



Zoet water naar de Oosterschelde: een verkenning naar de effecten op natuur en visserij

H.A. Haas

Rapport RIKZ - 98.036

ISBN 90-369-3413-3

December, 1998

Samenvatting

De huidige Oosterschelde vormt een natuurgebied van internationale allure. Als natuurmonument en nationaal park in oprichting heeft het van de overheid de hoogst mogelijke bescherming gekregen. Toch heeft de Oosterschelde de afgelopen decennia veel aan natuurwaarde moeten inleveren. Door de bouw van de Volkerakdam (1969) en de Ooster- en de Philipsdam (1987) is het 'contact' met de Hollandsch Diep verdwenen. De zoetwaterbelasting op de Oosterschelde is daardoor afgenomen van circa 100 m³/s tot circa 9 m³/s, het huidige lekverlies via de Krammersluizen. Deze maatregelen zijn destijds (onder andere) genomen om het verontreinigde en voedselrijke zoete Rijn en Maas water af te leiden van de Oosterschelde en voor het creëren van een zo hoog mogelijk zoutgehalte in de Oosterschelde. Het gevolg is dat de Oosterschelde nu een relatief voedselarme zee-arm is met een hoog en stabiel zoutgehalte (circa 18 g Cl/l). De estuariene gradiënten en de daarbij horende zeldzame brakwatergebieden zijn hierdoor verdwenen. De verwachting is dat een extra zoetwaterbelasting op de Oosterschelde kan leiden tot een verhoging van de biodiversiteit en de productiviteit van het systeem. Dit kan weer leiden tot een hogere draagkracht voor schelpdieren.

In opdracht van directie Zeeland is een verkennende studie uitgevoerd naar de mogelijkheden om het estuariene karakter van de Oosterschelde te herstellen en welke effecten dit heeft voor natuur en visserij. De hiervoor noodzakelijke zoetwatertoevoer zou moeten plaatsvinden vanuit het Volkerak-Zoommeer via de Krammersluizen of een nog een te realiseren doorlaatmiddel in de Oesterdam. Handhaving van het huidige gebruik van zowel de Oosterschelde als het Volkerak-Zoommeer vormt de belangrijkste randvoorwaarde. Daarnaast mag de waterkwaliteit van beide watersystemen niet of minimaal worden beïnvloed.

In de studie is eerst berekend wat het zoetwateroverschot is vanuit het Volkerak-Zoommeer. Dit zoetwateroverschot wordt momenteel via het Bathse spuikanaal op de Westerschelde gespuid en zou in principe beschikbaar kunnen zijn voor de Oosterschelde. Uit de analyse van de waterbalans van het Volkerak-Zoommeer blijkt dat dit overschot in een droog jaar nihil is. In het natte seizoen 1994/1995 was er jaargemiddeld 11 m³/s beschikbaar met sterke pieken (tot 70 m³/s) in de winterperiode en een minimaal overschot in de zomermaanden. Dit aanbod heeft dus een zeer grillig onvoorspelbaar karakter met een lange periode waarin geen zoet water beschikbaar is. Daarnaast was een vraag hoever het zoutgehalte kan dalen zonder nadelige effecten voor de schelpdiervisserij. Uit een literatuurstudie blijkt dat een zoutgehalte van 11 g Cl/l de ondergrens is voor de meeste volwassen schelpdiersoorten. In het voorjaar en de zomer ligt deze ondergrens op circa 14 g Cl/l omdat jonge stadia van schelpdiersoorten gevoeliger zijn. Specifiek voor jonge zeekeeft wordt een ondergrens van 15,5 g Cl/l gehanteerd. Ook de effecten van een zoutgehalte verlaging op de natuur is onderzocht. Zo heeft zeegras heeft een ondergrens circa van 11 g Cl/l. Ook de meeste bodemdiersoorten kunnen voorkomen tot zoutgehalten van 10-12 g Cl/l. Enkele typisch mariene soorten zullen verdwijnen uit de gebieden waar het zoutgehalte het sterkts zal dalen, maar zullen elders in de Oosterschelde gewoon blijven voorkomen. Mogelijk kunnen enkele brakwatersoorten zich opnieuw vestigen.

Een zoutgehalte verlaging binnen deze grenzen biedt dus mogelijkheden voor zowel natuur als visserij. Uitgangspunt is wel dat er geen extreme schommelingen mogen optreden en dat er een permanent minimum zoetwateraanbod nodig is vanuit het Volkerak-Zoommeer. Een duurzame zoutgradiënt in de Oosterschelde kan dus alleen gerealiseerd worden door Hollandsch Diep water via de Volkeraksluizen in te laten. Voorlopig is dit echter niet acceptabel omdat de waterkwaliteit van het Hollandsch Diep nog steeds slechter is dan die van het Volkerak-Zoommeer. Een belangrijk knelpunt is nog wel de grote kans op stratificatie, vooral bij inlaat in de Noordelijke Tak. Dit is uiteraard ongewenst en eventueel nader onderzoek zal moeten uitwijzen hoe dit kan worden voorkomen en wat de effecten zijn.

