht pas over eeu-wen bereikt.

De voormalige buitendelta van het Haringvliet zal totaal zijn veran-derd. Zeewaarts van de duinen van Voorne ligt een zeer uitgebreid schorgebied dat mogelijk aan de zeezijde wordt afgegrensd door een lage duinenrij. Het duinengebied van Goeree dat grenst aan het Slikgat zal fors zijn uitgebreid. Het Slikgat blijft als ondiepe af-wateringsgeul van het Haringvliet bestaan.

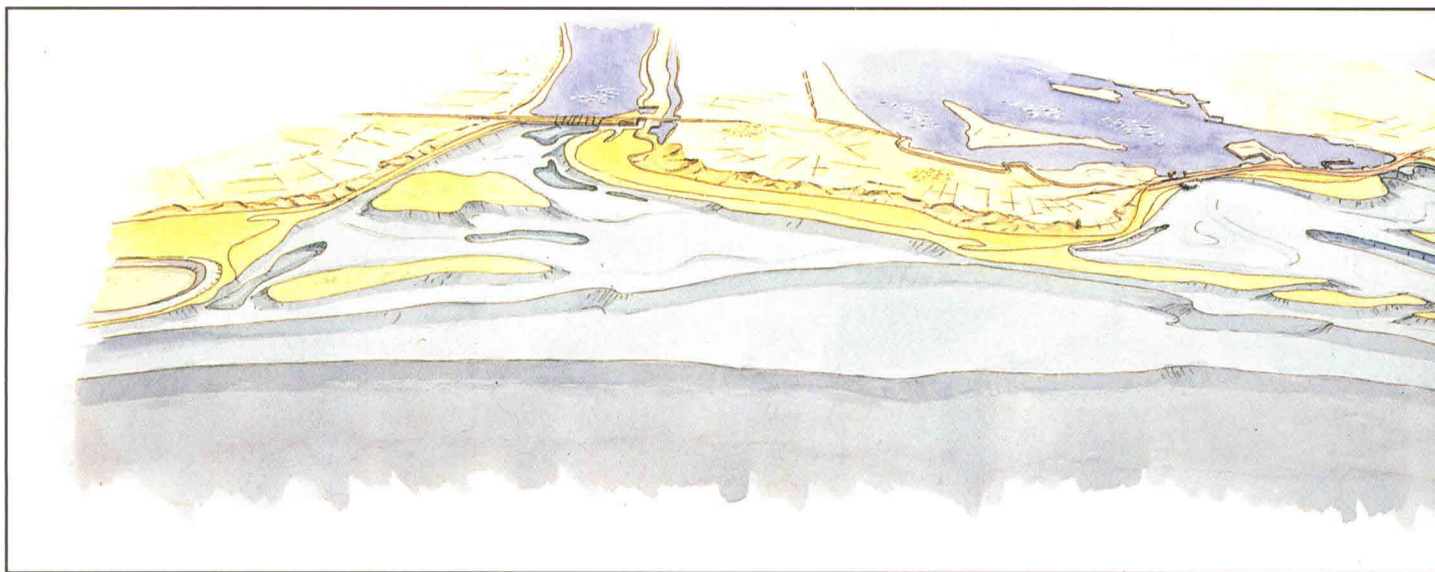
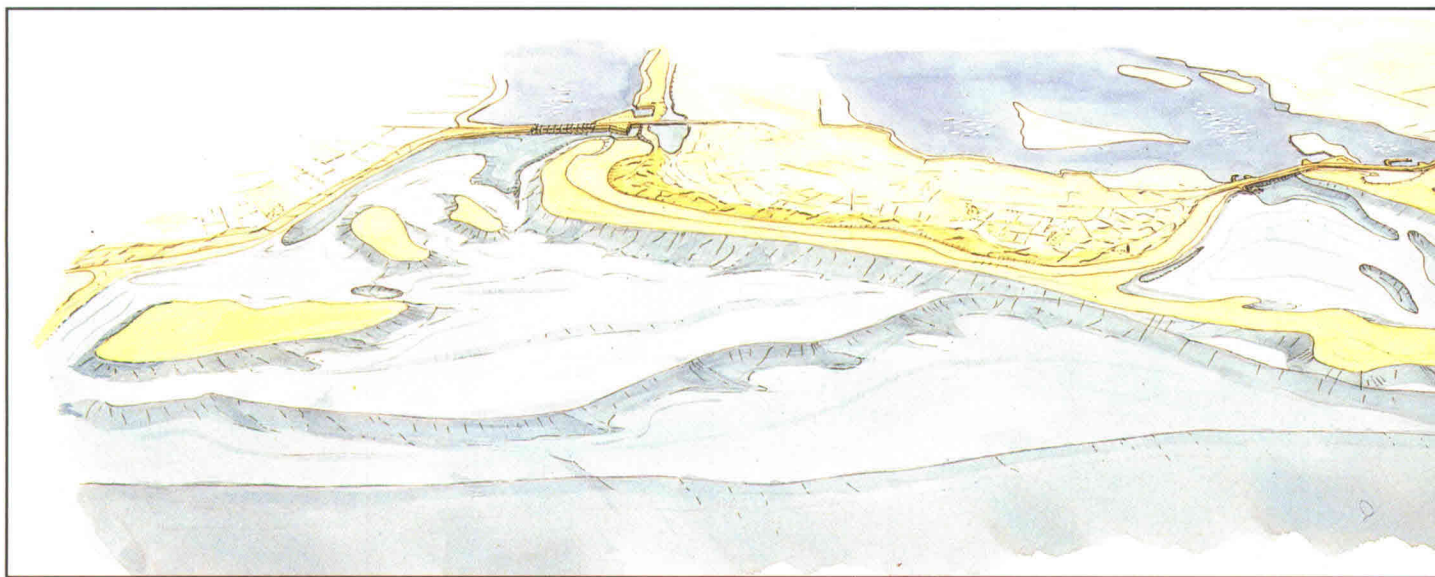
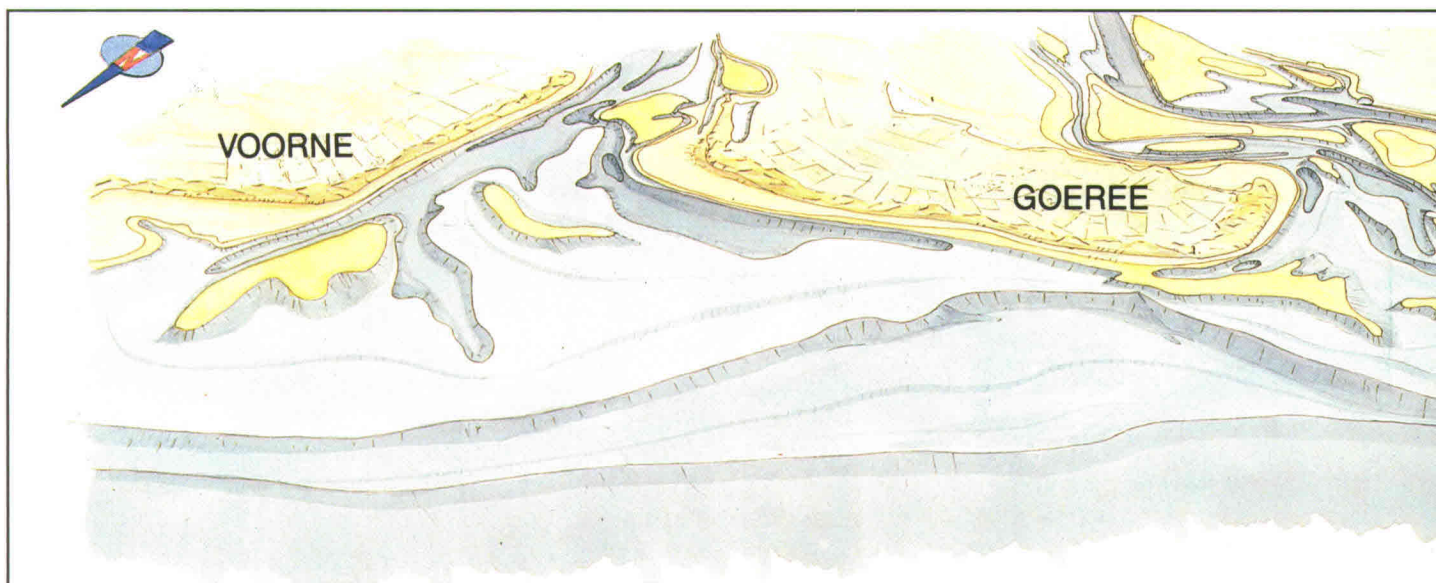
Voor de Brouwersdam ligt een duingebied van enkele kilometers breed. Tussen de kop van Schouwen en de kop van Goeree is als het ware een nieuwe kustboog ontstaan. Mogelijk dat in dit duinen-complex een landschap ontstaat als 't Zwin in ZeeuwsVlaanderen of de Slufter op Texel (foto 17). De buitendelta van de Oosterschel-de blijft bestaan, maar zal in omvang sterk zijn afgenomen. Dit wordt mede veroorzaakt door de zandhonger van het Ooster-scheldebekken². De buitendelta van de Westerschelde zal vermoe-delijk nauwelijks zijn veranderd.

