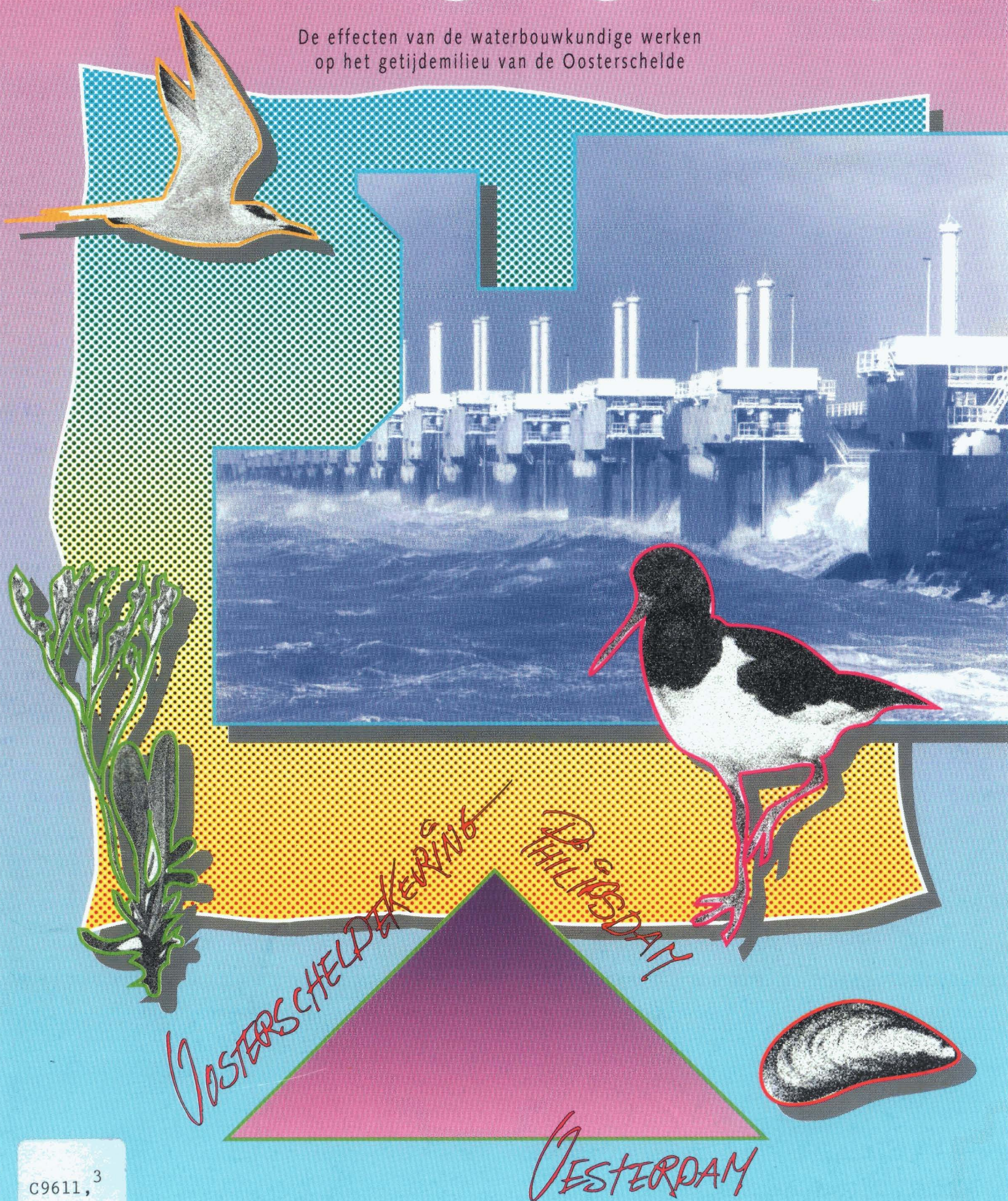


Veilig getij

De effecten van de waterbouwkundige werken
op het getidemilieu van de Oosterschelde





cg64,3

VEILIG GETIJ

De effecten van de waterbouwkundige werken
op het getijdemilieu van de Oosterschelde

Nota GWWS 91.088 / AX 91.091
ISBN 90-73286-05-0

Rijkswaterstaat, Dienst Getijdewateren en
Directie Zeeland
Middelburg, november 1991

Inhoud

Verantwoording	
Samenvatting	5
Doel, uitgangspunten en aanpak van de evaluatie	7
Kenschets van de Oosterschelde	11
De effecten op water en bodem	19
De effecten op het leven in de Oosterschelde	25
Effecten op schelpdiercultuur, recreatie en scheepvaart	51
Integratie van effecten en respons van het systeem	83
Evaluatie van de effecten en perspectieven voor duurzame ontwikkeling	97
Begrippenlijst	119
Referenties	125
	127

Verantwoording

De rapportage van het project Evaluatie Oosterschelde bestaat uit de evaluatienota 'de evaluatie van de Oosterschelde na 5 jaar stormvloedkering' en twee onderbouwende nota's: 'Beheer en gebruik stormvloedkering Oosterschelde, ervaring en bijstelling' en 'De effecten van de waterbouwkundige werken op het getijdemilieu van de Oosterschelde'.

Deze nota is gebaseerd op een onderzoek dat is uitgevoerd in de periode 1987-1990. Het onderzoek bestond uit veldwaarnemingen, experimenten en laboratorium analyses. Bij de interpretatie is gebruik gemaakt van de nieuwste wetenschappelijke inzichten en van wiskundige modellen die speciaal voor de evaluatiestudie zijn ontwikkeld.

Het onderzoek is uitgevoerd onder verantwoordelijkheid van de Dienst Getijdewateren in opdracht van directie Zeeland van Rijkswaterstaat. Er is door verschillende instellingen aan het onderzoek bijgedragen: Het Delta Instituut voor Hydrobiologisch Onderzoek, het Rijksinstituut voor Visserijonderzoek, de Rijksuniversiteit Utrecht, de Rijksuniversiteit Gent, België, en het Instituut voor Natuurbehoud, Hasselt, België. De onderzoeksopzet is beoordeeld door een panel dat bestond uit Prof. Dr. W.J. Wolff (voorzitter), Prof. Dr. E.K. Duursma, Prof. Dr. J. Terwindt, Dr. E. Kuyken en Dr. J. de Vlas.

De onderbouwende wetenschappelijke rapportages zijn ter publikatie aangeboden aan de internationale wetenschappelijke vakpers.

Het onderzoek is begeleid door de projectgroep EOS-effecten met als deelnemers: drs. A.C. Smaal (DGW, projectleider), drs. J. van Buuren (DGW), drs. J. Coosen (DGW), drs. R. Dijkema (RIVO), drs. W. Iedema (directie Zeeland), ing. A. van Liere (DGW), dr. J.P.M. Mulder (DGW), prof. dr. P.H. Nienhuis (DIHO), ir. T. Pieters (DGW) en drs. L.P.M.J. Wetsteijn (DGW).

Het project Evaluatie Oosterschelde (EOS) stond onder supervisie van een projectgroep die bestond uit:

drs. W. Iedema (projectleider), ir. L. Boom (projectleider tot 1989), ing. K. Boone, ir. L. Bijlsma (projectleider tot 1990), ir. T. Pieters, ir. P. Schakel, drs. A.C. Smaal(1), ir. H. Verhees, ing. W. de Vos, ir. J. Vroon en ir. C.J. van Westen(1). (allen directie Zeeland, behalve (1):DGW)

Samenvatting

In dit derde deel van de EOS eindrapportage worden de effecten van de waterbouwkundige werken op het ecosysteem van de Oosterschelde beschreven.

Hoofddoel van de waterbouwkundige werken was het waarborgen van de veiligheid van het achterland tegen overstromingen, met behoud van het getijdemilieu. In deze nota komt de vraag aan de orde of en in hoeverre het getijdemilieu van de Oosterschelde, met inbegrip van het menselijk gebruik, behouden is gebleven.

In hoofdstuk 1 worden de uitgangspunten van de evaluatie beschreven. Op grond van onderzoek in de oorspronkelijke situatie (periode 1980-1985) zijn prognoses opgesteld over de te verwachten ontwikkelingen. Nagegaan is in hoeverre de nieuwe situatie (periode 1987-1990) hiermee overeen komt. Criteria hierbij zijn de beschikbaarheid van leefgebieden voor planten en dieren, de produktiviteit van het systeem en de draagkracht voor menselijk gebruik.

In hoofdstuk 2 zijn de belangrijkste karakteristieken van de Oosterschelde aangeduid: de getijbeweging, de uitgestrekte slikken en platen, de schorren en de dijkglorringen met inbegrip van de planten en dieren die in het gebied leven. De Oosterschelde heeft een belangrijke functie voor doortrekkende en overwinterende vogels die profiteren van de hoge produktiviteit. Het leven op de dijkglorringen boven en onder water bestaat uit een soortenrijke flora en fauna. Van oudsher is de Oosterschelde in gebruik voor de visserij en de kweek van schelpdieren.

In hoofdstuk 3 wordt ingegaan op de effecten van de waterbouwkundige werken voor de getijbeweging, de waterkwaliteit en de bodemligging van geulen, platen en schorren. Geconstateerd wordt dat het getijverschil met 13% is afgenomen en nu (bij Yerseke) 3,25 m bedraagt; het getijverschil is groter dan was voorspeld. De stroomsnelheden zijn gemiddeld 30% lager, hetgeen overeenkomt met de prognoses. De waterkwaliteit is verbeterd door de verminderde belasting met zoet water, inclusief de hierin aanwezige stoffen. Het zoutgehalte is hoger dan de ondergrens die destijds als norm werd gehanteerd. De bodemligging is nog lang niet in een nieuw evenwicht gekomen. De geulen hebben de neiging zich met zand te

vullen, vanwege de verminderde stroomsnelheden. Deze 'zandhonger' kan niet worden gestild met materiaal van de Noordzee omdat het zandtransport vanaf de Noordzee te gering is. Dit betekent dat er een tendens is tot erosie en afvlakking van de plaatgebieden. Dit heeft over een periode van dertig jaar een verlies van intergetijdegebied van 15% tot gevolg.

De schorren zijn aan erosie onderhevig als gevolg van uitdroging die is opgetreden in de periode van afbouw van de compartimenteringsdammen (de overgangsfase 1985-1987). Verwacht wordt een verdergaande afkalving met een verlies van 15% van het areaal op een termijn van dertig jaar.

In hoofdstuk 4 wordt ingegaan op de gevolgen van de werken voor de planten en dieren in de Oosterschelde. De microscopisch kleine algen die in het water zweven (het fytoplankton) hebben zich aangepast aan de toegenomen helderheid: andere soorten dan voorheen zijn nu belangrijk geworden. Ook begint de opbloei eerder in het jaar en houdt deze in het najaar langer aan.

De concentratie dierlijk plankton is toegenomen. Bij de andere waterdieren (garnalen, vissen, zeehonden) zijn geen duidelijke veranderingen waargenomen. Het leven in en op de bodem is (nog) niet duidelijk door de werken beïnvloed, behalve de bodemalgen waarvan de concentratie is toegenomen door de verminderde waterbeweging. Het zeegrasareaal is afgenomen, samenhangend met stormen en strenge winters, met name in de overgangsfase tijdens de extra getijreductie. De flora van de dijkglorringen heeft te leiden gehad van de dijk-aanpassingen die zijn uitgevoerd in de overgangsfase. De fauna van de dijkglorringen onder water (zee-anemonen, sponzen) bevindt zich nog in een aanpassingsfase. De effecten op de doortrekkende en overwinterende vogels zijn vooral kenbaar bij de steltlopers, die hun voedsel op het intergetijdegebied verzamelen. De aantallen steltlopers zijn afgenomen, min of meer in overeenstemming met het verloren gaan van fourageergebieden door de bouw van de compartimenteringsdammen. In de Oosterschelde zelf is er ook een afname van de aantallen, die wordt toegeschreven aan de verminderde vrijligduur van de platen als gevolg van de erosie. De verstoring door menselijk gebruik (recreatie, kokkelvisserij) speelt eveneens een rol bij de afname van de aantallen steltlopers.

De viseters en de eenden zijn in aantal toegenomen; deze zijn echter minder karakteristiek voor getijdewateren dan de steltlopers. De kustbroedvogels profiteren tijdelijk van broedareaal op de werkeilanden en de drooggevalle gebieden achter de compartimenteringsdammen. De aantallen broedparen zullen zonder aanvullende maatregelen naar verwachting weer afnemen. De vegetatie op de schorren heeft duidelijk te leiden gehad van de langdurige droogstand in de overgangsfase.

In hoofdstuk 5 worden de ontwikkelingen in het gebruik van de Oosterschelde beschreven voor schelpdiercultuur, recreatie en scheepvaart, en wordt voorzover mogelijk de relatie met de waterbouwkundige werken aangegeven. Wat betreft de schelpdiercultuur is de mosselkweek de belangrijkste. De aanvoer van mosselen uit de oude kweekgebieden in de Oosterschelde is met 33% gedaald in de nieuwe situatie. Het gebruik van een veertigtal proefpercelen op nieuwe lokaties heeft deze afname voor een deel gecompenseerd. De totale aanvoer in de nieuwe situatie was 21% lager dan de gemiddelde aanvoer over de periode 1980/1985.

De kwaliteit van de mosselen - de hoeveelheid vlees in de schelp - is gemiddeld genomen niet sterk veranderd. De kwaliteit van mosselen afkomstig uit het Hammengebied in de monding is afgenomen; dit was vroeger het beste kweekgebied. De kwaliteit van mosselen uit het middengebied is toegenomen. De oorspronkelijke oost-west gradiënt in kwaliteit is dus verdwenen. Door de afgenomen stroomsnelheden kunnen nu op meer plaatsen dan voorheen mosselpercelen worden aangelegd: stroming is geen beperkende factor meer. De voedselproductie in het systeem bepaalt nu de draagkracht voor mosselkweek.

Het recreatieve gebruik van de Oosterschelde is enigszins toegenomen. De scheepvaart maakt voornamelijk gebruik van de route Wemeldinge-Krammersluizen; de kans op ongevallen is gering dankzij een scheepvaartbegeleidingssysteem.

In hoofdstuk 6 worden de veranderingen op het niveau van het ecosysteem beschreven aan de hand van de eerder geformuleerde criteria. Geconcludeerd wordt dat de leefgebieden behouden zijn gebleven, maar dat de erosie van platen en schorren op termijn een verlies van natuurwaarden zal betekenen. De produktiviteit van het systeem is over het geheel genomen niet veranderd. Er zijn per deelgebied wel veranderingen opgetreden. In de monding is de hoeveelheid plankton lager en in de noordelijke tak hoger dan voorheen. De draagkracht voor menselijk gebruik is geëvalueerd voor mossel-

kweek, kokkelvisserij en recreatie. Geconcludeerd wordt dat de mosselkweek mogelijk is op hetzelfde niveau als in de oorspronkelijke situatie (periode 1980/1985), mits de juiste kweeklokaties en kweektechnieken worden gebruikt en het bestand aan mosselen niet te hoog is.

De kokkelvisserij veroorzaakt voedselschaarste voor scholeksters in jaren met weinig kokkels. De draagkracht voor kokkelvisserij hangt af van het aantal kokkels en de verspreiding, rekening houdend met de voedselbehoefte van de scholeksters. De ruimte voor recreatie wordt eveneens voornamelijk bepaald door de vogels. De gevoeligheid van de vogels voor verstoring is toegenomen omdat het areaal is afgenomen.

In hoofdstuk 7 wordt de evaluatie geplaatst in het perspectief van een duurzame ontwikkeling. Geconstateerd wordt dat de Oosterschelde als getijdesysteem behouden is gebleven. Wel zijn er ontwikkelingen gaande die mogelijk bijsturing behoeven, zoals de erosie van platen en schorren, hoewel de mogelijkheden hiervoor nog verkend moeten worden. Om natuur en visserij op een duurzame manier te handhaven worden enkele mogelijkheden voor beleid en beheer besproken.

1 Doel, uitgangspunten en aanpak van de evaluatie

1.1 Doelstelling

Op 4 oktober 1986 werd met de officiële ingebruikname van de Stormvloedkering het sein 'Zeeland Veilig' gegeven. De Stormvloedkering was gereed en de veiligheid van het achterland tegen overstromingen gewaarborgd. Naast veiligheid was het hoofddoel van de werken het behoud van het getijdemilieu: een systeem met uitzonderlijke natuurwaarden. In hoeverre dat doel eveneens was bereikt, kon destijds nog niet worden vastgesteld. De sluiting van de Philipsdam in april 1987 vormde het startpunt van een grootschalig aanpassingsproces van het ecosysteem aan de nieuwe omstandigheden. In 1986 is door de toenmalige minister een evaluatie toegezegd over het gebruik van de stormvloedkering. De evaluatie van het gebruik van de stormvloedkering kan echter niet los worden gezien van de evaluatie van de effecten van de aanwezigheid van de stormvloedkering en de compartimenteringsdammen op het Oosterscheldemilieu. Beide zijn immers nauw met elkaar verweven. Het doel van de evaluatie is destijds als volgt geformuleerd:

het evalueren van de effecten op het functioneren en de potenties van de Oosterschelde als gevolg van het gebruik van de stormvloedkering en door de aanwezigheid van de nieuwe infrastructuur

In de nota 'veilig getij - beheer en gebruik stormvloedkering Oosterschelde, ervaring en bijstelling' wordt het gebruik van de stormvloedkering geëvalueerd en wordt ingegaan op het beheer van de kering in relatie tot veiligheid en milieu. In onderhavige evaluatierapportage wordt ingegaan op de gevolgen van de werken voor het getijdemilieu van de Oosterschelde. In de nota 'veilig getij - de evaluatie van de Oosterschelde na 5 jaar stormvloedkering' zijn de bevindingen samengevat.

1.2 Uitgangspunten

Duurzame ontwikkeling

Enerzijds vormt de evaluatie een afsluiting van de Oosterscheldewerken en wordt ingegaan op de vraag of de Oosterschelde zich zo heeft ontwikkeld als destijds werd verwacht. Anderzijds biedt de evaluatie aangrijpingspunten voor het verder concretiseren van het beleid voor de Oosterschelde. Hiermee wordt vooruitgelopen op de evaluatie van het integraal beleidsplan

voor de Oosterschelde, die in 1992 zal worden afgerond.

Voor beide elementen van de evaluatie wordt in deze nota aangesloten bij het landelijke beleid voor watersystemen waar wordt gekozen voor het uitgangspunt van duurzame ontwikkeling. Dit hanteert als leidend beginsel 'een ontwikkeling te stimuleren die voorziet in de eigen behoeften zonder de mogelijkheden van toekomstige generaties in gevaar te brengen' zoals verwoord in onder meer de derde Nota Waterhuishouding.

Voor de Oosterschelde kan dit worden vertaald in duurzaam functioneren van het ecosysteem en duurzaam gebruik. Onder duurzaam functioneren van het ecosysteem wordt verstaan dat de kenmerkende elementen en processen van het systeem zich op een natuurlijke wijze kunnen handhaven. Duurzaam gebruik van de Oosterschelde houdt een zodanig gebruik in, dat er zowel op de korte als op de lange termijn geen afbreuk wordt gedaan aan de waarden van de Oosterschelde.

Prognoses

Door de aanleg van de stormvloedkering en de compartimenteringsdammen is de Oosterschelde veranderd. Een aantal veranderingen was al in 1976 voorzien als direct gevolg van het regeringsbesluit het getijdemilieu van de Oosterschelde te behouden door het bouwen van een stormvloedkering. De reductie van het getijverschil door de verminderde wateruitwisseling met de Noordzee werd ten dele opgevangen door de aanleg van de compartimenteringsdammen. Daardoor verminderde het totale volume en het totale oppervlak van de Oosterschelde. De hiermee gepaard gaande veranderingen, zoals het omzetten van getijde areaal in zoetwatergebieden, werden in 1976 aanvaardbaar geacht. Veranderingen van andere aard dan areaalverlies zijn in 1976 zo goed mogelijk ingeschat en meegewogen. De toenmalige kennis van het Oosterscheldesysteem was evenwel beperkt en er waren ruime onzekerheidsmarge in de voorspelde veranderingen. Sinds 1976 zijn er studies uitgevoerd naar belangrijke aspecten van het systeem, voor het preciseren van de ontwerp-eisen van de kering en de dammen, en voor het inschatten van de effecten. Op grond hiervan kon een aantal prognoses worden opgesteld

Verwachtingen over de Oosterschelde in de periode 1974-1986

In 1974 werd op basis van het rapport van de commissie Klaasesz besloten een afsluitbare kering in de monding van de Oosterschelde te bouwen indien aan een drietal voorwaarden zou worden voldaan. Deze voorwaarden waren: het werk moest technisch haalbaar zijn, de gewenste veiligheid moest in 1985 bereikt zijn en de meerkosten mochten een bedrag van 1750 miljoen gulden plus 20% marge niet overschrijden.

In 1974 werden als voordeel van een afsluitbare kering gezien:

- * verzekering van de veiligheid zonder dijkverhoging
- * handhaving van het waardevol geachte getijdemilieu
- * instandhouding van de oester- en mosselteelt
- * optimale omstandigheden voor de sportvisserij

In de periode december 1974 - mei 1976 werden de plannen verder uitgewerkt. In juni 1976 ging de Tweede Kamer akkoord met de regeringsbeslissing tot de bouw van een afsluitbare pijlerdam en de aanleg van twee compartimenteringsdammen.

De debatten in 1976 werden gevoerd op basis van een tweetal rapporten: de zgn "blauwe nota" waarin het werk technisch beschreven werd en de zgn "witte nota". In de witte nota werden drie alternatieven beschreven en met elkaar vergeleken aan de hand van een aantal criteria die betrekking hadden op veiligheid,

milieu en kosten. De alternatieven betroffen: het verhogen van alle dijken rond de Oosterschelde, de aanleg van een dichte dam in de monding (het oorspronkelijke plan) en de bouw van een afsluitbare pijlerdam.

Hoewel in de "witte nota" ruim aandacht werd besteed aan de effecten van de verschillende alternatieven op het milieu, werden deze effecten in de politieke besluitvorming en bij latere aanpassingen in het ontwerp van de kering altijd samengevat in één criterium: het getijverschil bij Yerseke. Een keuze die samenhang met het belang van de werken voor de schelpdiercultuur.

Voor het milieu werd een zo groot mogelijk getijverschil nagestreefd. Hiervoor was een zo groot mogelijke doorstroombeniging van de kering noodzakelijk. Hoe groter echter deze doorstroombeniging, hoe hoger de kosten van de stormvloedkering.

In de periode van 1974 tot 1986 werd de prognose van het getijverschil bij Yerseke een aantal malen bijgesteld als gevolg van aanpassingen in het ontwerp van de stormvloedkering (tabel 2).

tabel 1

De verwachte situatie in de Oosterschelde na de aanleg van de Oosterscheldewerken zoals in 1976 geformuleerd in de 'witte nota'

WATER

gem. getijverschil Yerseke (m)	2,3
chloride in de Kom (g/l)	min. 15,5

BODEM

opp. totaal (ha)	35000
opp. intergetijdegebied (ha)	8500
opp. schorren (ha)	550

BIOTA

biomassa plankton	-40%
biomassa mosselen, kokkels	-25%
aantal vogels	toename

GEBRUIK

opbrengst mosselvisserij	gelijk
opbrengst kokkelvisserij (mln gulden)	-0,6
recreatief gebruik	gelijk

tabel 2

Bijstellingen van de prognoses over het getijverschil bij Yerseke na aanleg van de Oosterscheldewerken

jaar	prognose getijverschil(en)	opgetreden getijverschil(en)
1974	1,80	
1976	2,30	
1977	2,70	
1982	3,10	
1986	3,08	
1987 e.v.		3,25

In de periode 1980 - 1986 is er in de Oosterschelde op uitgebreide schaal onderzoek verricht naar de mogelijke effecten van de werken op het systeem. De belangrijkste conclusies zijn gerapporteerd in een aantal nota's die in 1986-1988 zijn verschenen:

onderwerp	nota
begroeiing dijkglooingen	Onderwaterleven met houvast
morfologie	De Oosterschelde - naar een nieuw onderwaterlandschap
mosselcultuur	De kring en de kweek
produktiviteit	Voedsel in de Oosterschelde
vegetatie	Wieren en weiden
vogels	Gevleugeld onderzoek

In 1986 zijn de op het onderzoek gebaseerde prognoses vastgelegd in de nota 'Te verwachten ontwikkelingen in het Oosterscheldebekken na 1987'. In deze evaluatienota worden de prognoses uit laatstgenoemde nota getoetst aan de werkelijk opgetreden ontwikkelingen.

tabel 3
Overzicht van de verwachte veranderingen in de Oosterschelde ten opzichte van de oorspronkelijke situatie (inclusief Krammer/Volkerak en Markiezaat) zoals onder meer geformuleerd in de nota 'Te verwachten ontwikkelingen in de Oosterschelde na 1987'

		oorspronkelijke situatie	prognose
WATER			
gem. getijverschil Yerseke	(m)	3,70	3,10
max. stroomsnelheid	(m/s)	1,5	afname
verblijftijd	(d)	5 - 50	10 - 100
gem. getijvolume	(m ³ *10 ⁶)	1240	880
zoetwaterbelasting	(m ³ /s)	70	40
chloride - Kom	(g/l)	15,4	15,5
stikstof - Kom	(mg/l)	1,2	afname
BODEM			
oppervlakte totaal	(km ²)	452	351
wateroppervlak NAP	(km ²)	362	304
intergetijdegebied	(km ²)	170	109
schorren	(km ²)	17,2	6,4
BIOTA			
primaire produktie	(gC/m ² /jr)	148 - 236	gelijk
biomassa zoöplankton	(gC/m ²)	0,23 - 0,38	toename
visgewicht mossel	(%)	21 - 27	toename
dichtheid steltlopers	(n/ha)	12	gelijk
GEBRUIKSFUNKTIES			
oogst mosselen	(*100 kg/jr)	335.000	gelijk
oogst kokkelvlees	(ton/jr)	1.200	-
recreatie (ligplaatsen watersport)			
- vast		1.563	+ 550
- passanten		456	+ 240
scheepvaart (schepen/jr)		45.000	gelijk

Overzicht uitgevoerde werken

dijkverzwaring (1975-1981)

Van de ruim 200 km waterkering langs de Oosterschelde werd 140 km grotendeels binnendijs verzward.

Markiezaatskade (1981-1983)

De Markiezaatskade met een lengte van ca. 5 km sloot een gebied van ca. 2130 ha af van de rest van de Oosterschelde. De kade brak kort voor de voltooiing in 1982 tijdens een stormvloed door en werd in 1983 voor de tweede keer gesloten.

aanpassing dijkglooiingen (1986)

In verband met de meer geconcentreerde golfaanval na gereedkomen van de werken, werd in 1986 door de Waterschappen ca. 10 ha dijkglooiing aangepast. Dit is ca. 5% van de oppervlakte hardsubstraat (ca. 191 ha) in de Oosterschelde boven de laagwaterlijn. Ongeveer 6 ha werd daarbij ingegoten met gietasfalt.

Stormvloedkering (1979-1986)

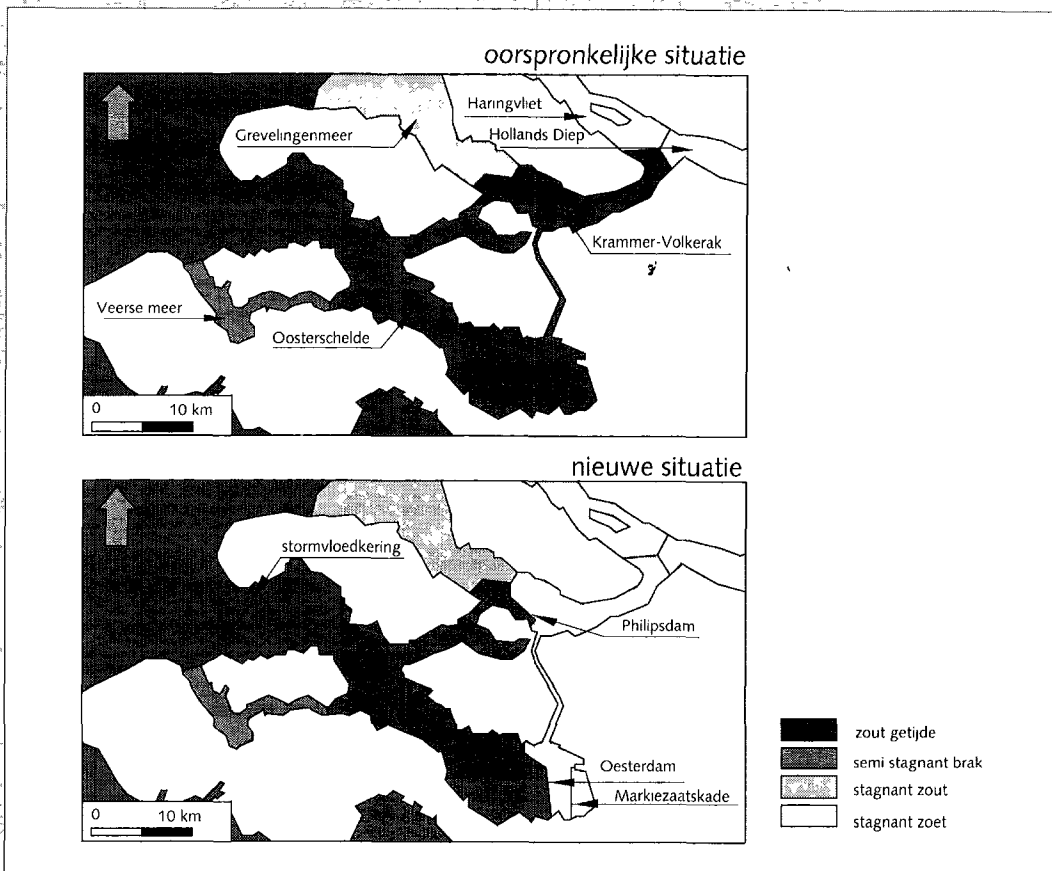
De totale lengte bedraagt ca. 8 km waarvan 3 km bestaat uit een afsluitbare kering met 62 openingen en een effectieve doorstroomoppervlakte van ca. 17550 m². In de kering is de Roompotsluis opgenomen met een kolk van 100x16,5 m.

Oesterdam (1979-1986)

De Oesterdam is bijna 11 km lang en sluit mét de Philipsdam een gebied af van bijna 8000 ha (Eendracht en Volkerak). In de Oesterdam is de Bergse Diepsluis opgenomen met kolkafmetingen van 34x6,5 m.

Philipsdam (1977-1987)

De Philipsdam is ruim 6 km lang en bevat de Krammersluizen met een zoet- zoutscheidings-systeem. In het sluisencomplex zijn twee sluisen voor de beroepsvaart opgenomen van 280x24 m groot en een sluis voor recreatievaart van 75x9 m. Er is ruimte gereserveerd voor een tweede recreatiesluis.



over de effecten van de waterbouwkundige werken op het Oosterscheldesysteem. In dit evaluatierapport zijn de oorspronkelijke verwachtingen en de latere prognoses getoetst aan de nieuwe situatie: zie het intermezzo 'Verwachtingen over de Oosterschelde in de periode 1974 - 1986'.

Tevens is van de evaluatie gebruik gemaakt voor het beoordelen en verbeteren van het instrumentarium waarmee effecten van grootschalige waterbouwkundige werken kunnen worden ingeschat.

Evaluatiecriteria

De criteria aan de hand waarvan de evaluatie is uitgevoerd zijn gebaseerd op de oorspronkelijke doelstellingen van het Oosterscheldeproject - behoud getijdemilieu -, het integrale beleidsplan voor de Oosterschelde van 1982 - behoud en/of versterking natuurwaarden en behoud visserij -, en het uitgangspunt van het huidige milieu-beleid, gericht op duurzaam functioneren en duurzaam gebruik.

Duurzaam functioneren van het Oosterscheldesysteem is primair afhankelijk van de aanwezigheid van geschikte leefgebieden (habitats) met bijbehorende flora en fauna en van een zodanige produktiviteit van het systeem dat er voldoende voedsel wordt geproduceerd voor hogere diersoorten zoals vissen en vogels. Duurzaam gebruik is afhankelijk van de draagkracht van het systeem voor de verschillende functies, gedefinieerd als het maximum gebruik dat er van een gebied gemaakt kan worden zonder de eigenschappen van het systeem schade te berokkenen, dat wil zeggen zonder het duurzaam functioneren in gevaar te brengen.

Nagegaan wordt in deze nota wat de effecten zijn van de waterbouwkundige werken op:

- de beschikbaarheid van habitats (leefgebieden) en het voorkomen van kenmerkende soorten, afgemeten aan het oppervlak en de kwaliteit van de habitats, en de biomassa of de aantallen individuen van kenmerkende soorten;
- de produktiviteit van het systeem, afgemeten aan de plantaardige produktie en het gebruik door de verschillende groepen herbivoren;
- de draagkracht voor menselijk gebruik onder de voorwaarde van het behoud van natuurwaarden, dat wil zeggen habitats, soortenrijkdom en produktiviteit

1.3 Aanpak van de evaluatie

Evaluatieperiode

De evaluatie beslaat de periode 1980 - 1990, opgesplitst in de periode waarin de werken nog geen invloed hadden op het systeem, de afbouwfase toen er wel duidelijke effecten

gingen optreden en de periode na gereed komen van de werken. Deze perioden zijn respectievelijk aangeduid als oorspronkelijke situatie, overgangsfase en nieuwe situatie.

oorspronkelijke situatie (1980-1985)

In de Oosterschelde worden al sinds de jaren zestig waterbouwkundige werken van enige omvang uitgevoerd, zoals de aanleg van de Volkerakdam, de Grevelingendam en de werkeilanden in de monding: zie het intermezzo 'Overzicht uitgevoerde werken'. Omdat er vanaf 1980 geïntegreerd onderzoek is gedaan naar allerlei aspecten van het Oosterscheldesysteem, en er in die periode nog geen grote veranderingen in het systeem zijn opgetreden, wordt de periode 1980-1985 beschouwd als de oorspronkelijke situatie.

overgangsfase (1985-1987)

Medio 1985 was de bouw van de stormvloedkering zo ver gevorderd, dat het getijverschil op het bekken afnam en daarmee de stroomsnelheden, het transport van materiaal en de overspoeling van hogere delen van schorren en platen. Vanaf dat moment wordt de waterbeweging op het bekken voortdurend beïnvloed door de uitvoering van de werken. Daarbij is het getijverschil op de Oosterschelde tijdelijk kleiner geweest dan in de huidige situatie. Dat kwam in de eerste plaats door de fasering van de werken: verkleining van de monding door o.a. het plaatsen van dorpelbalken bij een nog niet gecompartmenteerde Oosterschelde. In de tweede plaats werd in die periode de kering soms geheel of gedeeltelijk gesloten om werkzaamheden te bespoedigen of mogelijk te maken. Deze periode met extra getijreductie wordt aangeduid als "overgangsfase" en duurt tot de sluiting van de Philipsdam op 18 april 1987.

Voor het milieu en de visserij was de overgangsfase een kritieke periode. In deze periode trad immers de sterkste getijreductie op. Bij de voorbereiding van de compartimenteringswerken werd zowel rekening gehouden met eventuele consequenties van de fasering en de werkwijze voor milieu en visserij als met technische, financiële en planningsaspecten. Ook zijn tijdens de uitvoering op uitgebreide schaal waarnemingen gedaan, zodat bij onverwachte en ongewenste ontwikkelingen de werkzaamheden konden worden aangepast. De effecten van de periode met gereduceerd getij komen aan de orde in hoofdstuk 3 en hoofdstuk 4 voorzover deze nu nog nawerken.

Klimatologische omstandigheden

Het Oosterscheldesysteem is geen gesloten systeem, maar wordt beïnvloed door externe factoren waarvan het klimaat de belangrijkste is. Tijdens de overgangsfase is sprake geweest van drie opeenvolgende koude winters (84/85 tot en met 86/87), waarbij de laagste temperaturen optraden in de maanden januari en februari. De evaluatieperiode daarentegen wordt gekenmerkt door zeer zachte winters (figuur 1a).

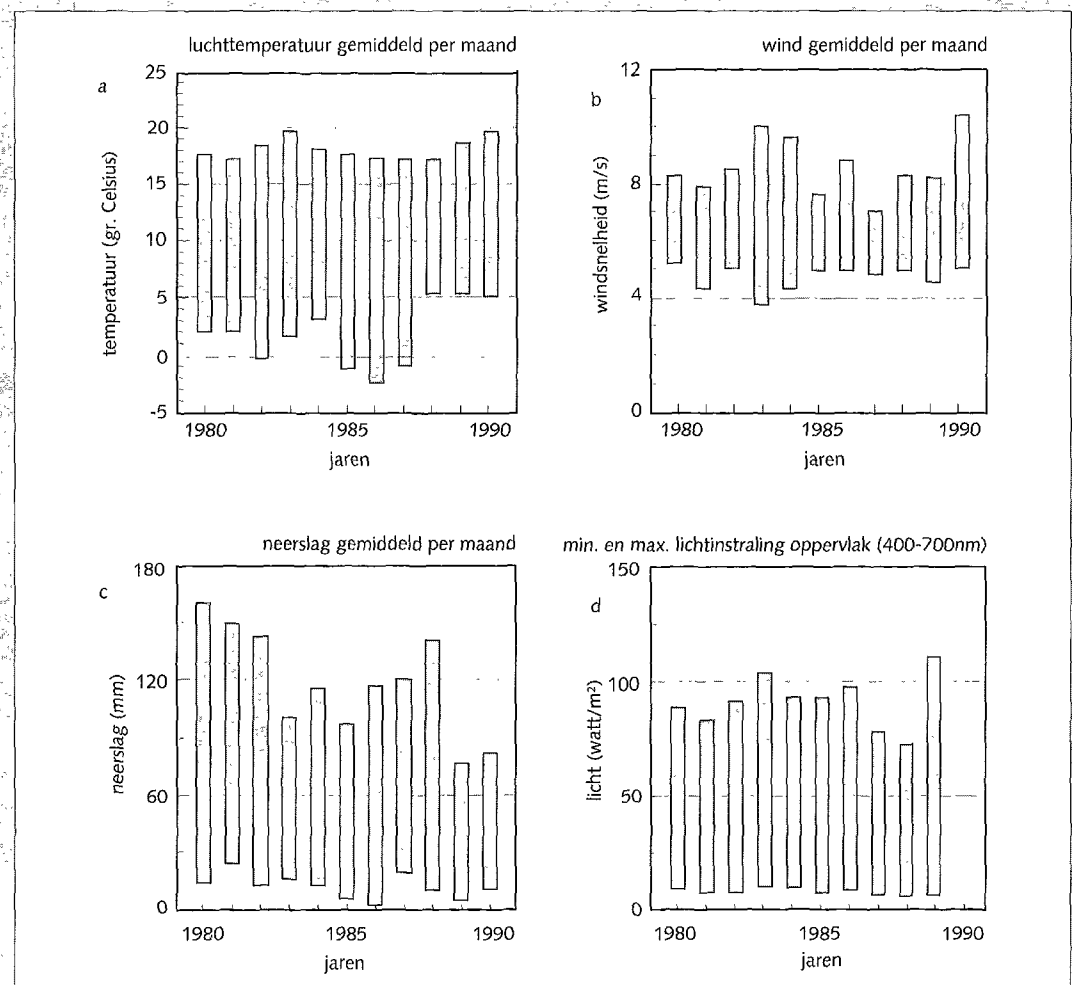
Zware tot zeer zware stormen zijn zowel in de overgangsfase (1986 en 1987) als in de evaluatieperiode (oktober 1987 en januari, februari 1990) opgetreden (figuur 1b).

De jaren 1986, 1987 en vooral 1988 waren "natte" jaren, terwijl in 1989 en 1990 sprake was van "droge" jaren (figuur 1c).

De lichtinstraling in de periode na 1980 ligt alle jaren op vrijwel hetzelfde niveau. In 1988 is sprake van een relatief lage jaargemiddelde instraling, terwijl de jaargemiddelde instraling in 1989 relatief hoog uitvalt (figuur 1d).

figuur 1.

Minimum en maximumwaarden van enkele klimaatgegevens in de periode 1980 - 1990. De waarden zijn gebaseerd op maandgemiddelden.



Nieuwe situatie (na april 1987)

Na de voltooiing van de compartimenteringswerken wordt de waterbeweging beïnvloed door natuurlijke randvoorwaarden, door de nieuwe infrastructuur en door het kortstondig gebruik van de stormvloedkering tegen stormvloeden. Het gemiddelde getijverschil bij Yerseke stelde zich in op ca. 87% van de oorspronkelijke waarde.

De periode na 1987 is gebruikt om na te gaan welke blijvende veranderingen zich aftekenen in het ecosysteem van de Oosterschelde.

Tijdschalen

De veranderingen als gevolg van de waterbouwkundige werken verlopen niet allemaal even snel. Zo zijn het getijverschil en het zoutgehalte direct na de voltooiing van de werken in een nieuw evenwicht gekomen. Voor de vorm van het bekken daarentegen is 1987 het begin van een langdurig proces van verandering van het geulen- en platensysteem, dat pas over tientallen tot honderden jaren tot een nieuw evenwicht zal leiden. Dit proces beïnvloedt weer de waterbeweging en de levensgemeenschappen. In dit licht gezien levert de periode 1987 tot 1990 vooral informatie over de richting waarin de Oosterschelde zich zal ontwikkelen. Voor bepaalde onderdelen zijn met meer zekerheid uitspraken mogelijk dan voor andere, trager verlopende processen waarvoor niet meer dan indicaties zijn verkregen.