Meer zoet water betekent ook meer nutriënten en dit leidt in de meeste gevallen tot een hogere productiviteit. Uit modelberekeningen blijkt dat de primaire productie van de gehele Oosterschelde zal toenemen met gemiddeld 3 tot 9%, afhankelijk van het inlaatscenario. Er is dus meer voedsel voor de grazers in het systeem zoals schelpdieren en zoöplankton. Het model voorspelt ook dat het zoöplankton hier sterk van profiteert ten koste van de schelpdieren. Meer zoöplankton is goed voor kleine vis en kan gunstig zijn voor de kinderkamerfunctie van de Oosterschelde. Deze resultaten komen niet overeen met de vooraf gestelde hypothese dat de draagkracht voor schelpdieren zal worden verhoogd. In de modelresultaten zitten echter nog veel onzekerheden, vooral voldoende en betrouwbare invoergegevens vormt vaak een probleem. Zo wordt de totale hoeveelheid mosselen in het systeem bepaald door de bedrijfsvoering van de mosselkwekers. Een hypothese is dat een verdubbeling van mosselbiomassa het zoöplankton in het model weer zal 'wegconcurreren'. Een belangrijk signaal is dus wel dat het zoöplankton een belangrijke rol speelt in het ecosysteem van de Oosterschelde. De mosselbiomassa kan echter ook worden beïnvloed door de natuurlijke broedval. Er zijn aanwijzingen dat zoet water gunstig is voor de mosselbroedval in de Oosterschelde. Uit veldwaarnemingen blijkt dat er op dit moment al een sterke mosselbroedval is in de Noordelijke tak.

Deze studie heeft aangetoond dat er kansen zijn om de natuurwaarde van de Oosterschelde te vergroten. Met het herstel van het estuariene karakter zal de biodiversiteit en productiviteit toenemen. De belangrijkste knelpunten zijn de te verwachte stratificatie in de Oosterschelde en de beschikbaarheid van 'schoon' zoet water. Als de verbeteringen van de waterkwaliteit van het Hollandsch Diep echter doorzet zijn er in de toekomst wellicht mogelijkheden. Het is hiervoor wel noodzakelijk een geïntegreerde toekomstvisie te ontwikkelen waarbij meer dan nu gekeken wordt naar de samenhang in het waterbeheer tussen de verschillende watersystemen in de gehele Delta.

Inhoudsopgave

Samenvatting		
1	Inleiding	3
1.1	Aanleiding	3
1.2	Vraagstelling	4
1.3.	Randvoorwaarden	5
2	Werkwijze	7
3	Historische analyse zoet-zout gradiënten	11
3.1	Historisch overzicht	11
3.2	Periode 1960-1969	12
3.2.1	Zoetwaterbelasting	12
3.2.2	Zoutgehalte	13
3.3	Periode 1969-1987	14
3.3.1	Zoetwaterbelasting	14
3.3.2	Zoutgehalte	16
3.4	Periode 1987-heden	18
3.4.1	Zoetwaterbelasting	18
3.4.2	Zoutgehalte	19
4	Zoetwateraanbod en scenario's	21
4.1	Zoetwateraanbod Volkerak-Zoommeer	21
4.2	Extra zoet water vanuit Hollandsch Diep	22
4.3	Zoetwateraanbod in woord en getal	22
4.4	Scenario's	22
4.5	Waterkwaliteit Hollandsch Diep	24
4.5.1	Nutriënten	24
4.5.2	Microverontreinigingen	24
5	Zoet-zout gradiënten	25
5.1	Modelbenadering zoet-zout gradiënt	25
5.2	Modelresultaten	26
5.3	Stratificatie	29
6	Draagkrachtanalyse	33
6.1	Modelbenadering draagkracht	33
6.1.1	Scenario's	33
6.1.2	Invoergegevens	34
6.2	Effecten op de productiviteit	34
6.2.1	Primaire productie fytoplankton en microfytobenthos	34
6.2.2	Zoöplankton	35
6.3.3	Draagkracht schelpdieren	35
6.3	Discussie	36
7	Effecten op de ecologie	39
7.1	Zeegrassen en wieren	39
7.1.1	Zeegrassen	39
7.1.2	Wieren	40
7.2	Bodemdieren zachsubstraat	41