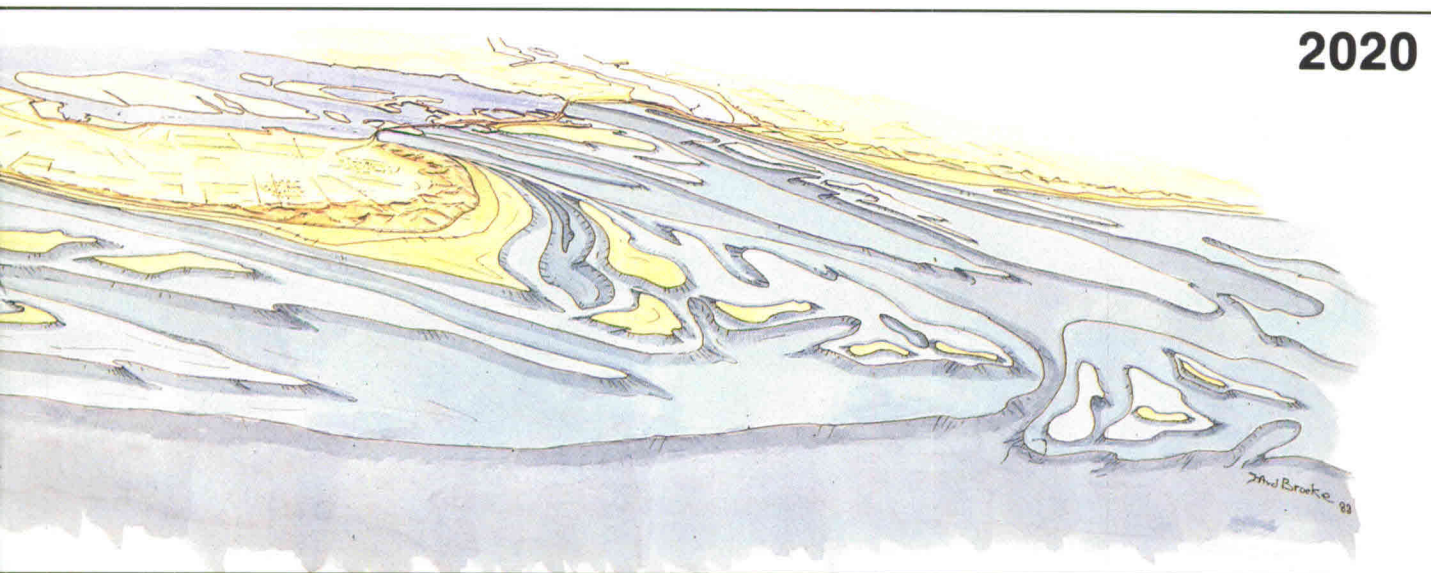
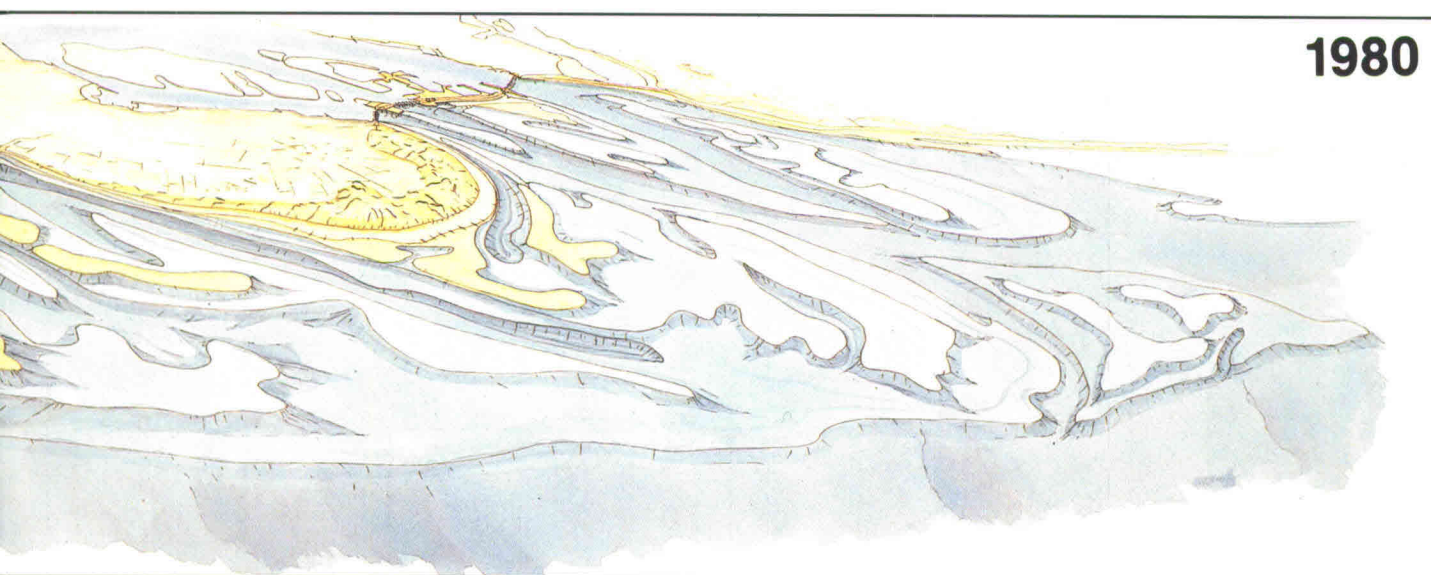
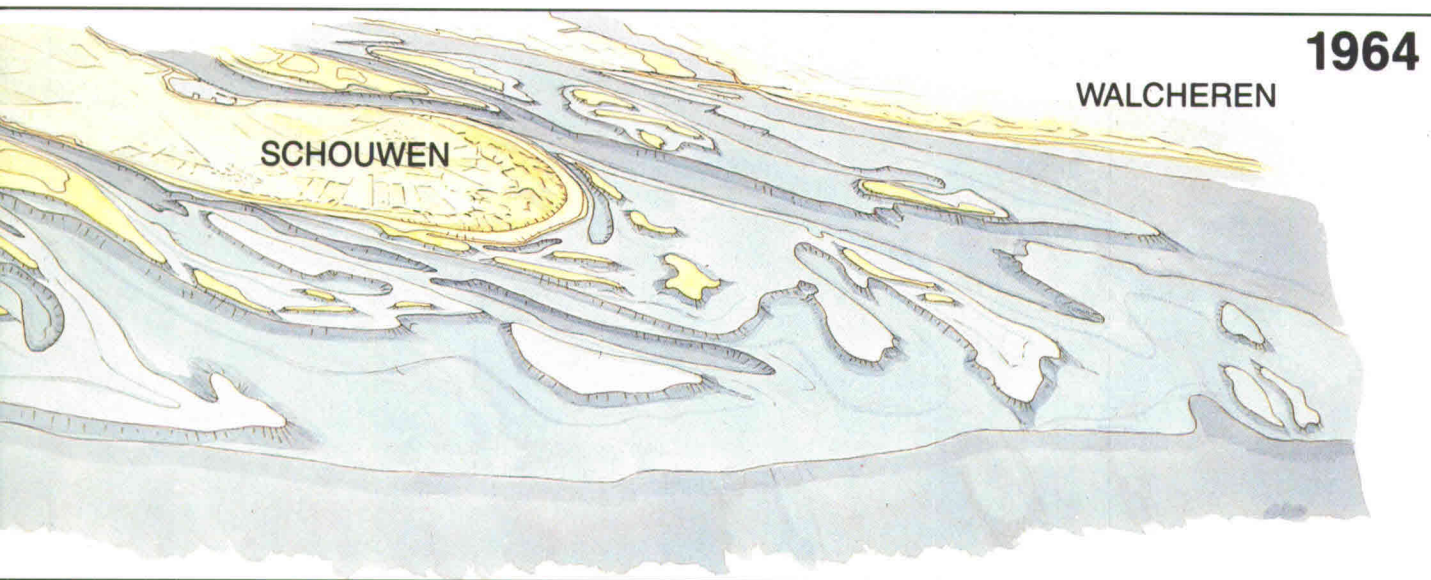
Zet de zeespiegelstijging door, dan zal de verondieping afnemen. Het huidige tempo van verondieping is meer dan 10 cm per 10 jaar, terwijl de zeespiegelstijging op orde 5 cm per 10 jaar wordt ge-schat.