Onzekerheden

Veel biologische verschijnselen vertonen natuurlijke fluctuaties. Daarom is bij de evaluatie onder meer gebruik gemaakt van simulatiemodellen waarbij de variaties in de gegevens zichtbaar zijn gemaakt als bandbreedtes rondom gemiddelde waarden. Voorzover er sprake is van veranderingen in de Oosterschelde sinds 1987, zijn deze niet allemaal toe te schrijven aan de waterbouwkundige werken. Uit het intermezzo 'klimatologische omstandigheden' bijvoorbeeld, blijkt dat er in de nieuwe situatie sprake is geweest van relatief warme winters en droge zomers. Ook zijn er weinig stormen geweest behalve in 1990. Hiermee is voor zover mogelijk rekening gehouden bij het interpreteren van de verschillen tussen de oorspronkelijke en de nieuwe situatie.

Onderzoek

Voor de evaluatie is gebruik gemaakt van kennis over de Oosterschelde in de oorspronkelijke situatie en van de op grond hiervan opgestelde prognoses over de te verwachten ontwikkelingen. Onderzocht is in hoeverre de ontwikkelingen in de nieuwe situatie overeen komen met

de prognoses, en wat de oorzaken van eventuele verschillen zijn. Tevens is nagegaan of er onverwachte effecten zijn opgetreden. Ook is onderzocht in hoeverre de waargenomen effecten direct of indirect relatie hebben met de waterbouwkundige werken.

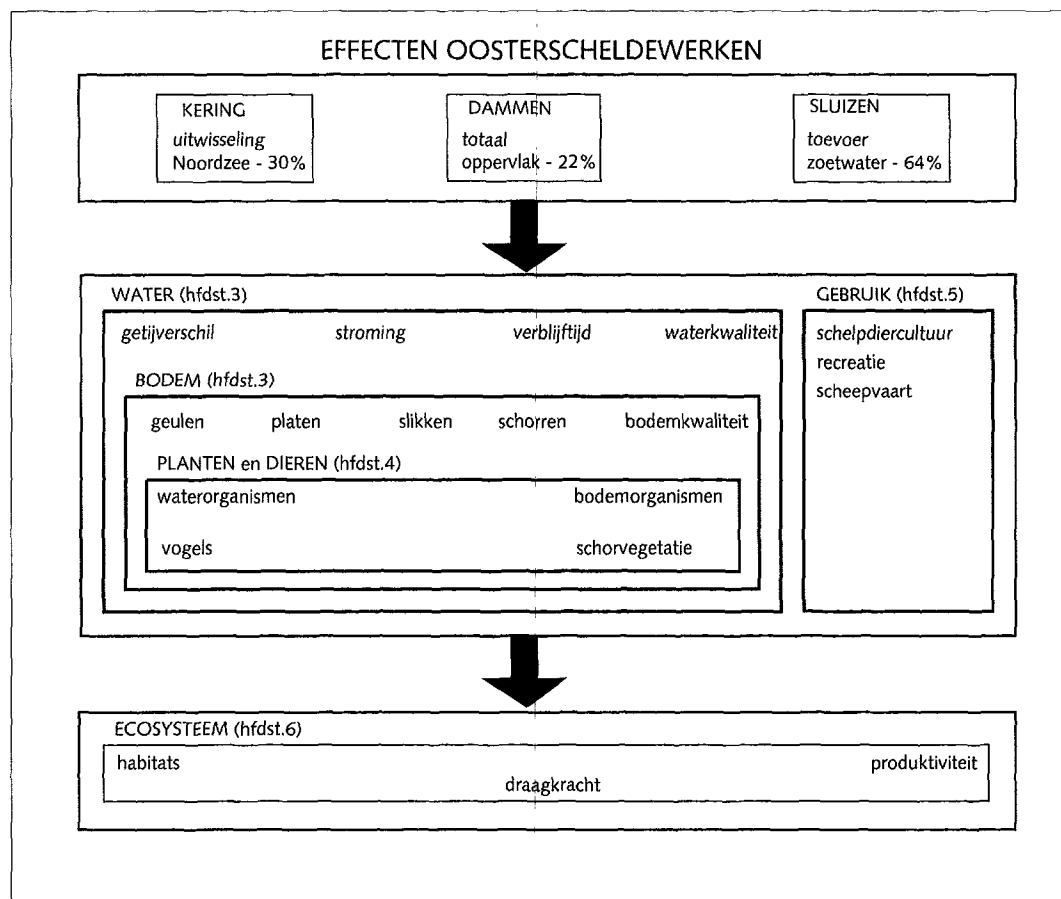
In de periode 1987 - 1991 is daartoe een onderzoek uitgevoerd, dat voor een belangrijk deel een vervolg was van onderzoek in de oorspronkelijke situatie. De inspanningen zijn geconcentreerd op onderwerpen waarvan kwantitatieve voorspellingen beschikbaar waren en die als beleidsrelevant werden aangemerkt.

Aandacht is besteed aan waterbeweging, waterkwaliteit, bodemligging, de ontwikkeling van plant- en dierpopulaties, het gebruik van het systeem voor schelpdiercultuur, recreatie en scheepvaart. Voorts zijn de effecten van de werken onderzocht op de habitats, de produktiviteit en de draagkracht van het ecosysteem.

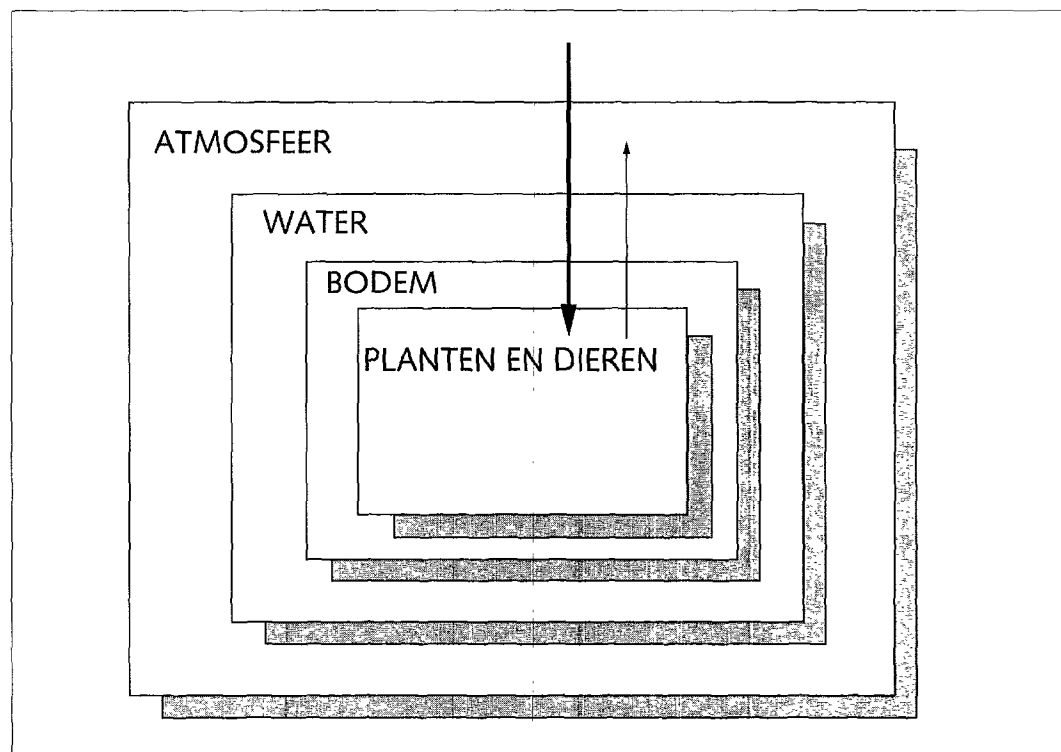
1.4 Opbouw van de nota

De effecten van de waterbouwkundige werken zijn beschreven voor water, bodem, planten en dieren, gebruiksfuncties en voor het watersysteem als geheel volgens het schema van figuur 1, dat tevens als leeswijzer dienst doet. Voordat op de effecten van de werken wordt ingegaan, komen in hoofdstuk 2 de karakteristieken van het Oosterscheldesysteem aan de orde, mede in relatie tot andere getijdewateren in de omgeving. In hoofdstuk 3 wordt ingegaan op de effecten van de werken op getij, waterkwaliteit en geomorfologische en bodemkundige ontwikkelingen op platen en schorren. In hoofdstuk 4 komen de ontwikkelingen van de planten en de dieren aan de orde. In hoofdstuk 5 worden de gebruiksfuncties schelpdiercultuur, recreatie en scheepvaart behandeld. In hoofdstuk 6 worden de veranderingen in de Oosterschelde geïntegreerd en geëvalueerd op het niveau van het ecosysteem. In hoofdstuk 7 tenslotte worden de hoofdconclusies geformuleerd en wordt ingegaan op de consequenties voor beleid, beheer en onderzoek. De belangrijkste 'boodschap' is per paragraaf vetgedrukt weergegeven.

figuur 1.1



figuur 2.1.
Algemeen schema van de
rangorde van invloedsferen in
het ecosysteem.



2 Kenschets van de Oosterschelde

2.1 Het watersysteem Oosterschelde

Het watersysteem Oosterschelde bestaat uit een groot aantal abiotische en biotische componenten, die met elkaar samenhangen en elkaar direct of indirect kunnen beïnvloeden. Om deze samenhang op een overzichtelijke manier te kunnen beschrijven, wordt ervan uitgegaan dat er een rangorde van invloedssferen bestaat, waarbij de ontwikkelingen binnen de ene invloedssfeer veel meer effect heeft op de andere invloedssfeer dan andersom. Zo zijn planten en dieren kenmerkend voor de biosfeer; wat zich in de biosfeer afspeelt staat onder invloed van het water (de hydrosfeer) en de bodem (de lithosfeer); veranderingen in de waterbeweging leiden tot veranderingen in de bodemligging en vervolgens tot veranderingen in de plant- en diergemeenschappen. Omgekeerd kunnen planten en dieren invloed uitoefenen op de ontwikkelingen in water en bodem, maar deze invloed is beperkt (figuur 2.1). De waterbouwkundige werken hebben directe effecten op water en bodem, en dit werkt door op de biosfeer.

Water

De Oosterschelde is een getijdesysteem. Kenmerkend is de grote veranderlijkheid, veroorzaakt door de variatie in de waterbeweging: stroomsnelheden en waterstanden wisselen voortdurend, zowel in de ruimte als in de tijd. Op sommige plaatsen is de maximale stroomsnelheid ruim een meter per seconde, terwijl deze op andere plaatsen nauwelijks boven de 10 à 20 centimeter per seconde komt. Tijdens de hoog- en laagwater kentering is er nauwelijks stroming. Bij laag water valt ongeveer een derde van het hele gebied droog.

Bodem

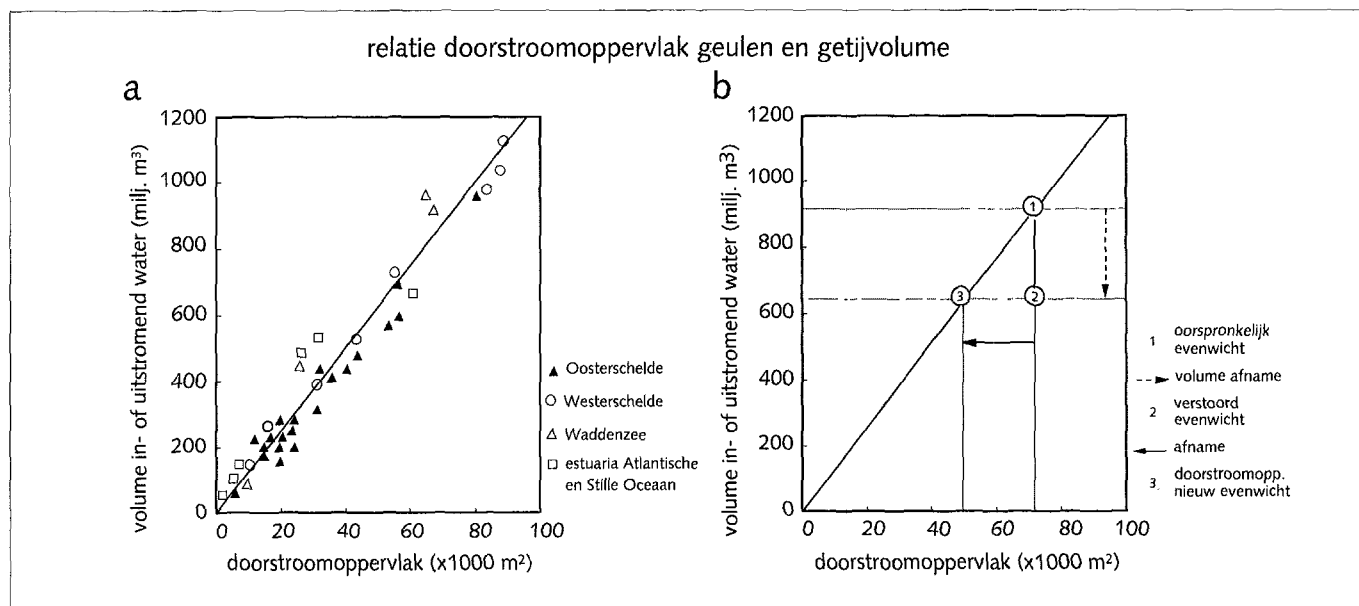
De getijstrooming zorgt samen met opwerveling door golfwerking voor erosie, transport en sedimentatie van zand, slib en ander materiaal. Een getijdesysteem heeft in de evenwichtstoestand een vaste relatie tussen de waterbeweging en de grootte van de geulen in het systeem (figuur 2.2a). Maar door stormen (sterke golfwerking) en veranderingen in de waterbeweging (door natuurlijke oorzaken of door menselijke ingrepen) zijn de geulen en intergetijdegebieden in een getijdesysteem in de praktijk nooit precies in evenwicht met de waterbeweging; de bodemligging verandert dus voortdurend. In de Oosterschelde is er in de nieuwe situatie een aanpassingsproces gaande waarbij het doorstroomoppervlak van de geulen afneemt tot dit correspondeert met het huidige getijvolume (figuur 2.2b). Het verkleinen van de geulen vereist zand; dit wordt aangeduid met de term 'zandhonger'.

Habitats

De organismen in een getijdesysteem leven dus in een wisselvallige omgeving. De dynamiek brengt met zich mee dat vooral soorten die tegen een stootje kunnen, in staat zijn zich te handhaven. Ze zijn aangepast aan wisselende omstandigheden. Daarbij geldt dat bepaalde soorten gebonden zijn aan bepaalde milieutypen; dit kunnen zowel abiotische als biotische milieu-eigenschappen zijn. De lokatie die voldoet aan de karakteristieke combinatie van milieueisen van een groep soorten wordt aangeduid met de term 'habitat' van die groep soorten. In de Oosterschelde is er een heel scala aan habitats (geulen, platen en slikken, dijkglaoingen, schorren), die karakteristieke soorten organismen herbergen, vaak in grote aantallen. De rijkdom aan soorten planten en dieren hangt samen met de rijkdom aan habitats (figuur 2.3; tabel 2.1).

tabel 2.1
Oppervlakte (ha) van de verschillende habitats van de Oosterschelde, wateroppervlakte bij NAP (ha), diepte bij NAP (m), volume bij NAP ($m^3 \cdot 10^6$) in de oorspronkelijke situatie (inclusief Krammer/Volkerak en Markiezeaat) (voor) en in de nieuwe situatie (na).

	mond voor	na	midden voor	na	kom voor	na	noord voor	na	totaal voor	na
platen	2450	2386	3483	3334	5936	4003	5131	1642	17000	11365
schorren	9	9	32	32	561	171	1123	431	1725	643
wateroppervlak	9464	9464	9625	9625	9976	8076	7118	3187	36183	30352
totale oppervlakte	10616	10616	10660	10660	12318	9200	11600	4600	45194	35076
diepte	12,15	12,15	10,35	10,35	3,86	4,13	9,84	8,24	8,93	9,01
volume	1150	1150	996	996	386	333	483	262	3015	2741
getijvolume	1240	880	495	355	420	295	280	80	-	-



figuur 2.2.
De relatie tussen de waterbeweging en het doorstroomoppervlak (a) van een aantal geulen in enkele getijdesystemen, inclusief de oorspronkelijke Oosterschelde. In fig. 2b is aangegeven in hoeverre het doorstroomoppervlak moet afnemen om in een nieuw evenwicht met de afgenomen waterbeweging te geraken.

In de Oosterschelde worden op grond van de waterloopkundige en morfologische eigenschappen vier deelgebieden onderscheiden: monding, middengebied, kom en noordelijke tak (figuur 2.4)

geulen

In de monding en in het middengebied van de Oosterschelde komen uitgestrekte diep watergebieden (beneden NAP -5 m) voor. De voornaamste groepen organismen zijn plantaardig en dierlijk plankton en vissen.

Plantaardig plankton staat aan de basis van de voedselketen en wordt gevormd uit minerale voedingsstoffen onder invloed van zonlicht (we noemen dat primaire produktie). De grootte van de primaire produktie in de Oosterschelde is vergelijkbaar met die in de kustzone van de Noordzee.

In de Oosterschelde komen vele vissoorten voor, waaronder bijzondere zomergasten vanwege de relatief hoge watertemperatuur. De meeste soorten zijn commercieel gezien van weinig belang. De functie van de Oosterschelde als kraamkamer voor o.a. puitaai en geep en als kinderkamer voor vissen die zich elders in de Noordzee voortplanten zoals haring, schol en tong, is van beperkte omvang.

platen en slikken

De uitgestrekte platen en slikken lijken op het eerste gezicht kaal en verlaten, maar bevatten een rijk bodemleven met vele soorten bodemalgen, wormen, schelpdieren en kreeftachtigen. Het is een zeer produktief systeem, dat zelf gevoed wordt door de getijbeweging, die zorgt voor toevoer van materiaal vanuit de wijde omgeving. De plaatgebieden produceren voedsel, dat bij laagwater door grote groepen

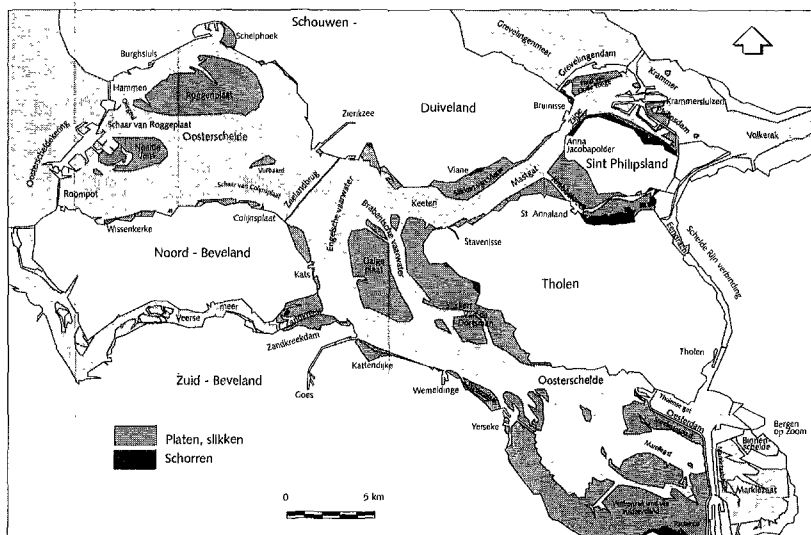
vogels wordt gebruikt en bij hoogwater door vissen en garnalen. Voor trekvogels is een ongestoord getijdegebied een essentiële halte om bij te tanken. Voor overwinterende steltlopers en eendachtigen is de voedselvoorraad op de platen bepalend voor hun konditie en weerstand.

dijkvlooiingen

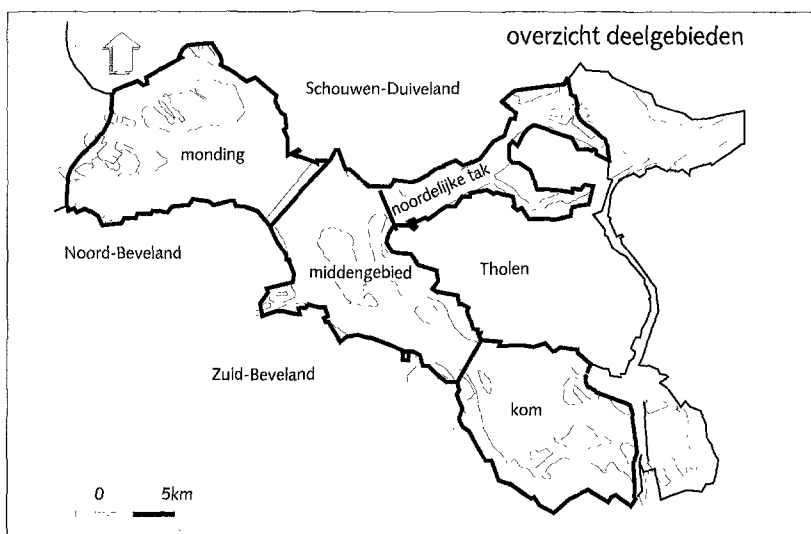
Aan de randen van de Oosterschelde vormen de harde verdedigingsconstructies van dijken, in de vorm van gezette glooiingen of bestortingen, een speciale habitat voor een bijzondere flora en fauna. In de getijdezone komen zeer soortenrijke wiervegetaties voor. De glooiingen beneden laag water zijn begroeid met een bijzondere rotsfauna gemeenschap bestaande uit zeeanemonen, zakpijpen, mosdierjes, sponzen, naaktslakken, oesters, kreeften e.d.. Van nature is dit type habitat in Nederland zeer zeldzaam vanwege het ontbreken van geschikte ondergrond. Het draagt in belangrijke mate bij aan het unieke karakter van de Oosterschelde.

schorren

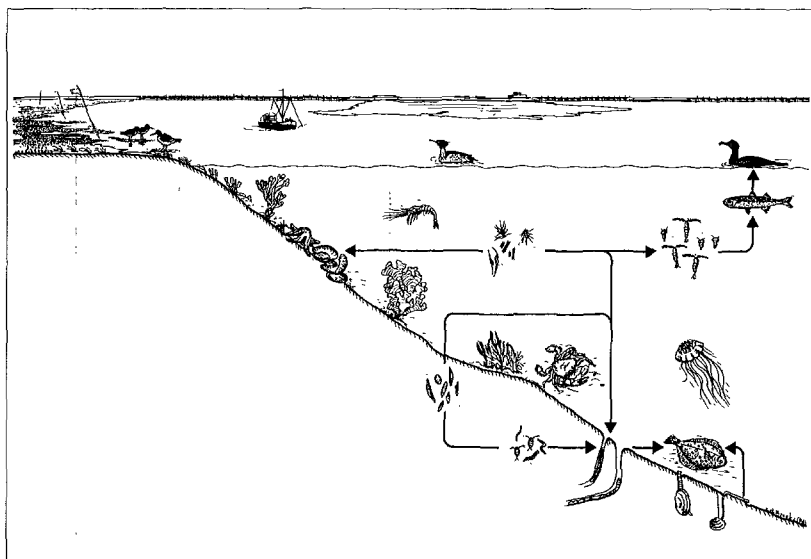
De schorren zijn de relatief hoog gelegen gebieden aan de randen van de Oosterschelde; ze worden enkele honderden tot slechts een tiental keren per jaar overspoeld en worden verder gekenmerkt door een karakteristieke plantengroei (met zoutminnende soorten als zeekraal, engels slijkgras en zeeaster) en een aantal broedvogelsoorten. Karakteristiek is ook de afwisseling in geulen, oeverwallen en komgebieden, en in samenhang hiermee het voorkomen van verschillende overgangszones, van laag naar hoog, van nat naar droog en van van zout naar zoet.



figuur 2.3.
Overzicht van enkele habitats van de Oosterschelde.



figuur 2.4.
Indeling van de Oosterschelde in deelgebieden



figuur 2.5.
Schema van het voedselweb van een getijdesysteem

Productiviteit

Per habitat vormen verschillende populaties samen een levensgemeenschap. Deze populaties kunnen al of niet direct relaties met elkaar hebben binnen het habitat, maar ook tussen de habitats kunnen relaties bestaan. Deze relaties kunnen wederzijds voordeel opleveren, competitief zijn (concurrentie om voedsel of ruimte), of een predator-prooi karakter hebben. Deze laatste relatie kan worden weergegeven in de vorm van een voedselweb, waarbij omwille van de overzichtelijkheid vaak een sterke vereenvoudiging van het relatiepatroon wordt aangebracht (figuur 2.5).

Naast het voorkomen van habitats vormen de voedselrelaties de basis voor het functioneren van het ecosysteem. Een belangrijk deel van de planten- en diersoorten in de Oosterschelde behoort tot de pioniers, met een leefwijze die 'opportunistisch' wordt genoemd. Dergelijke soorten kunnen snel reageren op veranderingen door een korte generatietijd, veel nakomelingen en een hoge groeisnelheid. Vooral de hoge groeisnelheid van veel soorten betekent een hoge productiviteit van het systeem. Dit vormt de basis van een belangrijke karakteristiek van de Oosterschelde: als voedselbron voor vogels en vissen. Vooral het intergetijdegebied is gekenmerkt door een zeer productieve levensgemeenschap.

Gebruik

Het menselijk gebruik van de Oosterschelde is sterk verweven met de karakteristieke eigenschappen van dit gebied. De productiviteit van de Oosterschelde wordt vooral geëxploiteerd in de vorm van mosselkweek en kokkelvisserij. Vanuit de recreatie steunt de sportvisserij - en in het verlengde hiervan de zeeaaswinning - op de productiecapaciteit van het gebied. De productie van de schorren wordt benut voor het snijden van de zeegroenten lamsoor en zeekraal. Als leverancier van grondstoffen is de Oosterschelde van beperkt belang voor de zand- en schelpenwinning. De laatste decennia is de recreatie rond de Oosterschelde sterk in opkomst. In zekere zin is dit te vertalen in de exploitatie van rust, ruimte, landschap en natuur van dit gebied. De goede bevaarbaarheid en de ligging tussen de haven- en industriegebieden van Zeeland, België en Rotterdam maken de Oosterschelde tot een belangrijke vaarroute voor de beroepsvaart.

Om een indruk te krijgen van het economische belang van de verschillende functies is in tabel 2.2 voor zover mogelijk voor de belangrijkste functies aangegeven hoeveel geld

	1982 - 1985		1986 - 1989	
	opbrengst	arbeidsplaatsen	opbrengst	arbeidsplaatsen
mosselcultuur				
aanvoer	13,50	248	19,25	248
kokkelvisserij				
aanvoer	4,23	?	16,23	110
oestercultuur	1,40	50	4,78	50
schelpdiercultuur		1240		1510
aanvoer ¹⁾	82,70		123,25	
totaal ²⁾	206,75		308,13	
recreatie			63,1	619

¹⁾ Inclusief aanvoer van elders uit Nederland, excl. import
²⁾ Inclusief handel en verwerking

tabel 2.2

De economische betekenis van de Oosterschelde (opbrengst in mln guldens; aantallen arbeidsplaatsen) (bron: Mes, 1991)

tabel 2.3

Enkele karakteristieken van de Oosterschelde (nieuwe situatie) in vergelijking met andere getijdewateren. (biomassa waarden gerekend over totaal oppervlak)

	Oosterschelde	Westerschelde	Voordelta	Waddenzee
totaal oppervlak (km ²)	351	310	450	2400
oppervlak platen	114	82	30	1300
oppervlak schorren	6	30	<1	65
vogels:				
dichtheid steltlopers (n/ha)	10	3	<1	4
bodemdieren:				
biomassa kokkels (g ADW/m ²)	12,5	5	<1	3
„ mosselen	14	0	<1	6
„ overige bodemdieren	5	3	20	28
fytoplankton:				
primaire produktie (g C/m ² /jr)	195	215	?	250
chlorofylgehalte (µg/l)	5	12	?	7
(? = geen gegevens)				

er jaarlijks omgaat en hoeveel arbeidsplaatsen ermee gemoeid zijn.

2.2 De Oosterschelde in breder verband

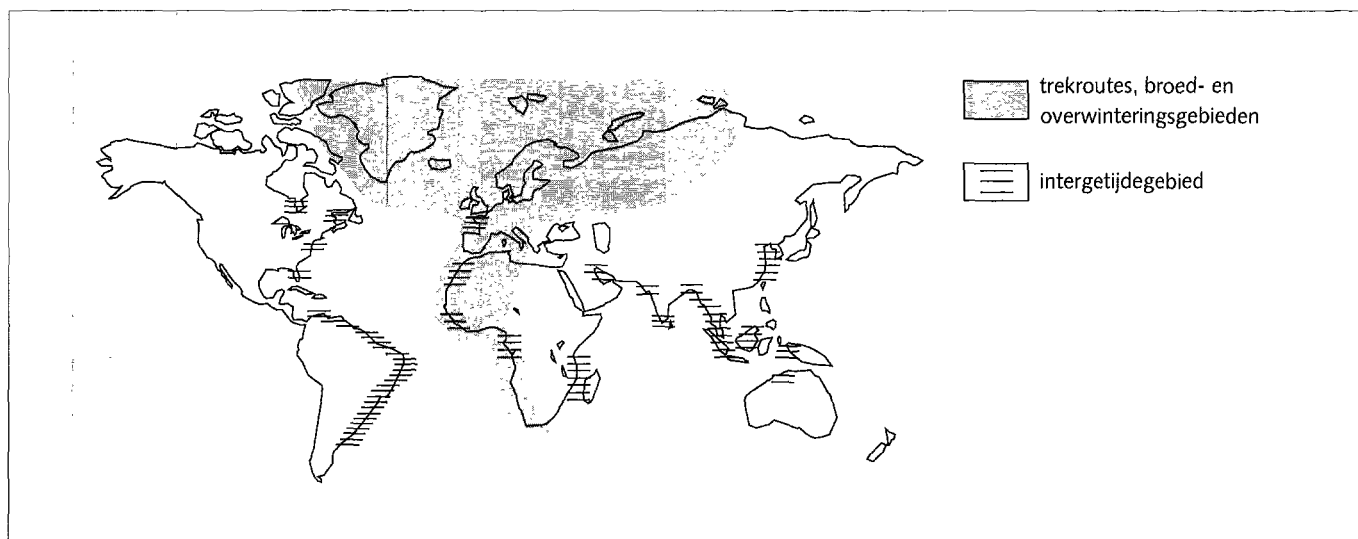
De Oosterschelde is een getijdesysteem met unieke eigenschappen zoals het hoge zoutgehalte, de grote helderheid, het voorkomen van harde substraten, schorren, zeegrasvelden en de hoge aantallen bodemdieren, met name kokkels, die een hoge vogeldichtheid mogelijk maken. Het gebied vormt anderzijds een onderdeel van een groter geheel van grootschalige getijdewateren zoals de Westerschelde, de Voordelta en de Waddenzee (tabel 2.3).

De Oosterschelde staat in open verbinding met de Voordelta en wordt via de Voordelta beïnvloed door Rijn, Maas en Schelde. De invloed van de Rijn is het grootst; in de monding van de Oosterschelde is gemiddeld 10 - 15 % van het totale volume water afkomstig uit de Rijn.

De verontreinigingsgraad is niettemin zeer laag; de waterkwaliteit van de Oosterschelde is beter dan van andere Nederlandse kustwateren.

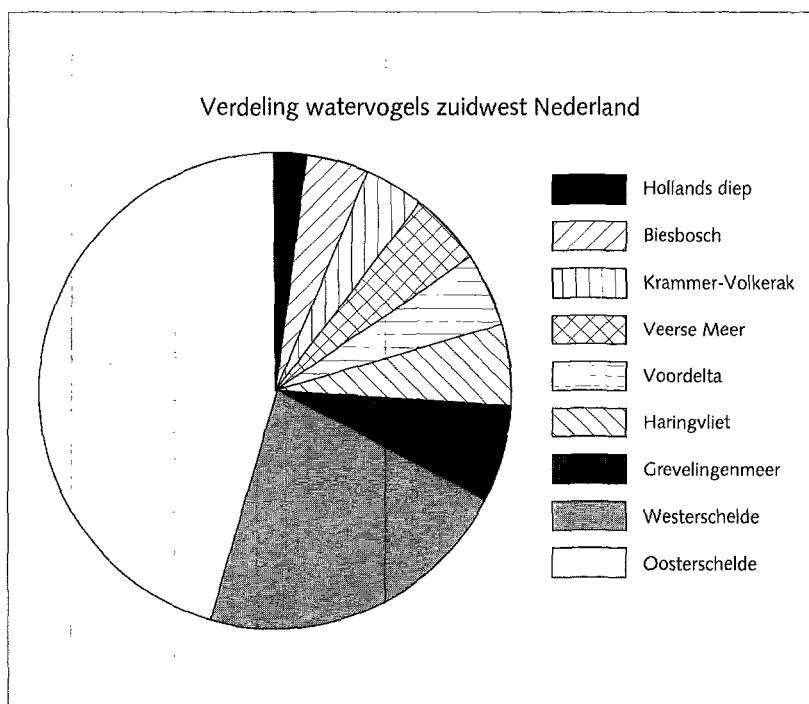
Voor vissen en vogels vormt de Oosterschelde een schakel in een keten die zich uitstrekt tot de Noordzee en de andere getijdewateren zoals de Westerschelde en de Waddenzee. De samenhang tussen de getijdegebieden komt het meest duidelijk naar voren bij de trekvogels. De Westeuropese getijdegebieden fungeren als tankstations in de Oost-Atlantische route, die zich uitstrekt van Canada en Midden-Siberië tot Zuid-Afrika (figuur 2.6) en die intensief wordt gebruikt. Ingrepen in één getijdegebied kunnen via de vogels effect hebben in heel andere gebieden.

Van de watervogels in de Delta wordt het grootste deel in de Oosterschelde aangetroffen (figuur 2.7). De Oosterschelde maakt onderdeel



figuur 2.6.

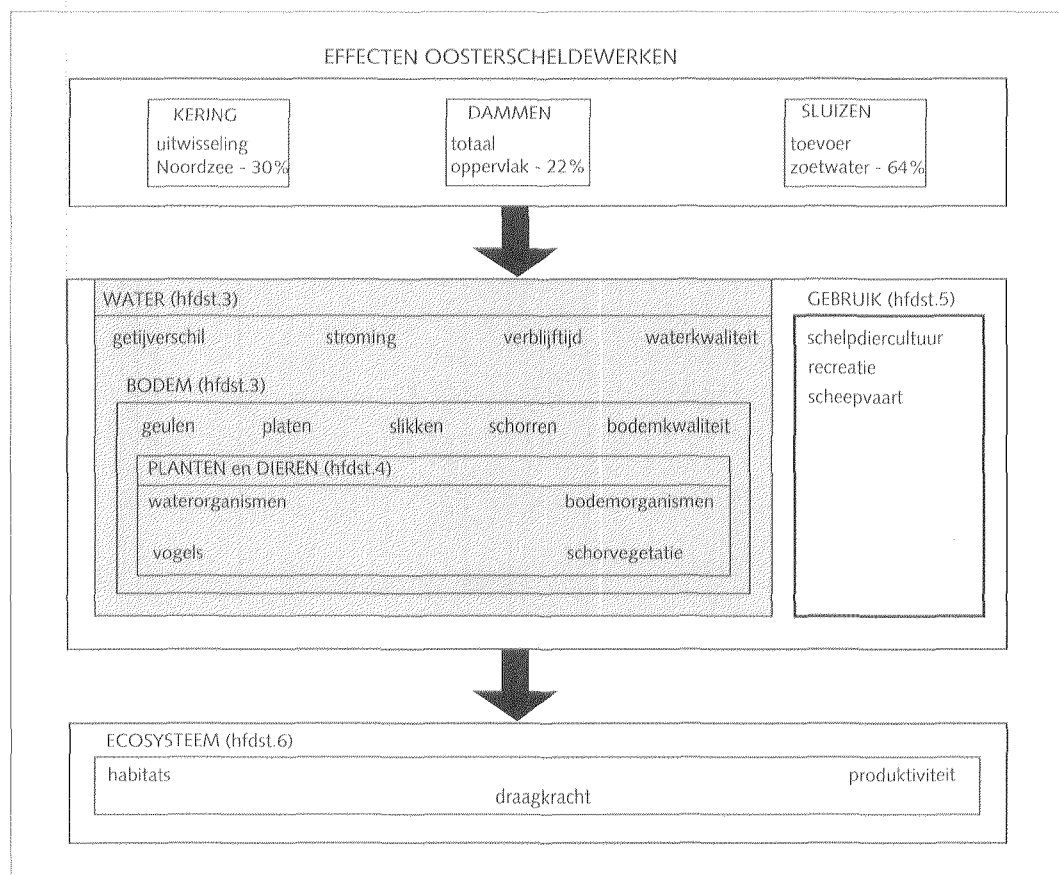
Oost-Atlantische trekroute van vogelsoorten die in de Oosterschelde voorkomen.



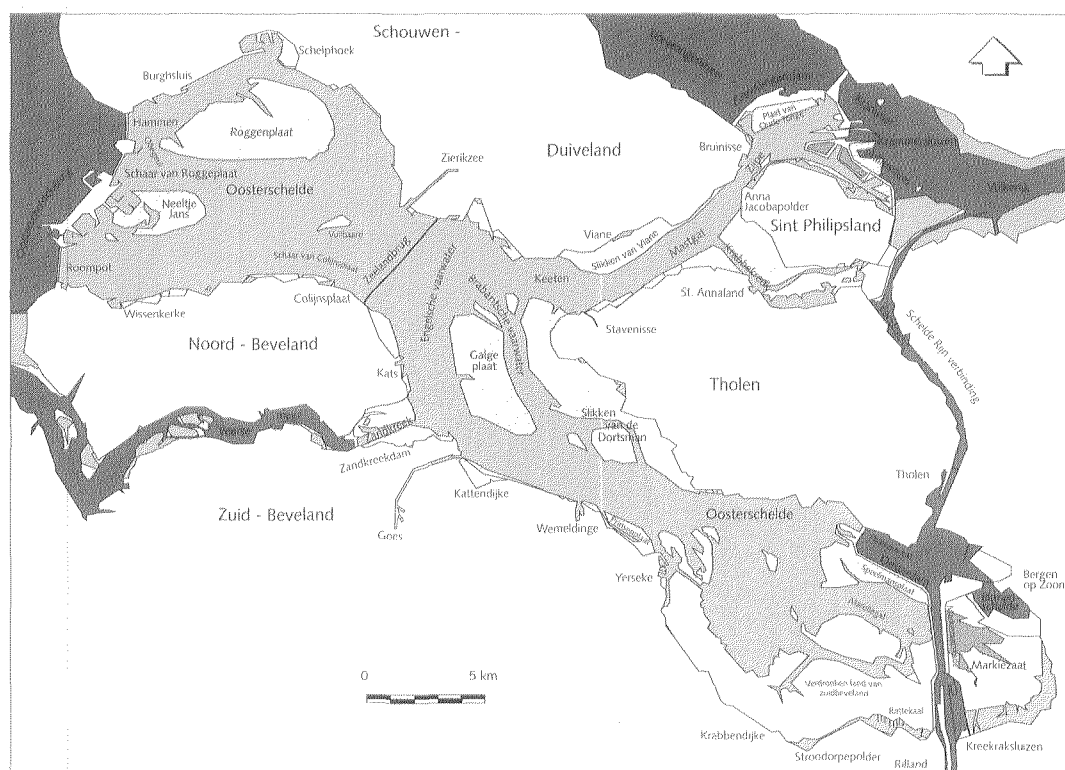
figuur 2.7
Verdeling van de aantallen watervogels over de verschillende watersystemen in de Delta.

uit van de verzameling watersystemen van de Delta. Naast de Westerschelde en de Voordelta als getidesystemen, bestaat de Delta uit de stagnante wateren Grevelingen (zout), Zoommeer, Markiezaat en Krammer/Volkerak (zoet) en de semi-stagnante wateren Veerse Meer (brak/zout), Haringvliet, Biesbosch en Hollands Diep (zoet). Meer direct in relatie tot de Oosterschelde staan de binnendijkse inlagen en karrevelden die in feite één geheel vormen met het Oosterscheldesysteem.

De schelpdiercultuur in de Oosterschelde, in het bijzonder de mosselkweek, kan eveneens in breder verband worden geplaatst. Sinds de jaren vijftig is de Waddenzee het grootste kweekgebied van mosselen in Nederland, en tevens de belangrijkste leverancier van mosselzaad. In samenhang met de Waddenzee, wordt de Oosterschelde gebruikt als kweekgebied, om de risico's te spreiden, en voor het verwateren van mosselen.



figuur 3.1.



3 De effecten op water en bodem

3.1 Getij

Het getijverschil is ruimschoots boven het beoogde minimum van 2,70 m bij Yerseke gebleven. De veranderingen in de getijbeweging zijn niet overal in het bekken gelijk. In de noordelijke tak bedraagt de afname van de stroomsnelheden meer dan 70%, terwijl de reductie in de rest van het bekken 30 tot 40% bedraagt.