7.2.1	Gegevensbron en methodiek	41
7.2.2	Effecten op aanwezige bodemdieren	41
7.2.3	Kansen voor nieuwe soorten	43
7.3	Hardsubstraat organismen	44
7.3.1	Litoraal	44
7.3.2	Sublitoraal	44
7.4	Vissen	45
7.4.1	Visfauna Oosterschelde	45
7.4.2	Effecten op de soortensamenstelling	45
7.4.3	Effecten kinder- en kraamkamerfunctie	46
7.4.4	Effecten anadrome vissoorten	44
7.5	Vogels	47
8	Effecten op de visserij	49
8.1	Economisch belang visserij	49
8.2	Zouttolerantie	49
8.3	Broedval schelpdieren	51
9	Integratie	53
9.1	Waterhuishouding en zoutgehalte	53
9.1.1	Stratificatie	54
9.2	Productiviteit en biodiversiteit	54
9.2.1	Productiviteit	54
9.2.2	Biodiversiteit	55
9.3	Visserij	55
10	Conclusies en aanbevelingen	57
10.1	Conclusies	57
10.2	Aanbevelingen	58
	Literatuur	59
	Verklarende woordenlijst	63
	Bijlagen	65
	Bijlage 1	65
	Ruimtelijke verdeling van het zoutgehalte bij laagwater en de hoogste zoetwatertoevoer bij de verschillende scenario's	
	Bijlage 1.1 Scenario d00 en n00 bij inlaat Noordelijke Tak	65
	Bijlage 1.2 Scenario d00 en n10 bij inlaat Noordelijke Tak	66
	Bijlage 1.3 Scenario d30 en n30 bij inlaat Noordelijke Tak	67
	Bijlage 1.4 Scenario d00 en n20 bij inlaat Kom	68
	Bijlage 1.5 Scenario d40 en n40 bij inlaat Kom	69
	Bijlage 1.6 Scenario n50, verdeling overschot naar Noordelijke Tak en de Kom	70
	Bijlage 2	
	Het voorkomen van geselecteerde bodemdiersoorten in relatie tot zoutgehalte, dieptestratum en sedimenttype (Malta <i>et al</i> , 1998).	71
	Bijlage 3	
	Overzicht van vissoorten die in de Oosterschelde voorkomen (Cattrijsse <i>et al</i> , 1998)	73
	Bijlage 4	
	Overzichtskaart Oosterschelde	75
	Colofon	77

1 Inleiding

Het beleid van Rijkswaterstaat, vastgelegd in de vierde Nota waterhuishouding, is erop gericht de natuurlijke processen in de zuidelijke Delta te herstellen en te versterken. Er wordt gestreefd naar meer uitwisseling tussen de verschillende compartimenten en naar geleidelijke natuurlijke overgangen tussen zoet en zout water. Ook in andere delen van de Nederlandse kustzone worden hiervoor mogelijkheden verkend. In de Oosterschelde zijn er kansen om weer een estuariene gradiënt te creëren door inlaat van zoet water vanuit het Volkerak-Zoommeer. Om de effecten van een dergelijke maatregel te onderzoeken is een verkennende studie uitgevoerd in opdracht van Rijkswaterstaat directie Zeeland.

1.1 Aanleiding

In de laatste decennia heeft de zuidelijke Delta ingrijpende veranderingen ondergaan. Nog geen dertig jaar geleden stroomde het zoete Rijn- en Maaswater via de diepe geulen van het Haringvliet, Grevelingen en de Oosterschelde naar de Noordzee. De gehele Delta was een dynamisch getijdeland met veel estuariene zoet-zout gradiënten.

Landaanwinning en de realisatie van de Deltawerken hebben de zuidelijke Delta sterk veranderd. Door dijken en dammen zijn afzonderlijke bekkens ontstaan met een minimale onderlinge uitwisseling van water. Veiligheid en de beschikbaarheid van zoet water waren de belangrijkste uitgangspunten.

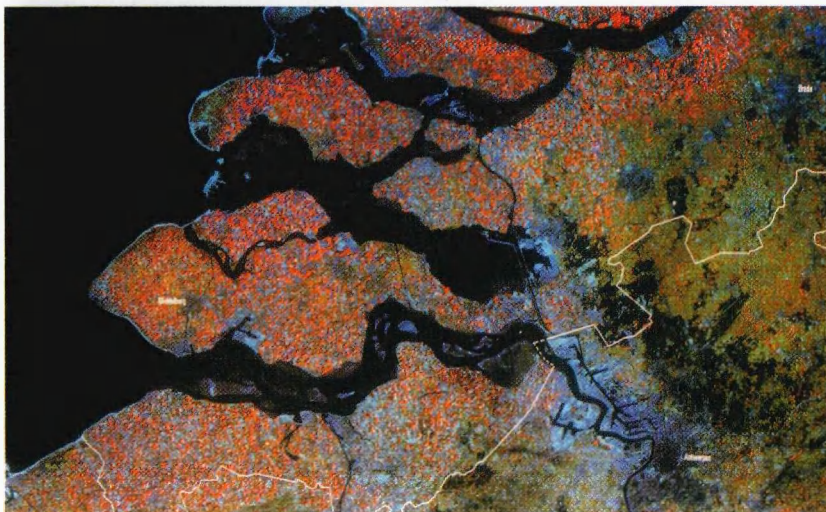
Een historische kaart van Zeeland uit de 17e eeuw. Zeeland bestond toen nog uit eilanden. Het rivierwater vanuit de Rijn, de Maas en de Schelde had nog alle ruimte