Grijpt de mens in door bijvoorbeeld de Haringvlietssluzen open te zetten, dan wordt in principe de buitendelta van het Haringvliet in de oude toestand hersteld.



Figuur 8. 2020: de getijdegeulen, met name voor het Haringvliet en Grevelingen, zijn sterk veron-diept. De zandbanken zijn niet langer geöriën-teerd evenwijdig aan de geulen, maar evenwijdig aan de kust.





Figuur 9. De Voordelta-ontwikkeling in perspectief.

HET LEVEN

In het ondiepe zeegebied van de Voordelta, waar rivieren veel voedingsstoffen aanvoeren, zijn gunstige voorwaarden aanwezig voor biologische ontwikkelingen. Er heeft een grote produktie van plantaardig voedsel plaats. Deze relatieve voedselrijkdom leidt tot een rijk bodemdierenbestand, dat op zijn beurt een belangrijke voedselbron vormt voor hogere dieren als vissen en vogels (fig. 10).

Voor de ontplooiing van het leven is de beschikbaarheid van kwalitatief goed voedsel een bepalende factor. Niet minder belangrijk zijn de fysische vestigingsmogelijkheden voor verschillende soorten. Deze hangen af van zaken als de mate van dynamiek in de waterbeweging, bepalend voor watermenging en bodemomwoeling; van waterkwaliteitskenmerken, zoals zoutgehalte, troebelheid en verontreinigingen; en van bodemeigenschappen, zoals korrelgrootte, stevigheid en diepteligging.

Algen

De basis van de voedselketen in het water wordt gevormd door microscopisch kleine planten, de algen. Hun groeisnelheid hangt vooral af van de beschikbaarheid van licht en voedingsstoffen, zoals stikstof, silicium en fosfaten. Het zoete water van Rijn, Maas en Schelde zorgt voor een ruime aanvoer van deze voedingsstoffen.

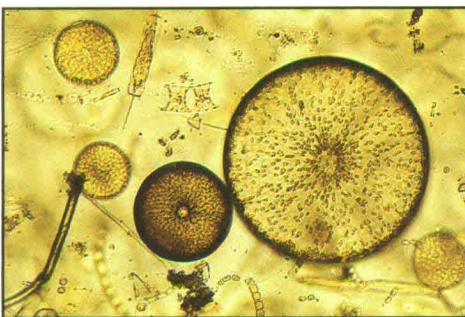
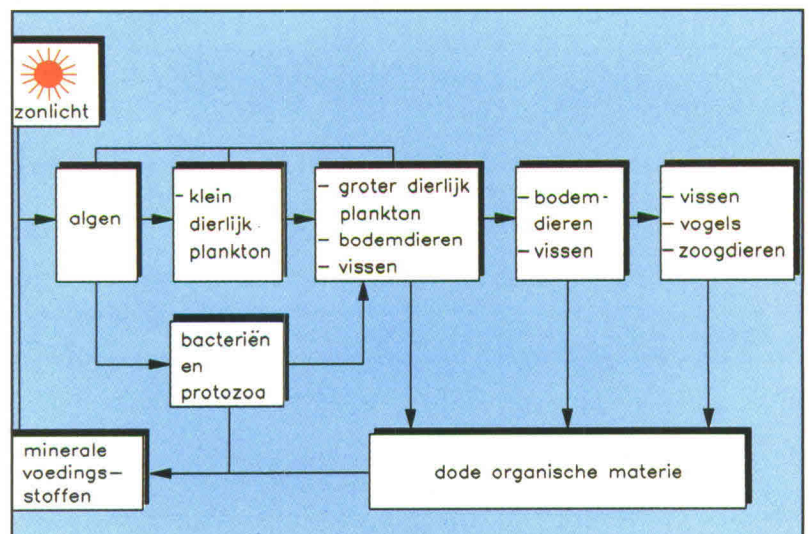


Foto 4. Algen, microscopisch kleine planten, die de basis vormen van de voedselkringloop.