Oorspronkelijke situatie

Het overgrote deel van het planten- en dierenleven in en rond de Oosterschelde is in hoge mate afhankelijk van de getijbeweging in het bekken. De verticale getijbeweging bepaalt de hoog- en laagwaterstand en ieder getij opnieuw weer de periode dat delen van het intergetijdegebied droogvallen, of juist overspoeld worden. Dit bepaalt mede de ontwikkelingsmogelijkheden van het ecosysteem van het hele gebied. Van het horizontaal getij zijn twee aspecten van belang voor het ecosysteem in de Oosterschelde. In de eerste plaats bepalen de getijvolumina de hoeveelheid opgeloste en zwevende stoffen die in één getij worden getransporteerd en daarmee onder andere het voedselaanbod, het zoutgehalte en de verspreiding van verontreinigingen. In de tweede plaats zijn de maximale stroomsnelheden bepalend voor de aanwezigheid van zwevend materiaal in de waterkolom en daarmee bijvoorbeeld voor de helderheid van het water en het optreden van verslibbing. Ook het risico dat organismen zoals bijvoorbeeld mosselen wegspoelen, is afhankelijk van de hoogte van maximale eb- en vloodsnelheden.

Prognose

In 1982 werd de definitieve doorstroomopening van de kering zodanig vastgesteld, dat in de nieuwe situatie de kans op een gemiddeld getijverschil lager dan 2,70 m (bij Yerseke) minder dan 1% zou zijn. Dit betekende, dat de meest waarschijnlijke waarde (de verwachtingswaarde) voor het gemiddelde getijverschil bij Yerseke uitkwam op 3,10 m. Verwacht werd dat door de verkleining van de doorstroomopening in de monding en door de aanleg van de compartimenteringsdammen het getijvolume en daarmee ook de stroomsnelheden, met ongeveer 30% zouden afnemen. Door de vermindering van het getijvolume, dus minder uitwisseling met de Noordzee, zou de verblijftijd van water in de Oosterschelde verdubbelen.

Overgangsfase

- *vertikaal getijverschil tijdelijk kleiner dan 2,50 m*

Tijdens de bouw van de stormvloedkering nam de effectieve doorstroomopening (dit is de werkelijke doorstroomopening vermenigvuldigd met een afvoercoëfficiënt) in de mond van de Oosterschelde geleidelijk af van ca. 80.000 m² naar 17.550 m². Deze vermindering had pas effect op de waterbeweging in de Oosterschelde, toen de doorstroomopening kleiner werd dan ongeveer 35.000 m². Vanaf dat moment liep het getijvolume merkbaar terug en nam het getijverschil af. Deze fase begon medio 1985, toen de opbouw van de drempel tot de Roompot was gevorderd en de eerste dorpelbalken in de Hammen werden geplaatst (figuur 3.2). In april 1986 bereikte de kering zijn definitieve doorstroomopening van 17.550 m². Het getijvolume door de mond van de Oosterschelde was op dat moment met ca. 25% afgenomen en het getijverschil bij Yerseke bedroeg toen 2,70-2,80 m.

Om de kering te kunnen afbouwen werden regelmatig enkele schuiven dicht gezet. Drijvend materieel kon dan in de luwte van de neergelaten schuiven rustig doorgaan met het plaatsen van diverse onderdelen van de kering (zoals bijvoorbeeld bovenbalken). Door deze werkwijze echter nam de doorstroomopening en daarmee het getijverschil op het bekken incidenteel nog verder af. In oktober 1986 werd de kering gedurende enkele dagen zelfs helemaal gesloten om de (zand)sluiting van het Tholensche Gat mogelijk te maken.

De Philipsdam was op dat moment nog niet gesloten. In de fase na oktober 1986 waren de stroomsnelheden op de Schelde-Rijnverbinding voor de scheepvaart onaanvaardbaar hoog. Daarom was het noodzakelijk een gedeelte van de stormvloedkering regelmatig te sluiten om het getij nog verder te reduceren. Hierbij werd zoveel mogelijk rekening gehouden met de natuur- en visserijbelangen. Het getijverschil bij Yerseke was gedurende enkele maanden gemiddeld 2,40-2,50 m.

Dit duurde tot de sluiting van de Philipsdam in april 1987. Op dat moment nam het wateroppervlak van het bekken af van 362 km² tot 304 km². Daarna is de kering alleen nog maar bij extreme hoogwaterstanden gesloten. Het getij op de Oosterschelde stelde zich onmiddellijk in op deze nieuwe situatie.

Het getij op de Oosterschelde

Het getij op de Noordzee veroorzaakt ook op de Oosterschelde een getijbeweging. We onderscheiden daarbij vertikaal- en horizontaal getij. Bij vertikaal getij gaat het vooral om hoogwater en laagwater. Het verschil daartussen noemen we getijverschil.

Horizontaal getij is de verplaatsing van water door geulen en (bij hoog water) over ondiepe platen. We onderscheiden daarbij:

- (i) het getijvolume; dat is de hoeveelheid water die tweemaal per dag een geul in- en uitstroomt,
- (ii) het debiet; dat is de hoeveelheid water die per seconde door een geul stroomt,
- (iii) de stroomsnelheid; dat is de afstand die de waterdeeltjes per seconde afleggen.

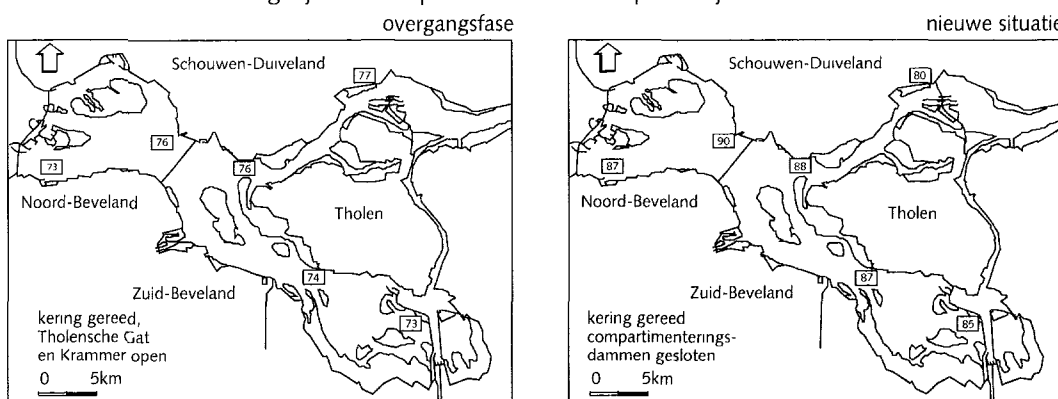
In de overgangsfase zijn het getijverschil en het getijvolume met een gelijk percentage afgenomen. Na het gereedkomen van de werken in april 1987 is het getijvolume verder gereduceerd terwijl het getijverschil is toegenomen.

De hoeveelheid water die de Oosterschelde instroomt, hangt niet alleen af van het getij op zee, maar ook van de grootte van de geulen in de monding en van de oppervlakte van het bekken.

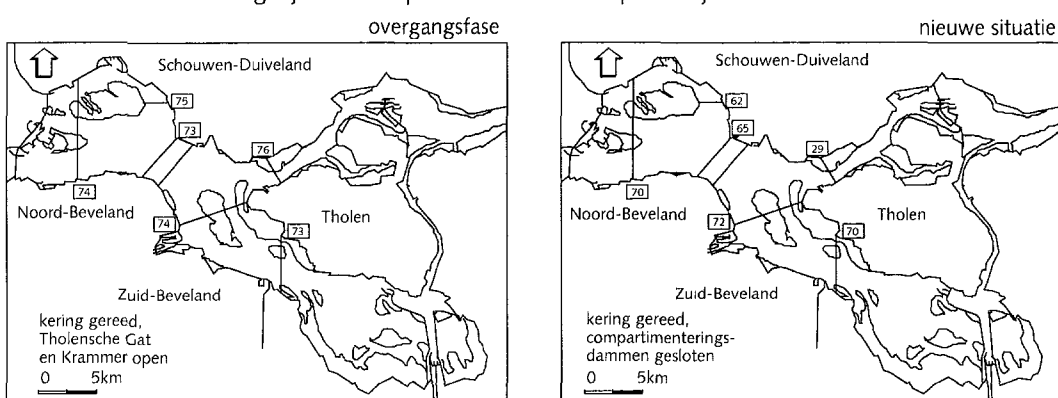
Als we de geulen in de monding een stuk kleiner maken, stroomt het water er moeilijker doorheen en zal minder water het bekken instromen; het getijvolume (en daardoor het getijverschil) neemt af. Dat is bijvoorbeeld gebeurd door de aanleg van de stormvloedkering.

We kunnen ook de oppervlakte van een bekken kleiner maken, zoals gebeurd is door de aanleg van de compartimenteringsdammen. Het binnenstromende zeewater heeft dan minder ruimte. In de eerste plaats zal daardoor minder water het bekken in kunnen stromen zodat getijvolume en stroomsnelheden afnemen. In de tweede plaats zal het getijverschil groter worden. Dat komt doordat het getijvolume in verhouding minder afneemt dan de oppervlakte. In onderstaande figuren is de invloed van de kering en de compartimenteringsdammen op het getijverschil en het getijvolume weergegeven ten opzichte van de oorspronkelijke situatie.

getijverschil in procenten t.o.v. oorspronkelijke situatie



getijvolume in procenten t.o.v. oorspronkelijke situatie



- *horizontaal getij met minstens 25% gereduceerd*

Het horizontale getij in de kom werd al in 1983 beïnvloed door de afsluiting van het Markiezaat van Bergen op Zoom; de getijvolumina namen af met 6% in het westelijk deel van de kom tot 100% ter plaatse van de Markiezaatskade.

Elders in het bekken was het verlies aan komberging (minder dan 1% van het totale bekken) nauwelijks merkbaar.

In de hierop volgende periode van ca. 2 jaar werd de getijbeweging alleen plaatselijk beïnvloed. Allereerst oostelijk in de kom ten gevolge van de aanleg van het damvak Speelmansplaten en door de sluiting van het Marollegat. Vervolgens in de omgeving van de kering. Daar nam vanaf 1984 het debiet door de Oliegeul, een kortsluitgeul tussen Hammen en Schaar, onder invloed van de werken sterk toe.

Vanaf medio 1985 tot april 1986 voltrok zich de grootste verandering in het horizontale getij. De bouw van de kering werd merkbaar op het hele bekken. Het getijvolume door de mond van de Oosterschelde verminderde in deze periode geleidelijk met ca. 25%. Hierdoor was in de periode na het gereedkomen van de kering (april 1986) tot aan de sluiting van het Tholensche Gat (oktober 1986) het horizontaal getij op het gehele bekken met minimaal 25% gereduceerd. Soms meer als gevolg van het dicht zetten van schuiven in de kering.

Door de sluiting van het Tholensche Gat nam het getijvolume door de kering nog verder af. Deze afname was echter niet overal even sterk merkbaar, omdat de debietverdeling tussen de kom en de noordelijke tak veranderde. Ook in de periode vanaf de sluiting van het Tholensche Gat tot aan de sluiting van het Krammer zijn van tijd tot tijd grotere reducties dan 25% opgetreden vanwege het gebruik van de stormvloedkering.

- *uitwisseling tussen Hammen en Schaar leidde tot vorming Oliegeul*

Bij het ontwerp van de stormvloedkering is rekening gehouden met de toen bestaande verdeling van het getijvolume door de monding van de Oosterschelde over de Roompot, de Schaar en de Hammen in de verhouding 60-20-20%. De bedoeling was om deze verhouding zoveel mogelijk in stand te houden.

Door natuurlijke oorzaken echter, was de verdeling van het getijvolume ter plaatse van het keringtracé ten tijde van de bouw van de kering gewijzigd. De verhouding Roompot-Schaar-Hammen lag in de orde van 59-24-17%. Dat betekent, dat er op dat moment meer water door de Schaar en minder water door de Hammen stroomde dan waarop was gerekend bij het ontwerp. Hierdoor was de kering ter plaatse van de Schaar naar verhouding te klein gedimensioneerd en in de Hammen te groot. Na het gereedkomen van de kering stroomde daarom te weinig water door de Schaar en teveel door de Hammen.

Deze onevenwichtige situatie werd gecompenseerd door uitwisseling tussen Hammen en Schaar via de Oliegeul, oorspronkelijk een onbeduidend geultje dat in de jaren '70 als gevolg van de werken was ontstaan. Het getijvolume in de geul nam steeds meer toe, waardoor de stroomsnelheden hoger werden en de Oliegeul aanzienlijk verruimde. Sinds 1987 is de situatie hydraulisch/morfologisch gezien weer in evenwicht.

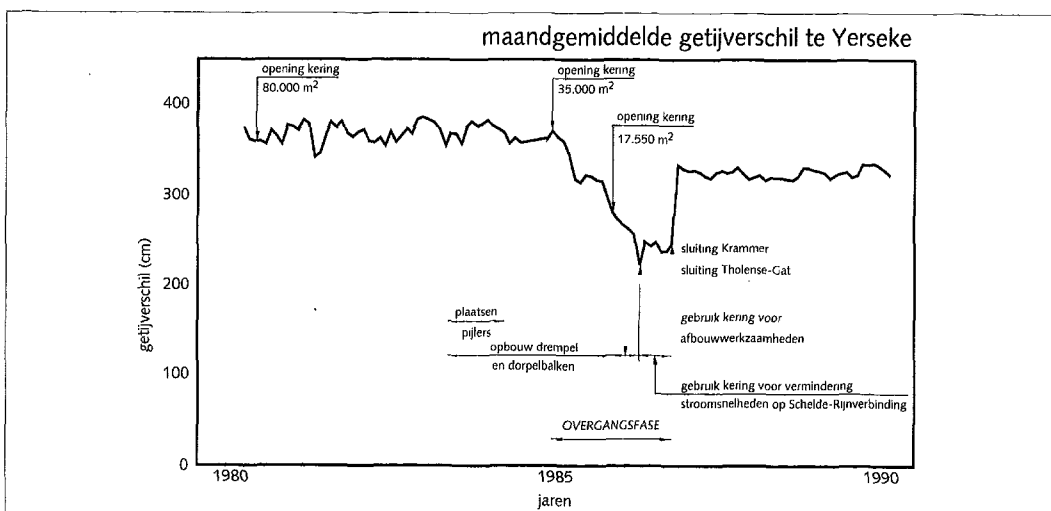
Nieuwe situatie

- *het gemiddeld getijverschil bij Yerseke bedraagt nu 3,25 m*

In de huidige situatie bedraagt het gemiddeld getijverschil bij Yerseke ca. 3,25 m, een reductie van ongeveer 13% ten opzichte van de oorspronkelijke situatie (figuur 3.2).

figuur 3.2.

Het getijverschil bij Yerseke is nu ongeveer 13% lager dan in het begin van de jaren 80. In de overgangsfase was het getijverschil tijdelijk 25% en meer afgenomen. Tijdens de sluiting van de compartimenteringsdammen was gedurende enkele dagen helemaal geen sprake meer van een getijbeweging op de Oosterschelde.



Bij de overige meetlokaties in het bekken liggen de reducties van het getijverschil in dezelfde orde van grootte, met uitzondering van Philipsdam-West in de noordelijke tak. Daar bedraagt de reductie bijna 20% (figuur 3.3).

In verband met onderhoudswerkzaamheden worden soms enkele schuiven in de kering gesloten. Dit betekent dat het openingspercentage gemiddeld lager dan 100% is. In de nieuwe situatie bedroeg het gemiddelde openingspercentage van de stormvloedkering ca. 98%. Het gemiddeld getij bij Yerseke komt hierdoor enkele centimeters lager uit dan bij volledig geopende kering het geval zou zijn geweest. Hiermee is bij het ontwerp van de kering rekening gehouden.

Het huidige getijverschil is groter dan op grond van berekeningen in 1982 werd verwacht (ca. 3,10 m). Dat is gunstig voor de ontwikkeling van het ecosysteem, dat immers gebaat is bij een zo groot mogelijk getijverschil.

Voor een deel is de onderschatting van het getijverschil in de prognose te verklaren uit de berekeningsmethode die begin jaren 80 werd gebruikt om het getijverschil bij Yerseke te bepalen. Dit werd in die tijd namelijk niet ter plaatse gemeten en moest via berekeningen geschat worden. Daarbij is o.a. uitgegaan van een getijverschil op de Noordzee, dat (als gevolg van cyclische veranderingen) ca. 10 cm lager was dan het huidige getijverschil.

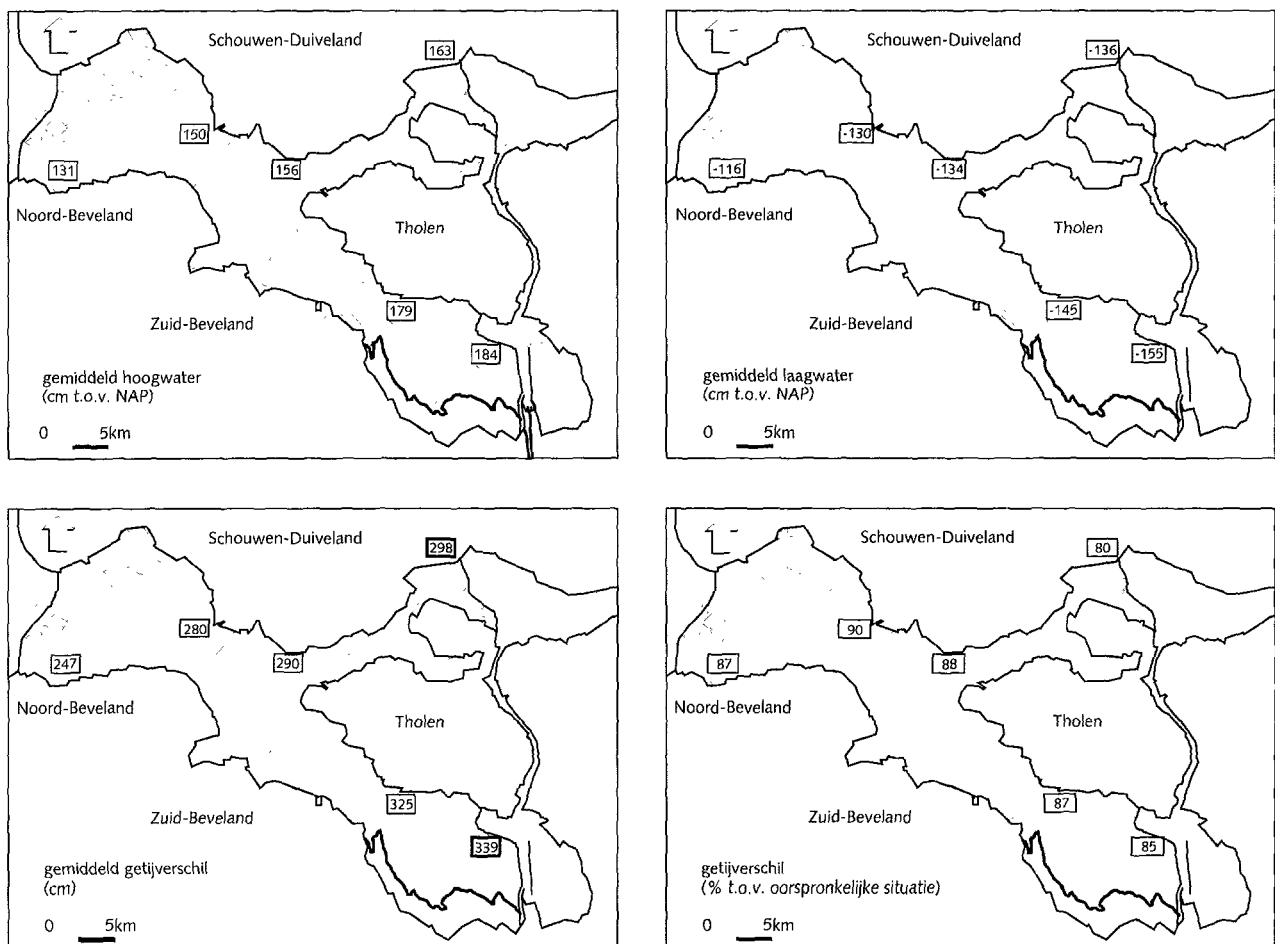
Een andere oorzaak voor de gunstige ontwikkeling van het getijverschil is een grotere effectieve doorstroombopening (17550 m²) in de kering dan werd verwacht (16550 m²). Dat komt doordat het water dat door de kering stroomt minder weerstand ondervindt dan op basis van modelonderzoek was aangenomen.

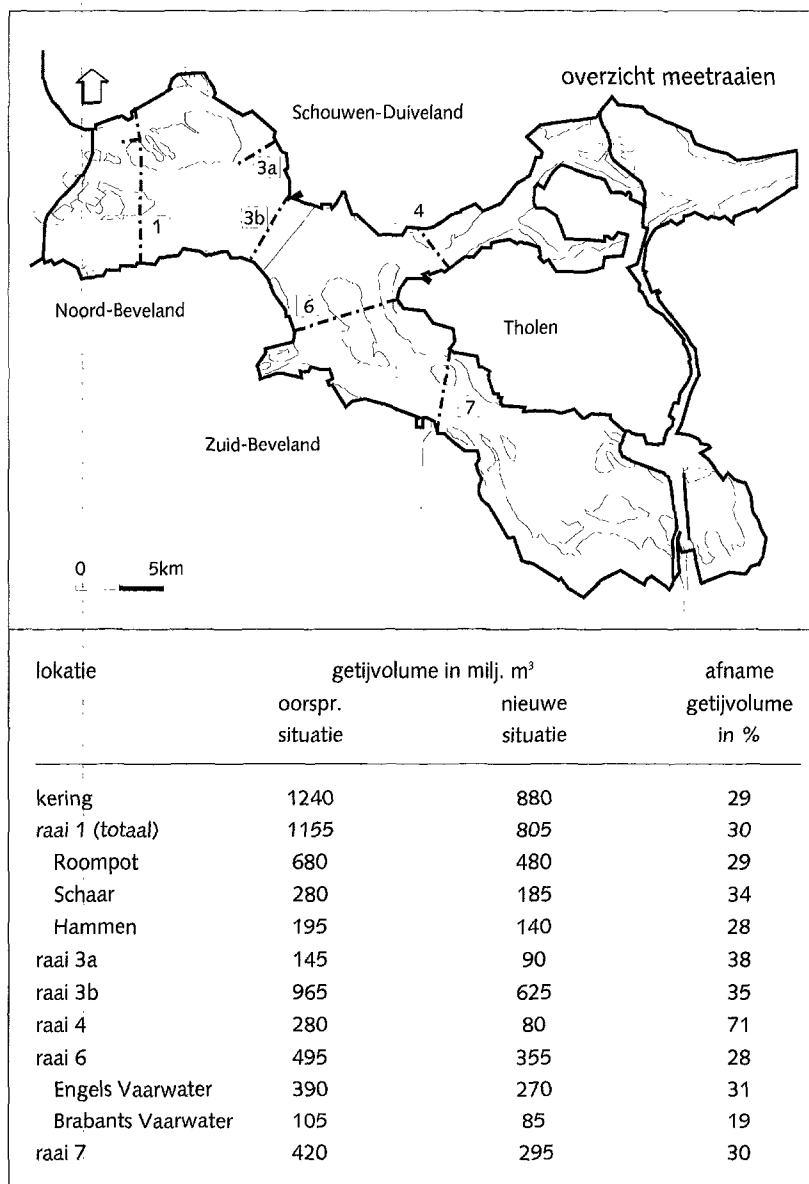
Tenslotte is de bodemruwheid in de Oosterschelde afgenomen als gevolg van lagere stroomsnelheden. Het getij kan zich hierdoor gemakkelijker over het bekken voortplanten. Met dit -overigens geringe- effect van de werken op de getijbeweging is vroeger nooit rekening gehouden.

figuur 3.3

Het getijverschil is op het gehele bekken afgenomen tot 85 à 90% van de oorspronkelijke waarde. In de noordelijke tak is de afname het grootst. Bij Philipsdam-west wordt nu ongeveer 80% van het oorspronkelijke getijverschil gemeten.

het getij in de nieuwe situatie





figuur 3.4.
Het getijvolume is in de monding afgenomen met 30% (van 1240 tot 880 miljoen m³). In alle stroomgeulen is het getijvolume minstens 30% minder geworden.

- Het getijvolume in de monding is met 30% afgenomen

Vóór de aanvang van de Oosterscheldewerken bedroeg het getijvolume in de monding van de Oosterschelde gemiddeld ca. 1240 miljoen m³. Door de vernauwing van de doorstroomopening en verkleining van het bekken door de aanleg van de compartimenteringsdammen, nam het getijvolume door de monding af met 360 miljoen m³ tot 880 miljoen m³ per getij. Dit is een reductie van ca. 30% ten opzichte van het getijvolume begin jaren tachtig (figuur 3.4).

- Op het bekken varieert de afname van het getijvolume van 30 tot 70%

De afname van het getijvolume is niet overal op het bekken even groot. Door aanleg van de Philipsdam bijvoorbeeld werd de oppervlakte van de noordelijke tak (inclusief het Krammer-Volkerak) 60% kleiner. In de huidige noordelijke tak (Keeten, Mastgat, Zijpe) nam bovendien het

getijverschil met 12-20% af. Alles tezamen wordt hierdoor in de noordelijke tak ruim 70% minder water geborgen dan in de oorspronkelijke situatie. Het getijvolume bij Stavenisse is dan ook met een gelijk percentage afgenomen van 280 miljoen m³ naar 80 miljoen m³.

In de kom zijn door de aanleg van de Oesterdam vergelijkbare ontwikkelingen opgetreden. De gevolgen zijn hier echter minder groot dan in de noordelijke tak. De gebiedsvermindering bedraagt slechts 20% en de afname in getijverschil 12-15%. De geborgen hoeveelheid water in dit compartiment en het getijvolume bij Wemeldinge zijn afgenomen met 125 miljoen m³ (van 420 naar 295 miljoen m³), een reductie van 30% ten opzichte van de oorspronkelijke situatie.

De oppervlakte van het middengebied is gelijk gebleven. Maar de waterbeweging in dit gedeelte van het bekken wijzigde toch door de veranderingen in de aangrenzende gebieden. Het getijverschil is in dit compartiment met 10-13% afgenomen, en de komberging met ca. 15 miljoen m³. Het grootste effect in dit gedeelte van de Oosterschelde is echter veroorzaakt door de afgenomen komberging in de noordelijke tak en in de kom. De hoeveelheid water die nodig is voor de vulling van die gebieden wordt immers aangevoerd via het middengebied en is afgenomen met 325 miljoen m³. Alles bij elkaar betekent dit een afname van het getijvolume bij Zierikzee van 340 miljoen m³, dit is 35% van het oorspronkelijke getijvolume.

De oppervlakte van het mondingsgebied is eveneens gelijk gebleven. De uitwisseling met het middengebied is echter afgenomen met 340 miljoen m³ per getij. Uit de verlaging van het getijverschil met 10-13% volgt bovendien dat in het mondingsgebied zelf zo'n 20 miljoen m³ minder geborgen wordt. De afname van het getijvolume door de drie hoofdgeulen in de monding samen bedraagt dan 360 miljoen m³.

- * het getijvolume in Hammen-Oost is met 40% afgenomen

Een deel van het water dat bij vloed door de Hammen de Oosterschelde inkomt, stroomt via de Oliegeul naar de Schaar. Een ander deel loopt de Roggenplaat op en de rest stroomt om de Roggenplaat heen. Ter hoogte van Zierikzee voegt het zich tenslotte bij het water uit de Schaar en vult het oostelijk deel van het bekken. In de oorspronkelijke situatie bleef ca. 25% van het water dat bij vloed de Hammen instroomde, achter op de Roggenplaat (figuur 3.5). Hierdoor

Randvoorwaarden

In het evaluatie-onderzoek is onderscheid gemaakt tussen het onderzoek van de randvoorwaarden en het onderzoek van de effecten op het ecosysteem. De studie van de randvoorwaarden bestond uit de onderdelen getij, water- en bodemkwaliteit en bodemligging.

Hiervoor zijn met behulp van een geautomatiseerd meetnet (ZEGE) op verschillende lokaties in de Oosterschelde en op de Noordzee op uitgebreide schaal (per 10 minuten) waterstanden en zoutgehalten gemeten. Aan weerszijden van de kering en in een zestal raaien in de Oosterschelde zijn debiet- en sedimenttransportmetingen gehouden (de zgn. T3-campagne). Deze metingen zijn uitgevoerd met meetschepen gedurende 13-uurs cycli en met geautomatiseerde onderwater-stroomsnelheidsmeters gedurende 4-weekse perioden. Aanvullende getij-informatie is verkregen uit waterbewegingsmodellen (IMPLIC en WAQUA).

De waterkwaliteit werd gevolgd als onderdeel van een routineprogramma. Uit lodingen zijn veranderingen bepaald in inhoud van het bekken, geulligging en oppervlakten. Aan de hand van bodemhoogtebepalingen op de Galge- en Roggenplaat zijn sedimentatie en erosie in het Intergetijdegebied gevolgd. Transport van zand, slib en plankton is gemeten met behulp van het HISMIL-meetstation in de kering. Op de schorren is onderzoek uitgevoerd in verband met (on)verwachte ontwikkelingen tijdens de afbouw van de kering en de compartimenteringsdammen (de overgangsfase).

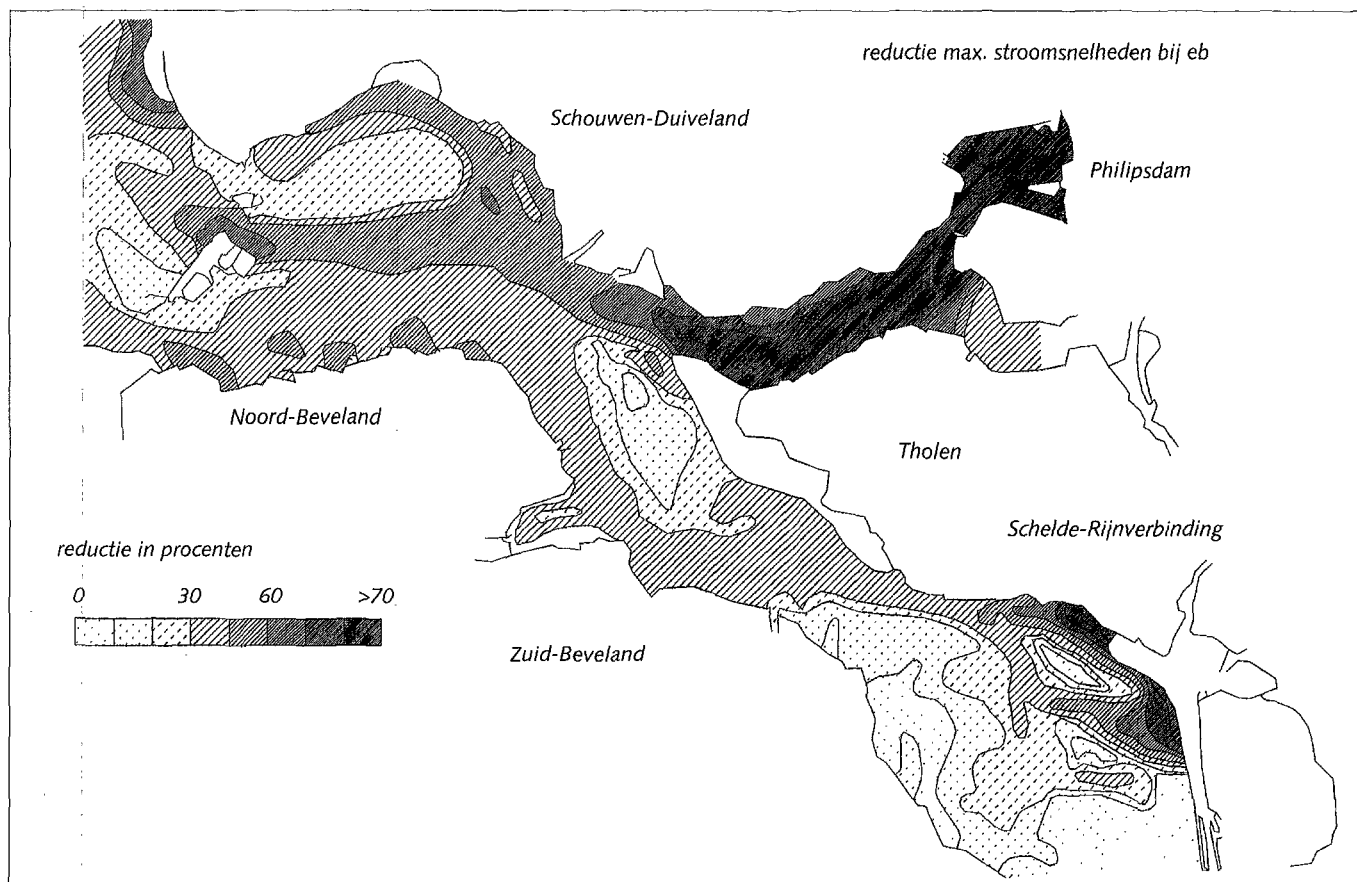
was in die periode het getijvolume in het oostelijk deel van de Hammen 25% lager dan het getijvolume in het westelijk deel. In de huidige situatie is het getijvolume in het westelijk deel van de Hammen ca. 30% lager dan vroeger. De hoeveelheid water die op de Roggenplaat geborgen wordt, is echter veel minder afgenomen, naar schatting slechts 0-10%. Relatief blijft hierdoor meer water achter op de Roggenplaat dan in de oorspronkelijke situatie. Dat komt o.a. doordat het getijverschil maar weinig is verminderd, de hoogte van de Roggenplaat iets is afgenomen en mogelijk nog een deel van de evenwichtsverstoring tussen Hammen en Schaar via de Roggenplaat gecompenseerd wordt. Als gevolg hiervan is het getijvolume in het oostelijk deel van de Hammen iets sterker verminderd dan het getijvolume in het mondingsgebied. In de omgeving van Zierikzee bedraagt de reductie ca. 40%.

** stroomsnelheden afgenomen, maar bij eb meer dan bij vloed*

Om een ruimtelijk beeld te krijgen van de veranderingen in stroomsnelheden is een aantal berekeningen gemaakt met het tweedimensionale waterbewegingsmodel WAQUA (figuur 3.6).

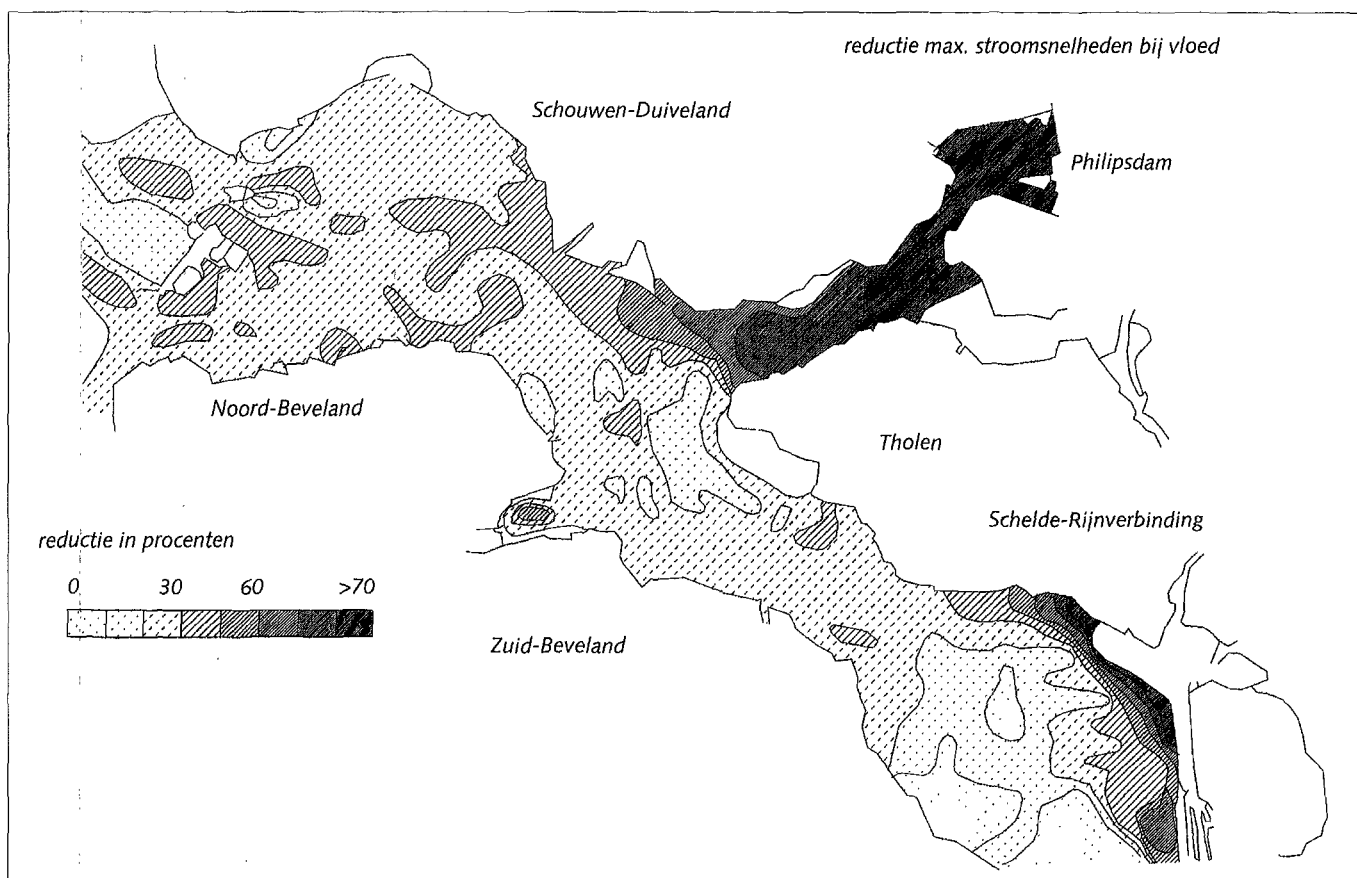
Het blijkt dat de procentuele afname van de maximale stroomsnelheden bij eb groter is dan de afname bij vloed. Dit wordt veroorzaakt doordat de maximale stroomsnelheden bij een andere waterstand optreden dan vroeger het geval was. Zo treedt in de ebfase de grootste stroomsnelheid op bij een hogere waterstand dan vroeger. Het doorstroomoppervlak is hierdoor iets groter geworden en de gemiddelde stroomsnelheid evenredig veel kleiner; naast de reductie als gevolg van het afgenomen getijvolume is dit een "extra" reductie van de maximale ebsnelheden. In de vloedfase geldt precies het omgekeerde. Hier is sprake van een iets lagere waterstand bij maximum stroom en dientengevolge een wat lagere reductie ten opzichte van de oorspronkelijke stroomsnelheden.

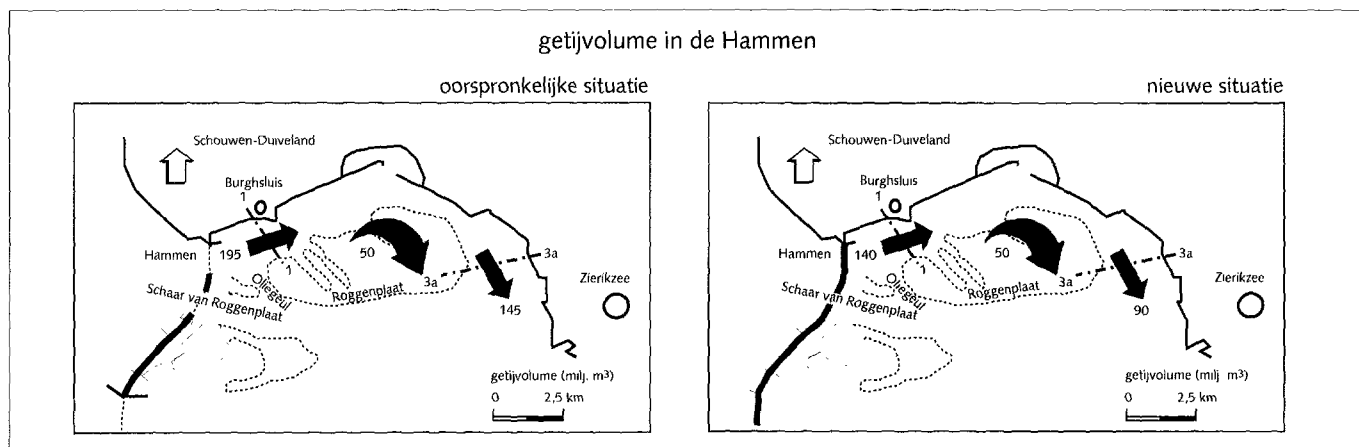
- *de verblijftijd van het water is verdubbeld*
De getijbeweging zorgt voor verversing van het water in de Oosterschelde met water uit de Noordzee. Zo wordt ook het zoete water dat op de Oosterschelde wordt geloosd, afgevoerd naar de Noordzee.
Doordat de getijbeweging op de Oosterschelde is afgenomen, verloopt de verversing minder snel en zijn de verblijftijden van het water in het bekken met een factor twee toegenomen. Dit is in overeenstemming met de verwachting. Van west naar oost neemt de verblijftijd geleidelijk toe van enkele dagen naar enkele



figuur 3.6.

De stroomsnelheden zijn op de meeste plaatsen met 30 tot 40% afgenomen. In de noordelijke tak bedraagt de afname meer dan 70%. Bij eb is de afname groter dan bij vloed.





figuur 3.5.

De hoeveelheid water die bij vloed de Hammen instroomt is ca. 30% lager geworden. Van dit water stroomt tegenwoordig ongeveer evenveel de Roggenplaat op als vroeger. Hierdoor is de vermindering van het getijvolume in Hammen-Oost relatief groot (nl. van 145 naar 90 milj. m³ per getij).

maanden. In de kom is na 1987 de verblijftijd toegenomen van ca. 1,5 maand naar drie maanden. Verblijftijden van meer dan drie maanden treden op ter plaatse van de Philipsdam (figuur 3.7).

• van estuarium naar zeearm

Door de bouw van de stormvloedkering is de invloed van de Noordzee op de Oosterschelde in absolute zin afgenomen met ca. 30%. Door de aanleg van de compartimenteringsdammen echter, is de invloed van zoet rivierwater uit Rijn en Maas op de Oosterschelde nog meer afgenomen. De belasting vanuit het Volkerak is in 1987 verminderd van 50 tot 10 m³/s (figuur 3.8). Relatief gezien is de Noordzee hierdoor belangrijker geworden voor de Oosterschelde, die nu meer het karakter heeft van een zeearm dan van een estuarium.

Uit figuur 3.8 blijkt ook, dat in de periode 1984 tot 1987 gebruik is gemaakt van de hevel in de Grevelingendam. Deze hevel is aangelegd om het Grevelingenmeer zo nodig door te kunnen spoelen met zout water. In de nieuwe situatie is nog geen gebruik gemaakt van de hevel.

Toekomstverwachting

De waterbeweging in de Oosterschelde heeft zich onmiddellijk na de sluiting van het Krammer

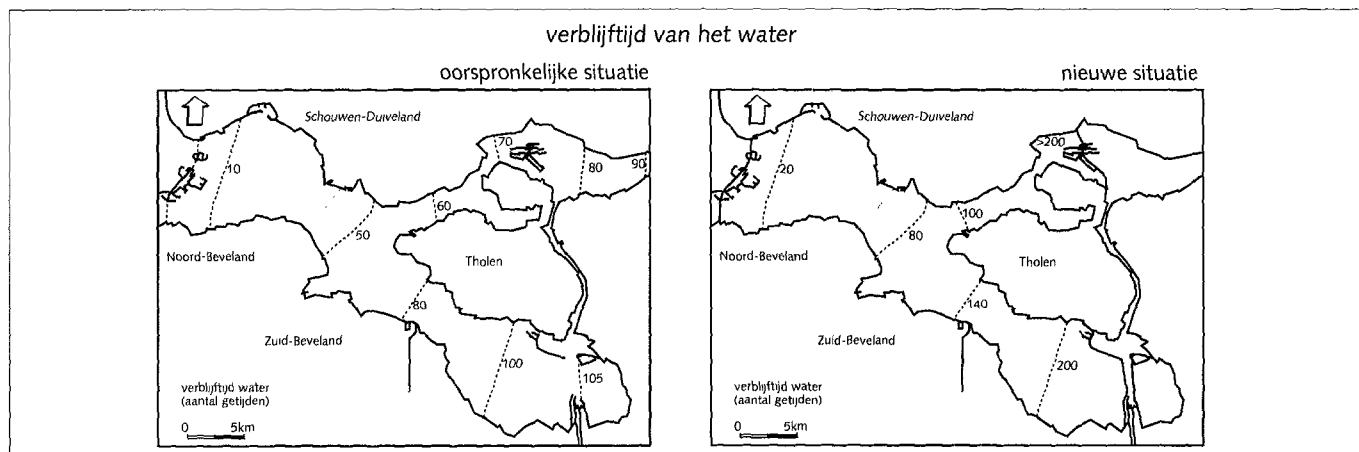
ingesteld op de aanwezigheid van de nieuwe infrastructuur. Pas op lange termijn kunnen veranderingen in de waterbeweging optreden als gevolg van de in gang gezette veranderingen in bodemligging.

Maar ook een eventueel versnelde zeespiegelstijging kan gevolgen hebben voor de waterbeweging en de morfologische ontwikkeling in het bekken. Het getijverschil wordt door een zeespiegelstijging niet beïnvloed, maar de gemiddelde waterstand wel. Hierdoor wordt het doorstroomoppervlak van de geulen nog ruimer dan tegenwoordig al het geval is; stroomsnelheden zullen nog meer afnemen en de zandhonger (par 3.3) neemt iets toe. Als gevolg van de hogere gemiddelde waterstand zal ook de overspoelingsduur van platen, slikken en schorren toenemen.

Nu kan nog niet aangegeven worden op welke termijn eventuele gevolgen van een versnelde zeespiegelstijging zichtbaar zullen zijn. Ook het toekomstige tempo van de zeespiegelstijging (nu 20 cm/eeuw) is niet bekend. In Nederland wordt rekening gehouden met een mogelijke toename tot 60 cm/eeuw. In dit rapport zal niet verder worden ingegaan op de mogelijke gevolgen van een versnelde zeespiegelstijging.

figuur 3.7.

In de nieuwe situatie wordt het water in de Oosterschelde minder snel ververst dan vroeger. Overal is de verblijftijd van het water ongeveer verdubbeld. In de kom is de verblijftijd tegenwoordig zo'n drie maanden. In de noordelijke tak is dit zelfs nog langer.



3.2 Water- en bodemkwaliteit

De water- en bodemkwaliteit is nog beter dan voor de werken. Gehalten aan opgeloste voedingsstoffen en gehalten aan microverontreinigingen in water en bodem zijn lager dan in de oorspronkelijke situatie. Bovendien is het lichtklimaat verbeterd als gevolg van de afgenomen stroomsnelheden.

De verschillen in waterkwaliteit zoals die in de oorspronkelijke situatie nog bestonden tussen het westelijk en oostelijk deel van de Oosterschelde, zijn grotendeels verdwenen. De water- en bodemkwaliteit in het gehele bekken wordt nu in belangrijke mate beïnvloed door de kwaliteit van het water in de voordelta.

Oorspronkelijke situatie

algemene waterkwaliteitskenmerken

Een aantal algemene waterkwaliteitskenmerken bepaalt in hoge mate het verloop van chemische en biologische processen in het watersysteem Oosterschelde. Zij zijn daardoor medebepalend voor de soortenrijkdom en produktie in het ecosysteem. De belangrijkste van deze kenmerken zijn: het zoutgehalte, de watertemperatuur, het zuurstofgehalte en het lichtklimaat.

Deze kwaliteitskenmerken worden beïnvloed door uitwisseling met Noordzeewater, zoetwatertoevoer (mèt opgeloste stoffen) naar het bekken, het klimaat (neerslag, temperatuur, instraling, wind) en de getijbeweging.

opgeloste voedingsstoffen

Opgeloste voedingsstoffen (nutriënten) spelen een belangrijke rol bij de primaire produktie van het plantaardig plankton en plantaardige bodemorganismen in de Oosterschelde.

De belangrijkste voedingsstoffen zijn stikstof, fosfaat en silicium.

De voedingsstoffen in de Oosterschelde zijn afkomstig vanuit de Rijn en de Maas via de Volkeraksluizen, van polderwateruitslagen, van regenwater en vanuit het Veerse Meer. Bovendien vindt uitwisseling plaats met Noordzeewater. In de oorspronkelijke situatie was de toevoer vanuit het Volkerak veruit het belangrijkste.

Microverontreinigingen in water, bodem en organismen

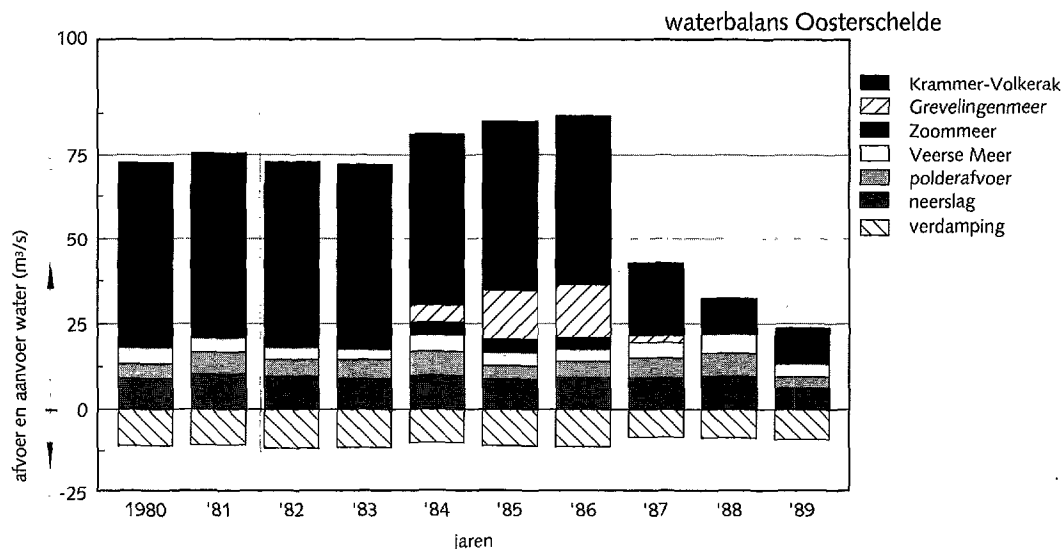
Microverontreinigingen zijn stoffen van anthropogene oorsprong die via lozing in het water of via de atmosfeer in het watersysteem terechtkomen. Een aantal van deze stoffen is slecht afbreekbaar en kan reeds bij lage concentraties leiden tot acute of chronische vergiftigingsverschijnselen bij levende organismen.

De gehalten organische microverontreinigingen in water en bodem zijn echter beneden dit (effecten)niveau en in vele gevallen is het zeer moeilijk de aanwezigheid van deze verontreinigingen door meting in het water vast te stellen. Omdat deze stoffen worden opgenomen door organismen en ophopen in vetweefsels, kan bijvoorbeeld door eenvoudiger analyse van organische microverontreinigingen (zoals PCB's) in mosselen, de aanwezigheid in het watersysteem wel worden aangetoond. PCB's (polygechloreerde byphenylen) en gechloreerde pesticiden als HCH (hexachloorbenzeen) e.a. zijn de belangrijkste groepen organische microverontreinigingen. Sedert het verbod op de produktie en toepassing van DDT, Dieldrin en Endrin, zijn deze verontreinigingen nagenoeg niet meer aantoonbaar.

figuur 3.8.

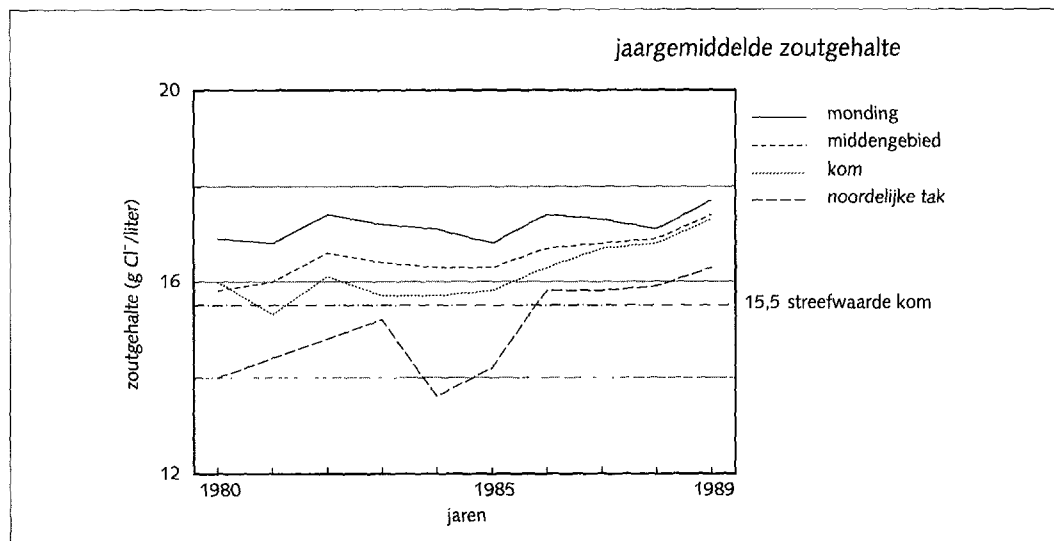
Door de aanleg van de compartimenteringsdammen is de aanvoer van water (met daarin opgeloste stoffen) naar de Oosterschelde sterk vermindert. Vooral de invloed van het (zoete) Krammer-Volkerak is afgenomen.

In de jaren 1984 tot 1986 is, bij wijze van proef, gebruik gemaakt van de hevel in de Grevelingendam.



figuur 3.9.

Het verschil in zoutgehalte tussen het mondingsgebied en de kom is vrijwel verdwenen. In de noordelijke tak is het zoutgehalte nog wat lager dan in het mondingsgebied. De Oosterschelde is nu bijna even zout als de voordelta. De streefwaarde van 15,5 g Cl⁻/l (dit is de onderste grenswaarde voor een groot deel van de mariene organismen) wordt in het gehele bekken overschreden.



Prognose

algemene waterkwaliteitskenmerken

In 1976 werden streefwaarden geformuleerd voor het zoutgehalte in de Oosterschelde: 15,5 g Cl⁻/l voor de kom en 13,0 g Cl⁻/l voor de Krabbenkreek. Verwacht werd dat het zoutgehalte hier ruimschoots boven zou blijven en gemiddeld zou toenemen tot 16,5 g Cl⁻/l in de kom en 15,6 g Cl⁻/l in de Krabbenkreek. In de diepe delen van het Zijpe en het Krammer zou stratificatie kunnen optreden.

De gemiddelde watertemperatuur in de kom zou 's-zomers één graad hoger kunnen worden en 's-winters één graad lager dan in de oorspronkelijke situatie.

Het zuurstofgehalte zou gelijk blijven met een kleine kans op zuurstofloosheid in de diepe delen van het Zijpe en het Krammer.

Het gehalte zwevend stof tenslotte zou met 10% afnemen, waardoor het gemiddelde doorsicht zou toenemen van 17 dm tot ca. 19 dm.

opgeloste voedingsstoffen

De afname van de belasting met opgeloste voedingsstoffen werd geschat op 50%. Hierdoor zouden de concentraties in het gehele bekken ongeveer gelijk worden aan de concentraties in het mondingsgebied in de oorspronkelijke situatie.

microverontreinigingen

Ook de gehalten opgeloste microverontreinigingen zouden in het gehele bekken gelijk worden aan de gehalten in het mondingsgebied in de oorspronkelijke situatie.

Nieuwe situatie

• zoutgehalte ruim boven de streefwaarde

Kort na de sluiting van de compartimenteringsdammen verminderde de zoetwatertoevoer naar de Oosterschelde met ca. 64% en zijn de

chloridegehalten in het hele bekken hoger geworden. De gehalten liggen tegenwoordig ruim boven de streefwaarden en bedragen in de kom ca. 17,5 tot 18,5 g Cl⁻/l en in de Krabbenkreek ca. 16,5 tot 18 g Cl⁻/l (figuur 3.9). De variatie in het chloridegehalte is gering en voornamelijk afhankelijk van het kustwater.

• watertemperatuur

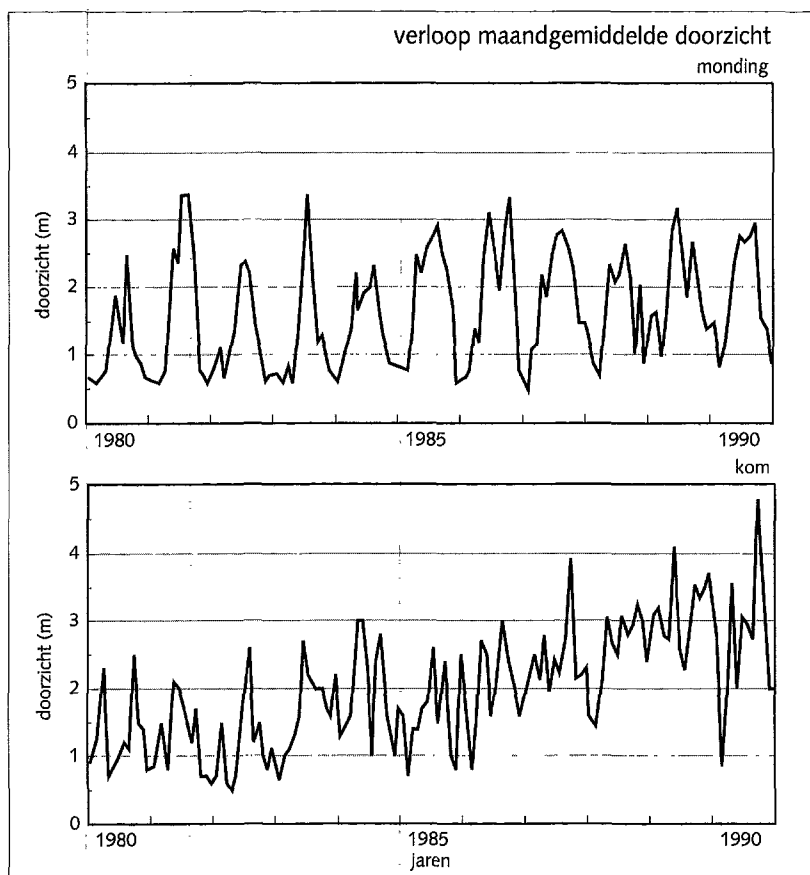
De invloed van de langere verblijftijd van water op de watertemperatuur is nog niet door metingen vast te stellen. Deze temperatuur hangt namelijk ook sterk af van de klimatologische omstandigheden. In de winters na de voltooiing van de werken bijvoorbeeld, was de temperatuur in de kom aan de hoge kant (ca. 4° C tegen 0-2° C in de oorspronkelijke situatie) als gevolg van zeer zachte winters.

• zuurstofgehalte niet veranderd

De invloed van de Oosterscheldewerken op de zuurstofgehalten in het water is verwaarloosbaar. Net als in de oorspronkelijke situatie wordt ook tegenwoordig zuurstof onder invloed van de getijbeweging goed over de gehele waterkolom verdeeld. De zuurstofgehalten variëren tussen 7 en 12 mg/l.

• lichtklimaat verbeterd

Als gevolg van lagere stroomsnelheden is het transport van zwevend materiaal afgenomen en daardoor de helderheid van het water in de Oosterschelde toegenomen. Deze toename is het grootst in het oostelijk deel en in de noordelijke tak, waar het doorsicht is toegenomen van 10-20 dm tot ca. 30 dm. In het mondingsgebied en het centrale deel is de periode met grote helderheid langer geworden. De seizoensvariatie is afgenomen en in het oostelijk deel en de noordelijke tak zelfs helemaal verdwenen (figuur 3.10).



figuur 3.10

De helderheid (doorzicht in m) van het Oosterschelde water is toegenomen. Het duidelijkst is dit waarneembaar in de kom. In het mondingsgebied was het doorzicht gedurende een deel van het jaar al hoog. Daar is de periode van grotere helderheid iets toegenomen.

• concentraties opgeloste voedingsstoffen gedaald

Door een forse reductie van de wateraanvoer sinds april 1987 is de aanvoer van voedingsstoffen naar de Oosterschelde sterk verminderd. In de noordelijke tak werd de zoetwaterbelasting gereduceerd van 50 tot 10 m³/s. Hierdoor is de belasting met fosfaat en ammonium met ca. 80% afgenomen. Voor nitraat en nitriet bedroeg de afname ruim 45% en voor silicium 65%. Hierdoor zijn vooral in de noordelijke tak de gehalten nitraat en nitriet, ammonium en silicium in de winter duidelijk afgenomen (figuur 3.11). Ook in het mondingsgebied, in het middengebied en de kom is een daling in de concentraties nitraat en nitriet en silicium vastgesteld. Deze daling houdt verband met afnemende gehalten in de voordelta. Dit is onder meer een gevolg van lage rivierafvoeren in de afgelopen (droge) jaren.

De oorspronkelijk aanwezige gradiënt met hoge concentraties voedingsstoffen in het oostelijk en noordelijk deel en lagere concentraties in het mondingsgebied is na 1987 vrijwel geheel verdwenen, al worden in de noordelijke tak nog de hoogste concentraties gemeten.

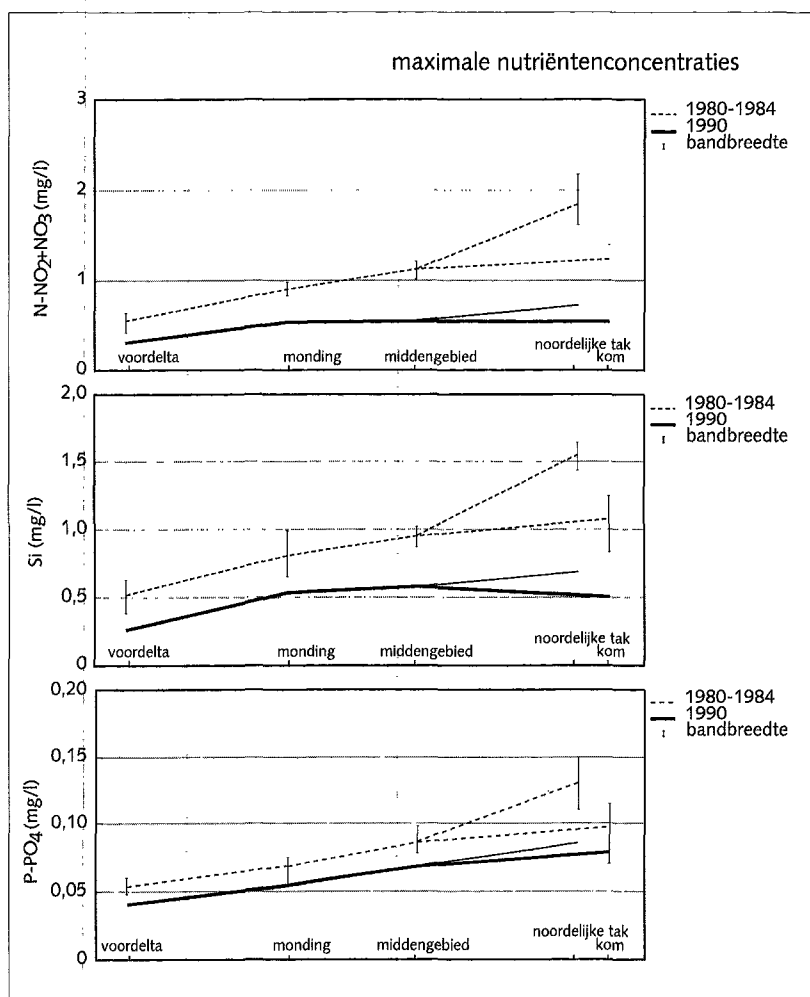
In vergelijking met de oorspronkelijke situatie zijn de concentraties nitriet en nitraat in de zomer overal lager geworden, vooral in de kom. De concentraties fosfaat in de herfst waren voor 1990 nog niet significant afgenomen. Aangenomen wordt, dat dit komt door nalevering vanuit de bodem. Pas in 1990 worden voor het eerst lagere gehalten fosfaat gemeten. In het mondingsgebied stijgt 's zomers de concentratie bovendien minder snel dan in voorgaande jaren. Dit duidt eveneens op een afname van de nalevering door het bodemsediment in dat gebied.

• gehalten zware metalen in water gedaald

Door het sluiten van de compartimenteringsdammen en daarmee het verminderen van de directe invloed van de Rijn en de Maas, zijn de concentraties zware metalen vanaf 1987 duidelijk lager dan in de periode 1980/1984 (figuur 3.12).

figuur 3.11.

Door de sterke vermindering van de aanvoer van zoet water (en daarin opgeloste stoffen) in het oostelijk deel van de Oosterschelde, zijn de gehalten voedingsstoffen vooral in de kom en in de noordelijke tak afgenomen. De bandbreedte geeft de minimum en maximum waarden aan.



Met uitzondering van het gehalte aan koper, benaderen de gehalten opgeloste metalen de natuurlijke achtergrondwaarde voor zout water. Het gehalte aan koper is in het mondingsgebied ongeveer gelijk gebleven aan het gehalte in de jaren 1980/1984.

figuur 3.12.

De gehalten opgeloste zware metalen in het water zijn in de nieuwe situatie duidelijk lager dan vroeger. In het mondingsgebied is de afname minder groot door de invloed van de voordelta.

• *lage concentraties zware metalen in de bodem*
Het overgrote deel van de Oosterschelde wordt ook tegenwoordig gekenmerkt door lage concentraties zware metalen in de bodem (figuur 3.13).
In gebieden waar sprake is van een belasting van het systeem door menselijk handelen (havens),

worden over het algemeen nog wel verhoogde concentraties zware metalen aangetroffen. Door import van slib wordt de bodemkwaliteit van het mondingsgebied na het gereedkomen van de stormvloedkering mede beïnvloed door de bodemkwaliteit van de buitendelta. De verklaart ten dele de toename van de gehalten in de monding.

• *gehalten aan organische microverontreinigingen in organismen gedaald*

Vóór de compartimentering van de Oosterschelde waren de gehalten van PCB's in mosselen, gekarakteriseerd door één van de meest voorkomende PCB componenten (PCB-153), in het middengebied en de kom hoger dan in het mondingsgebied.

Na de compartimentering is in het middengebied en in de kom een afname opgetreden, terwijl de gehalten in de monding licht zijn gestegen (figuur 3.14).

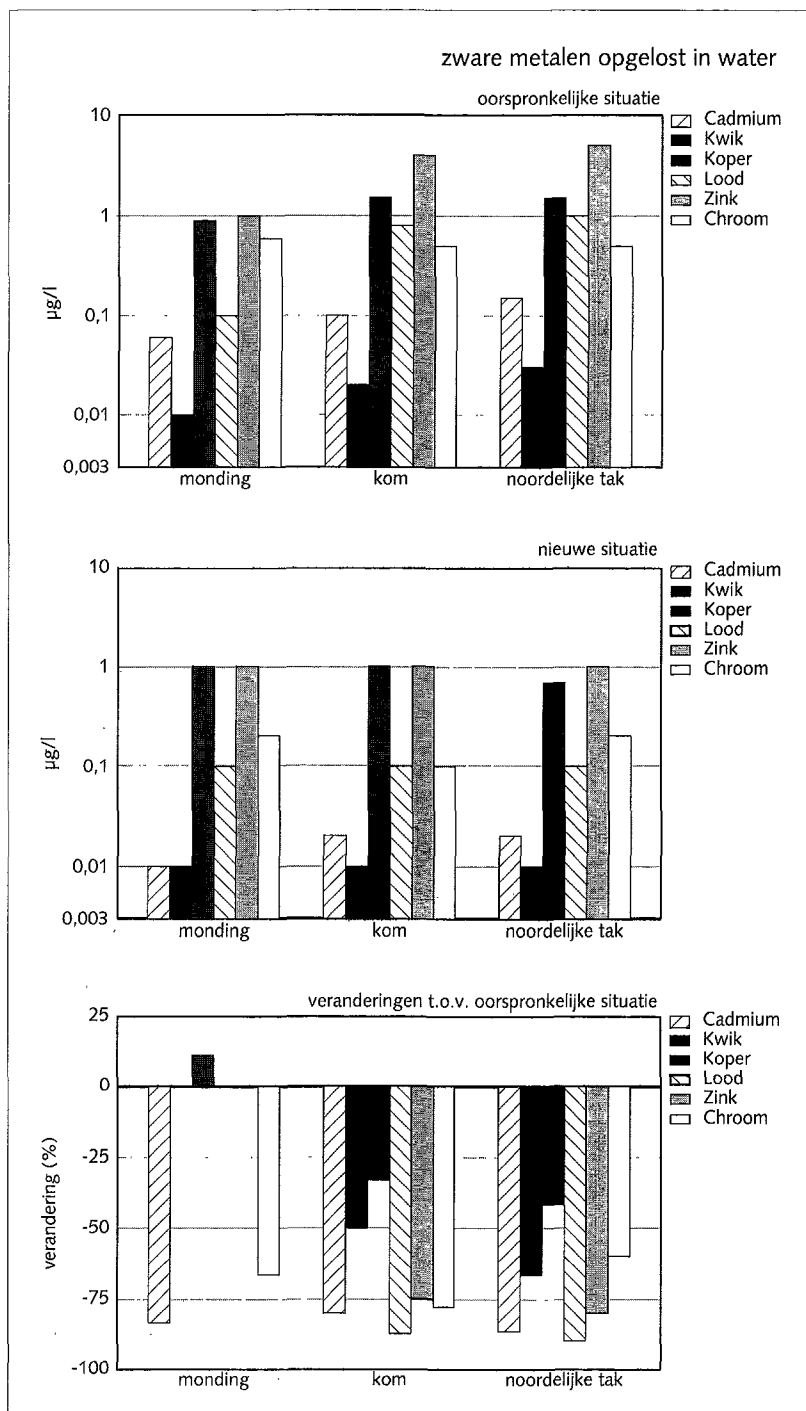
De verlaging van het PCB-gehalte in mosselen in het oostelijk deel van de Oosterschelde komt doordat de aanvoer van PCB's via het Volkerak verminderd is. Door uitwisseling met de Noordzee wordt de Oosterschelde nog hoofdzakelijk belast met PCB's afkomstig uit de Rijn, de Maas en de Westerschelde. De gehalten zijn ver beneden de norm voor consumptiemosselen ($2\mu\text{g/gADW}$).

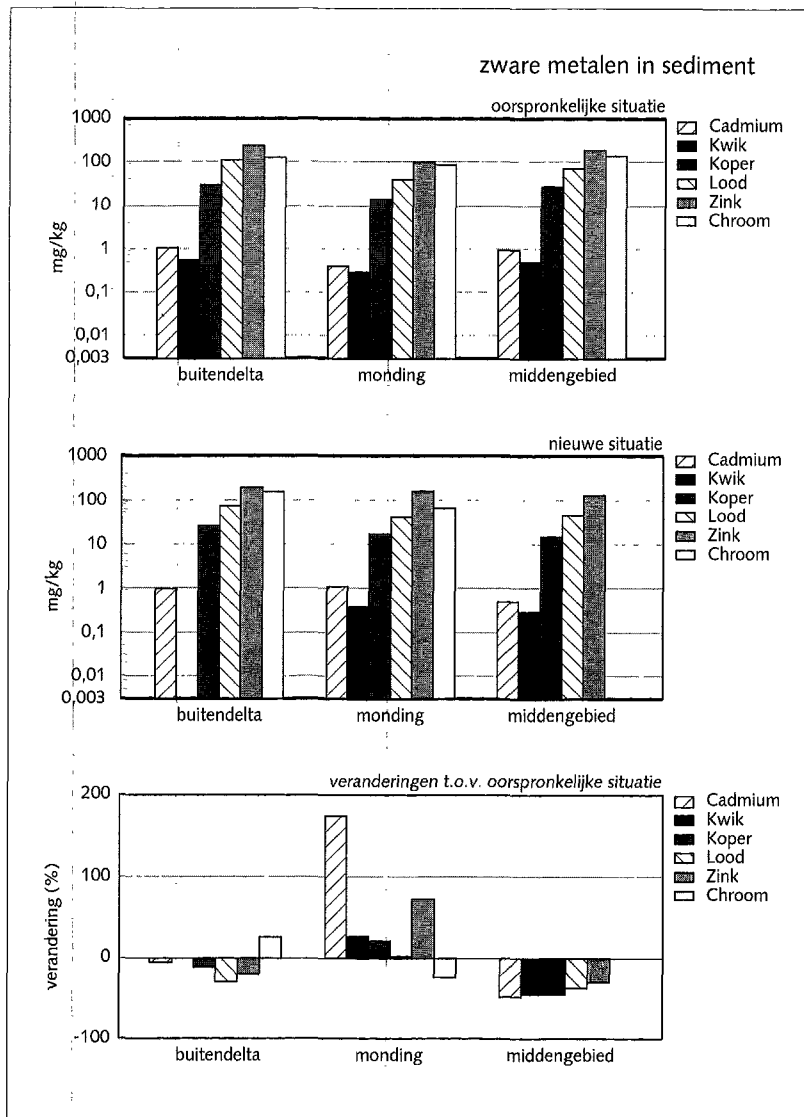
Toekomstverwachting

De stroomsnelheden in de Oosterschelde blijven laag, waardoor de concentratie zwevende stof ook laag zal blijven en het doorzicht derhalve hoog. De belasting met toxische stoffen blijft laag door de aanwezigheid van de compartimenteringsdammen. Het gehalte aan opgeloste voedingsstoffen kan misschien nog wat verder dalen. Een en ander is afhankelijk van ontwikkelingen in de voordelta en wordt ondermeer gestuurd door de afvoer van de Rijn. Verwacht wordt, dat de nalevering van fosfaat uit de bodem de komende jaren zal afnemen, met als gevolg een verlaging van de fosfaatgehalten in het water.

3.3 Geulen, platen en slikken

Sinds 1986 is er gemiddeld over het gehele bekken sprake van een netto erosie van de platen en slikken. Deze erosie heeft geleid tot afvlakking en oppervlakteverlies (60 ha in de periode 1987-1989) van het intergetijdegebied. De zanduitwisseling met de buitendelta is verwaarloosbaar en draagt niet bij aan het stillen van de zandhonger van de Oosterschelde. In de geulen wordt sedimentatie van fijn slib waargenomen.





figuur 3.13.

De gehalten zware metalen in de bodem zijn in het middengebied van de Oosterschelde ongeveer met de helft afgenomen. In het mondingsgebied is tegenwoordig sprake van een import van slib uit de buitendelta. Daardoor zijn de gehalten aan zware metalen in dat gebied iets toegenomen.

Oorspronkelijke situatie

Veranderingen in bodemligging zijn van belang voor de ontwikkeling van bodemorganismen en voor de beschikbaarheid van deze organismen als voedsel voor vogels en vissen. Daarnaast kunnen de veranderingen gevolgen hebben voor het landschap, de mosselkweek, de scheepvaart en de recreatie.

In getijdebekken met zandige bodems hangen vormveranderingen in geulen en platen rechtstreeks samen met de veranderingen in de getijvolumina. Wanneer getijvolumina en daardoor de stroomsnelheden groter worden, neemt het doorstroomprofiel van geulen evenredig toe en zullen platen ophogen. Bovendien zal het bekken sediment exporteren naar de bijbehorende buitendelta die hierdoor in omvang zal toenemen. Bij een vermindering van het getijvolume gebeurt precies het omgekeerde.

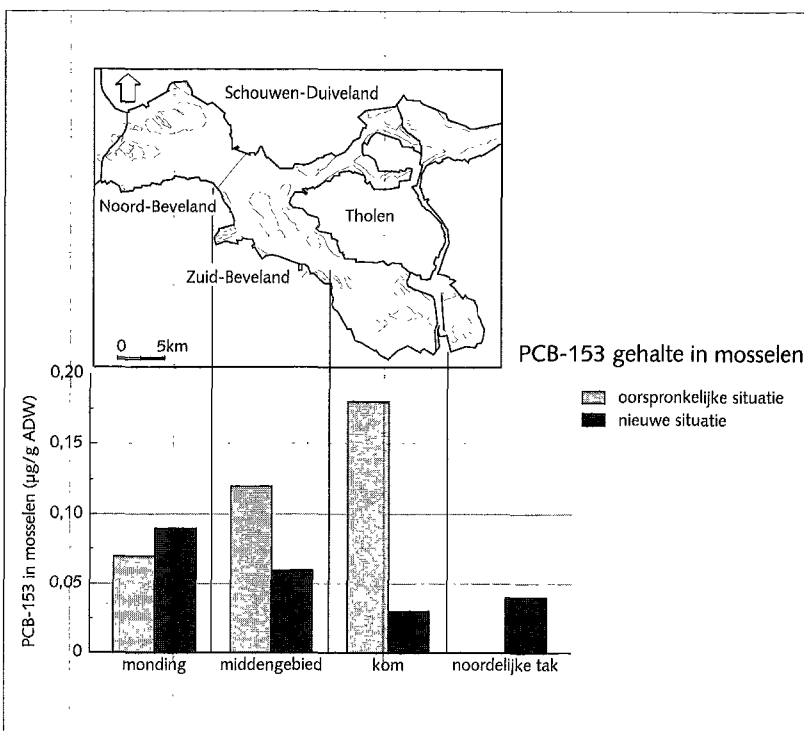
Deze morfologische processen verlopen traag. Het instellen van een nieuw evenwicht tussen getijvolume en geulafmetingen vergt tientallen jaren tot eeuwen. Daarbij neemt de snelheid van de aanpassingen in de tijd af.

In de Oosterschelde is tot het begin jaren zeventig steeds sprake geweest van een toenemend getijvolume, waardoor tot begin jaren tachtig geulen dieper en platen hoger werden en de buitendelta van de Oosterschelde groeide (figuur 3.15 en 3.16).

Dit proces is al in de late Middeleeuwen in gang gezet. Aanvankelijk als gevolg van landverlies door overstromingen, sinds eind vorige eeuw door de uitvoering van waterbouwkundige werken en baggeractiviteiten. Na 1960 hebben vooral de Deltawerken hun stempel gedrukt op deze ontwikkelingen.

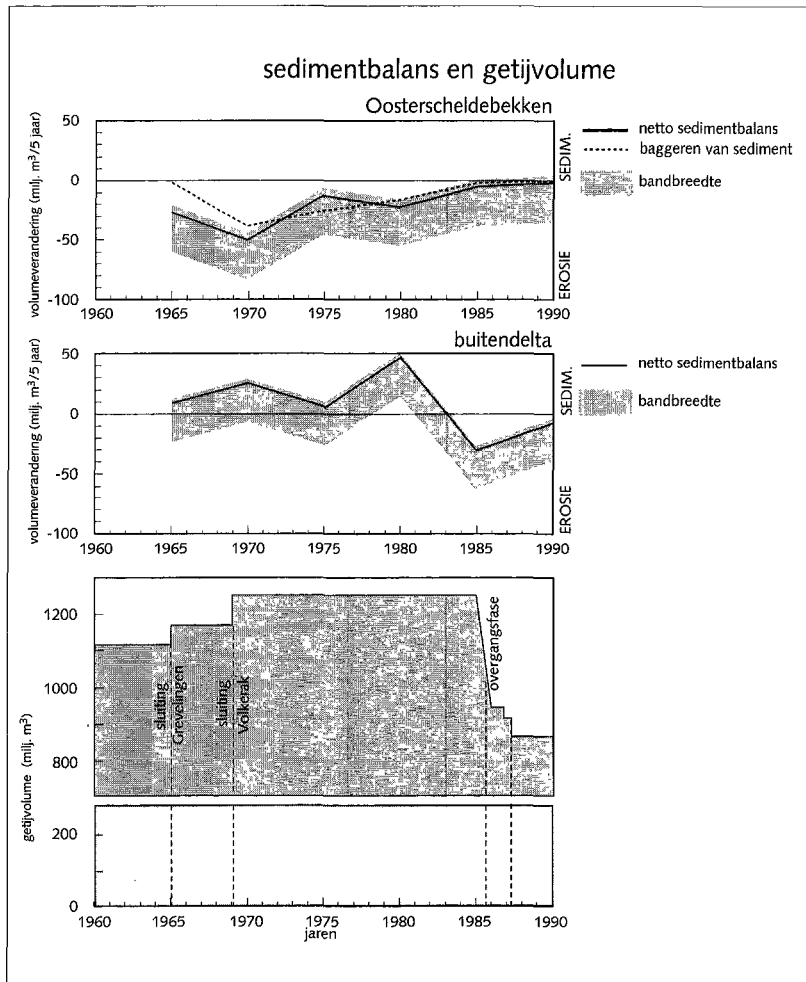
Prognose

Door de Oosterscheldewerken zou het getijvolume na 1986 met ca. 30% afnemen. Hierdoor zou een trendbreuk ontstaan in de



figuur 3.14.

Vóór de compartimentering waren de gehalten PCB-153 in mosselen in het middengebied en in de kom hoger dan de gehalten in mosselen in het mondingsgebied. Nu is het omgekeerde het geval. Daarbij is in het algemeen sprake van een afname van de PCB-gehalten.



morfologische ontwikkeling van de Oosterschelde die sedert eeuwen gedomineerd werd door het tegengestelde: een toename van het getijvolume.

Om een nieuw morfologisch evenwicht te bereiken zouden de doorstroomoppervlakken van de geulen in de Oosterschelde eveneens 30% kleiner moeten worden. Hiervoor is ongeveer 400-600 miljoen m³ sediment (zand) nodig. Mogelijke leveranciers voor dit zand zijn de buitendelta en de platen en slikken in het gebied zelf. Uit berekeningen is gebleken dat erosie van platen en slikken hooguit 160 miljoen m³ zouden kunnen bijdragen aan het stillen van de zandhonger.

Gedurende de eerste jaren na gereedkomen van de werken werd een verlies aan intergetijde-gebied voorzien van ca. 70 ha per jaar.