Figuur 10. Schematische weergave van de voedselkringloop in de zee.

Op jaargemiddelde basis bevindt zich tot een afstand van ca. 10 km uit de kust ongeveer 10% zoet water. In deze zone komen, met afnemende gehalten in zeewaartse richting, de meeste algen voor (fig. 11).

Binnen het jaargemiddelde beeld bestaat een duidelijke seizoensvariatie:

Elk jaar treedt allereerst een sterke groei op van de hoeveelheid kiezelwieren (diatomeeën): de voorjaarsbloei. Op een gegeven moment wordt de bloei gestopt door een gebrek aan de voedingsstof kiezelzuur (silicium). Dit silicium komt in de loop van de zomer gedeeltelijk weer vrij, waarna een tweede kleinere bloei ontstaat. Waarschijnlijk speelt bij deze zomerbloei de toevoer van stikstof een rol door de zoetwaterlozingen.

Bij uitvoering van de voorgenomen lozingsbeperkingen volgens de Rijn- en Noordzee Actie Programma's, zal in de toekomst de algenproductie afnemen. Mogelijk zal ook de soorten-samenstelling van de algenpopulatie iets veranderen.

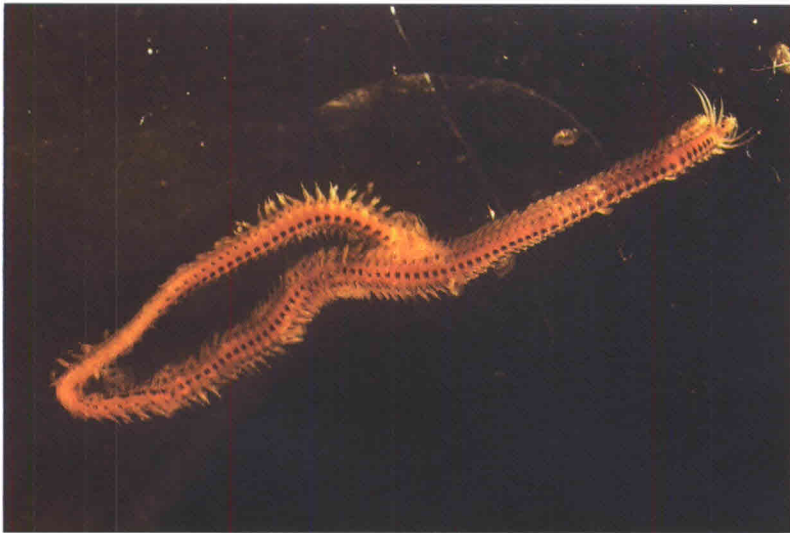
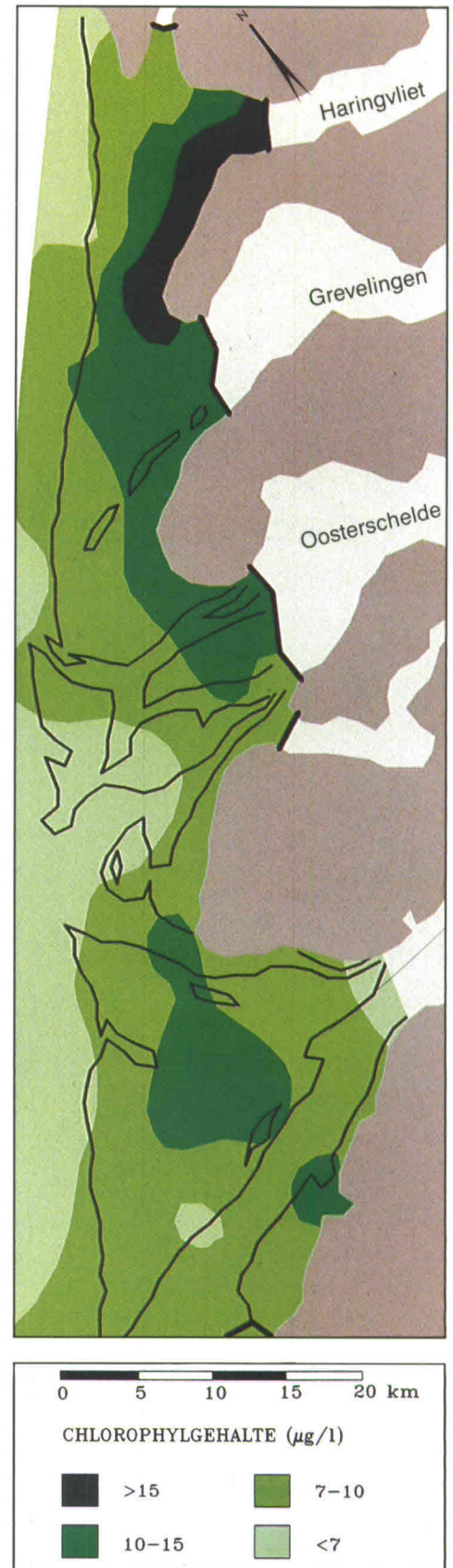


Foto 5. *Anaitides mucosa*, een representant van het rijke bodemleven op de Voordelta.



Figuur 11. Het chlorofylgehalte is een maat voor de hoeveelheid algen in het water. De jaargemiddeld grote concentraties voor de kust van Goeree en Schouwen hangen samen met de "zoetwaterbemesting" met Rijnwater uit het Haringvliet.



Figuur 12. De bodem van de Voordelta is gemiddeld relatief slibarm. De recente sedimentatiegebieden op de twee noordelijke buitendelta's zijn slibrijk. Het slib in de bodem voor de Westerschelde betreft vermoedelijk slibrijke lagen van een veel grotere geologische ouderdom.

Bodemdieren

De bodemdierenstand karakteriseert de Voordelta als een uniek overgangsgebied tussen de open Noordzee en de estuaria van de Delta. Dit uit zich in de soortenrijkdom en -samenstelling, alsmede in de biomassa's. Op de Voordelta zijn van de grote bodemdieren (groter dan 1 mm) zo'n 130 verschillende soorten aangetroffen: veel wormen (*Polychaeta*), maar ook kleine kreeftjes (*Crustacea*), tweekleppige schelpdieren (*Bivalva*) en stekelhuidigen (*Echinodermata*).

In een vergelijking met gegevens uit andere gebieden blijkt de Voordelta daarmee qua soortenaantal, iets armer dan de Hollandse kust, beduidend armer dan de volle Noordzee en, daarentegen, veel rijker dan estuaria als de Oosterschelde, Westerschelde of Eems-Dollard.