Overgangsfase

- erosie van platen gaat overheersen

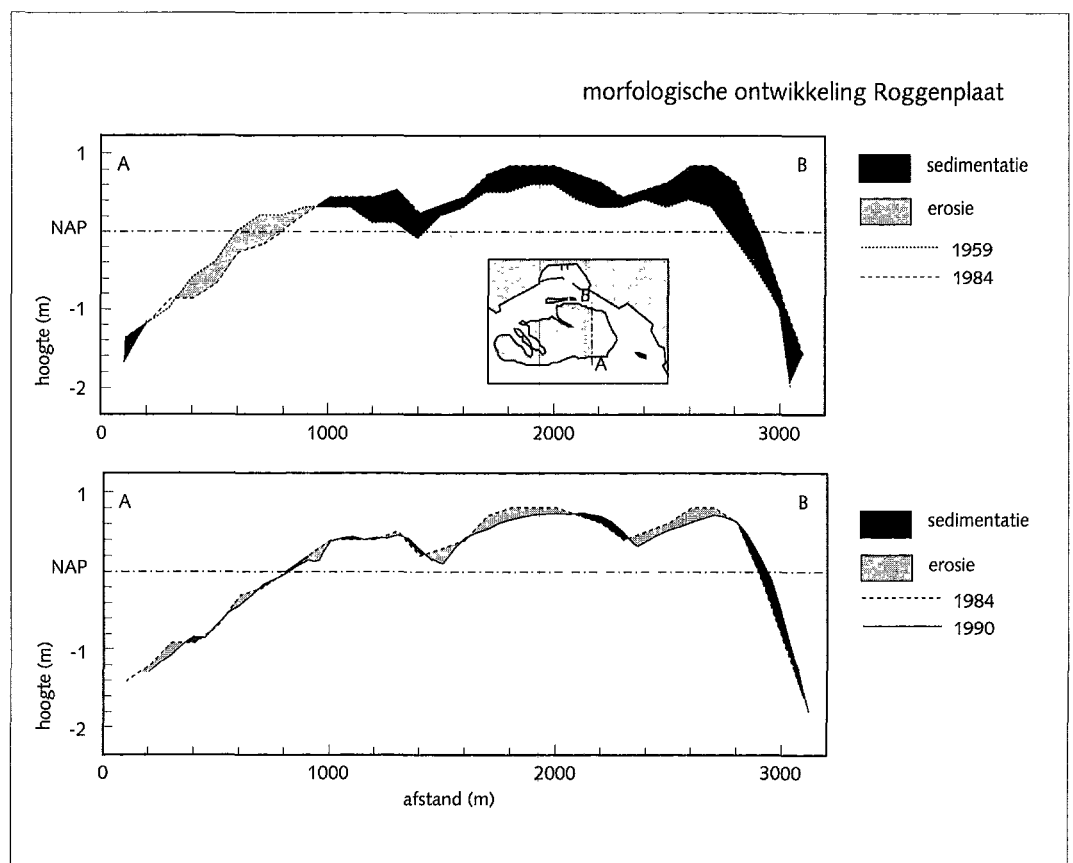
De resultaten van zeer gedetailleerde metingen sinds 1983 geven inzicht in het verloop van de bodemveranderingen op de Galgeplaat gedurende de uitvoering van de Oosterscheldewerken (figuur 3.17 en 3.18). Hoewel deze resultaten niet representatief hoeven te zijn voor het gehele bekken, wordt aangetoond dat de veranderingen in de bodemligging van de platen samenhangen met veranderingen in het getij op de Oosterschelde.

figuur 3.15

De toename van het getijvolume in de jaren '60 veroorzaakte een zandexport uit het bekken naar de buitendelta. Hierdoor trad in de buitendelta sedimentatie op. De sterke reductie van het getijvolume na 1985 heeft aan deze trend een einde gemaakt.

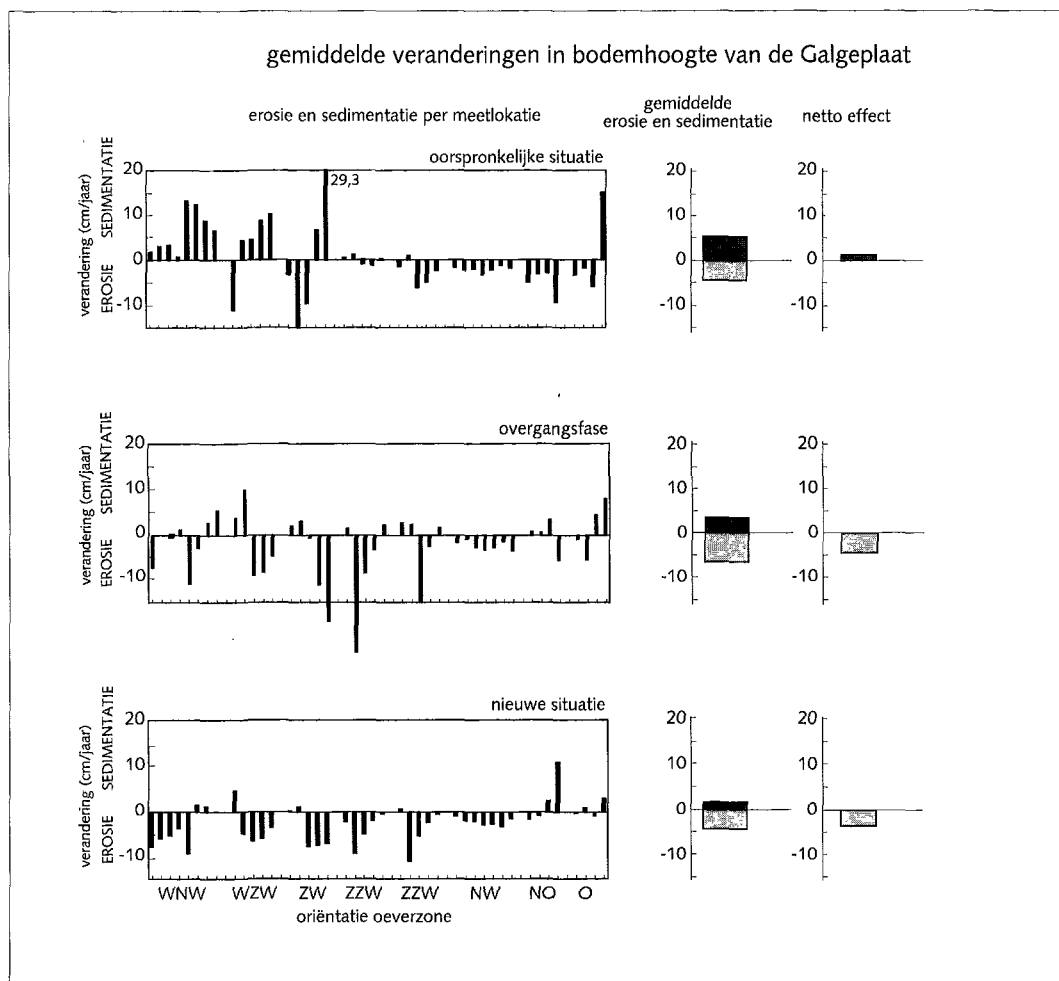
figuur 3.16

Tot 1984 nam de bodemhoogte van de Roggenplaat voortdurend toe. In de periode van 1984 tot 1990 kwam een einde aan dit proces en trad zelfs een verlaging van de plaat op.



figuur 3.17

De ontwikkeling van de bodemhoogte van de Galgeplaat is door de werken aan- toonbaar veranderd: de netto opbouwende trend (sedimen- tatie) in de oorspronkelijke situatie is tijdens en na de overgangsfase omgeslagen in een netto afbraak (erosie).

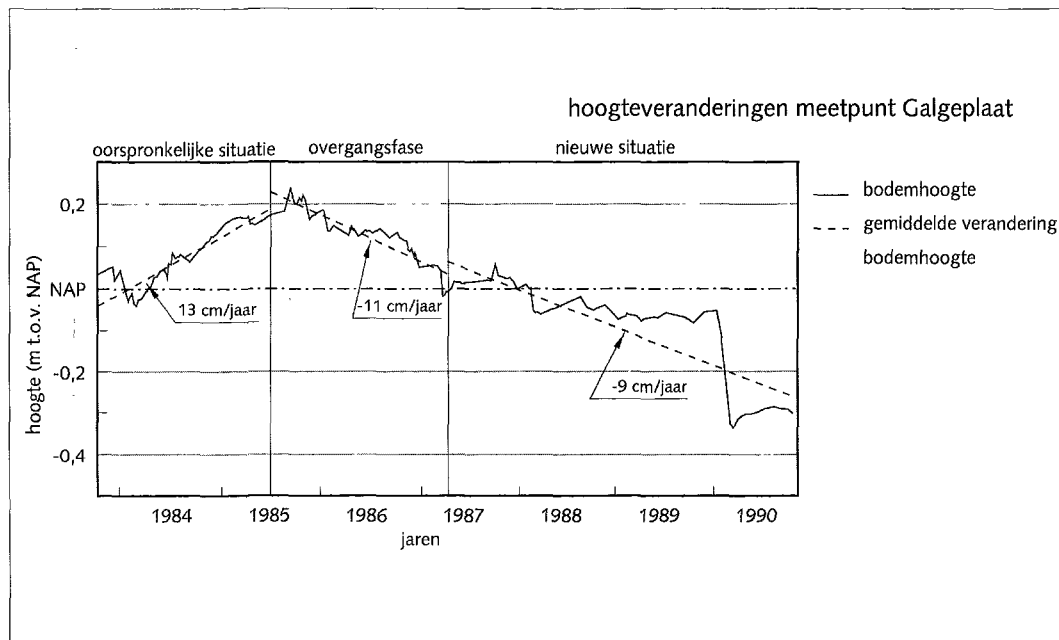


Tot midden 1985, d.w.z. voordat het getij onder invloed van de werken wezenlijk werd beïnvloed, was de sedimentatie in omvang licht overheersend. Het aantal plaatsen waar erosie en waar sedimentatie optrad, was vrijwel in evenwicht.

Tijdens de overgangsfase trad op veel plaatsen een omslag op van sedimentatie in erosie en omgekeerd. Daarbij bleef het aantal plaatsen waar erosie en waar sedimentatie optrad nog in evenwicht, maar nam de erosie in omvang sterk toe; vanaf mei 1986 overheerst erosie volledig.

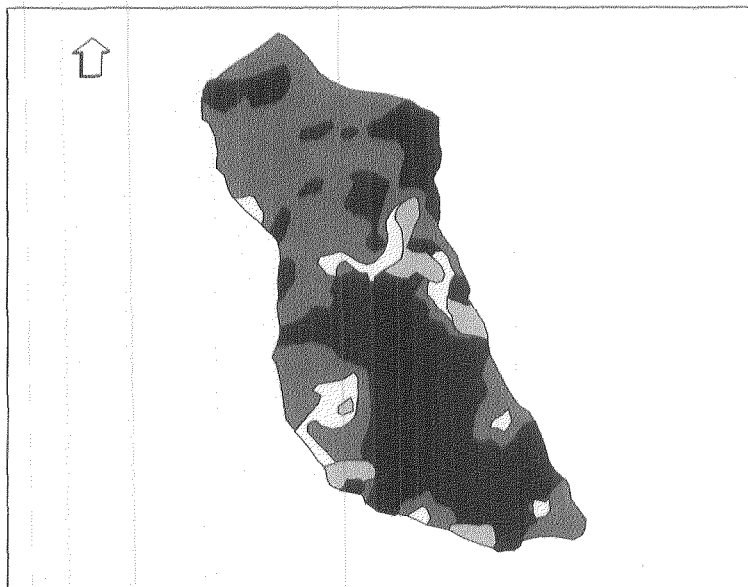
figuur 3.18

Karakteristieke hoogte-ontwikkeling van een punt op de WNW zijde van de Galgeplaat. Duidelijk zichtbaar is de erosieve trend na 1985 en het effect van de zware stormen in de eerste twee maanden van 1990.

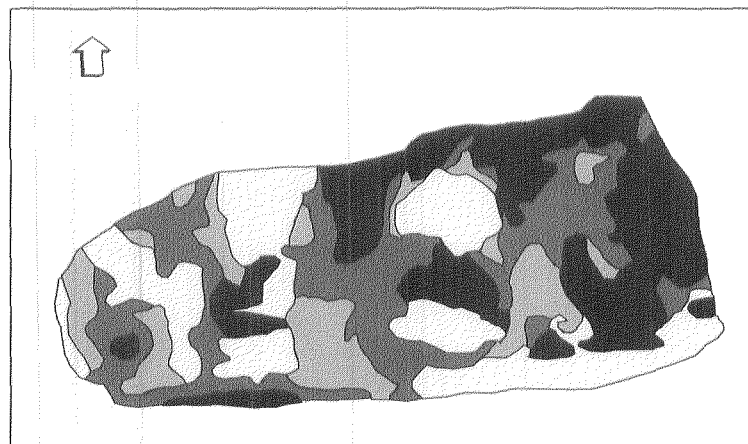


verandering slibgehalte periode 1985 - 1989

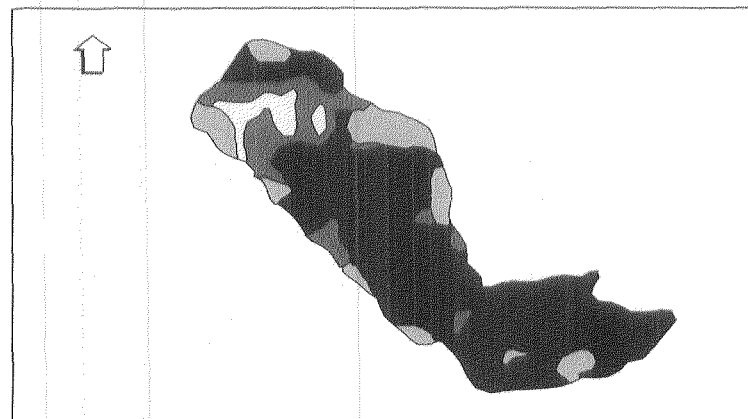
Galgeplaat



Roggenplaat



Krabbenkreek



> 0,5% toename

0-0,5% toename

0 -0,5% afname

> 0,5% afname

• vergroving van oppervlakte sedimenten op platen

De erosie van platen en slikken heeft niet alleen gevolgen voor de hoogteligging van deze gebieden, maar ook voor de bodemsamenstelling ervan. Door erosie trad een uitspoeling op van fijne deeltjes, waardoor een vergroving ontstond van het oppervlakesediment. Afname van het slibgehalte is vooral geconstateerd in de Krabbenkreek en in mindere mate op de Roggenplaat en de Galgeplaat (figuur 3.19).

Nieuwe situatie

De evaluatieperiode (ca. 3 jaar) is op geomorfologische tijdschaal gezien erg kort. Daarom zijn de veranderingen in deze periode over het algemeen te klein, om bij de gegeven nauwkeurigheid van de waarnemingen, wetenschappelijk onderbouwde bewijzen te kunnen leveren over alle effecten van de Oosterscheldewerken op de grootschalige geomorfologische ontwikkelingen van het bekken.

• zanduitwisseling met de buitendelta verwaarloosbaar klein

In de periode voor de uitvoering van de Oosterscheldewerken was er, naast baggeractiviteiten, nog sprake van een natuurlijke export van zand van ca. 2 miljoen m³ per jaar. Gezien de zandhonger van het bekken, kon na het gereedkomen van de werken import van zand vanuit de buitendelta verwacht worden. Echter, uit metingen en berekeningen is gebleken, dat de uitwisseling van zand tussen het bekken en de buitendelta momenteel gering is. Dat komt door de opvulling van de geulen in de buitendelta, waardoor nauwelijks zand voor import beschikbaar komt en door de ontwikkeling van de ontgrondingskuilen voor en achter de kering, die de doorvoer van zand belemmeren.

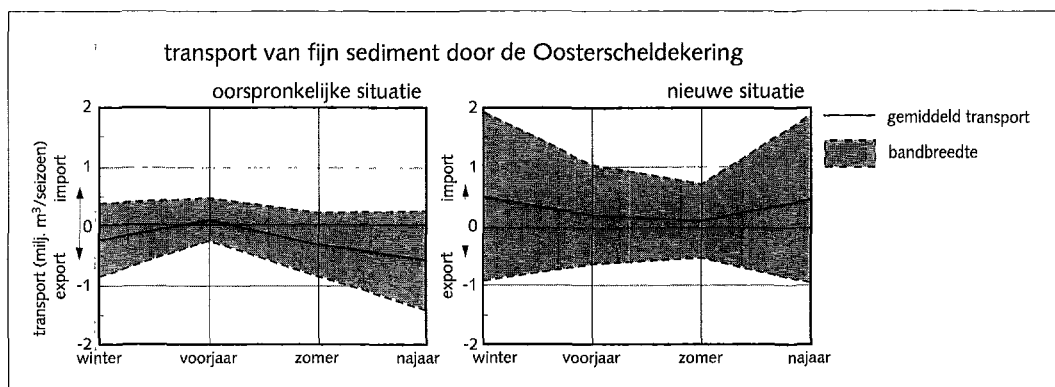
Naar verwachting blijft de uitwisseling van zand met de buitendelta klein in verhouding tot de zandhonger van het bekken. Het zand voor de opvulling van de geulen zal dus in hoofdzaak geleverd moeten worden door de platen en slikken.

figuur 3.19

Door erosie kan het slibgehalte van intergetijdegebieden verminderen. Dit is in de periode 1985-1989 vooral geconstateerd in de Krabbenkreek. Op de Galgeplaat en de Roggenplaat is het slibgehalte eveneens afgenomen, maar op deze platen werd hier en daar ook een toename van het slibgehalte gemeten.

figuur 3.20

De oorspronkelijke netto export van zwevend materiaal uit het bekken is in de nieuwe situatie veranderd in netto import. Gesommeerd over het jaar bedraagt de import 1 miljoen m³.



- gaat import van fijn sediment export overheersen?

De import van fijn sediment (deeltjes met een doorsnede kleiner dan 53 micrometer) wordt veel minder dan de import van zand beïnvloed door de aanwezigheid van de kering. Bij vloed kan per m³ water dan ook nog ongeveer evenveel zwevend stof het bekken inkomen als voor de bouw van de kering. Door de daling van de stroomsnelheden echter, wordt bij eb minder slib opgewerveld en afgevoerd als voorheen. Per saldo blijft in de huidige situatie per jaar ongeveer net zoveel slib in de Oosterschelde achter, als er vóór 1987 uit verdween, ca. 1 miljoen m³ (figuur 3.20).

- opvulling van geulen met fijne sedimenten
Vanaf 1987 overheerst in geulen sedimentatie. Erosie van betekenis heeft alleen plaats in de ontgrondingskuilen achter de kering en in de Schaar van Colijnsplaat. Hier treedt verlegging van eb- en vloedscharen op als gevolg van de

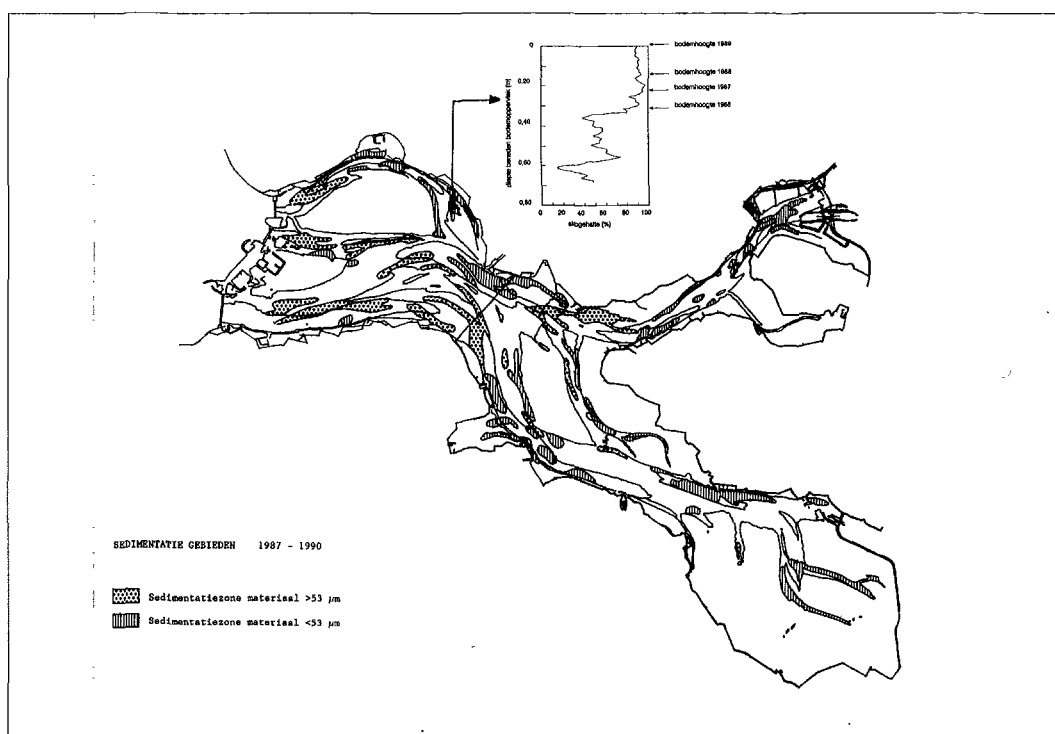
verandering in de hoofdstroomrichting in het bekken van het noordelijk naar het zuidelijk deel. In het merendeel van de sedimentatiegebieden bestaan de recente afzettingen uit fijn sediment (figuur 3.21). Dit is vooral het geval in doodlopende takken en in diepere geulgedeelten, waar vóór gereedkomen van de werken de stroomsnelheden te hoog waren voor sedimentatie van fijn sediment. Op plaatsen waar in de oorspronkelijke situatie al sedimentatie optrad (bijvoorbeeld in de Hammen), is de samenstelling van het gesedimenteerde materiaal aanzienlijk fijner geworden. Een grootschalige verandering van de doorstroomprofielen als gevolg van sedimentatie is, zoals te verwachten na een korte periode van ca. 3 jaar, nog niet waargenomen.

- erosie van platen en slikken; afvlakking en oppervlakteverlies

Het intergetijdegebied in de Oosterschelde vertoont na 1987 een duidelijke erosie. Hoewel

figuur 3.21

Na 1987 is op veel plaatsen in de geulen sedimentatie van fijn materiaal (fractie < 53µ) waargenomen. Alleen in het westelijk deel van het bekken is ook sprake van de afzetting van grovere sedimenten (> 53µ). In de Hammen is vanaf 1986 het slibgehalte in de afzettingen sterk gestegen.



Het HISMIL-station

De uitwisseling van de Oosterschelde met andere watersystemen is in de nieuwe situatie vrijwel uitsluitend beperkt tot uitwisseling met de Noordzee. Van belang bij deze uitwisseling is het transport van sediment, organismen, voedingsstoffen e.d.

Voor opgeloste stoffen, die goed gemengd zijn over de dwarsdoorsnede van geulen, kan de uitwisseling vrij eenvoudig worden bepaald. Van particuliere stoffen, zoals zand, slib en algen is deze kwantificering niet zo eenvoudig. Voor de Oosterschelde is vooral de uitwisseling van slib en organisch koolstof (POC) van belang. Deze concentraties variëren sterk gedurende een jaar. De concentratie slib is ondermeer afhankelijk van factoren als de doortij/springtij cyclus, de watertemperatuur (viscositeit) en de golfwerking. De concentratie POC is afhankelijk van de primaire productie in de waterkolom, die weer afhangt van instraling, watertemperatuur en concentraties voedingsstoffen. Bij de uitwisseling van slib en POC tussen Oosterschelde en Noordzee spelen al deze factoren een rol. Meetresultaten kunnen daarom pas een goed beeld van de werkelijke situatie geven als de meetreeks alle weer- en getijsituaties (dus ook stormomstandigheden) "dekt".

Voor het evaluatieonderzoek in de Oosterschelde is dit gerealiseerd door de bouw van een computergestuurd meetstation voor de waterkwaliteit, het zgn. HISMIL-station. Dit meetstation is gebouwd in de stroomgeul met het grootste getijvolume, de Roompot.

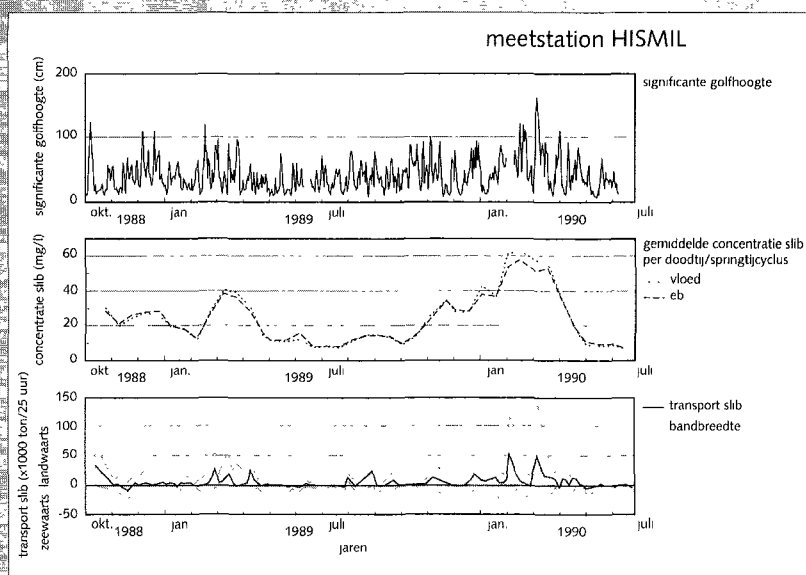
Het HISMIL-station bestaat uit drie onderdelen:

- het meetframe
In de doorstroomopening tussen twee pijlers is een frame geconstrueerd, waar op drie niveau's aanzuigbuizen t.b.v. slib en POC zijn aangebracht. Er zijn aparte aanzuigbuizen voor eb en voor vloed, zodat de aanzuigopeningen altijd in de richting van de waterstroming staan.
- de pompen
Het water wordt opgepompt door pompen in de holle ruimte in de bovenbalk.
- het laboratorium
Via de pompen in de bovenbalk gaat het water naar een container in de verkeerskoker, waar het water o.a. door een troebelheidsmeter en een fluoresciëtmeter wordt geleid.

De bemonstering op het meetstation is computergestuurd. Iedere vijf minuten wordt van niveau gewisseld. Zo wordt ieder kwartier één vertikaal gemeten. Voor de omrekening van troebelheid en fluorescentie naar concentraties slib en POC worden iedere twee weken watermonsters genomen en een ijklijn bepaald.

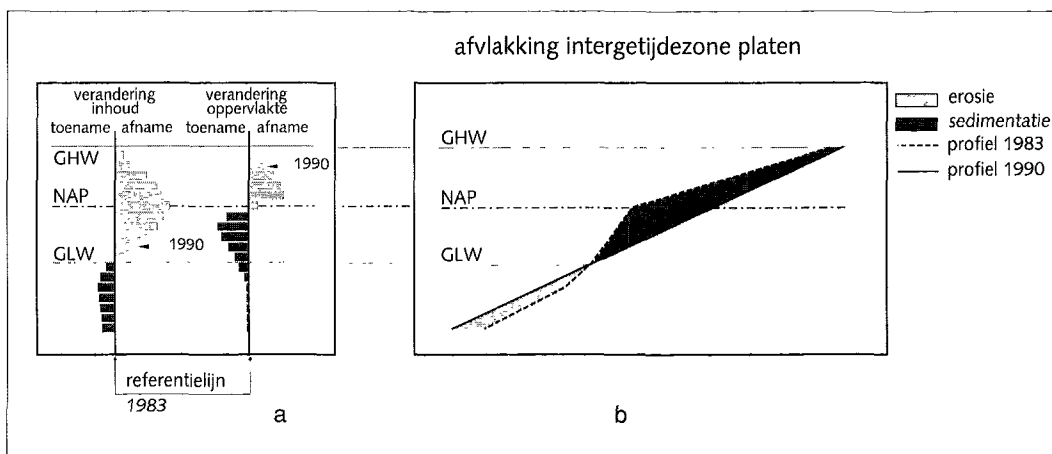
De concentraties slib en POC die zijn gemeten ter hoogte van het meetstation, zullen niet representatief zijn voor de hele Oosterscheldemonding. Dat betekent dat nog een vertaalslag nodig is van het meetstation naar een representatieve waarde voor de hele monding. Hiervoor is informatie nodig over de ruimtelijke variatie in gehalten slib en POC. Om deze variatie te bepalen is gebruik gemaakt van enkele tientallen luchtfoto's (vaststellen sedimentbanen) en een zestal zgn. scanmetingen vanaf meetschepen (vaststellen troebelheid en fluorescentie dwars over de geulen).

Het HISMIL-station is in bedrijf geweest van oktober 1988 tot juni 1990. Er is in die periode in principe continu gemeten. Slechts in 12% (slib) tot 17% (POC) van de tijd zijn over die periode geen meetgegevens beschikbaar. Resultaten van het meetstation over de hele meetperiode zijn weergegeven in de figuur. De concentraties en het transport van slib zijn in het voorjaar en in de zomer zeer laag ten opzichte van de herfst en de winter. De concentraties zijn in het winterhalfjaar, bij rustig weer, drie tot vier keer zo hoog als in het zomerhalfjaar. Stormen kunnen zorgen voor een verhoging van de slibconcentratie met maximaal 140%.



figuur 3.22

De waargenomen inhouds-vermindering (erosie) in dieptezones boven de gemiddelde laagwaterlijn en de toename van de inhoud (sedimentatie) daarbeneden, blijkt te leiden tot een afname van arealen intergetijdegebied boven NAP en toename van arealen beneden NAP (3.22a). Het resultaat is een vervlaking van de platen en verflauwing van de plaat-geulhellingen. Dit is schematisch weergegeven in figuur 3.22b.



lokaal nog sedimentatie voorkomt, is de erosie volledig overheersend (figuur 3.16). Verlagen van meer dan 10 cm komen op veel plaatsen voor.

In het algemeen wordt het geërodeerde materiaal afgezet beneden de laagwaterlijn (gemiddeld -1,5 mNAP) op de ondiepe onderwateroever. De gevolgen zijn een algehele afvlakking van de platen en een verflauwing van het talud van de onderwateroever naar de plaat (figuur 3.22).

Dit veroorzaakt een afname van het plaatareaal boven NAP en een toename van het areaal beneden NAP.

Door erosie- en sedimentatie is in de nieuwe situatie tevens een netto-afname van de oppervlakte intergetijdegebied opgetreden van ca. 30 ha per jaar, dit is ongeveer de helft van de oorspronkelijke verwachting. De erosie is in het mondingsgebied iets groter en in het middengebied iets kleiner dan verwacht. Een afzonderlijke rol hierbij speelt de lokale erosie van de noordwest-zijde van de Roggenplaat. Deze erosie wordt veroorzaakt door de zich nog verder ontwikkelende ontgrondingskuil in de Hammen.

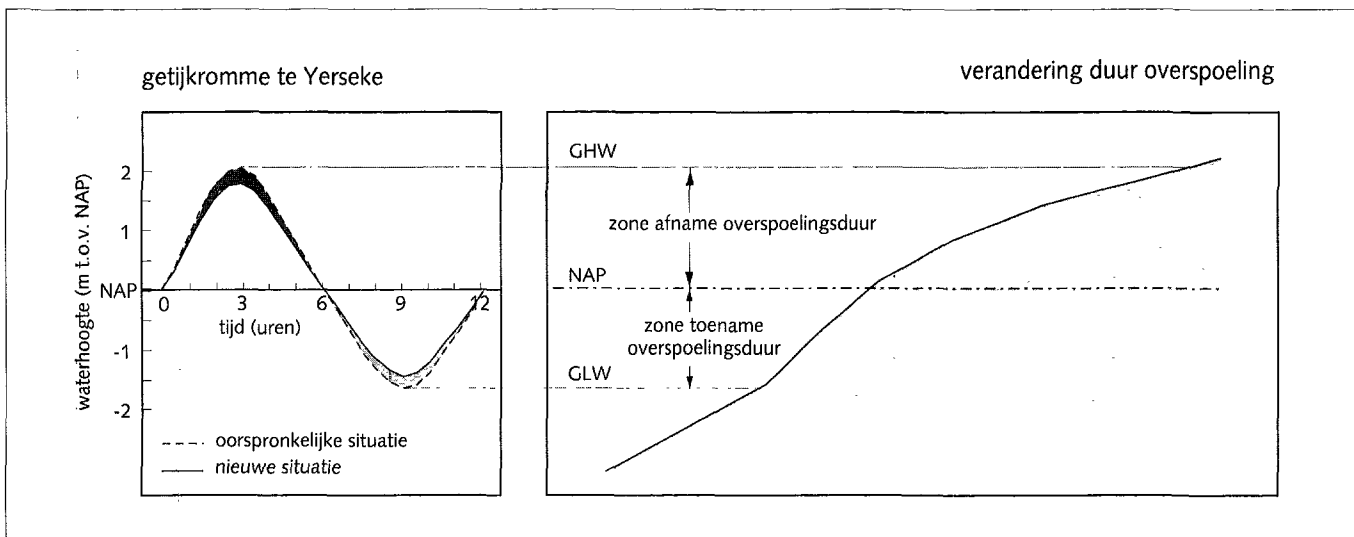
• ecologische gevolgen: habitatverandering

De veranderingen in het oppervlakesediment - de vergroving van het sediment op de platen en de verfijning van het sediment en lokale verslibbing in de geulen - veroorzaken een verandering in de habitats van het intergetijdegebied en de geulen.

Ook door veranderingen in hoogteligging van platen en de reductie van het getijverschil verandert het intergetijdegebied. Voor hoogtezones boven de gemiddelde waterstand (ca. NAP) is door de getijreductie de overspoelingsduur afgenomen (figuur 3.23), terwijl door plaaterosie het aanwezige areaal ook is afgenomen. Voor hoogtezones beneden NAP daarentegen zijn zowel de overspoelingsduur als het aanwezig areaal toegenomen. Door al deze ontwikkelingen is de beschikbaarheid van platen als fourageergebied voor vogels veranderd. Voor de Galgeplaat is berekend dat tussen 1984 en 1989 deze beschikbaarheid, uitgedrukt als produkt van droogvalduur en oppervlakte, met ongeveer 30% is afgenomen (figuur 3.24). Op de Roggenplaat was de afname ca. 10% en in de Krabbenkreek is de beschikbaarheid gelijk gebleven.

figuur 3.23

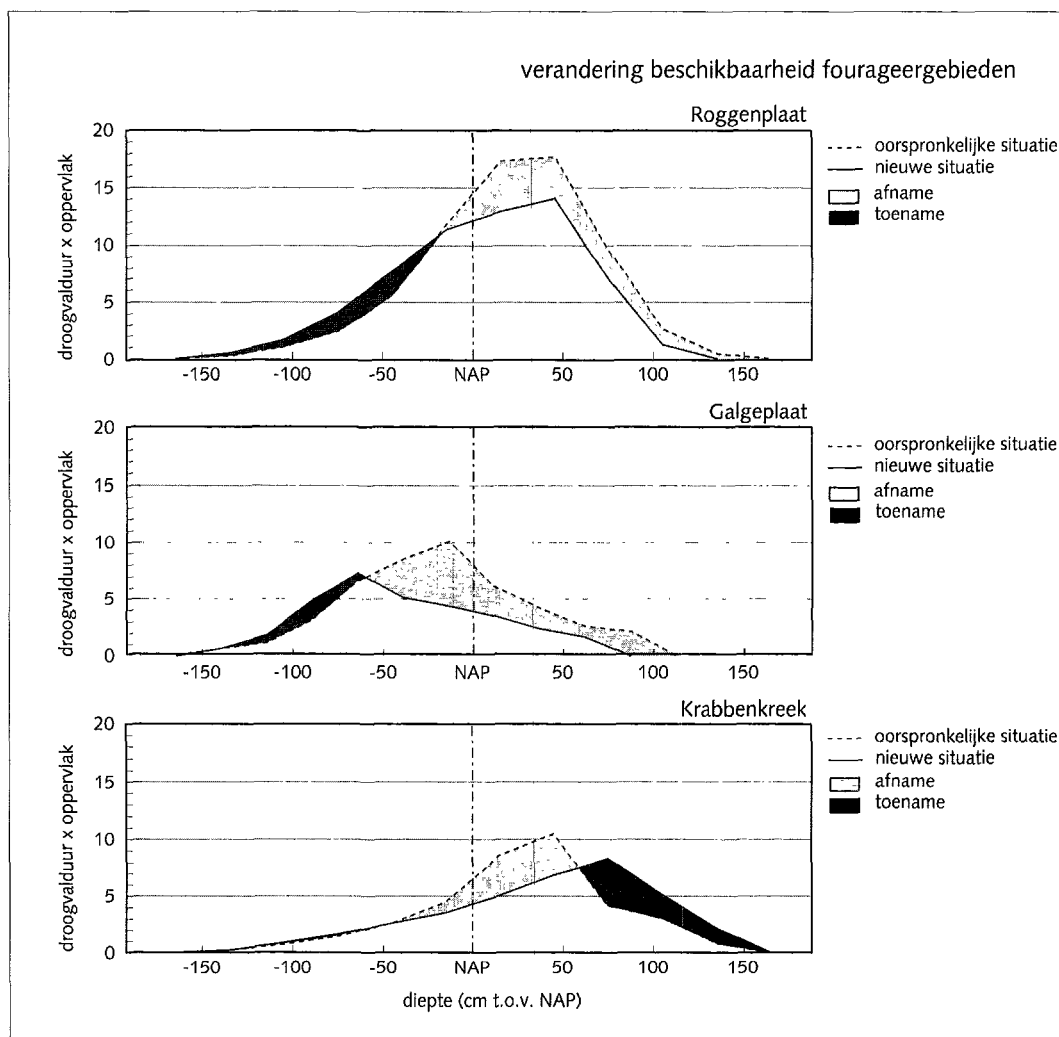
De verandering van het hoog- en het laagwater heeft geleid tot een toename van de overspoelingsduur in dieptezones beneden NAP en tot een afname van de overspoeling in zones daarboven.



figuur 3.24

De tijdsduur dat een bepaalde oppervlakte intergetijdegebied droogvalt, is van groot belang voor de bereikbaarheid van voedsel voor een aantal vogelsoorten. Als maat voor deze bereikbaarheid kan daarom het product van de droogvalduur en de oppervlakte intergetijdegebied gebruikt worden.

Deze figuur laat zien, dat door erosie en veranderingen in het getij de bereikbaarheid van voedsel op de Galgeplaat het meest is afgenomen. In de Krabbenkreek is hooguit een verschuiving opgetreden van de lagere naar de hogere zones van het intergetijdegebied.



Toekomstverwachting

De periode van 1987 tot 1990 is te kort om, op basis van de nu geconstateerde veranderingen, de huidige kwantitatieve verwachting voor de grootschalige veranderingen tot het jaar 2020 - verlies van ca. 1600 ha, overeenkomend met 15% van het in 1987 aanwezige areaal - bij te stellen (deze verwachting is verwoord in het rapport: "naar een nieuw onderwaterland-schap", RWS, 1987).

Op een aantal punten kan de verwachting echter geactualiseerd worden:

De zandhonger is en blijft zeer groot. Import van zand uit de voordelta wordt niet verwacht.

Geulen zullen daarom worden opgevuld met voornamelijk fijn sediment en zand afkomstig van de platen en slikken. Een doorgaande erosie van slikken en platen gedurende de komende 50-100 jaar lijkt onontkoombaar. Dit leidt tot een verdere vervlakking van de hogere plaatdelen, een verflauwing van de plaat-geul overgangen en een verlaging van het intergetijdegebied. Nog verdere verruiming van de ontgrondingskuilen blijft voorlopig een rol spelen bij de erosie van de Roggenplaat en mogelijk van de Neeltje Jansplaat. De bodemsamenstelling

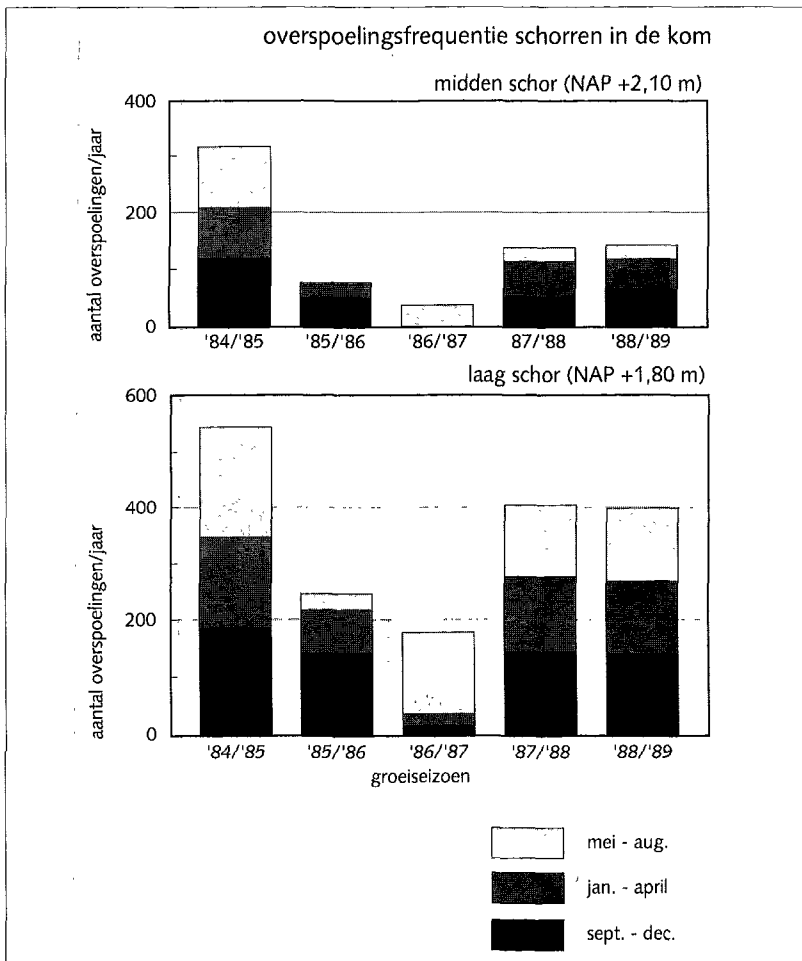
van de plaatgebieden zal weinig meer veranderen; de platen zijn blijvend slibarm.