Zowel typische soorten voor de open zee als typische estuariene soorten komen op de Voordelta voor. Daarnaast zijn er ook soorten die midden op zee vrij algemeen zijn, maar op de Voordelta nauwelijks ontbreken. De levensomstandigheden bepaald door schommelingen in zoutgehalte en temperatuur, dynamiek van waterbeweging en bodemligging en door voedselaanbod, maken de Voordelta tot een duidelijk overgangsmilieu.

De totale biomassa aan voorkomende bodemdieren (uitgedrukt in ADW = asvrij droog gewicht d.w.z. het gewicht aan biologisch actieve delen) bedraagt in de Voordelta gemiddeld 20 gADW/m².

Uit een vergelijking met andere gebieden blijkt voor de biomassa een trend, tegengesteld aan die voor het soortenaantal: qua biomassa lijkt de Voordelta globaal een factor 2 maal rijker dan de Hollandse kust en open Noordzee, daarentegen juist een factor 2 maal armer dan het Oosterschelde estuarium.

Een statistische analyse van de monsters van 456 verschillende plaatsen, laat zien dat ruwweg 5 verschillende bodemdiergemeenschappen zijn te onderscheiden (fig 13, tabel 1): twee soortenrijke en drie soortenarme gemeenschappen. Het onderscheid blijkt voornamelijk gekoppeld aan verschillen in slibpercentage (fig 12) en korrelgrootte van de bodem, in mindere mate aan waterkwaliteit en golfinvloeden op de bodem.

Een uitgesproken soortenarme gemeenschap komt voor in het slibarme en relatief grofzandige mondingsgebied van de Oosterschelde. Hier komen ook de kleinste biomassa's voor: de Oosterscheldemonding is relatief arm aan bodemleven. Kenmerkend voor dit gebied zijn een aantal soorten garnaltjes (zoals *Gastrosaccus spinifer*), welke op de overige buitendelta's nauwelijks voorkomen. De zeer slibrijke gebieden (met gehalten oplopend tot 80 percent) voor de haven van Zeebrugge en de kust van Zeeuws-Vlaanderen, in het oostelijk deel van het Brouwershavense Gat en nabij de Haringvlietluizen worden eveneens gekenmerkt door een relatieve soortenarmoede. De soortensamenstelling is afwijkend van de verdere Voordelta. De slijkgarnaal (*Corophium volutator*) is alleen in deze gebieden aangetroffen.

De grootste soortenrijkdom komt voor in gebieden met een slibgehalte van enkele percenten, zoals langs de randen van de Vlake van de Raan en op grote delen van de buitendelta's van de Grevelingen en het Haringvliet. Voor een deel zijn dat ook de gebieden met de hoogste biomassa's: met name de overgangen van plaat naar geul en naar het dieper zeegebied. Hoewel er 130 soorten op de Voordelta aangetroffen zijn, vormen slechts 5 soorten de helft van de totale biomassa: de kokkel (*Cerastoderma edule*), de schelpkokerworm (*Lanice conchilega*), de grote strandschelp (*Macra corralina*), de gewone slangster (*Ophiura texturata*) en de halfgeknote strandschelp (*Spisula subtruncata*). Het relatief hoge lichaamsgewicht van deze soorten is hiervoor de reden, want het zijn niet de meest algemene soorten in aantal. Plaatselijk kunnen ze wel algemeen zijn: zo komen op de randen van vlakte van de Raan en op de voormalige Loswal-zuid voor het Haringvliet, *Spisula*banken voor. Een hoog voedselaanbod in combinatie met een rustig milieu (bijvoorbeeld in vergelijking tot de Oosterscheldemonding) kan de reden zijn dat juist deze gebieden zowel rijk aan soorten zijn als hoge biomassa's laten zien. Een duidelijke verklaring voor de ruimtelijke verschillen in bodemdiersamenstelling en -dichtheid, is onderwerp van verder onderzoek.

Tabel 1.
Ruimtelijke verdeling van bodemdieren

Kensoorten	frequentie (in %) per cluster								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
<i>Ophelia limacina</i>	81	31	10	0	0	2	2	0	0
<i>Urothoe brevicornis</i>	12	62	0	17	0	5	2	0	0
<i>Gastrosaccus spinifer</i>	18	65	15	27	0	6	10	2	9
<i>Bathyporeia elegans</i>	18	91	25	89	11	37	5	0	0
<i>Nephtys cirrosa</i>	62	77	45	86	8	28	17	5	9
<i>Spio filicornis</i>	12	11	15	60	25	65	35	2	9
<i>Urothoe poseidonis</i>	0	0	10	65	22	84	27	0	0
<i>Magelona papillicornis</i>	18	11	20	74	22	85	52	5	4
<i>Spiophanes bombyx</i>	18	22	30	59	19	93	85	26	4
<i>Nephtys hombergii</i>	12	8	55	60	100	97	87	73	40
<i>Anaitides mucosa</i>	0	25	15	27	13	54	87	47	13
<i>Ophiura texturata</i>	0	5	10	17	27	65	77	42	0
<i>Lanice conchilega</i>	6	0	0	11	8	56	80	28	4
<i>Pectinaria koreni</i>	0	5	0	3	5	41	92	68	9
<i>Nereis longissima</i>	0	8	10	3	5	26	87	28	4
<i>Abra alba</i>	0	2	0	5	5	22	87	57	0
<i>Heteromastus filiformis</i>	0	2	5	2	0	16	87	42	50
<i>Corophium volutator</i>	0	2	0	0	0	0	2	5	27
<i>Scoloplos armiger</i>	75	51	90	72	33	88	97	31	27
<i>Capitella capitata</i>	12	28	30	33	8	70	82	10	13
<i>Spisula subtruncata</i>	0	8	5	30	47	51	55	42	9
<i>Tellina fabula</i>	0	0	0	24	19	69	25	5	0
aantal monsterpunten	16	35	20	151	36	98	40	38	22
aantal soorten	29	49	33	92	45	102	100	64	41
groepen (fig. 13)	D		C		A		B	E	



Figuur 13. De 130 soorten bodemdieren, welke op de Voordelta zijn aangetroffen, zijn geclusterd in een vijftal representatieve groepen.

Op het noordelijk deel van de Voordelta lijkt vanaf 1970 het aantal soorten te zijn toegenomen. In de beschutting van de Hinderplaat worden nu aanzienlijke kokkelvoorkomens aangetroffen die twintig jaar geleden niet werden waargenomen.

Naar verwachting zal in de toekomst de rijke levensgemeenschap voor het Haringvliet en de Grevelingen zich handhaven en mogelijk nog iets ruimtelijk uitbreiden. Een doorgaande verslibbing van het binnengebied van vooral de Haringvliet buitendelta zal leiden tot een uitbreiding van de bodemdierengemeenschap met relatief weinig soorten. Voor de Oosterscheldemonding zullen de geulen worden opgevuld met relatief fijn materiaal. Mogelijk dat door deze verfijning lokaal de soortensamenstelling zal verschuiven.