3.4 Schorren

De overspoelingsfrequentie van de schorren is op het laag schor afgenomen met 15% en op het hoog schor met 70%. In extreme mate was dit het geval tijdens de overgangsfase in 1986 - 1987. Als gevolg van uitdroging en bodemrijping is een deel van het schorareaal en de vegetatie-ontwikkeling structureel verstoord. In de eerste jaren na voltooiing van de werken is een toename opgetreden van de erosiesnelheid.

Oorspronkelijke situatie

Schorren zijn buitendijkse gebieden met een min of meer aaneengesloten zoutminnende vegetatie (met een minimale bedekkingsgraad van 50%), die regelmatig worden overspoeld door zout water. De aan- en afvoer van het water vindt in hoofdzaak plaats via kreken, waarlangs zich oeverwallen vormen; achter de oeverwallen bevinden zich relatief laaggelegen kommen. Het aantal overspoelingen (bepaald door het getijverschil en de hoogteligging) en het zoutgehalte van het water zijn bepalend voor het



figuur 3.25
Het aantal overspoelingen (per jaar) van de schorren in de kom van de Oosterschelde daalde sterk tijdens de overgangsfase. In de periode tussen april 1986 en april 1987 werden de schorren het minst overspoeld. In de eindsituatie varieert de afname in aantal overspoelingen tussen de 15% (laag schor) en 70% (hoog schor).

karakter van de schorren. Het overspoelingswater zorgt voor de aan- en afvoer van sediment en van voedings- en afbraakstoffen van planten. De ontwikkeling van de schormorfologie, de schorbodem, de schorvegetatie en het schorareaal als geheel, is hiervan afhankelijk. In **laag schor** worden de kommen meer dan 500 keer per jaar overspoeld. Ligt het aantal overspoelingen van de kommen tussen de 300 en 500 per jaar, dan spreken we van **midden schor**; bij minder dan 300 overspoelingen per jaar van **hoog schor**. Minimaal zijn 5 overspoelingen per jaar nodig. In de oorspronkelijke situatie werd in de Oosterschelde meer dan de helft van het schoroppervlak gevormd door laag schor en ca. 10% door hoog schor.

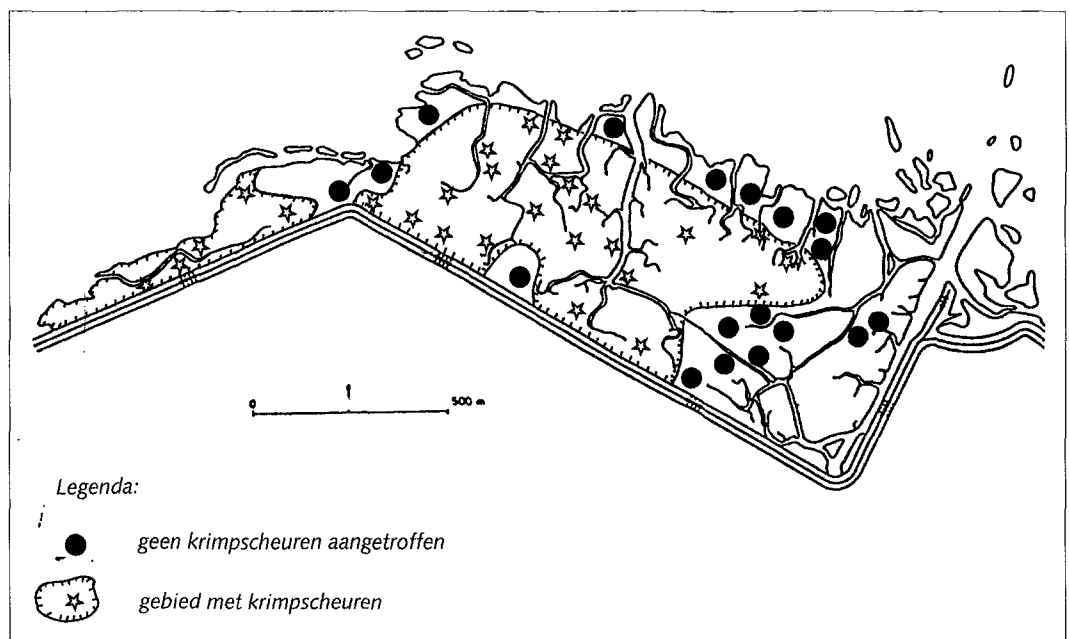
Prognose

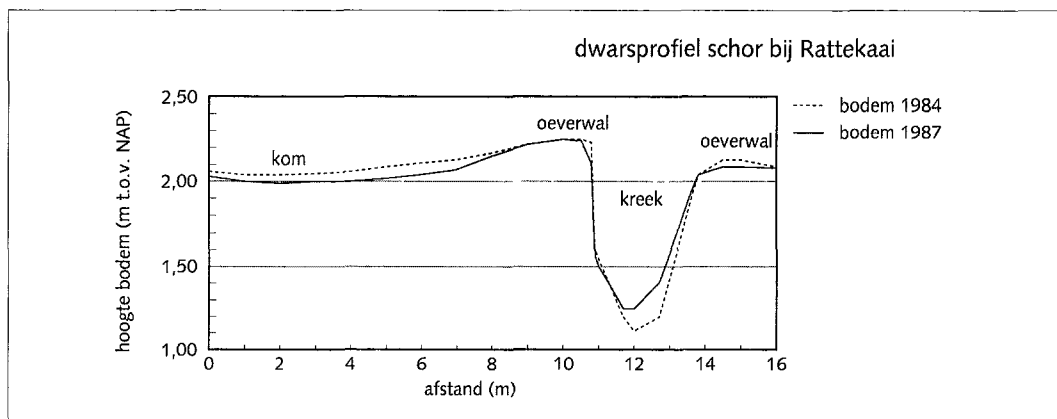
Verwacht werd, dat naast veranderingen in de vegetatie (zie hoofdstuk 4) opslibbing van de krekken en afname van de erosiesnelheid van schorranden zou optreden. Uitbreiding van het schorareaal werd niet verwacht.

Overgangsfase

In de overgangsfase vanaf mei 1985, werd het getijverschil en daarmee de overspoelingsfrequentie van de schorren, steeds verder gereduceerd. De reductie was het sterkst tussen april 1986 en april 1987 (figuur 3.25): voor het laag schor bedroeg de reductie van de overspoelingsfrequentie gemiddeld 65%, voor het middenschor 90% en voor het hoog schor vrijwel 100%. Hierdoor werd het middenschor in het groeiseizoen van zomer 1986 nog maar een tiental keren overspoeld en het hoog schor praktisch niet meer. In het najaar van 1986 en het voorjaar van 1987 bleef de overspoelings-

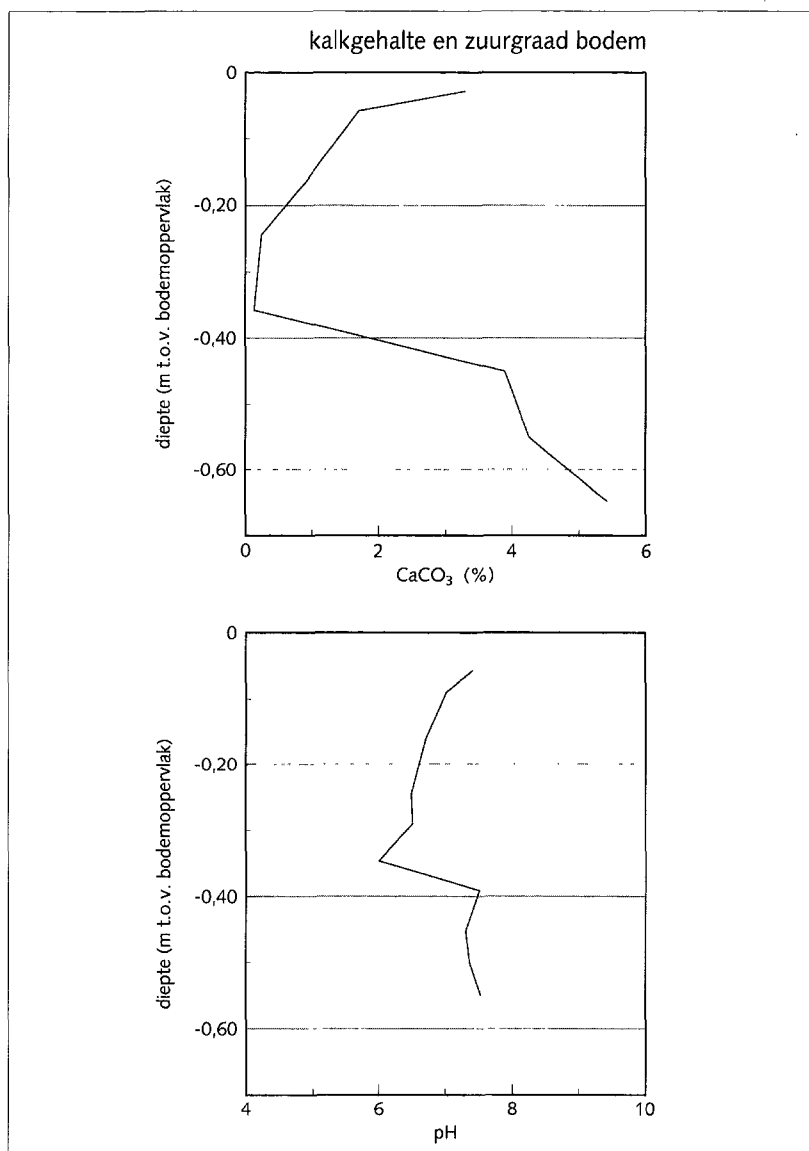
figuur 3.26
Door de afname van overspoelingen in de overgangsfase droogde de schorbodems op een aantal plaatsen uit en ontstonden krimpscheuren. Vooral op het hoog- en middenschor van Rattekaai zijn deze krimpscheuren waargenomen.





figuur 3.27
Een dwarsprofiel over het schor van Rattekaai toont de inklinking van de schorbodem en de sedimentatie in de schorkreken in 1987 ten opzichte van 1984.

figuur 3.28
Het verloop van het kalkgehalte en de zuurgraad in de schorbodem ter plaatse van een meetpunt bij Stroodorpolder in 1990.



frequentie op dit lage niveau. In dezelfde periode stonden de schorren bloot aan relatief extreme klimatologische omstandigheden; de winter van 1986 - 1987 was bijvoorbeeld streng. Met name op het middenschor werden door deze omstandigheden de bodemontwikkeling en de plantengroei in de zomer van 1987 sterk beïnvloed.

Areaalveranderingen door erosie vonden in de overgangsfase niet plaats, omdat door het ontbreken van overspoeling ook de belangrijkste erosieve krachten afwezig waren.

Door het ontbreken van overspoeling droogde de schorbodem uit. In de overwegend kleiige afzettingen had dit tot gevolg dat krimscheuren ontstonden. Vooral op het hoog- en middenschor van Rattekaai zijn deze op ruime schaal waargenomen (figuur 3.26).

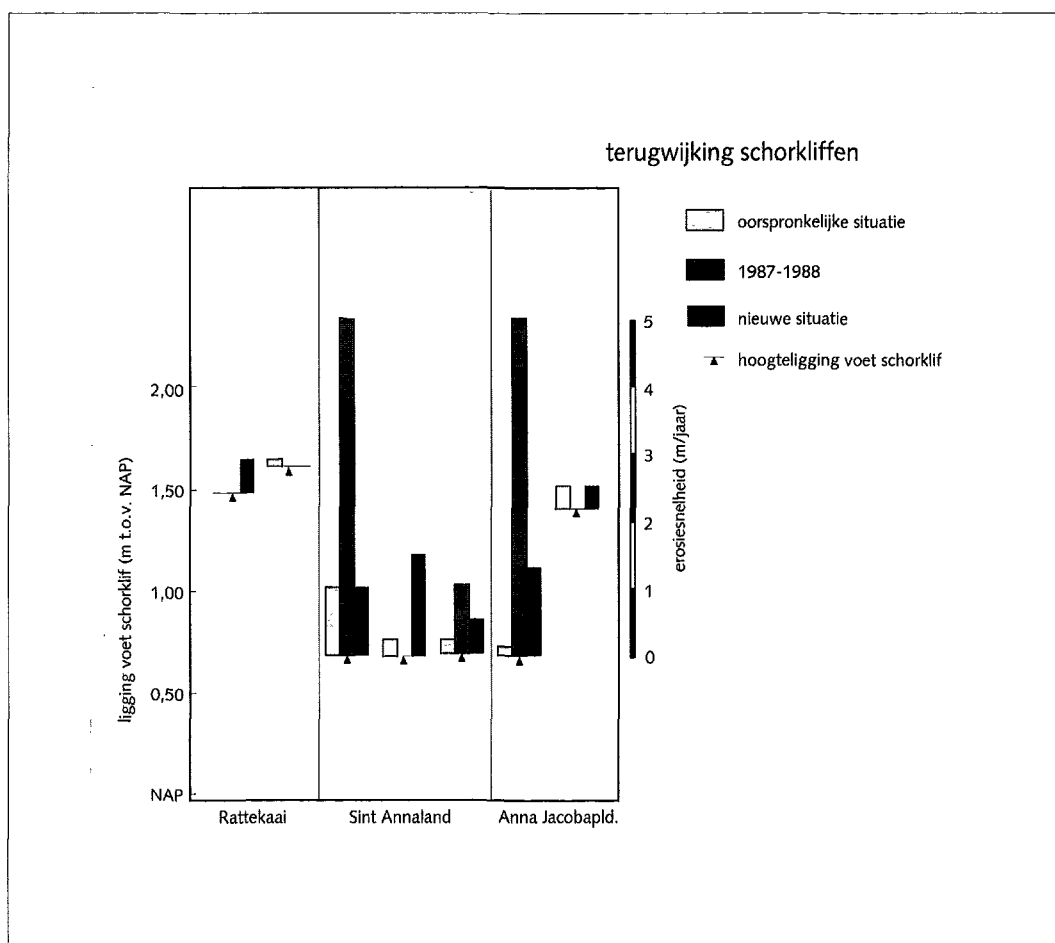
De krimscheuren, met een maximale diepte van 50 cm, doorbraken de oorspronkelijke horizontale gelaagdheid van de bodem. De drainage en de uitdroging van de bodem werden hierdoor verder bevorderd. Langs de krimscheuren nam de intensiteit van de doorluchting van de bodem sterk toe. De rijping van de bodem - een onomkeerbaar proces - werd hierdoor versneld.

Gevolgen:

- inklinking van de bodem, oplopend tot 10 cm in de kommen (figuur 3.27);
- een afname van de beschikbaarheid van water voor planten; veranderingen in chemische eigenschappen zoals: ontzilting en het vrijkomen van plantenvoedingsstoffen door oxidatie, maar ook verzuring en afname van de kalkgehalten (figuur 3.28).
- Terwijl de gemiddelde zuurgraad van schorbodems in de Oosterschelde normaal gesproken vrijwel neutraal tot basisch is (rond $\text{pH} = 7,5$ tot 8), wordt sinds 1986 in de Oosterschelde schorbodems een pH gemeten variërend van 6 tot 8.

figuur 3.29

De terugwijking van schorkliffen door erosie is het grootst bij de relatief laaggelegen kliffen. Extreme erosie is opgetreden in de herfst 1987 na een lange periode van droogstand in de overgangsfase. De erosiesnelheid na 1987 is groter dan in de oorspronkelijke situatie.



Het vloedwater dat in de overgangsfase niet de schorren overspoelde, bereikte wel de schorkreken. Hierin kon rond de kentering het meegevoerde, veelal fijne sediment bezinken. Dit sediment kon vervolgens door de zwakke ebstroom niet meer worden geërodeerd. Gevolg: opvulling van de schorkreken met fijn sediment (figuur 3.27). Dit verschijnsel deed zich met name voor in schorren met een groot voorliggend slikgebied, dat kennelijk als slibbron fungeerde.

Nieuwe situatie

- *sterk gerijpte schorbodems opnieuw overspoeld*

Vanaf april 1987 worden alle schordelen weer regelmatig overspoeld, zij het met een lagere frequentie dan voorheen (figuur 3.25); op het laag-, midden- en hoog schor is de frequentie gereduceerd met resp. 15, 50 en 70%. Op de schorren zelf treedt weer slibsedimentatie op. De omvang hiervan is echter in vergelijking met de oorspronkelijke situatie veelal afgenomen. Het proces van versterkte bodemrijping dat sinds 1986 optrad, heeft ertoe geleid dat de schorbodems veelal verder zijn gerijpt dan passend bij de huidige getijrandvoorwaarden. Een gegeven dat van invloed is op de verdere vegetatieontwikkeling en erosiesnelheid van de schorren.

- *slib weer uit schorkreken verdwenen*

Door de toegenomen stroomsnelheden is een deel van het slib dat in de overgangsfase in de krekken was gesedimenteed, weer geërodeerd en afgevoerd.

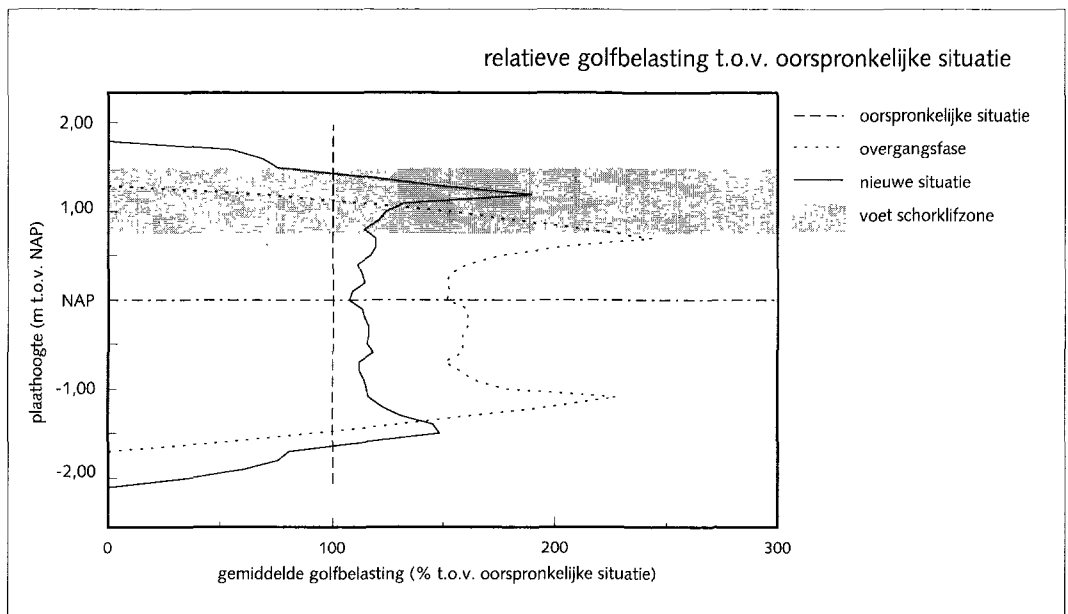
- *toename van erosie leidt tot versnelde afname van het schorareaal*

In de winter van 1987 - 1988 trad een plotse-linge en sterke toename op van de schorerrosie. Verspreid langs de schorkliffen werd een achteruitgang geconstateerd die gemiddeld vijf maal hoger was dan de jaargemiddelde waarde in de voorafgaande periode 1982 - 1987 (figuur 3.29).

Een oorzaak van deze versnelde achteruitgang kan liggen in de toegenomen erosieve werking van de golven: bij het nieuw ingestelde getij is de dieptezone met de grootste golfaanval juist verschoven naar een zone, waarin zich op de meeste plaatsen de basis bevindt van de schorkliffen (figuur 3.30). De kans op ondergraving van de kliffen is hierdoor sterk toegenomen. Daarbij komt dat de weerstand van de kliffen tegen erosie is afgenomen: een gevolg van de sterk toegenomen bodemrijping en de verminderde vitaliteit van de vegetatie, veroorzaakt door de droogstand in de overgangsfase.

figuur 3.30

Door de vermindering van het verschil tussen hoog- en laagwater is de golfaanval tegenwoordig geconcentreerd in een smallere oeverzone dan in de oorspronkelijke situatie. De gemiddelde golfbelasting van het intergetijdegebied is hierdoor toegenomen. Ter plaatse van de basis van de schorkliffen (afhankelijk van de lokatie tussen NAP + 0,75 m en NAP + 1,50 m) is de golfbelasting het meest toegenomen (met 50 tot 100%).



Het laatstgenoemde speelt ook een grote rol bij de in 1987 en 1988 veel waargenomen erosie van oeverwallen. Door de hoge waterstanden werden de uitgedroogde oeverwallen weer doordrenkt met water, zodat ze te zwaar werden voor de verzwakte ondergrond. Daardoor zijn delen van de oeverwallen afgegleden of afgebroken, waardoor in veel kreken "schouders" zijn ontstaan.

De erosiesnelheid van de schorkliffen is de laatste twee jaren minder extreem dan in de periode 1987-1988. Metingen tonen wel aan dat de achteruitgang van de kliffen nog altijd ruim twee maal zo snel gaat als in de oorspronkelijke situatie. In gebieden waar de overgang van schor naar slik niet gevormd wordt door een erosief klif, maar door een geleidelijke overgang met een graduele verdunning van de begroeiing, komt lokaal zowel areaalwinst als areaalverlies voor.

Vanaf 1982 is door kliferosie ca. 12 ha schor verdwenen. In de gebieden met een geleidelijke overgang is een erosie opgetreden van ca. 8 ha, terwijl er door aangroei ca. 4 ha is bijgekomen. Sinds 1982 is dus ongeveer 16 ha schor verdwenen. Het tempo waarin netto achteruitgang van schorareaal optreedt, is naar schatting sinds 1987 toegenomen met een factor 2 tot 5 en bedraagt nu ca. 4 ha per jaar. Door de aanleg van de Oesterdam en Philipsdam werd in totaal ca. 1082 ha schorren van getij-invloed afgesneden en resteerde binnen de grenzen van de huidige Oosterschelde ca. 643 ha.

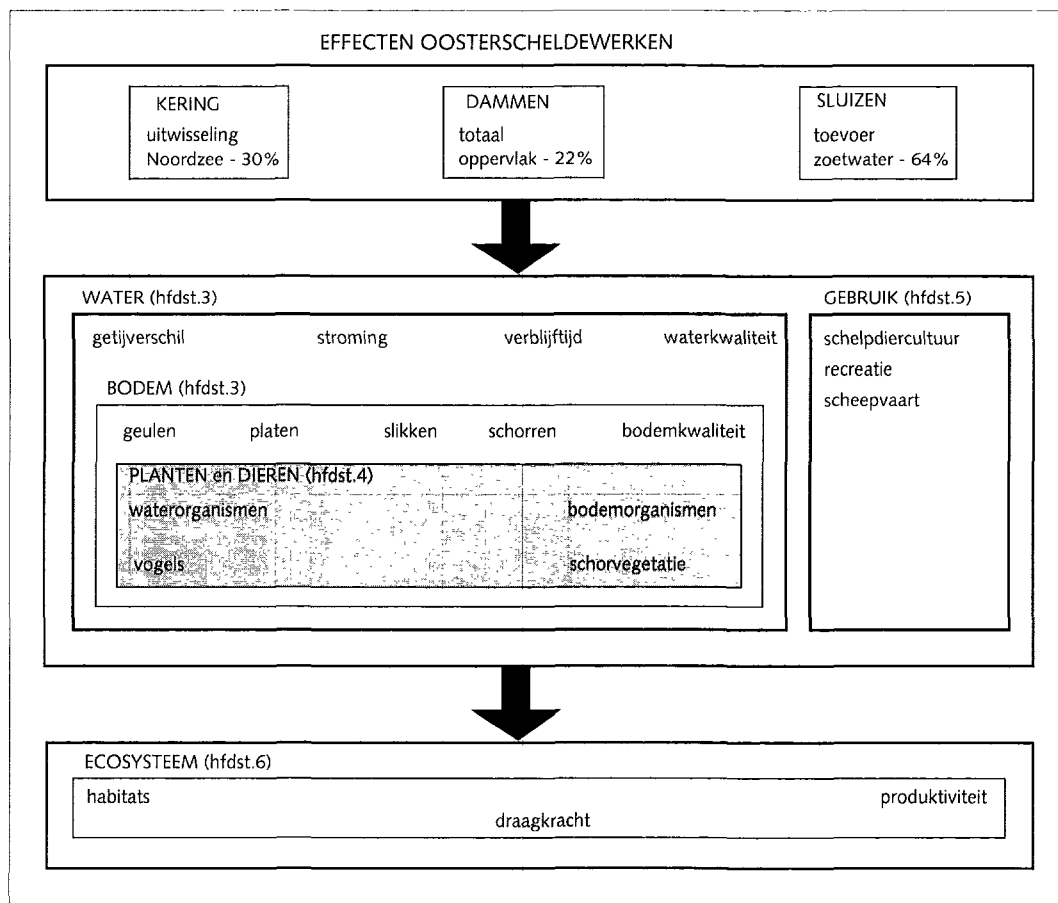
Toekomstverwachting

De reactiesnelheid van vegetatiekundige, bodemkundige en geomorfologische eigenschappen van schorren op nieuwe hydraulische

randvoorwaarden loopt uiteen van maanden tot eeuwen. Bovendien beïnvloeden genoemde eigenschappen elkaar onderling. Dit verklaart dat nog niet alle aanpassingen aan de nieuwe randvoorwaarden zijn voltooid.

Het netto verlies aan schorareaal zal voorlopig in een onverminderd tempo doorgaan en de eerstvolgende 5 - 10 jaar naar schatting ca. 4 ha per jaar bedragen. Op de middellange termijn (10 - 25 jaar) zal het tempo als gevolg van een te verwachten afname van de erosie langs geleidelijke schor - slikovergangen, teruglopen tot een jaarlijks verlies van naar schatting ca. 2 ha. Ook op lange termijn wordt geen netto schorvorming verwacht.

De veranderingen in de bodem zijn blijvend en kunnen in de toekomst leiden tot plaatselijk grotere gevoeligheid voor droogte en tot plaatselijke verzuring.



4 De effecten op het leven in de Oosterschelde

Zoals in hoofdstuk 3 is aangetoond, hebben de werken het abiotisch milieu van de Oosterschelde veranderd. Veranderingen in de verschillende habitats geulen, platen, slikken, dijken en schorren hebben consequenties voor de daar levende planten en dieren. In dit hoofdstuk wordt ingegaan op deze consequenties. In hoofdstuk 6 zullen de afzonderlijke veranderingen worden geïntegreerd op ecosysteemniveau.

4.1 Het leven in het water

Plankton is de verzamelnaam voor alle plantaardige en dierlijke organismen die in het water zweven. Er wordt onderscheid gemaakt tussen plantaardig plankton (fytoplankton) en dierlijk plankton (zoöplankton). Van de hogere organismen die zich vrij in het water bewegen, worden vissen, garnalen en zeehonden besproken.

4.1.1 Fytoplankton

De kleinere fytoplanktonsoorten zijn belangrijker geworden. De biomassa van het plankton is in de monding en het middengebied gedaald, in de kom gelijk gebleven en in de noordelijke tak toegenomen. De primaire produktie is gemiddeld gelijk gebleven, maar vertoont relatief lage waarden in de monding en hoge waarden in de noordelijke tak. Stikstof en silicium zijn beperkend voor de groei van het fytoplankton.

Oorspronkelijke situatie

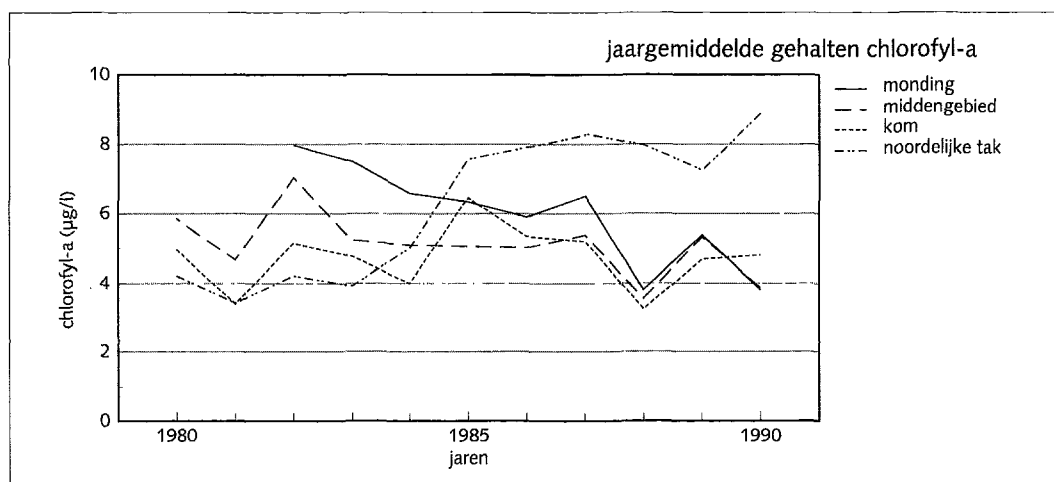
Het fytoplankton vormt, samen met de bodemalgen (par 4.2), de basis voor de voedselketen. Onder invloed van omgevingsfactoren als licht, koolzuur en nutriënten (stikstof, silicium, fosfaat) worden via de fotosynthese organisch materiaal

en zuurstof gevormd. Deze aanmaak van organisch materiaal wordt primaire produktie genoemd.

Het fytoplankton vormt de belangrijkste voedselbron voor herbivore suspensie-eters zoals mosselen, kokkels, zakpijpen en zoöplankton. Daarmee is de produktiviteit van fytoplankton belangrijk voor de groei en biomassa van deze organismen. De herbivoren nemen echter niet alleen fytoplankton op, maar leveren, samen met bacteriën, een bijdrage aan het weer beschikbaar komen van de nutriënten, die voor de groei van het fytoplankton belangrijk zijn. De ontwikkeling van het fytoplankton is daarmee niet alleen afhankelijk van de beschikbaarheid van licht en nutriënten, maar ook van de begrazing door de herbivoren en de teruglevering van nutriënten. Licht en de beschikbaarheid van nutriënten zijn zowel door de werken beïnvloed, als door externe factoren, zoals het klimaat en ontwikkelingen in de voordelta.

In de Oosterschelde vormen de kiezelwieren (diatomeeën) de belangrijkste groep binnen het fytoplankton. Ze veroorzaken pieken in de biomassa van het voorjaar tot de herfst. Ook de flagellaten kunnen tijdelijk een belangrijke rol spelen. Belangrijke soorten in deze groep zijn: *Phaeocystis spec.* en *Cryptomonas* soorten. *Phaeocystis* domineert de fytoplanktensamenstelling vanaf eind april tot en met mei, terwijl *Cryptomonas* het gehele jaar door voorkomt met af en toe kleine pieken. Dinoflagellaten komen het meest voor in de zomer en nazomer. In het voorjaar domineren met name de kleine soorten fytoplankton, terwijl er in de zomer ook grotere soorten optreden.

figuur 4.1.



Tijdens het voorjaar nemen de lichtinstraling en het doorzicht toe, waardoor de gemiddelde lichtintensiteit in de waterkolom een zekere grenswaarde overschrijdt en de voorjaarsbloei begint. In de oorspronkelijke situatie gebeurde dit doorgaans in de eerste twee weken van april. Als maat voor de biomassa van fytoplankton wordt het gehalte aan chlorofyl-a (verder kortweg aangeduid als: chlorofyl) in het water gebruikt. Hierbij doet zich de complicatie voor, dat er in 1986 is overgegaan op een nieuwe meetmethode, omdat de oude methode onnauwkeuriger was en mogelijk een overschatting van de chlorofylwaarden te zien gaf. Voor de vergelijking van de oude en de nieuwe methode is evenwel geen vaste omrekeningsfactor beschikbaar. Het gemiddelde chlorofylgehalte op jaarbasis tijdens de periode 1980-1990 is weergegeven in figuur 4.1. In de oorspronkelijke situatie liepen de waarden uiteen van 3,4 µg/l in de kom tot 8,0 µg/l in de monding. De chlorofylconcentraties waren laag in de winter, ongeveer 1 µg/l. Gedurende de bloei van *Phaeocystis* in mei zijn maximale chlorofylconcentraties gemeten van 20-40 µg/l. In tabel 4.1 is de jaarlijkse primaire produktie in de periode 1980-1990 weergegeven. In de oorspronkelijke situatie bestond er in het algemeen een gradiënt in de jaarproducties, met hogere waarden in de monding dan in midden en kom.

In de oorspronkelijke situatie was silicium beperkend voor de groei van kiezelwieren vanaf het einde van de voorjaarsbloei tot aan het einde van de zomer; stikstof en fosfaat waren toen niet beperkend voor kiezelwieren en flagellaten.

Prognose

De verwachtingen waren dat de lagere stroom-snelheden en de langere verblijftijden zouden resulteren in een toename van de kleinere planktonsoorten.

Het maximale chlorofylgehalte zou niet veel veranderen. De toegenomen helderheid zou de groei van het fytoplankton bevorderen in voor- en najaar. De voorjaarsbloei van het fytoplankton zou eerder beginnen en het groeiseizoen zou langer duren. Door een toenemende helderheid zou de primaire produktie kunnen toenemen. De gereduceerde toevoer van nutriënten zou dit evenwel beperken, waardoor de primaire produktie gemiddeld niet zou veranderen.

Overgangsfase

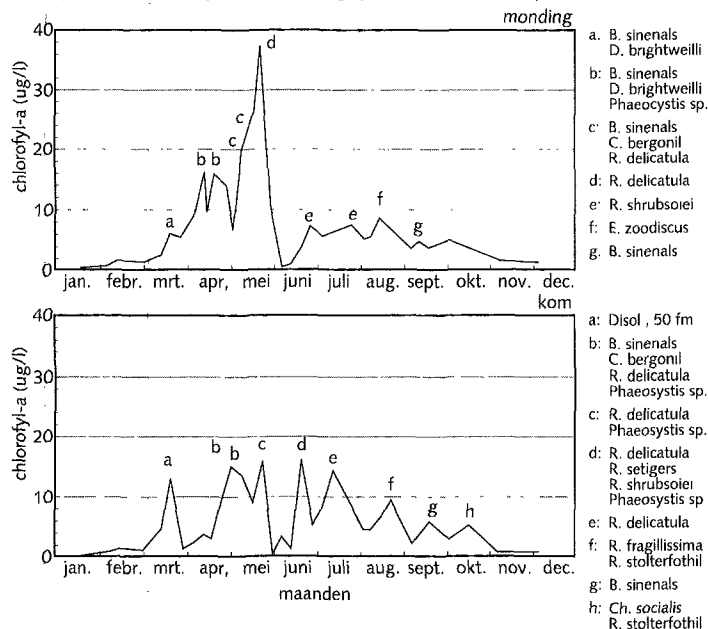
Al tijdens de overgangsfase was er sprake van een verandering van de fytoplanktonsamenstelling. De soortensamenstelling kreeg meer een zomer-karakter; zomer-soorten traden al vroeg op in het voorjaar, en werden ook in het najaar aangetroffen. De verandering was het grootst in de kom en wordt toegeschreven aan de verandering van het lichtklimaat in voor- en najaar.

tabel 4.1

Jaarlijkse primaire produktie (kolomproduktie, g C/m²/j) in de Oosterschelde in de periode 1980-1990.

Jaar	mondning (Roompot)	middengebied (geul bij Kats)	kom	noordelijke tak (Zijpe)
1980	•	327	345 ⁽¹⁾	•
1981	280 ⁽²⁾	275	338	•
1982	540	406	264	•
1983	283	240	264	•
1984	425	373	176	•
1985	•	•	198	•
gem. '80/'85:	416	324	264	•
1986	•	•	312	•
1987	•	•	204	•
1988	•	•	255	•
1989	277	319	229	550
1990	228	242	239 ⁽³⁾	502
gem. '88/'90:	253	281	241	526
• Niet gemeten.				
1 Gebaseerd op maandelijkse i.p.v. wekelijkse metingen.				
2 Gemeten vanaf 20 mei 1981.				
3 Gemeten op een andere lokatie (LGPK)				

gehalte chlorofyl-a en belangrijkste soorten fytoplankton - 1989



figuur 4.2.

Seizoensopvolging in 1989 van enkele dominante soorten fytoplankton in de kom en in de monding.

Enkele kiezelwieren en een aantal soorten flagellaten bleken tijdens de overgangsfase een relatief voordeel te hebben van de nieuwe omstandigheden; zo is de flagellaat *Phaeocystis* in de kom belangrijker geworden, met name in de zomerperiode. De toename van *Phaeocystis* in de kom wordt in verband gebracht met de toegenomen verblijftijd van het water, in combinatie met gelijk gebleven gehalten aan nutriënten.

Nieuwe situatie

• verdere wijziging soortensamenstelling

In de nieuwe situatie is de soortensamenstelling verder gewijzigd. Opvallend is het meer algemeen voorkomen in de zomer van kleine flagellaten en van een aantal soorten kiezelwieren met dunne, weinig verkiezelde celwanden. In figuur 4.2 is de seizoensopvolging in 1989 van enkele dominante soorten fytoplankton in de kom en in het mondingsgebied weergegeven. De aanwezigheid van soorten met weinig verkiezelde celwanden wijst op een aanpassing aan veranderingen in turbulentie en lichtklimaat en op een toegenomen siliciumlimitatie. De laatste jaren, vooral in 1990, was de biomassa aan kiezelwieren in de zomer zeer laag.

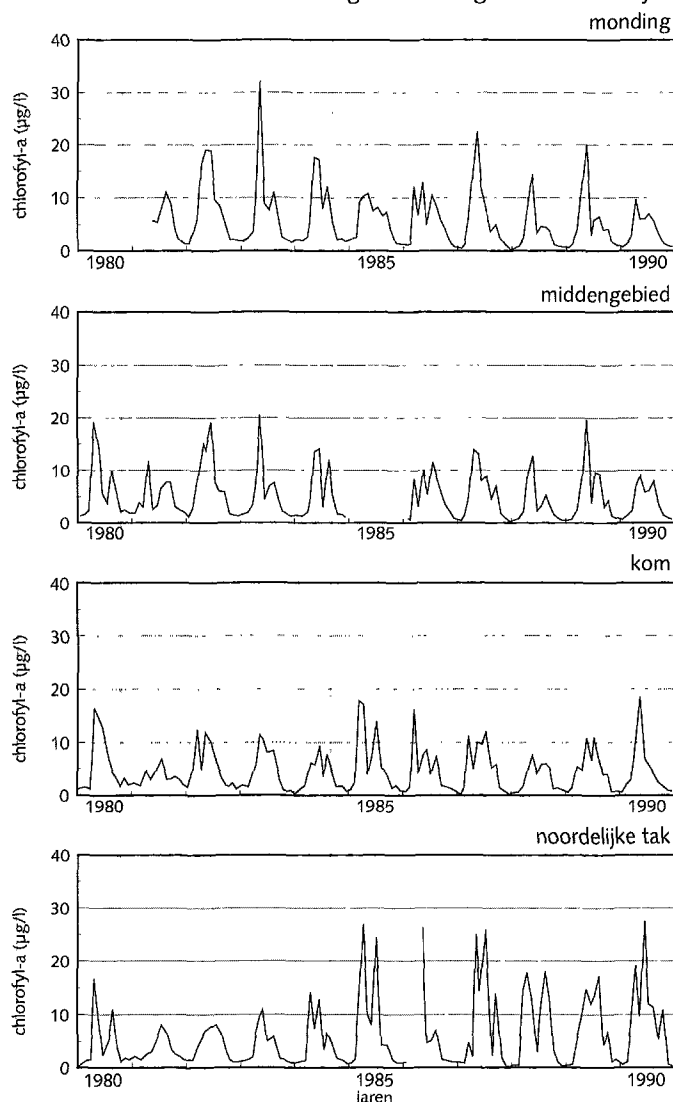
• chlorofylgehalte in de monding en het middengebied afgenomen

In de monding en het middengebied zijn de gemiddelde chlorofylconcentraties duidelijk lager dan in de oorspronkelijke situatie. Uit gegevens op maandbasis blijkt dat de lagere waarden optreden na de voorjaarspiek (figuur 4.3). Dit kan niet aan één oorzaak worden toegeschreven. Waarschijnlijk beperken de lagere nutriëntenconcentraties in de Oosterschelde en in de voordelta de biomassa van het fytoplankton, terwijl ook met de begrazing door herbivoren rekening moet worden gehouden. Dit komt in hoofdstuk 6 aan de orde. In de kom zijn de concentraties ongeveer gelijk gebleven. In de noordelijke tak worden al vanaf 1985 significant hogere chlorofylconcentraties gemeten (figuur 4.3). Hier heeft het fytoplankton kunnen profiteren van de toegenomen helderheid in combinatie met de hoge gehalten aan voedingsstoffen in dat gebied.

figuur 4.3.