Microverontreinigingen in mosselen

Verontreinigingscijfers over mosselen zijn bekend voor een lokatie op de Oosterschelde buitendelta en een voor de Grevelingenmonding (Marquenie & Vethaak, 1989). De PCB-gehalten op deze plaatsen blijken 2, resp. 3 maal hoger te zijn dan het niveau waarbij effecten optreden voor de voortplanting van zoogdieren. De gehalten in de mosselen voor de Grevelingen komen overeen met die voor de kust van IJmuiden, en die van de monding van de Oosterschelde met de gehalten ter hoogte van Callantsoog. Er blijkt een verband te bestaan met het percentage Rijnwater ter plaatse. Jaargemiddeld is het percentage Rijnwater zowel ter hoogte van IJmuiden als voor de Grevelingen ongeveer 15%, en ter hoogte van Callantsoog en de monding van de Oosterschelde ongeveer 10%. Gedurende het jaar kunnen echter grote variaties optreden. Bij hoge afvoeren en noordelijke wind kunnen de percentages Rijnwater dicht onder de kust voor de Grevelingen en Oosterschelde zelfs oplopen tot 40 resp. 25% (fig. 14). De zuidwaartse verspreiding van Rijnwater is overigens sterk toegenomen na de sluiting van de zee-gaten vanaf 1970. Scheldewater wordt alleen aangetroffen voor de Westerscheldemonding en naar het noorden toe, in de zone op 10-20 km uit de kust.



Foto 6. Mosselen worden als "proefdieren" gebruikt in het verontreinigingsonderzoek. Ze worden hiertoe in korven op meerdere locaties uitgezet. Na enige tijd worden de korven opgehaald en wordt het gehalte aan verontreiniging in de mosselen gemeten.

De inbreng door rivierwater van microverontreinigingen gebonden aan slib, heeft ook grote invloed op de waterbodembodemkwaliteit. Duidelijke verontreinigingen zijn aangetoond in de mondingsgebieden van het Haringvliet en de Westerschelde (Waterloopkundig Laboratorium, rapp. T307, 1988). Vanuit de Haringvlietmonding zuidwaarts richting Oosterschelde, nemen de concentraties zware metalen in de bodem af. Relatief gezien is de waterbodem in de Oosterscheldemonding het minst verontreinigd.

Een toekomstige verbetering van de kwaliteit van het rivierwater zal gunstig uitwerken op de verontreinigingsgraad van waterbodem en bodemdieren.

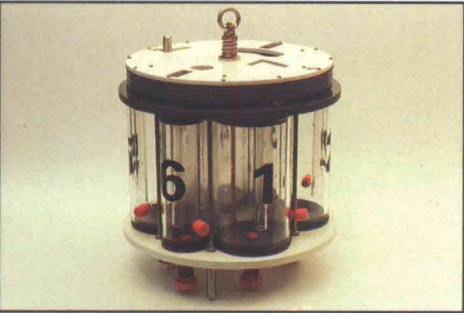
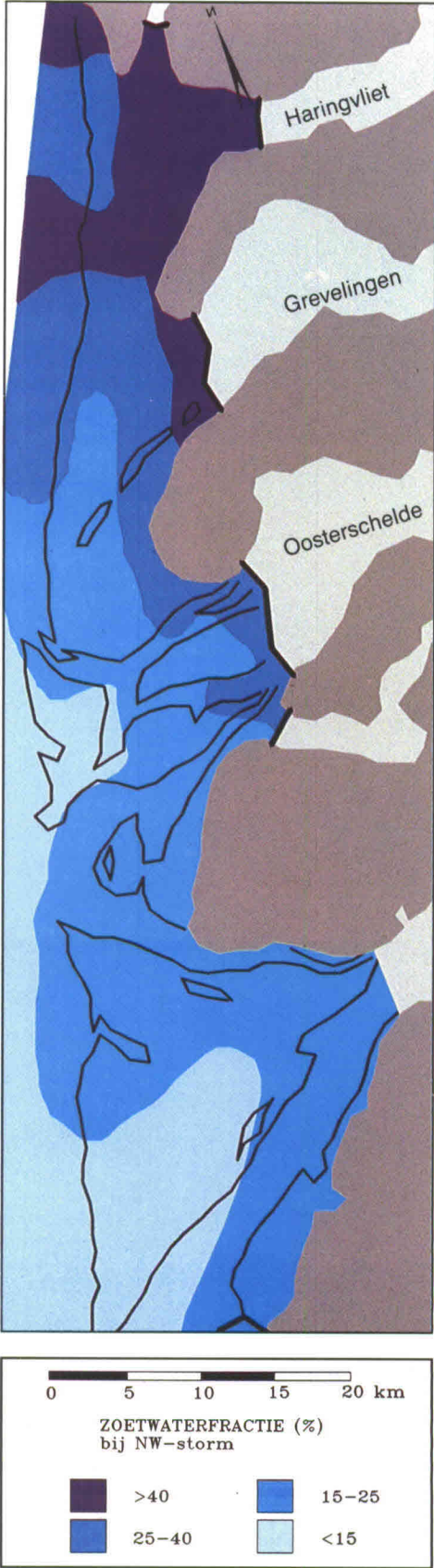


Foto 7/8. Gedurende één jaar is elke maand op een 60-tal vaste punten in de Voordelta de waterkwaliteit bepaald. Het bemonsteringsprogramma werd uitgevoerd met een helikopter van waaruit een "drum" met speciale monsterflessen in het water werd neergelaten.



Figuur 14. Bij hoge rivierafvoeren en NW-wind dringt Rijnwater extra ver door naar het Zuiden.

Vissen

De waarde van de Voordelta voor de visstand is vooral gelegen in zijn potentiële kinderkamerfunctie. Aanwijzingen daarvoor leveren de hoge concentraties jonge tong in het overgangsgebied van buitendelta's naar de diepere zee en op de eigenlijke buitendelta's van Haringvliet en Grevelingen.

In deze laatste gebieden komt naast jonge tong ook relatief veel jonge schar en schol voor.

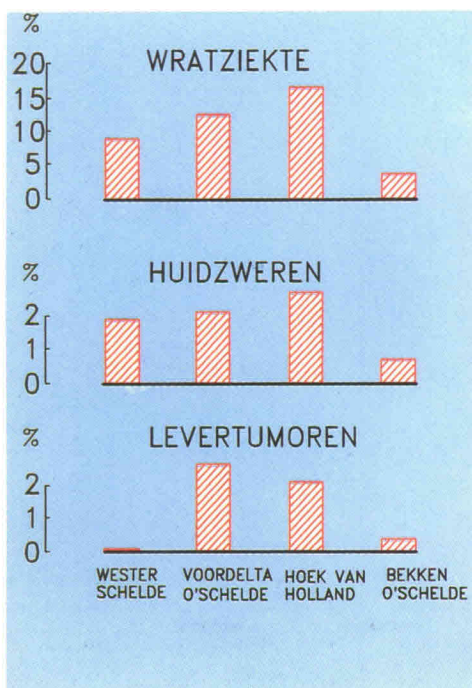
De mondingsgebieden van Ooster- en Westerschelde kennen naast veel jonge platvis, ook veel rondvis (grondel en haring). In het randgebied naar de Noordzee is de verscheidenheid aan soorten het grootst.

Verschillen in stroomsnelheden en percentages Rijnwater lijken deze ruimtelijke verdeling van de platvisgemeenschap grotendeels te bepalen.

De afname in stroomsnelheden op de Oosterschelde buitendelta en de vorming van zandbanken, die een deel van de golfenergie zullen absorberen, leiden in de toekomst mogelijk tot een uitbreiding van de potenties als kinderkamer.

Visziekten

De ziektepercentages van de bodemvis bot, zoals in 1987 gevangen op de Oosterschelde buitendelta, verschillen niet wezenlijk van percentages in de Westerschelde, langs de Hollandse kust of in de Wadden (fig. 15). De Voordelta hoort in dit opzicht mede tot de probleemgebieden. Opmerkelijk is dat bot gevangen in het Oosterscheldebekken zelf, nauwelijks ziekteverschijnselen vertoont. Een eenduidige verklaring daarvoor ontbreekt. Wel lijkt duidelijk dat een toekomstige verbetering van de waterkwaliteit gunstig zal uitwerken.



Figuur 15. Waargenomen ziekteverschijnselen bij de bodemvis bot (exemplaren ≥ 20 cm) [naar Marquenie & Vethaak, 1989].

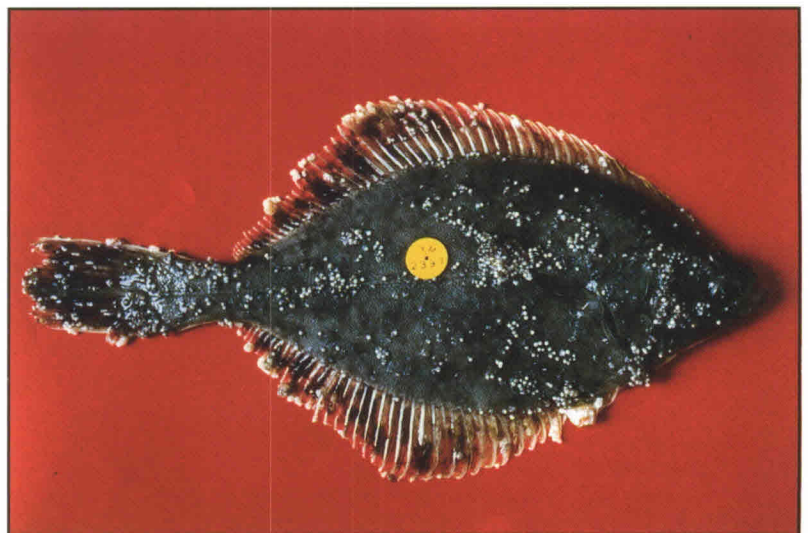


Foto 9. Een bot met duidelijke verschijnselen van wratziekte.

Vogels

De relatieve rijkdom aan voedsel, de omvang van ondiepe gebieden met relatief lage stroomsnelheden scheppen gunstige voorwaarden voor de vogelstand.

Op de buitendelta's van het Haringvliet en de Grevelingen overwinteren meer dan 25.000 Zwarte Zee-eenden en 15.000 Toppereenden. Het zijn belangrijke fouragegebieden voor de Grote Stern, de Fuut en Aalscholver. Het gehele Voordeltagebied, vooral de stranden en zandbanken, is van belang als fourageergebied voor de Dwergstern en Visdief.

Voor het overwinteren van eenden en fourageren van sterns, Steenloper en Visdief, overschrijdt de Voordelta de normen van internationale betekenis volgens de Ramsar-conventie voor "wetlands". Dat wil zeggen dat van genoemde soorten regelmatig meer dan 1 percent van de totale wereldpopulatie in het gebied verblijft. Het voorkomen van vogels in dit gebied is voornamelijk voedsel gebonden. Dit voedsel bestaat uit bodemdieren en vissen. De belangrijkste verschuivingen in deze groepen doen zich naar verwachting voor op de buitendelta van de Oosterschelde. Het lijkt aannemelijk dat de vogels deze ontwikkeling gedeeltelijk volgen. Voor de meeste duikeenden blijft hier de stroming waarschijnlijk te sterk. Het aantal visetende vogels kan toenemen.

Door de toename van het strand/plaat areaal (Oostvoorne, Kwade Hoek, Schouwen) kan het aantal overwinterende of doortrekkende steltlopers en sterns groter worden.

Zeehonden

De laatste jaren bevinden zich in de Voordelta nog enkele tientallen zeehonden. Voorwaarden voor het handhaven of uitbreiden van de populatie zijn: de aanwezigheid van voldoende vis met een laag gehalte aan PCB's, de aanwezigheid van tenminste 6 uren droogvallende platen waar de jongen kunnen worden geworpen en gezoogd, en de afwezigheid van verstoring in de ruime omgeving. Dit laatste geldt met name voor de periode van werpen en zogen van de jongen.

Het voedselaanbod aan vis zal in de nabije toekomst ruim voldoende blijven. Het PCB-gehalte echter, dat momenteel nog vijf tot tien keer te hoog is voor een ongestoorde voortplanting, zal sterker moeten afnemen voor een kansrijke groei van de populatie.

Het oppervlak aan droogvallende platen zal, met uitzondering van de Westerschelde buitendelta, toenemen. Het blijft de vraag vooralsnog of deze ook de vereiste zes uur zullen droog vallen. Rekening houdend met alle aspecten lijkt de Oosterschelde, zowel het bekken als de buitendelta, het meest kansrijke gebied voor een herstel van de zeehondenpopulatie.



Foto 10. Steenloper, een van de vogelsoorten waarvoor het Voordeltagebied een "Wetland" status zou kunnen krijgen.



Foto11. Enkele van de weinige zeehonden.

GEVOLGEN VOOR HET MAATSCHAPPELIJK GEBRUIK



Foto 12. In het verleden zijn relatief grote inspanningen getroost om de natuurlijke kust van de eilanden te beschermen. Een voorbeeld hiervan is het Flauwewerk op Goeree.

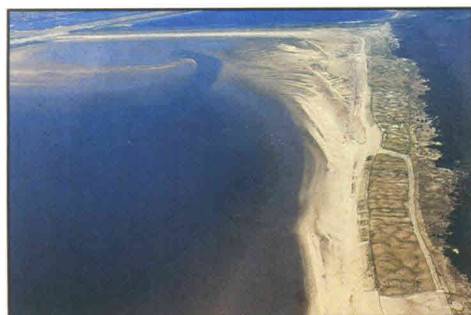


Foto 13. Strand tussen Voorne en de Maasvlakte



Foto 14. Recreatie bij Domburg

Kustverdediging

De zandbanken fungeren als golfbreker. Onder storm omstandigheden reduceren ze de golfhoogte. Tijdens een zogenaamde superstorm wordt plaatselijk de duinafslag verminderd met 15 à 25 procent. De veiligheid is daarom lokaal met eenzelfde percentage toegenomen. Het betreft hier vooral de noord-westkant van Voorne, de westkant van Goeree en delen van de kust van Schouwen. De erosieve werking van de geultjes voor de koppen van Goeree en Schouwen blijft bestaan. De normale kustachteruitgang van de koppen van de eilanden gaat dan ook onverminderd door. De erosie van de punt en zuid-westkant van Voorne zal afnemen, omdat het Rak van Scheelhoek nagenoeg ophoudt als geul te bestaan. Bovendien groeit de Garnalenplaat uit. De onderhoudskosten van de kust van Voorne zullen afnemen.