In de monding en in het middengebied zijn de maandgemiddelde concentraties chlorofyl vooral na de voorjaarsbloei lager dan vroeger het geval was. In de kom zijn de concentraties chlorofyl niet veel veranderd. In de noordelijke tak is al vanaf 1985 sprake van een duidelijke toename van het chlorofylgehalte.

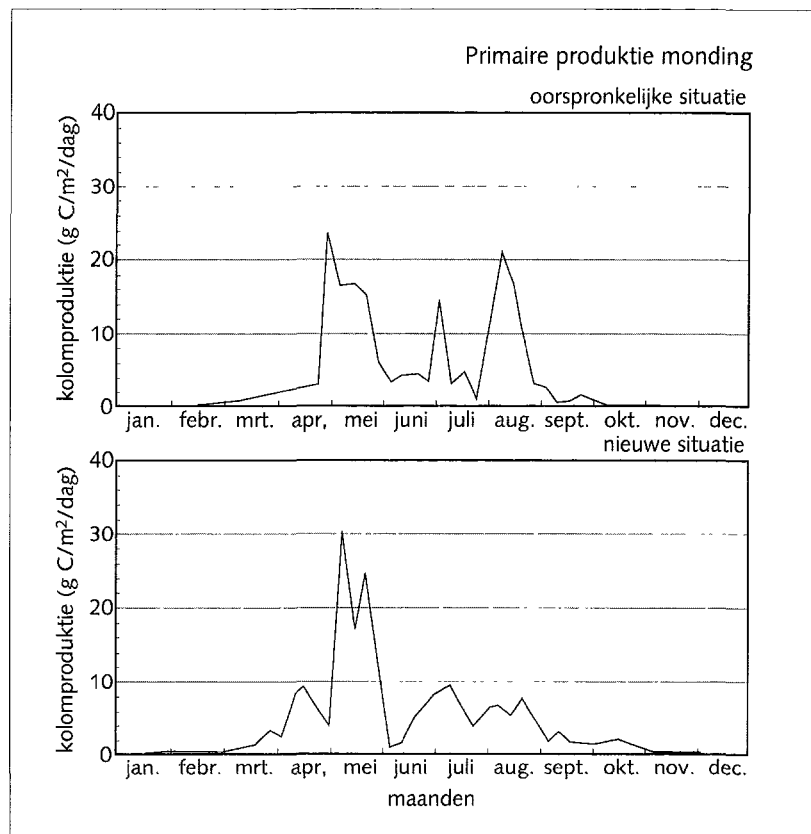
maandgemiddelde gehalten chlorofyl-a



- primaire produktie vertoont lagere waarden in de monding en het middengebied, maar is gemiddeld gelijk gebleven

In de nieuwe situatie is de primaire produktie gemiddeld over de hele Oosterschelde ongeveer gelijk aan de oorspronkelijke situatie. De primaire produktie varieert van 204 g C/m²/j in de kom tot 550 g C/m²/j in de noordelijke tak (tabel 4.1). In de noordelijke tak worden veruit de hoogste waarden gemeten, maar daar is een vergelijking met de oorspronkelijke situatie niet mogelijk. In de kom is geen duidelijk verschil waargenomen met de oorspronkelijke situatie. In de monding en in het middengebied worden lagere waarden gemeten. De variatie in de primaire produktie van jaar tot jaar is echter te groot om op grond van die gegevens van een significant verschil te kunnen spreken. De lage waarden treden vooral op in de tweede helft van het groeiseizoen (figuur 4.4); in 1990 is er in de monding bovendien een geringe bloei van *Phaeocystis* opgetreden. Bij dit alles spelen verschillende factoren een rol. De nutriëntenconcentraties zijn afgenomen en in de zomer beperkend voor de algengroei, enerzijds door afname van de belasting via de Krammersluizen en anderzijds door lagere concentraties in de voordelta. Voorts is de soortensamenstelling van het fytoplankton veranderd, hetgeen effect kan hebben op de primaire produktie. Veranderingen in de begrazing kunnen eveneens doorwerken in de primaire produktie.

figuur 4.4.
Vooral in de tweede helft van het groeiseizoen is de primaire produktie in de monding tegenwoordig lager dan in de oorspronkelijke situatie.



- Stikstof en silicium zijn nu beperkende nutriënten

Het voorkomen van soorten met dunnere kiezelwanden en de lagere biomassa van de kiezelwieren in de zomers van 1988 en 1990 wijst op een toegenomen siliciumlimitatie in de zomer. Vanaf 1990 is ook stikstof beperkend geworden voor zowel kiezelwieren als flagellaten, met name in de kom.

Toekomstverwachting

De biomassa en de primaire produktie van het fytoplankton in de zomer zijn, in vergelijking met de oorspronkelijke situatie, meer afhankelijk geworden van de nutriëntengehalten. Dit blijkt uit het optreden van stikstof- en siliciumlimitatie in de zomermaanden. In de toekomst zou ook fosfaat beperkend kunnen worden voor de algengroei.

De nutriëntenconcentraties zijn, tengevolge van de lagere toevoer via de Krammersluizen, meer afhankelijk geworden van de ontwikkelingen in de voordelta. De nutriëntenconcentraties in de voordelta worden vooral beïnvloed door de jaarlijks sterk fluctuerende afvoer van water van de Rijn en de heersende windrichtingen. Mede gezien de invloed van andere factoren, zoals de biomassa van mosselen en kokkels, is de toekomstverwachting voor de primaire produktie onzeker. De maximaal realiseerbare produktie van dominante fytoplanktonsoorten in de huidige Oosterschelde kan in de toekomst door lage nutriëntengehalten beperkt worden. Wanneer aangenomen wordt, dat de soortensamenstelling van het fytoplankton geen wezenlijke veranderingen meer zal ondergaan, dan moet (vooral in de monding) rekening gehouden worden met jaren, waarin de primaire produktie lager is dan voorheen.

4.1.2 Zoöplankton

De dichtheid van het zoöplankton is toegenomen.

Oorspronkelijke situatie

In de Oosterschelde is van het herbivore zoöplankton vooral het mesozöplankton (100–1000 µm) onderzocht. De belangrijkste groep binnen het mesozöplankton in de Oosterschelde wordt gevormd door de roeipootkreeftjes (copepoden). Er komen zeven soorten voor, waarvan enkele zeer talrijk, zoals *Temora longicornis* (in het mondingsgebied) en *Acartia tonsa* (in de kom). Alle ontwikkelingsstadia van deze dieren leven permanent in de waterkolom (holoplankton). Een tweede belangrijke groep in het zoöplankton wordt gevormd door de larven van diverse soorten bodemdieren, die slechts tijdelijk in de waterkolom voorkomen (meroplankton). Kwantitatief belangrijke soorten

binnen deze groep zijn: larven van zeepokken, tweekleppige schelpdieren, slakken en borstelwormen. Door de geringere gemiddelde diepte van de kom waren de larven van bodemdieren daar steeds talrijker dan in de monding. Van de overige zoöplanktongroepen, wat biomassa betreft niet van betekenis, maar wel karakteristiek voor het mariene milieu van de Oosterschelde, noemen we: manteldieren, water-vlooien, raderdieren, en ééncelligen (zeevonk). De biomassa van het zoöplankton varieert sterk gedurende het jaar. In de winter is er weinig zoöplankton, terwijl in de zomer hoge aantallen (en biomassa) worden gevonden. Hun biomassa wordt in de zomer hoofdzakelijk bepaald door de beschikbaarheid van voedsel, wat voornamelijk bestaat uit fytoplankton. In de monding bedroeg de consumptie door zoöplankton per dag ca. 6% van het aanwezige fytoplankton; in de kom was dit 16%.

In de monding waren de concentraties zoöplankton in de oorspronkelijke situatie hoger dan die in de kom (figuur 4.5).

Zoöplankton is een belangrijke voedselbron voor o.a. vislarven en vissoorten als sprot, haring en ansjovis.

In het vervolg van deze paragraaf wordt alleen ingegaan op de ontwikkeling van het holoplankton.

Overgangsfase

In de overgangsfase nam de jaargemiddelde biomassa van het zoöplankton in de monding af en werd gelijk aan de biomassa in de kom. Opvallend was de toename van het aantal raderdieren (Rotatoria), zeer kleine (ca. 100 µm) meercellige dieren die nooit talrijk waren. Ze hebben een korte levenscyclus van slechts enkele weken, zonder larvenstadia (de biomassa van deze dieren legt overigens weinig gewicht in de schaal). In de overgangsfase namen de aantallen tijdens de piekperioden in de zomer met een factor 5 - 10 toe. Dit is terug te voeren op de verminderde waterbeweging in de overgangsfase.

Nieuwe situatie

• toename zoöplankton in de kom

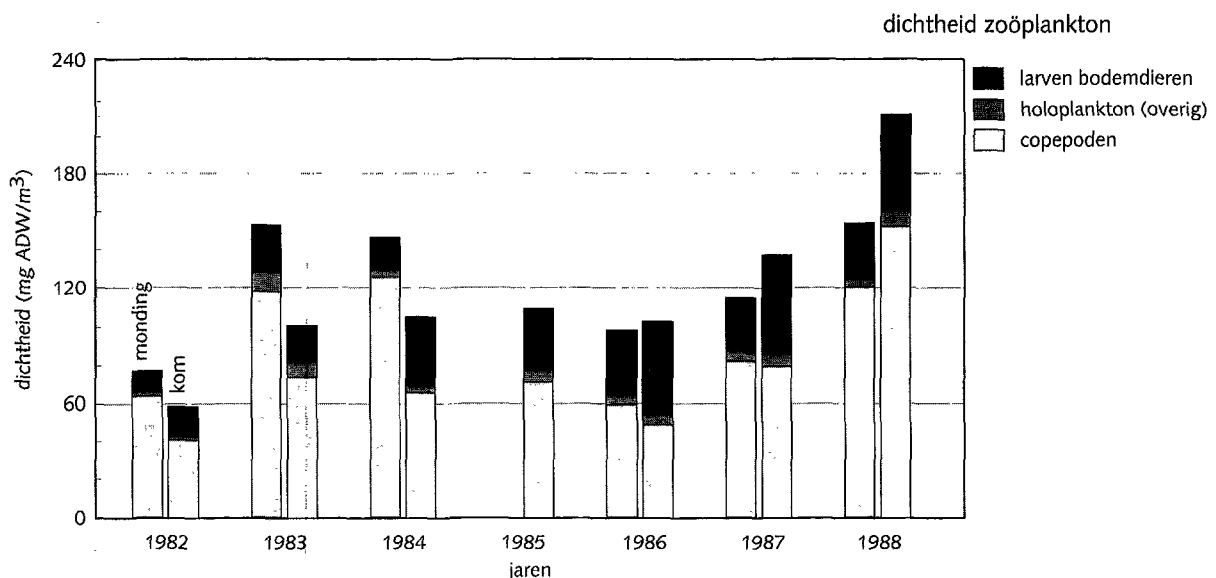
De dichtheid van het zoöplankton nam in de kom toe van ca. 100 mg/m³ in 1986 tot ca. 210 mg/m³ in 1988 (figuur 4.5). In de monding werd geen toename geconstateerd. Dit geldt overigens tot 1988. In 1989 en 1990 konden van het zoöplankton geen gegevens worden verwerkt.

Het roeipootkreeftje *Temora* blijft in de monding domineren, terwijl deze planktonsoort in de kom even belangrijk is geworden als *Acartia*. Het aantal zeepoklarven in de kom lijkt eveneens toegenomen. In de nieuwe situatie zijn de raderdieren weer enigszins in aantal afgenomen. Aangenomen wordt dat de toename van enkele zoöplanktonsoorten verband houdt met de afgenomen hoeveelheid slib in het zwevend materiaal en daardoor met een verbeterde voedselkwaliteit.

figuur 4.5.
In de kom nam de dichtheid van het zoöplankton toe van ca. 100 mg/m³ in 1986 tot ca. 210 mg/m³ in 1988. De dichtheid van het zoöplankton in de monding is niet toegenomen.

Prognose

De gevolgen van de Oosterscheldewerken voor het zoöplankton zouden naar verwachting beperkt zijn. Mogelijk zou een verhoging van het aandeel van fytoplankton in het zwevend materiaal (seston), met name in de kom, tot een toename van het zoöplankton kunnen leiden.



Toekomstverwachting

- *hoeveelheid en soortensamenstelling veranderen niet meer*

Verwacht wordt dat er, afgezien van een natuurlijke variatie, geen grote veranderingen in de hoeveelheid en samenstelling van het zoöplankton meer zullen optreden.

4.1.3. Vissen, garnalen en zeehonden

De soortensamenstelling van de vissen is nauwelijks veranderd. De garnalendichtheid is gelijk gebleven. De vestigingsmogelijkheden voor zeehonden zijn niet door de werken beïnvloed.

Vissen en garnalen

In de Oosterschelde komen 34 vissoorten algemeen voor. Daarnaast zijn ongeveer 40 soorten vrij zeldzaam tot bijzonder. Sommige soorten zijn altijd aanwezig, andere maar een deel van het jaar.

De kinderkamerfunctie van de Oosterschelde voor de commerciële vissoorten is in vergelijking met andere gebieden niet van groot belang. Voor schol is de betekenis nog het grootst. Het aantal vissen met aandoeningen (zweren, infecties, gezwellen, etc.) is laag. De Oosterschelde geldt in het visziekte-monitoring-programma als een referentiegebied.

Prognose

Prognoses over de effecten op specifieke vissoorten zijn niet gedaan. De kennis over de verschillende soorten was daarvoor te beperkt. Bovendien is de aanwezigheid van veel soorten sterk afhankelijk van de populatiegrootte in de Noordzee.

Wel zijn voorspellingen gedaan over groepen vissoorten. Verwante vissoorten hebben bepaalde eigenschappen gemeen, zoals de voorkeur voor water met een relatief hoge temperatuur, voor een lager zoutgehalte of hoog doorzicht, of voor een bepaald soort voedsel of fourageergedrag. Voor verwante groepen zijn prognoses opgesteld op basis van verwachte veranderingen in de abiotische milieuomstandigheden.

Een kleiner getijvolume zou de aan- en afvoer van eieren en larven kunnen beperken. Afname van het estuariene karakter en moeilijke of abrupte overgangen van zout naar zoet leken ongunstig voor soorten die om te paaïen en op te groeien van zout naar zoet water trekken. Een hoger doorzicht zou de jacht van zichtjagers vergemakkelijken. Hogere watertemperaturen zijn gunstig voor de ontwikkeling van viseieren en larven.

Overgangsfase

Verscheidene soorten, waaronder ook algemeen voorkomende, kwamen met name in 1986 en

1987 minder voor, maar bereikten de laatste jaren weer het oorspronkelijke niveau.

Nieuwe situatie

- *het aantal soorten is gelijk gebleven*

Het aantal soorten dat jaarlijks wordt waargenomen is niet veranderd. De mate van voorkomen is voor een aantal soorten wel veranderd in vergelijking met de oorspronkelijke situatie. Zo is de zeedonderpad in aantal toegenomen en zijn het harnasmannetje en de slakdolf afgenomen. Andere soorten (bijv. geep, harder, schar) vertonen van jaar tot jaar wisselende vangsten.

- *de anadrome soorten nemen in aantal af*
Zoutwatervissen die om te paaïen naar zoet water trekken (anadrome vissen) worden al sinds 1984 minder waargenomen. De zeldzame soort rivierprik wordt weinig meer gevangen. De wat algemener voorkomende fint komt nu minder voor dan in de oorspronkelijke situatie, maar neemt niet verder in aantal af.

- *geen invloed van de werken op commerciële vissoorten en garnalen*

De gesignaleerde veranderingen bij de commerciële soorten van kabeljauw- en haringachtigen hangen voor een groot deel samen met verschillen in jaarklassterkte van de Noordzee-populaties. Kabeljauw en wijting werden in de periode 1985-1989 meer gevangen dan in de oorspronkelijke situatie. De vangsten in 1990 zijn echter opvallend laag, zowel in het oostelijk als westelijk deel.

Het verloop van de garnalenpopulatie in de Oosterschelde is evenmin trendmatig beïnvloed door de waterbouwkundige werken. Het verlies van kinderkamergebieden in het Krammer en Volkerak heeft geen effect op de garnalendichtheden gehad. De dichtheid van kleine garnalen was in de jaren 1973, 1986 en 1987 relatief hoog, grote garnalen waren ook in 1980 en 1984 talrijker dan in andere jaren. Het beeld in de Oosterschelde komt overeen met dat in de voordelta.

- *hoge watertemperaturen in 1989 en 1990 trekken zomergasten aan*

Hogere watertemperaturen in de zomer van 1989 en 1990 hebben er hoogstwaarschijnlijk toe bijgedragen, dat een bijzondere soort als de gevlekte lipvis werd waargenomen, terwijl men deze soort in de voorafgaande tien jaar nauwelijks ving. Andere zomergasten als de grote zeenaald, de adderzeenaald, de geep en de ansjovis werden in 1989 en 1990 ook meer waargenomen dan in het verleden.

Zeehonden in de Delta

In 1933 werden in de Zeeuwse delta circa 1300 zeehonden geteld, waarvan ongeveer een kwart in de Oosterschelde. Vanaf begin jaren tachtig zijn er nog 12 tot 16 exemplaren over, waarvan 4 in de Oosterschelde. De afname wordt vooral toegeschreven aan de jacht en in latere jaren aan de effecten van verontreiniging.

Zeehonden

- *Geen effecten kering geconstateerd*

Om de natuurlijke aanwas in de delta te versnellen zijn als proef in 1989 vijf exemplaren uitgezet in de Oosterschelde. Hiervan hebben zich er drie gehandhaafd. In 1990 telde de zeehondenpopulatie in de Oosterschelde zes exemplaren. De Oosterscheldepopulatie maakt deel uit van een grotere groep die zich in de delta ophoudt.

Er zijn geen directe effecten van de Oosterscheldewerken geconstateerd; zo is gebleken dat zeehonden in staat zijn zonder problemen de kering te passeren.

- * *De Oosterschelde is zeer geschikt voor de zeehond*

In principe kan de zeehondenpopulatie in de Oosterschelde zich van nature verder uitbreiden. De belangrijkste eisen voor een levensvatbare zeehondenpopulatie zijn rust, ruimte en gezond voedsel. Er is vooral behoefte aan ongestoorde lokaties nabij diep water voor zogende wijfjes

met jongen. Dergelijke lokaties zijn er in de Oosterschelde o.a. op de Roggenplaat, Galgeplaat en Neeltje Jans plaat.

Wat betreft voedselaanbod en kwaliteit geldt dat de vispopulatie niet wezenlijk is veranderd door de werken en er voldoende aanbod is.

De gehalten toxische stoffen, met name PCB's in water, bodem en organismen zijn duidelijk lager geworden in de nieuwe situatie.

4.2 Leven op en in de bodem

4.2.1 Bodemalgen

De totale biomassa van bodemalgen is toegenomen.

Oorspronkelijke situatie

De bodemalgen bestaan uit microscopisch kleine plantaardige cellen die op en in de bodem leven. Deze algen komen in de Oosterschelde het meest voor in het intergetijdegebied en bestaan voornamelijk uit kiezelwieren (diatomeeën).

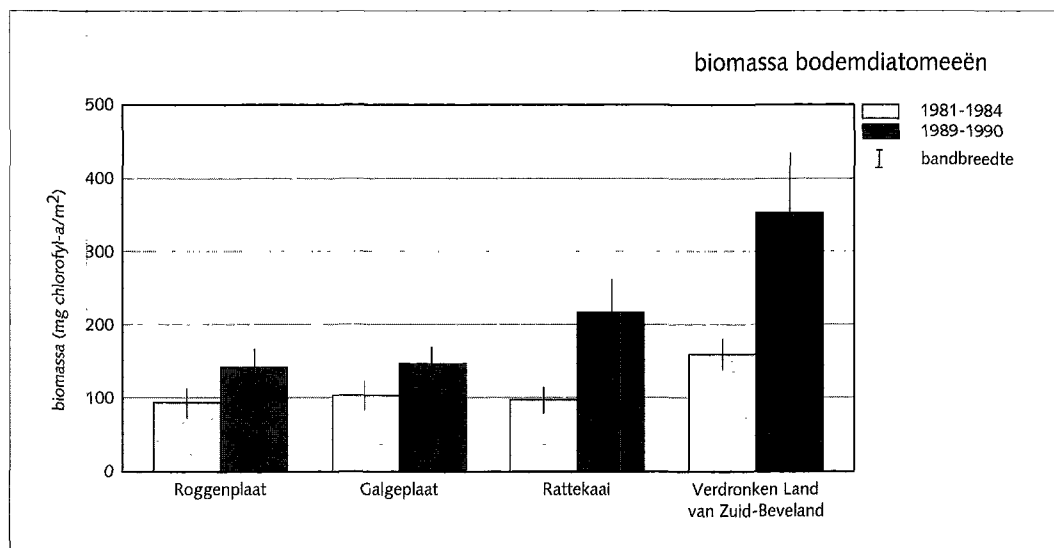
Deze kunnen in twee groepen worden onderverdeeld; soorten die zich vasthechten aan zandkorrels (epissammische diatomeeën) en soorten die zich in sediment kunnen verplaatsen (epipelische diatomeeën). Op plaatsen waar bodemalgen veel voorkomen, zijn ze vaak zichtbaar als een dunne, bruine laag op het sediment, die zich als een mat kan gedragen. Ze vormen een voedselbron voor bodemdieren en voor sommige vis- en vogelsoorten.

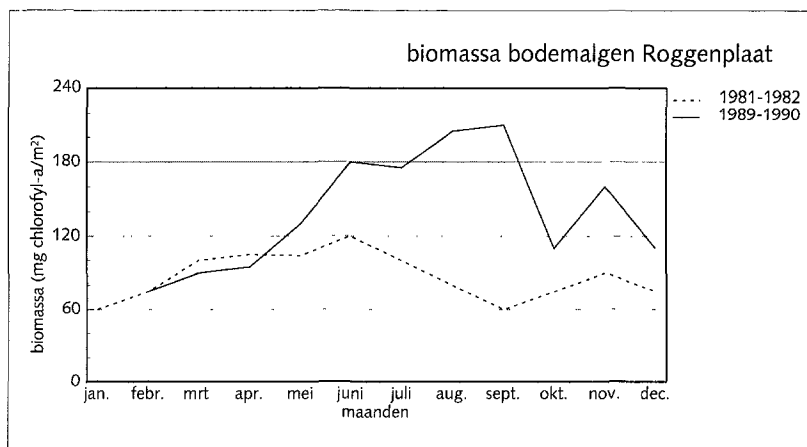
Bodemalgen komen gedurende het gehele jaar voor, in tegenstelling tot het fytoplankton.

De productie vindt vooral plaats bij laag water overdag, wanneer het intergetijdegebied droogvalt en er veel licht beschikbaar is. Deze productie kan alleen plaatsvinden in de bovenste 2 mm van het sediment omdat het licht nauwelijks in de bodem kan doordringen. De belangrijkste beperkende factor voor de groei van bodem-

figuur 4.6.

De biomassa bodemalgen op de platen varieerde in de oorspronkelijke situatie van 90 tot 160 mg chlorofyl-a/m². De hoogste biomassa werd gemeten op het Verdrongen Land van Zuid-Beveland. In de nieuwe situatie worden hogere biomassa's gemeten. De waarden variëren nu van 140 tot 350 mg chlorofyl-a/m². De bandbreedte in de figuur is de standaardfout van het gemiddelde.





figuur 4.7.
Vanaf juni is in de nieuwe
situatie de biomassa
bodemalgen duidelijk hoger
dan in de periode 1981-1982.

algen is naast licht waarschijnlijk de beschikbaarheid van koolzuur. Sommige soorten kunnen zandkorrels binden waardoor erosie wordt verminderd.

In de oorspronkelijke situatie varieerde de jaargemiddelde biomassa op de platen van 90 tot 160 mg chlorofyl/m² (figuur 4.6). Op het Verdrongen Land van Zuid-Beveland werden de hoogste waarden gemeten. Dit houdt verband met de lagere hydrodynamiek in dat gebied.

Prognose

Verwacht werd dat de biomassa van bodemalgen zou toenemen als gevolg van lagere stroomsnelheden.

Overgangsfase

* *Verschuiving in soortensamenstelling*
Bodemalgen die zich kunnen verplaatsen, breidden zich vanaf 1985 sterker uit dan de vastzittende soorten. Ook werden vanaf 1985/1986 her en der grote concentraties kolonievormende kiezelwieren aangetroffen, die

zichtbare plukjes begroeiing vormden en door verschillende vogelsoorten als voedsel werden gebruikt.

Nieuwe situatie

- *Toename biomassa door lagere stroomsnelheden*

De jaargemiddelde biomassa varieert in de nieuwe situatie van 150 tot 350 mg chlorofyl/m². Deze waarde treedt al op sedert 1985. De toename van biomassa ten opzichte van de oorspronkelijke situatie is in de kom het grootst.

Uit het verloop over de seizoenen, zoals weergegeven in figuur 4.7, blijkt dat de toename op de meeste lokaties optreedt vanaf mei/juni. In de winter is de biomassa ongeveer gelijk gebleven. Dit wordt toegeschreven aan de golfinvloed, die door de werken niet veel veranderd is. In de zomerperiode is de golfinvloed zo ver afgenomen, dat de stroomsnelheden meer bepalend zijn geworden voor de mogelijke ontwikkeling van bodemalgen. Aangenomen wordt nu, dat de biomassa van bodemalgen in de zomerperiode vooral is toegenomen als gevolg van de lagere stroomsnelheden in de nieuwe situatie.

De hogere biomassa betekent tevens een hogere primaire produktie. De totale jaarproduktie bedraagt nu 45 - 72 g C/m²/j voor de hele Oosterschelde. Dit is ca. 16% van de totale primaire produktie door de bodemalgen en het fytoplankton samen in de Oosterschelde. In de periode 1981-1983 was de jaarproduktie 28-51 g C/m²/j en dat was ongeveer 12% van de totale primaire produktie.

Toekomstverwachting

Verwacht wordt dat er geen grote veranderingen meer in de biomassa van bodemalgen zullen optreden.

4.2.2 Zeegrassen en wieren

Klein zeegras is in de overgangsfase afgenomen. Herstel is nog niet opgetreden. Het groot zeegras nam in de overgangsfase juist toe. Door stormen in het voorjaar van 1990 is het areaal zeegras afgenomen. Zeegrassen en wieren blijven sterk afhankelijk van externe factoren als stormen en strenge winters.

Oorspronkelijke situatie

De wiersoorten die hier aan de orde komen, bestaan uit blaaswier (*Fucus vesiculosus*) en de groep groenwieren, waarvan zeesla (*Ulva spec*) apart besproken wordt.

Het blaaswier hecht zich aan een harde ondergrond; op de platen en slikken betreft dit vooral mosselschelpen. De groenwieren groeien op de schelpresten die in de zandbodem worden



Zeegrassen en wieren

Het onderzoek naar zeegrassen en wieren bestond uit het bemonsteren van een aantal vaste lokaties (de zogeheten permanente quadraten: PQ's) waar de bedekkingsgraad werd gemeten; m.b.v. luchtfotografie werd een extrapolatie gemaakt naar het hele gebied. Dit geheel is uitgevoerd in de periode 1977 - 1990. Over de periode 1984 - 1987 is een samenvattend rapport verschenen onder de titel 'Wieren en weiden in de Oosterschelde'.

figuur 4.8.

Ten opzichte van de situatie in 1984 zijn de oppervlakten zeegrassen en wieren in 1990 vrijwel overal kleiner. Slechts op enkele beschutte lokaties is een toename waargenomen. In 1987 zijn geen waarnemingen verricht in de "overige" gebieden.

aangetroffen. Zeesla groeit op de bodem, o.a. op mosselpercelen, maar komt ook vrij zwevend in het water voor; het kan op allerlei plaatsen bezinken.

Het zee gras bestaat uit de soorten groot zee gras (*Zostera marina*) en klein zee gras (*Zostera noltii*). Het groot zee gras komt in de Oosterschelde voornamelijk voor als éénjarige soort, waarbij de verspreiding via zaad geschiedt. Dit in tegenstelling tot het klein zee gras, dat meerjarig is en zich voornamelijk vegetatief via wortelstokken verspreidt. Het groot zee gras is daarmee

een soort die relatief snel op veranderingen in stroom en habitat kan inspelen, terwijl het klein zee gras zich slechts langzaam kan uitbreiden. Het areaal zee gras werd in hoofdzaak bepaald door een combinatie van bodemsamenstelling, hoogte in het intergetijdegebied en ligging ten opzichte van de golfwerking. Belangrijke beperkende factoren voor zowel wieren als zee gras zijn het optreden van strenge winters, stormen en menselijke activiteiten (bijvoorbeeld mossel- en kokkelvisserij).

Uit de opnamen van 1984 bleek het oppervlak groenwieren, blaaswier en zeesla respectievelijk ca. 1490, 480 en 410 ha te bedragen. Het zee gras besloeg een oppervlak van ca. 520 ha.

Prognose

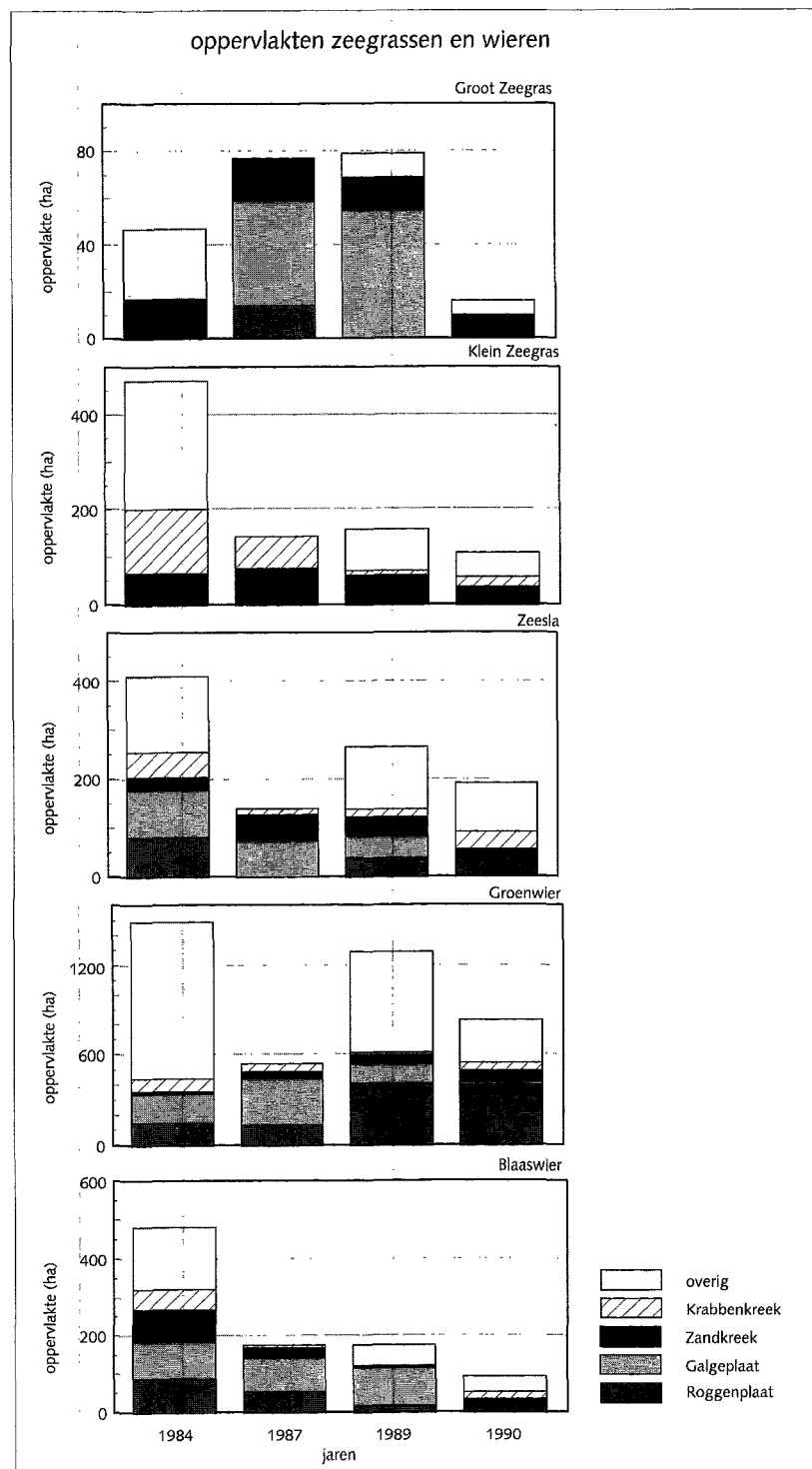
Verwacht werd, dat de groenwieren zich zouden kunnen uitbreiden, voornamelijk binnen de reeds gekoloniseerde gebieden, als gevolg van de verminderde dynamiek. Het blaaswier is gebonden aan een harde ondergrond, die op platen en slikken vooral op mosselpercelen voorkomt. De onzekere factor is daarom de benutting van de droogvallende percelen voor mosselkweek. Het zeesla zou kunnen toenemen door een grotere helderheid van het water. Verwacht werd dat het groot zee gras sneller op veranderingen zou reageren dan het klein zee gras. De toegenomen helderheid en afgenomen stroomsnelheden zouden een positieve invloed kunnen hebben op uitbreiding. Over het algemeen werd een toename van het areaal zee gras verwacht.

Overgangsfase

In de Krabbenkreek is een sterke afname van het klein zee gras opgetreden als gevolg van de combinatie van lage waterstanden en strenge winters (figuur 4.8). In de Zandkreek nam niet zozeer het areaal af als wel de bedekkingsgraad, waardoor herstel hier beter mogelijk was. Het groot zee gras kon zich juist uitbreiden in deze periode vanwege de snelle kolonisatie van onder deze omstandigheden geschikte habitats, waaronder niet in gebruik zijnde mosselpercelen. Dit werkte op enkele lokaties ook positief voor groenwieren, vooral op de Galgeplaat; de oppervlakte zeesla en blaaswier nam overal af.

Nieuwe situatie

• Over het geheel afname zeegrassen en wieren
De beide soorten zee gras zijn in oppervlak afgenomen. Op de Roggenplaat en Galgeplaat blijkt het groot zee gras zich slechts tijdelijk gevestigd te hebben. Het weer verdwijnen van zee gras op de Galgeplaat en de afname van het areaal in de overige gebieden, vooral Dortsman en Verdrongen Land van Zuid-Beveland in 1990,



De INTERECOS-campagne

Om de effecten van de werken op het ruimtelijke patroon van bodemplanten en -dieren te bepalen is in 1985 en in 1989 een omvangrijke bemonsteringscampagne uitgevoerd in het intergetijdegebied van de Oosterschelde: de interecos campagne. Op ruim 300 stations op Roggenplaat, Galgeplaat en Krabbenkreek zijn monsters genomen van bodemplanten en -dieren, en van het sediment. Tevens zijn de stations ingemeten en is de hoogteligging bepaald. Hier wordt ingegaan op de resultaten voor de bodemdieren, om te verduidelijken dat factoren die niet met de werken zijn verbonden een grote invloed kunnen uitoefenen. Uit de gegevens van 1985 bleek dat het voorkomen van bodemdieren vooral werd bepaald door het slibgehalte van de bodem en door de hoogteligging. Er waren veel overeenkomsten en weinig verschillen in de bodemsamenstelling tussen de drie plaatgebieden. Wel was de Krabbenkreek wat slibrijker en meer beschut, en kwamen er meer wadslakjes voor. Vergelijking met de gegevens van 1989, die op dezelfde stations zijn verzameld, laat zien dat de soortensamenstelling en de biomassa van de bodemdieren vrijwel gelijk is gebleven. Dit laatste geldt niet voor de schelpdieren kokkel en mossel die verder uit de analyse zijn gelaten: deze variëren sterk onder invloed van klimaatfactoren en menselijk handelen. De aantallen bodemdieren per oppervlakte-eenheid (dichtheden) zijn in 1989 veel lager. Er zijn dus minder dieren aanwezig, maar ze zijn wel groter, gegeven de gelijke biomassa.

Dit hangt waarschijnlijk nauw samen met de strenge winter van 1984/85 waarna een grote broedval is opgetreden, leidend tot dominantie van jonge dieren. In 1989 was de broedval gering.

De verspreiding van de afzonderlijke soorten in 1989 vertoont grote verschillen met de situatie in 1985. Deze verschillen in voorkomen zijn echter niet toe te schrijven aan verschil in bodemsamenstelling of hoogteligging, de factoren die goed correleren met de verspreiding in 1985. Daarbij moet worden vastgesteld dat de hoogteligging en het slibgehalte van de bodem weliswaar zijn veranderd, doch niet zodanig drastisch dat de bodemdieren zich er niet aan kunnen aanpassen. Binnen de range aan slibgehalten en hoogteligging zijn er andere factoren die klaarblijkelijk van invloed zijn op de verspreiding van de bodemdieren. Er is niet een 'masterfactor'.

Echter, het kan niet worden uitgesloten dat de bodemdieren gemeenschap nog in een aanpassingsfase zit waarvan de gevolgen pas later duidelijk worden. De grote fluctuaties die van nature voorkomen laten thans nog geen eindconclusie toe. Wel is duidelijk dat de waterbouwkundige werken tot nu toe geen aantoonbaar effect op de bodemdieren hebben laten zien.

wordt in verband gebracht met de stormen in het begin van dat jaar. De krachtige golfwerking tijdens deze stormen leidde tot opwoelen van sediment en wegspoelen van zeegras. Dit werd mogelijk versterkt door het gebruik van de stormvloedkering, waardoor de golfwerking zich gedurende langere tijd concentreerde in de zone tussen -1.20 m en +0.60 m NAP (figuur 4.9). Het is juist deze zone waarin de zeegrasvelden zijn gelegen. In de wat rustiger gebieden Zandkreek en Krabbenkreek komen zowel groot als klein zeegras nog steeds voor, zij het op een kleiner areaal dan in de oorspronkelijke situatie. De verwachte uitbreiding, onder meer naar lagere niveau's, is niet opgetreden. Blijkbaar is een toename van de helderheid van het water in voor- en najaar daarvoor niet voldoende. Groenwieren kunnen zich op de beschutte lokaties handhaven. De oppervlakten groenwieren inclusief zeesla op de Roggenplaat zijn toegenomen (figuur 4.8). Op de andere lokaties blijft de oppervlakte gelijk of neemt af. Het blaaswier lijkt afhankelijk van verschillende factoren, waaronder het voorkomen van geschikt substraat in de vorm van mosselen op de intergetijdepercelen. De oppervlakte blaaswier vertoont over het geheel een afname. Een directe relatie met de waterbouwkundige werken is niet aan te geven. Het zeesla vertoont van plaats tot plaats een wisselend patroon.

Toekomstverwachting

De verwachting is dat de wieren en de zeegrasen onderhevig zullen blijven aan wisselende omstandigheden en dat er grote fluctuaties zullen optreden. Er is nu geen reden om een trend in verder af- of toenemend areaal te verwachten.

4.2.3 Bodemdieren van slikken en platen

4.2.3.1 Bodemdieren, exclusief kokkels en mosselen

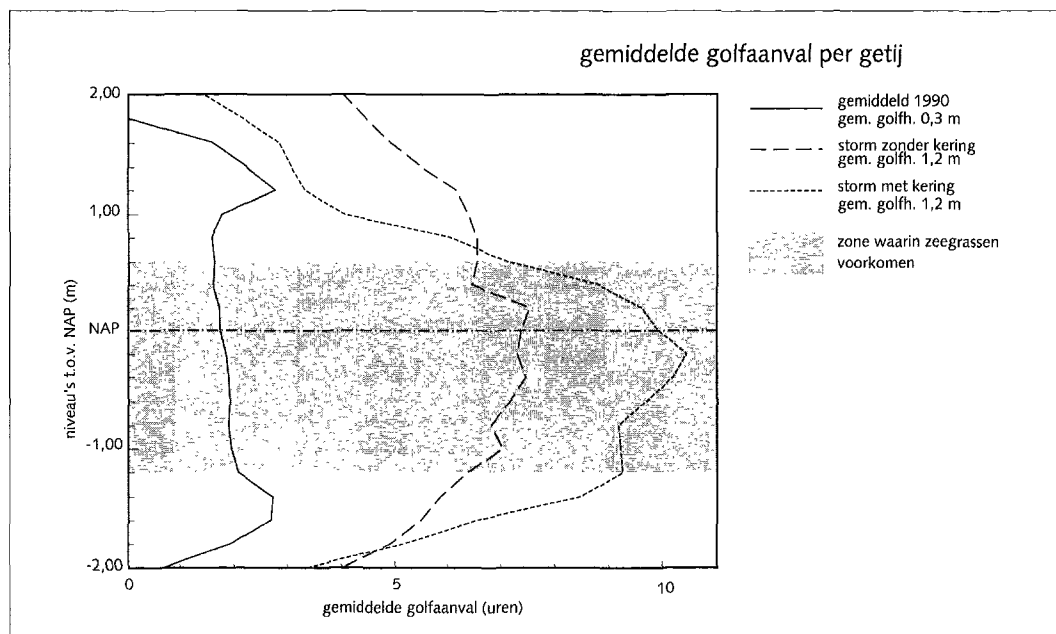
Het aanpassingsvermogen van bodemdieren is groot. De daling in slibgehalte en de afvlakking van de platen, blijken (nog) niet tot zichtbare wijzigingen in de bodemdierenlevensgemeenschap te hebben geleid.