Natuur en Landschap

De voormalige buitendelta's van het Haringvliet en de Grevelingen verondiepen. Dit leidt lokaal tot de vorming of uitbreiding van strandvlaktes en slikken: tussen Voorne en de Maasvlakte, bij de Kwade Hoek en mogelijk langs de noordkant van Schouwen. Duinvorming behoort op deze lokaties tot de reële mogelijkheden. Naast landschappelijke waarde heeft een uitbreiding van dergelijke gebieden belang voor de vogelstand in het gebied. Het bevordert vooral de doortrekmogelijkheden voor steltlopers en sterns. De buitendelta van de Oosterschelde wordt door de afnemende stroomsnelheid en toenemende helderheid, mogelijk rijker aan bodemdieren en vis. De fourageermogelijkheden voor duikeenden en vishouders neemt daardoor toe. De voorwaarden voor een herstel van de zeehonden populatie zijn in principe aanwezig. In het algemeen geldt dat het aantal soorten en de verscheidenheid aan milieutypen in het Voordelta gebied toeneemt.

Recreatie en Toerisme

De stranden worden met uitzondering van de koppen van de eilanden breder. De noordelijk gelegen stranden van Voorne worden misschien te breed en daarmee minder geschikt voor strandrecreatie. De zuidelijke stranden van Voorne zullen vooral beneden de laagwaterlijn een slibrijke bodem hebben. Het strand langs de Brouwersdam zal zich uitbreiden en daarmee naast surfers ook meer strandgangers trekken. De zandbanken op de buitendelta's van het Haringvliet en de Grevelingen worden nu al vaak gebruikt als rustpunt voor surfers; in de luwte van de zandbanken vindt sportvisserij vanuit kleine bootjes plaats.

Scheepvaart

Door bankvorming en verondieping wordt de kustgebonden scheepvaart waarschijnlijk gedwongen verder uit de kust te varen. De vaargeul naar de haven van Stellendam, het Slijkgat, zal blijvend moeten worden onderhouden. De vrijkomende baggerspecie zal over het algemeen vrij fijnzandig en gedeeltelijk slibrijk zijn. Om deze reden is dit materiaal niet zo geschikt voor kustonderhoud of zandwinning. Mogelijk is de specie, mits niet te verontreinigd, wel geschikt voor specifieke vormen van natuurbouw. De scheepvaartgeul het Oostgat kan ter hoogte van Westkapelle sterk veranderen. Om de ontwikkelingen te volgen lijkt regelmatig loden van dit geulvak een nuttige voorzorgsmaatregel.

Visserij

De kinderkamerfunctie van de buitendelta's van Haringvliet en Grevelingen voor commerciële vissoorten als tong, schol en schaar lijkt duidelijk. Het is goed mogelijk dat ook de buitendelta van de Oosterschelde in de nabije toekomst, meer als kinderkamer voor deze soorten gaat functioneren. Het voorkomen van grote kokkelbanken in de luwte van de Hinderplaat op de Haringvliet buitendelta, geeft aan dat schelpdiercultures hier in principe een kans van slagen hebben. Niettemin is hier de verslibbing een gevaar voor deze cultures. Op de buitendelta's van Grevelingen en Oosterschelde zullen de waterbeweging en morfologie voor deze cultures bepalend zijn. Met name lokaal op de Grevelingen-buitendelta lijkt schelpdiercultuur mogelijk te zullen zijn.

Zandwinning

De zandbanken bestaan uit goed gesorteerd zand dat derhalve goed winbaar is. Het winnen van zand uit de opgevolde voormalige getijgeulen is zonder een uitgebreid begeleidend boorprogramma niet aan te bevelen, omdat dit zand relatief fijn en erg slibrijk kan zijn.

Het wegbaggeren van de zandbanken heeft consequenties voor de kustveiligheid, natuur en landschap, visserij en recreatie.



Foto 15. Scheepvaart door het Oostgat.

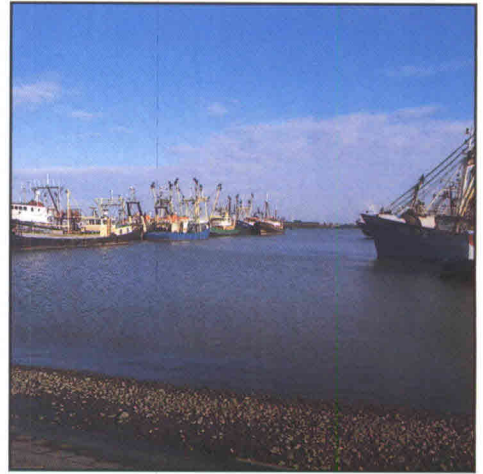


Foto 16. De vissershaven van Stellendam.

COLOFON

Samenstelling:

dr. J.H. van den Berg, ir. F. Hallie, drs. L.H.M. Kohsiek, dr. R. Leewis, drs. J. Marquenie, drs. J. van der Meer, dr. J.P.M. Mulder, drs. A.C. Smaal, drs. A.J.F. van der Spek, ing. H. Vink, ir. H.J. Verhagen.

Redactie:

drs. L.H.M. Kohsiek en dr. J.P.M. Mulder.

Vormgeving:

Visuele Vormgeving DGW

Fotografie:

RWS-DGW: H. van Reeken (3, 5, 7, 8, 14, 15, 16); J. Marquenie (6, 9); P. Meininger (10); H. Baptist (11); J. Mulder (12); L. Peperzak (4); KLM Aerocarto (omslag, 1, 2, 13, 17).

Illustraties:

J. van den Broeke, ing. J. Buys, ing. J. Polderman, drs. A.J.F. van der Spek, drs. R. Postma.

Drukwerk:

Pitman BV, Westhavendijk 152, Goes.

DANKWOORD

In de 3 jaar dat de inventariserende fase van het project Voordelta heeft geduurd, hebben vele personen een bijdrage geleverd. Aan allen zijn de samenstellers van dit rapport dank verschuldigd. Met name aan de mensen van de Meetdiensten van de directies BER en Zeeland van de Rijkswaterstaat, de afdeling IOS van DGW, het WL (sector Hako), RU Utrecht (vakgroep Fysische Geografie), het NIOZ, het RIVO, het DIHO en RU Gent (sectie Marine Biologie).

© Copyright 1989 RWS Dienst Getijdewateren

Foto 17. Een beeld voor de verre toekomst van de Grevelingen buitendelta?