Oorspronkelijke situatie

Het dierlijk leven op slikken en platen bestaat in hoofdzaak uit schelpdieren, wormen en kleine kreeftachtigen. Zij leven in of op het slik en halen voedsel uit het water of uit de bodem. Om de veelheid aan soorten overzichtelijker te maken is een onderverdeling aangebracht op grond van de wijze waarop zij hun voedsel vergaren. Hier wordt niet ingegaan op bodemdieren van het zachte substraat beneden de laagwaterlijn. Omdat hier naar verhouding weinig bodemdieren voorkomen, met uitzondering van mosselen, is de aandacht vooral gericht op de slikken en de platen. De belangrijkste groep bodemdieren bestaat uit soorten die hun voedsel uit het water zeven: de *suspensie-eters* met o.a. mossel, kokkel en strandgaper. De dichtheid, aantallen en biomassa van deze soorten wisselen sterk, mede door de variatie in broedval en de beschikbaarheid van voedsel. Aangezien de kokkel en de mossel veruit de grootste biomassa vertegenwoordigen van alle diersoorten in de Oosterschelde en beide soorten sterk door menselijk handelen worden beïnvloed, worden de kokkel (par 4.2.3.2) en de mossel (par 5.1) apart behandeld.

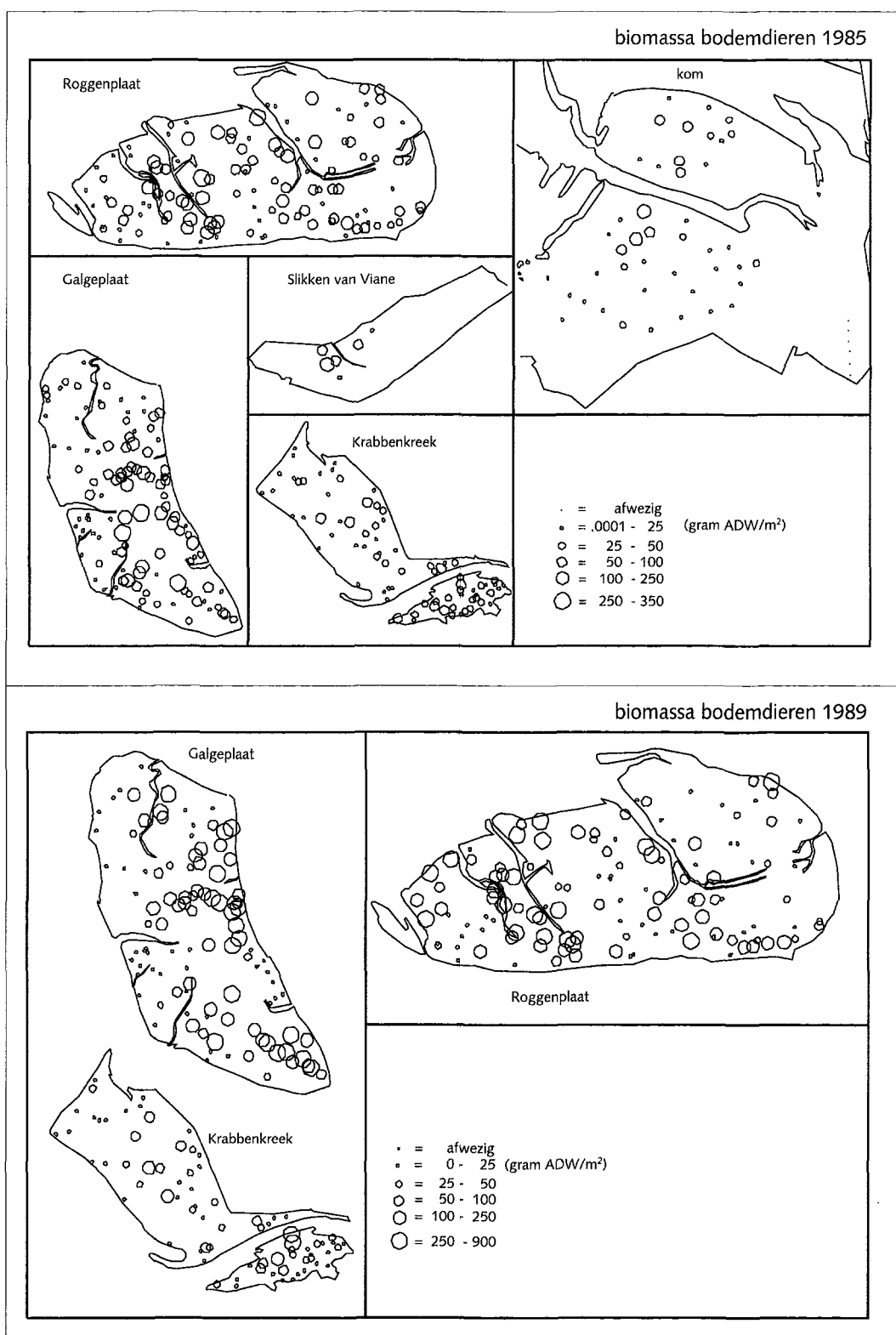
figuur 4.9.

De jaargemiddelde golfhoogte in het middengebied van de Oosterschelde bedraagt ca. 0,3 m. Tijdens stormen neemt de golfhoogte toe (in januari 1990 tot zo'n 1,2 m) en wordt ook de zone waarin zeegrasen wortelen zwaar belast. Door het sluiten van de kering en de daarmee gepaard gaande beïnvloeding van de waterstand, kan de golfbelasting in de hoogtezones rond NAP met zo'n 30% extra toenemen.



figuur 4.10.

De biomassa bodemdieren in 1985 en 1989 op de intergetijdegebieden; in 1989 zijn de Slikken van Viane en de kom niet geïnventariseerd. De biomassa is van plaats tot plaats sterk verschillend.



Een tweede belangrijke groep, de *sedimenteters*, haalt zijn voedsel uit het zand of slik, al of niet selectief. De wadpier, de wapenworm en de draadworm zijn niet selectief in hun voedselkeuze, maar "eten" zich een weg door het sediment. Ook de grote groep van de Oligochaeta wordt tot de sedimenteters gerekend. De sedimenteters zorgen voor omwoeling van de bodem, waardoor de uitwisseling tussen bodem

en water wordt vergroot. De diepte waarop zuurstof doordringt neemt hierdoor toe. De biomassa van sedimenteters is meestal vrij stabiel over de jaren. Voorbeelden van de derde categorie, de *oppervlakte-sedimenteters*, zijn de platte slijkgaper en het nonnetje. Door middel van een buisje (siphon) zuigen zij het bodemmateriaal rondom hun verblijfplaats op en halen daar hun voedsel

uit. Het wadslakje en de alikruik grazen van het bodemoppervlak (of bladoppervlak van wieren of zeegras) allerlei aangegroeid of -gekleefd eetbaars af. Vooral de kiezelwieren vormen een geliefde voedselbron. De grazers en oppervlakte sediment-eters worden tot één groep gerekend. Tenslotte zijn er nog de *alleseters* en *rovers* zoals de zager, de zeeduizendpoot en de zandzager, die grotere prooien levend of dood opeten.

In de periode 1980 - 1985 werden in totaal ruim 60 soorten bodemdieren regelmatig aangetroffen. Per lokatie verschilt het aantal soorten sterk: van slechts enkele tot ca. 30 per m². Wormen vormen de groep met de meeste soorten (ruim 30), gevolgd door schelpdieren en kreeftachtigen (elk ca. 15).

De meeste soorten hebben een levensduur van één tot enkele jaren. Veel soorten produceren grote hoeveelheden larven, die zich via waterstromen over grote gebieden kunnen verspreiden. Hierdoor zijn ze in staat zich op die plaatsen te vestigen, die voor de soort beschikbaar komen en zich te herstellen van grote ecologische schokken zoals stormen, strenge winters (ijsgang), tijdelijke droogstand, e.d. Door deze eigenschap treedt ook snel herstel op na ingrepen ten behoeve van waterbouwkundige werken. De bodemdieren komen niet uniform over platen en slikken voor: de meeste soorten komen in groepen bij elkaar voor. Ze kunnen per jaar aanzienlijke fluctuaties in verspreiding, dichtheid en biomassa te zien geven. De ruimtelijke variatie geeft een mozaïek te zien van gebieden met hoge biomassa, afgewisseld door "arme" gebieden (figuur 4.10).

Dit komt doordat veel soorten tot op zekere hoogte afhankelijk zijn van een aantal omgevingsvariabelen, waarvan het slibgehalte (fractie < 53 µ) in de bovenste centimeters van de bodem en de hoogteligging van plaat of slik (ofwel

de overspoelingsduur) de belangrijkste zijn. De slibgehalten en de bodemhoogte in de Oosterschelde vallen echter binnen de tolerantiegrenzen van vele soorten, zodat de soorten zich bij diverse combinaties van deze omgevingsvariabelen goed thuis voelen. Daarom zijn niet alleen veranderingen in deze omgevingscondities belangrijk, maar kunnen ook bijvoorbeeld temperatuurverschillen, vegetatiebedekking, broedval en predatie grote gevolgen hebben voor biomassa en dichtheid van bodemdieren.

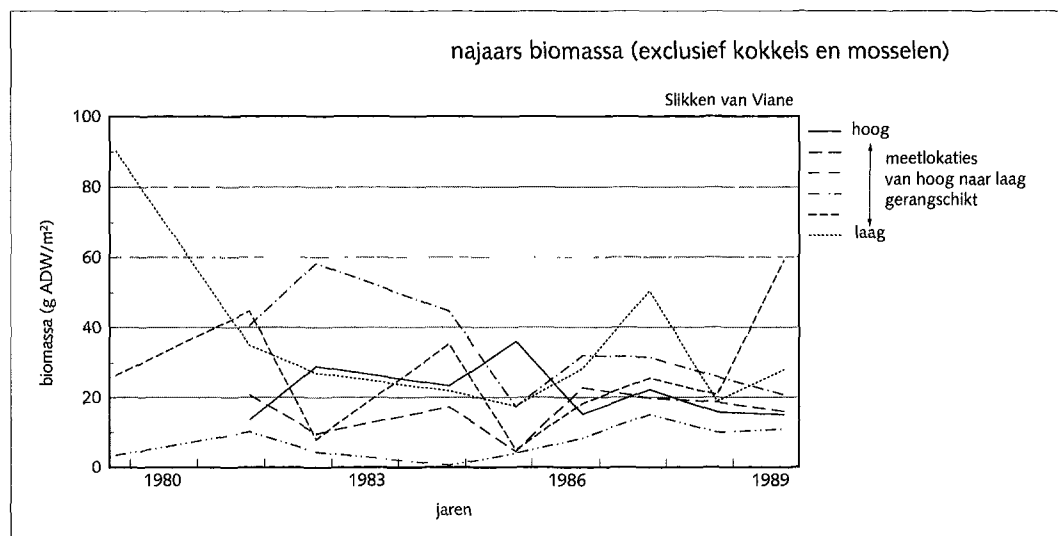
De samenstelling van de levensgemeenschap van bodemdieren kan binnen het habitat slikken en platen ook van jaar tot jaar van verschillen, zodanig dat soorten lijken te verdwijnen en weer terugkomen op een niet voorspelbare wijze. Een voorbeeld van de jaarlijkse variatie op een aantal lokaties is gegeven in figuur 4.11. De seizoenen hebben ook duidelijk invloed op de biomassa: voor de meeste soorten wordt een maximum bereikt laat in de zomer en brengt de winter vermagering en sterfte zodat een minimum in het vroege voorjaar wordt bereikt. In de nazomer worden vaak twee maal zoveel individuen en biomassa aangetroffen als in het voorjaar.

Prognose

Verwacht werd dat het aantal soorten bodemdieren gelijk zou blijven. Afhankelijk van veranderingen in het plaatareaal en de bodemsamenstelling zouden zich verschuivingen kunnen voordoen in de verspreiding van de levensgemeenschappen; de biomassa zou in dezelfde grootte-orde blijven.

De verwachting was dat effecten van droogstand tijdens de overgangsfase van tijdelijke aard zouden zijn.

figuur 4.11.
Op alle bemonsteringspunten is een grote jaarlijkse variatie in biomassa bodemdieren geconstateerd. In deze figuur wordt dat geïllustreerd voor een zestal lokaties op de Slikken van Viane, gerangschikt van hoog (NAP +1 m) naar laag (NAP -2 m).



Overgangsfase

De gevolgen van de langere perioden van droogstand in de overgangsfase kunnen het best geïllustreerd worden aan de hand van de ontwikkelingen in hooggelegen delen (NAP +110cm) in de kom van de Oosterschelde. Aanvankelijk zagen enkele soorten kans te profiteren van de gewijzigde omstandigheden: o.a. *Capitella capitata* en *Corophium sp.* namen sterk toe in aantal (figuur 4.12). Maar na de langdurige droogstands periode van najaar 1986 en begin 1987 leverde het voorjaar van 1987 voor vrijwel alle soorten op de hogere delen een dieptepunt op in de biomassa en aantallen (figuur 4.13).

Nieuwe situatie

- het aantal soorten is gelijk gebleven

In 1989 is een zelfde aantal soorten gevonden als in 1985. De verdeling over de verschillende groepen is niet veel veranderd: schelpdieren van 12 naar 16 soorten, borstelwormen van 34 naar 33, kreeftachtigen van 13 naar 12. Oligochaeta en Nemertini werden in beide jaren gevonden. Wel is de mogelijkheid voor brakwatersoorten zich (tijdelijk) te vestigen, afgenomen door het verkleinen van het zoetwaterdebiet en het wegvallen van het Volkerakgebied. Opvallend is de massale verdwijning van het wadslakje, dat vroeger veel voorkwam op de

Roggenplaat, de Galgeplaat en in de Krabbenkreek. Deze gebeurtenis lijkt verband te houden met veranderingen in hydrodynamische factoren, maar een sluitend bewijs is nog niet te geven.

- herstel van de verschillende groepen op hooggelegen delen

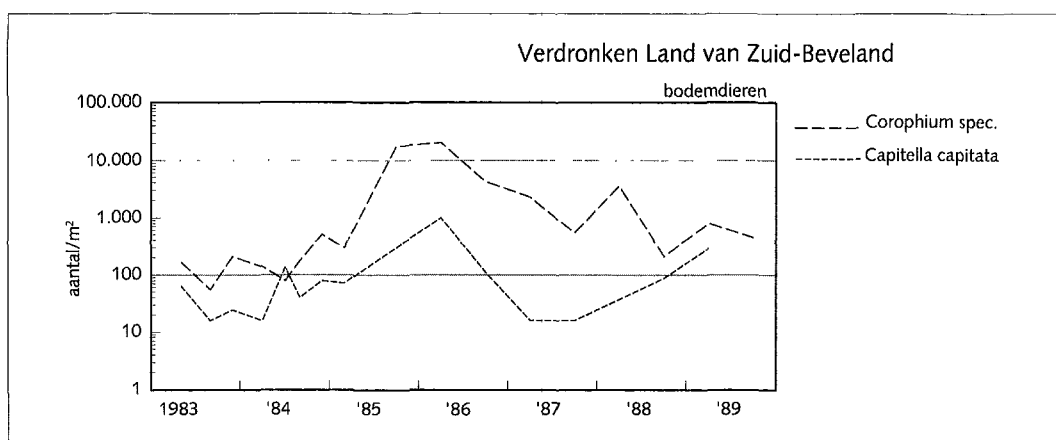
Na herstel van de "normale" overspoeling volgt op de hooggelegen delen ook herstel van de bodemdierenlevensgemeenschap: de biomassa gaat daar van bijna 2 gram ADW/m² weer naar ruim 13 in najaar 1987 en ca. 8 in voorjaar 1988 (figuur 4.13).

- geen grote veranderingen in biomassa en dichtheid

De oppervlakte-sedimenteters gaan gemiddeld over de hele Oosterschelde (behalve de kom) achteruit van 7,6 naar 4,4 gADW/m² (figuur 4.14). Dit komt vooral door het vrijwel verdwijnen van het wadslakje op de Roggenplaat, de Galgeplaat en in de Krabbenkreek. De biomassa en dichtheid nemen af tot soms zeer lage waarden. In de kom verdwijnt het wadslakje op een aantal plaatsen, maar komt het op een aantal andere plaatsen terug. Een andere belangrijke soort uit deze groep, het nonnetje, geeft geen achteruitgang in biomassa te zien (ca. 2 gADW/m²). De zandkokerworm gaat op de

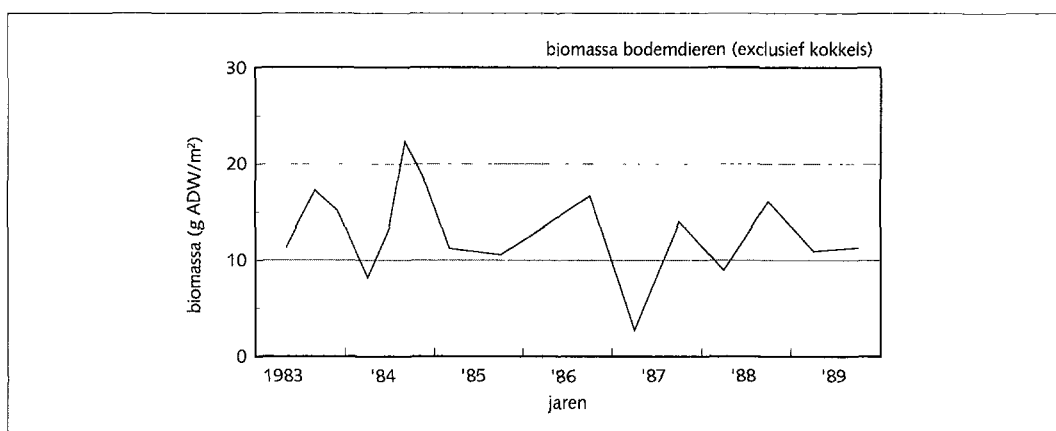
figuur 4.12.

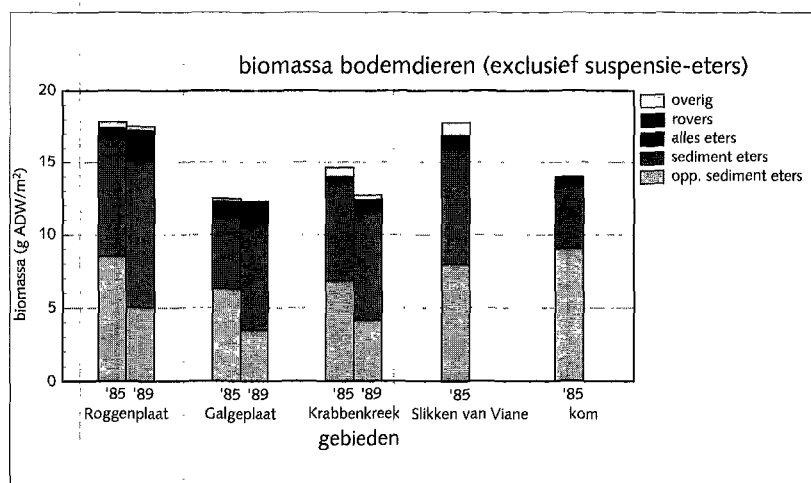
In de overgangsfase kon een aantal soorten bodemdieren profiteren van de gewijzigde omstandigheden en nam het aantal per m² toe. In deze figuur wordt dat geïllustreerd voor twee soorten op een aantal lokaties (NAP +1,1 m) op het Verdrongen Land van Zuid-Beveland.



figuur 4.13.

Door de langdurige droogstand tijdens de sluiting van de Philipsdam (1987) nam de biomassa bodemdieren op de hogere delen van het intergetijdegebied sterk af. Naderhand trad bij de meeste soorten weer herstel op, zoals blijkt uit deze figuur die het verloop van de biomassa weergeeft op het Verdrongen Land van Zuid-Beveland.





figuur 4.14.

De gemiddelde biomassa bodemdieren is het hoogst op de Roggenplaat en de Slikken van Viane. In de overige gebieden ligt de gemiddelde biomassa ca. 25% lager. De samenstelling van de levensgemeenschappen van bodemdieren verschilt van plaat tot plaat. In 1989 zijn geen opnamen verricht op de Slikken van Viane en in de kom.

Roggenplaat, Krabbenkreek en Galgeplaat achteruit in aantal en biomassa (van 0,31 naar 0,09 g ADW/m²), maar komt nog wel veel voor. De schelpkokerworm beleeft een opbloei na 1986 door twee opeenvolgende minder koude winters.

Van de *sedimenteters* levert de wadpier veruit de grootste bijdrage aan de iets gestegen biomassa (van 4,4 naar 6,7 g ADW/m²), maar ook de wapenworm doet het gedurende de onderzoeksperiode vrijwel op alle plaatsen goed (ca. 1 g ADW/m²). De draadworm neemt op Galgeplaat en Krabbenkreek iets af, maar legt over de gehele periode weinig gewicht in de schaal (0,4 g ADW/m²).

Bij de *alleseters* en *rovers* laat de ontwikkeling van de zandzager zien dat de wintertemperaturen ook bij deze soorten een regulerend effect hebben: na lage aantallen en biomassa's in 1985 is sprake van een toename in de latere jaren (van 0,24 naar 0,6 g ADW/m²). De zeeduizendpoot handhaaft zich overal en neemt op de Galgeplaat en de Krabbenkreek iets toe. De achteruitgang van *Retusa alba*, een predator van het wadslakje, is opvallend, maar verklaarbaar gezien de grote achteruitgang van deze laatste soort.

Toekomstverwachting

Ontwikkelingen in de bodemdierengemeenschap worden door velerlei factoren beïnvloed en zijn daardoor moeilijk te voorspellen. Pas bij een zodanig verlaging van plaatgebieden dat grote arealen van deze gebieden bij laagwater niet meer droogvallen, zal naar verwachting de bodemdierengemeenschap van samenstelling, biomassa en dichtheid veranderen.

4.2.3.2 Kokkels

Het aantal en de biomassa van de kokkels variëren sterk van jaar tot jaar en van plaats tot plaats door verschillen in broedvalsucces. De bouw van de stormvloedkering en de compartimenteringsdammen heeft geen invloed gehad op de populatiegrootte van de kokkel in de Oosterschelde.

Oorspronkelijke situatie

De kokkels vormen de grootste groep bodemdieren die van nature in het Oosterscheldestelsysteem voorkomt. De biomassa's op de platen kunnen oplopen tot ruim 300 gram asvrijdrooggewicht per m² (figuur 4.15). In totaal varieerde het kokkelbestand de afgelopen jaren van 1500 tot 9000 ton asvrijdrooggewicht.

Door kokkels en mosselen samen wordt ten behoeve van hun voedselvoorziening de watermassa van de Oosterschelde in enkele dagen geheel gefiltreerd.

De kokkels vormen een belangrijke voedselbron voor vogels en vissen. Zij zijn samen met de mosselen ook van economisch belang.

De kokkel komt voor in alle getijdewateren waar het zoutgehalte minstens 12 g Cl⁻/l bedraagt. Vaak in banken, die van jaar tot jaar wisselen van plaats en vooral in dichtheid. Dit is afhankelijk van de broedval en de plaatselijke omstandigheden, zoals onder meer de stroomsnelheid van het water. Door passief transport komen de jonge kokkels terecht in gebieden met geringere stroming en daardoor fijnere sedimenten.

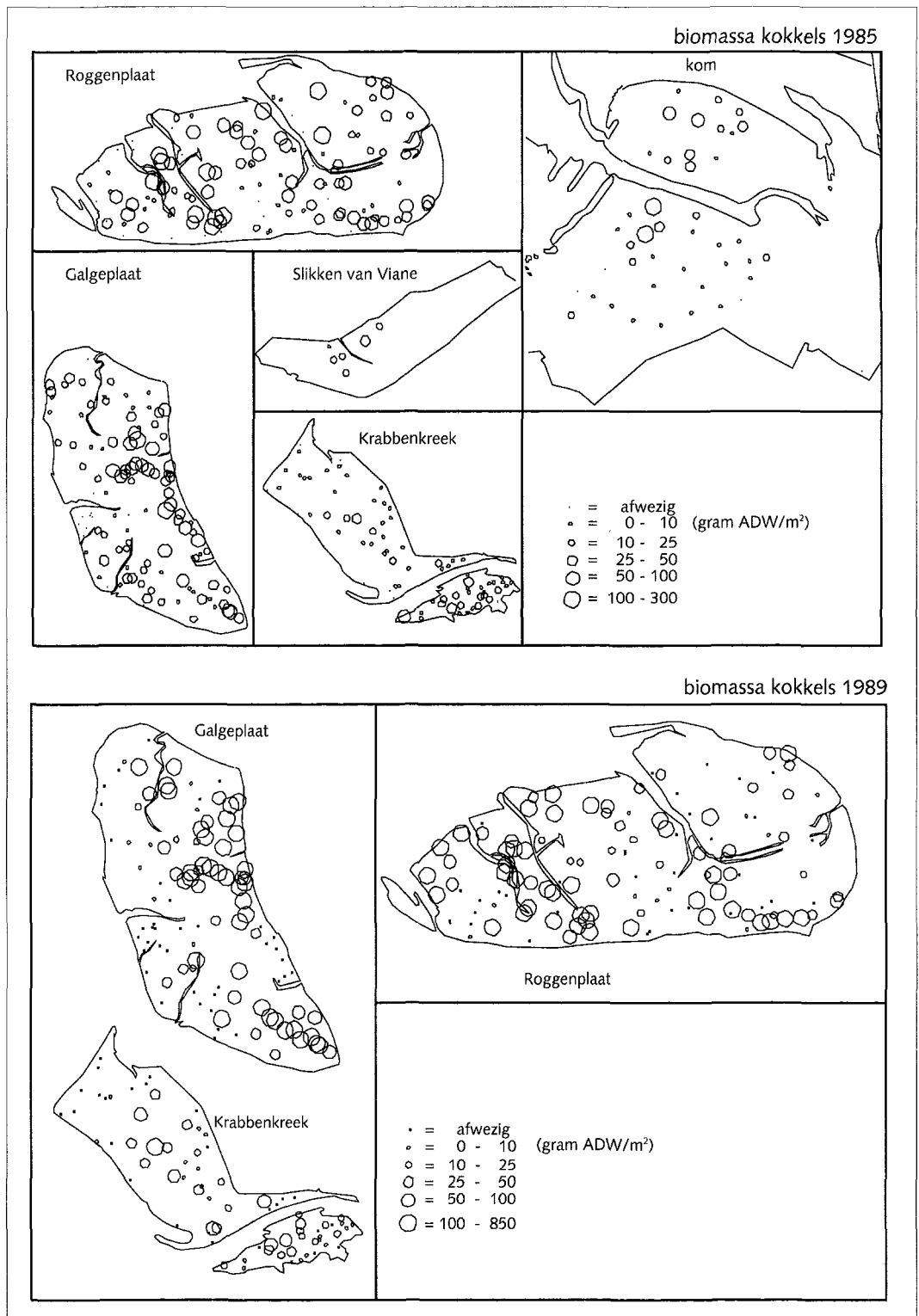
Volwassen kokkels komen (door migratie) voor in allerlei typen sediment, maar het meest in de wat slikkiger gebieden.

Naast de samenstelling van het sediment bepaalt de overspoelingsduur van een lokatie de geschiktheid van de habitat en de groeisnelheid voor de kokkel. Op slikken met minder dan 4 uur overspoeling worden maar weinig kokkels aangetroffen.

Iedere leeftijdsklasse heeft zijn eigen belagers. Broed wordt vooral gegeten door jonge krabben, garnalen, zagers en jonge platvis. De eerstejaars kokkels worden gegeten door oudere platvis zoals schol, volwassen krabben en tal van steltlopers zoals kanoetstrandloper, wulp, rosse grutto en scholekster. Deze laatste is ook de belangrijkste belager van meerjarige kokkels. In sommige gevallen kunnen zij de kokkelpopulatie decimeren. De mens heeft eveneens een grote invloed op de kokkelpopulatie, vooral door het mechanisch oogsten van ouderejaars kokkels voor consumptie. In de dichtbezette banken kan 75 tot 90% van de biomassa weggevisd worden (zie paragraaf 6.3).

figuur 4.15.

De biomassa van kokkels op enkele platen in 1985 en 1989. Kokkels komen voor op alle platen in de Oosterschelde. De biomassa kan oplopen tot 850 g asvrijdrooggewicht per m².



Prognose

Er werden geen veranderingen in het kokkelbestand verwacht als gevolg van de werken.

De ontwikkeling van het kokkelbestand in de periode 1980-1990

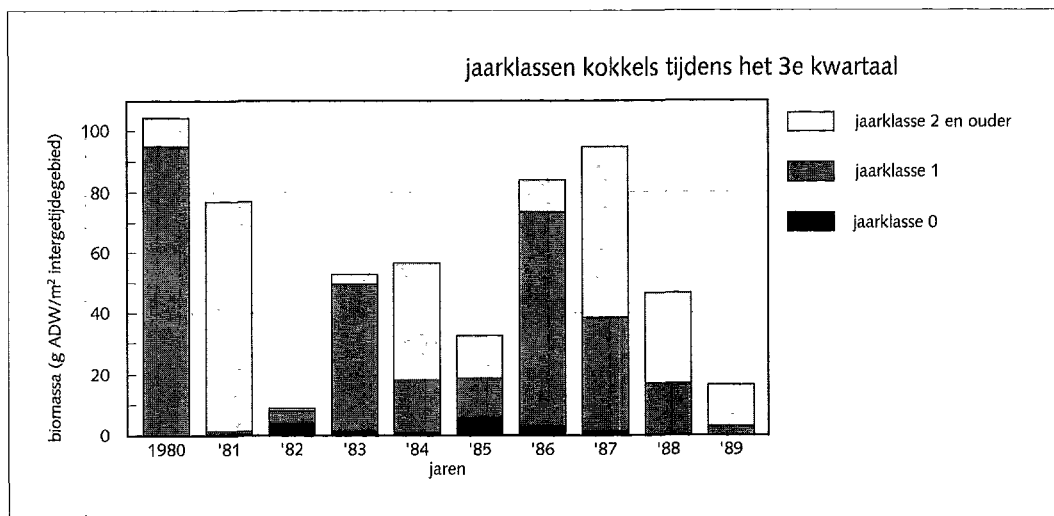
• broedvalsucces bepaalt de kokkelstand

In de Oosterschelde wordt een grote variatie in groei van de kokkels aangetroffen. In het begin van het seizoen groeien de kokkels in het

oostelijk deel sneller dan de kokkels in het westelijk deel, later in het seizoen is het omgekeerde het geval. Het aantal kokkels varieert sterk van jaar tot jaar en van plaats tot plaats, door verschillen in broedval-succes. Daarnaast is er een grote variatie in sterfte van jaar tot jaar. De belangrijkste factoren bij deze ontwikkelingen zijn het klimaat (winter- en zomertemperatuur, stormen, etc.), predatie door vogels en visserij.

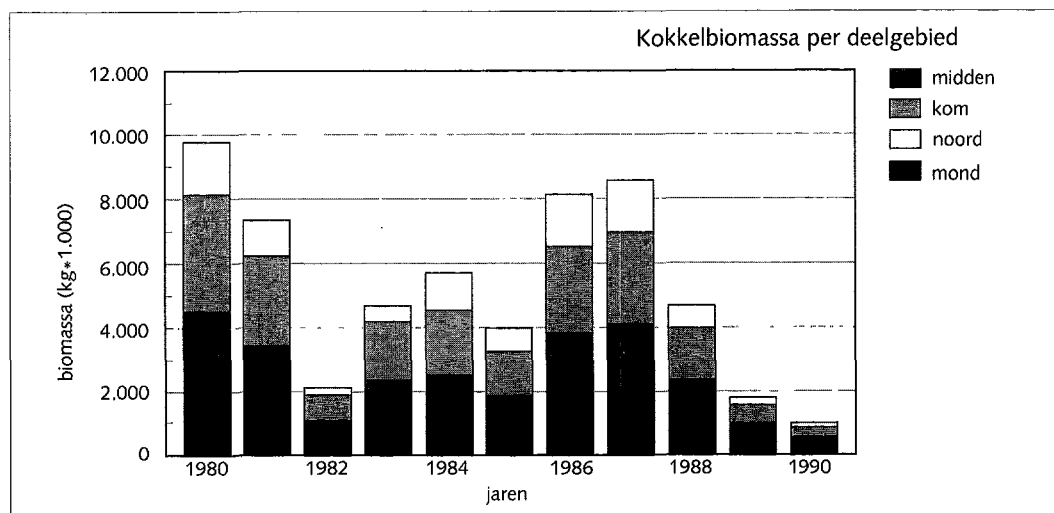
figuur 4.16.

De totale biomassa kokkels in het Oosterscheldegebied hangt vooral af van het broedvalsucces. In de figuur is te zien dat in de jaren 1979, 1982 en 1985 een goede broedval heeft plaatsgevonden, waardoor in de opvolgende jaren een hoge biomassa kokkels werd aangetroffen.



figuur 4.17.

In alle deelgebieden van de Oosterschelde wordt de goede broedval van de kokkels in de jaren 1979, 1982 en 1985 teruggevonden in de biomassa's van de kokkels in de daaropvolgende jaren.



In figuur 4.16 is per jaarklasse het verloop van de totale gemiddelde biomassa per m² intergetijdegebied in het 3e kwartaal weergegeven. Opvallend zijn de verschillen in jaarklassterkte: 1979, 1982 en 1985 springen eruit als jaren met een goede broedval met een doorwerking naar de opvolgende jaren. Dit blijkt ook uit figuur 4.17 waarin de totale hoeveelheid kokkels per deelgebied is weergegeven.

- *kokkelstand is niet beïnvloed door de werken*
De bouw van de kering en de compartimenteringsdammen kan door veranderingen in overspoeling of stroomsnelheden plaatselijk wel enige gevolgen hebben gehad voor aantallen, biomassa en groei van de kokkel. In de gehele Oosterschelde echter valt het effect van de werken in het niet bij variaties in het kokkelbestand als gevolg van natuurlijke factoren en bevissing.

Toekomstverwachting

Het kokkelbestand in de Oosterschelde is ondermeer afhankelijk van het areaal intergetijdegebied. Plaatverlaging en erosie

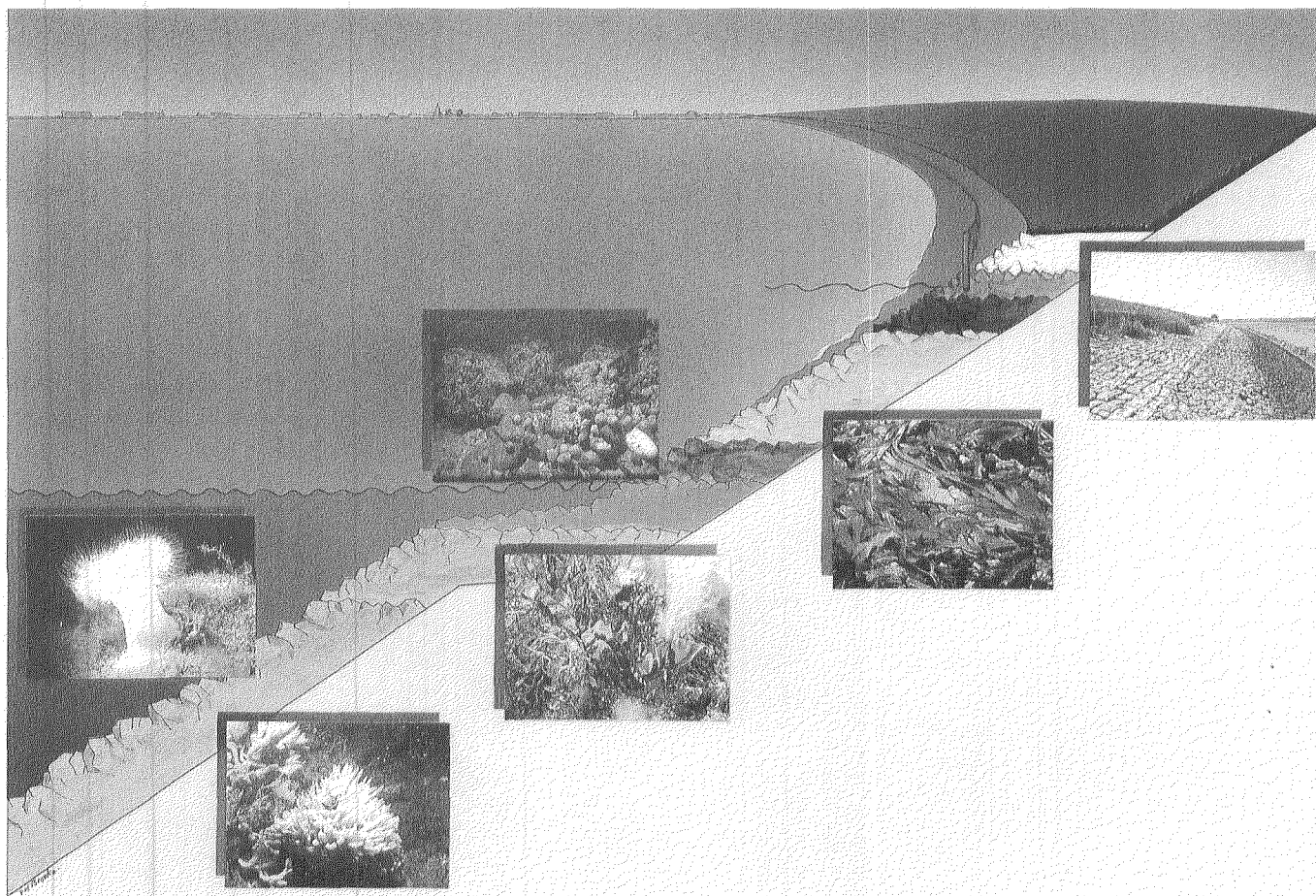
kunnen daarom op langere termijn leiden tot een afname van de biomassa van kokkels.

4.2.4 De flora en fauna van de dijkglooiingen

Door toepassing van o.a. gietasfalt bij dijkversterkingen, zijn in de overgangsfase zeldzame levensgemeenschappen in de intergetijdezone plaatselijk verdwenen. Herstel is onmogelijk, omdat het nieuwe substraat niet begroeibaar is. Door verslibbing is enig verlies aan areaal beneden de laagwaterlijn opgetreden; dit is gecompenseerd door het ontstaan van nieuw areaal bij de stormvloedkering.

Oorspronkelijke situatie

De dijkglooiingen boven en onder water herbergen een belangrijke levensgemeenschap, die uniek is in onze streken waar van nature vrijwel alleen zachte ondergrond voorkomt. Als gevolg van menselijk toedoen, zoals de bouw van dijken en andere waterbouwkundige werken, is er substraat gecreëerd voor planten en dieren die alleen op een harde ondergrond kunnen gedijen (figuur 4.18). Er zijn slechts enkele lokaties met



figuur 4.18.
Langs dijkglooiingen wordt,
afhankelijk van de
overspoelingsduur, een
zonering van karakteristieke
levensgemeenschappen
aangetroffen.

natuurlijke harde substraten in ons land in de vorm van (sub)fossiele veen- en kleibanken, onder andere in de kom van de Oosterschelde.

De wierzone (van boven de hoogwaterlijn tot circa vijf meter beneden laagwater) telt zo'n 140 plant- en diersoorten, waaronder korstmossen. Afhankelijk van de overspoelingsduur is er een zonering van karakteristieke gemeenschappen (figuur 4.18). Sinds een aantal jaren is in de zone rond laagwater een omvangrijke

populatie Japanse oesters tot ontwikkeling gekomen.

Voor de dieren onder water geldt - een enkele in steen borende soort daargelaten- dat de organismen leven op het substraat. Kenmerkend voor deze dieren is het bezit van een hechtorgaan. Soms is dat een wortelachtig orgaan, soms wordt een soort kit gebruikt, terwijl in andere gevallen wordt volstaan met een zuignap. Opmerkelijk is het plantaardige uiterlijk van deze vastzittende, maar dierlijke, organismen. De weelderige begroeiing, die in de Oosterschelde goed zichtbaar is dankzij de relatief grote helderheid, bepaalt in belangrijke mate de natuurwaarde van het gebied onder water. Deze levensgemeenschap trekt ook andere, meer beweeglijke diersoorten aan, zoals krabben, kreeften, slakken en vissen. Sommige soorten vinden er hun favoriete voedsel, andere bescherming tussen de begroeiing of in de holtten tussen stenen.

Onderzoek van de harde substraten

De levensgemeenschappen van het harde substraat onder water zijn bestudeerd door op een aantal vaste lokaties en dieptes de soortensamenstelling, de dominantie per soort (d.m.v. percentage bedekking van de ondergrond), en de biomassa/m² voor de belangrijkste soortengroepen te bepalen.

In de oorspronkelijke situatie werden (beneden de wierzone) zo'n 150 soorten aangetroffen. Er werden vier gebieden onderscheiden, die qua soortensamenstelling van elkaar verschilden. Het mondingsgebied werd gedomineerd door zee-anjelier en gorgelpijppoliepen, het middengebied door hydroidpoliepen en mosdierjes en