In de huidige situatie wordt de Oosterschelde gekenmerkt als een zeearm (van Berchum en Wattel, 1997). Zelfs in het oostelijk deel ter hoogte van de Philipsdam en de Oesterdam liggen de zoutgehalten nog ruim boven de 16 g Cl/l. De zoetwaterbelasting vanuit het Volkerak-Zoommeer naar de Oosterschelde is beperkt tot 9 m³/s lek- en schutverliezen via de

Krammersluizen in de Noordelijke Tak. Door een zoet-zout scheidingssysteem is de zoutwaterbelasting naar het Volkerak-Zoommeer te verwaarlozen. Deze situatie heeft voor de Oosterschelde geleid tot een gedempt dynamisch zout getijdesysteem dat grenst aan het zoete Volkerak-Zoommeer. Beide watersystemen worden gescheiden door de Philipsdam en de Oesterdam. De Grevelingendam vormt de scheiding met het zoute stagnante Grevelingenmeer.

Een satellietopname van Zeeland. De verschillende watersystemen zijn gescheiden en het Rijn en Maas water wordt afgevoerd via het Haringvliet en de Nieuwe waterweg. Alleen de Westerschelde heeft nog een natuurlijke zoet-zout overgang



Herstel van estuariene overgangen en het creëren van brakwaterareaal is landelijk momenteel volop in studie. Dit vindt plaats op zowel kleine schaal, zoals in de Kroonpolders op Vlieland, als op grote schaal in het Haringvliet (Anonymus, 1996). Verschillende projecten zijn al in de uitvoeringsfase, zoals een binnendijs project aan de zuidkust van Schouwen (Plan Tureluur). Ook voor de Oosterschelde zijn er mogelijkheden om weer estuariene gradiënten te creëren door het instellen van een inlaatbeheer van zoet water vanuit het Volkerak-Zoommeer. Een gedeeltelijk herstel van de verbinding tussen deze watersystemen biedt mogelijkheden om de natuurwaarde van de Oosterschelde te versterken. Er kunnen gebieden ontstaan met het inmiddels in Nederland zeldzame brakwaterbiotoop waarin onder andere zeegrasvelden tot ontwikkeling zouden kunnen komen (Schobben, 1997). Tevens is de verwachting dat een verhoogde zoetwaterbelasting een positieve invloed heeft op de productiviteit van de Oosterschelde. Immers, een toename van de zoetwaterbelasting betekent tevens een toename van de nutriëntenbelasting. Dit zou in de nutriëntenarme Oosterschelde kunnen leiden tot een hogere primaire productie en daarmee ook tot een hogere draagkracht voor schelpdieren.

1.2 Vraagstelling

Voor de uitvoering van deze verkennende studie is door Rijkswaterstaat directie Zeeland in overleg met het RIKZ een Plan van Aanpak opgesteld (Storm en Haas, 1998). Uit dit plan is de volgende hoofdvraag afgeleid:

Wat zijn de mogelijkheden om het estuariene karakter van de Oosterschelde weer te herstellen door het instellen van een inlaatbeheer van rivierwater vanuit het Volkerak-Zoommeer en welke effecten heeft dit voor natuur en visserij.

Om deze vraag te kunnen beantwoorden zijn de volgende deelvragen geformuleerd:

1. Hoe waren de estuariene gradiënten in de Oosterschelde in het verleden?
2. Hoe groot is het potentieel zoetwateraanbod vanuit het Volkerak-Zoommeer?
3. Welke horizontale- en verticale zoet-zout gradiënten kunnen er ontstaan bij inlaat van zoet water in de Oosterschelde?
4. Welke belastingen aan nutriënten en microverontreinigingen treden hierdoor op in de Oosterschelde?
5. Wat zijn de effecten op de productiviteit van de Oosterschelde?
6. Wat zijn de effecten op de ecologie van de Oosterschelde?
7. Wat zijn de effecten op het maatschappelijk gebruik van de Oosterschelde, met name voor de schelpdiervisserij?

Deze deelvragen zijn uitgewerkt in zeven deelstudies. Hoofdstuk 2 geeft een toelichting op deze studies en beschrijft de gehanteerde werkwijze en de structuur van dit rapport

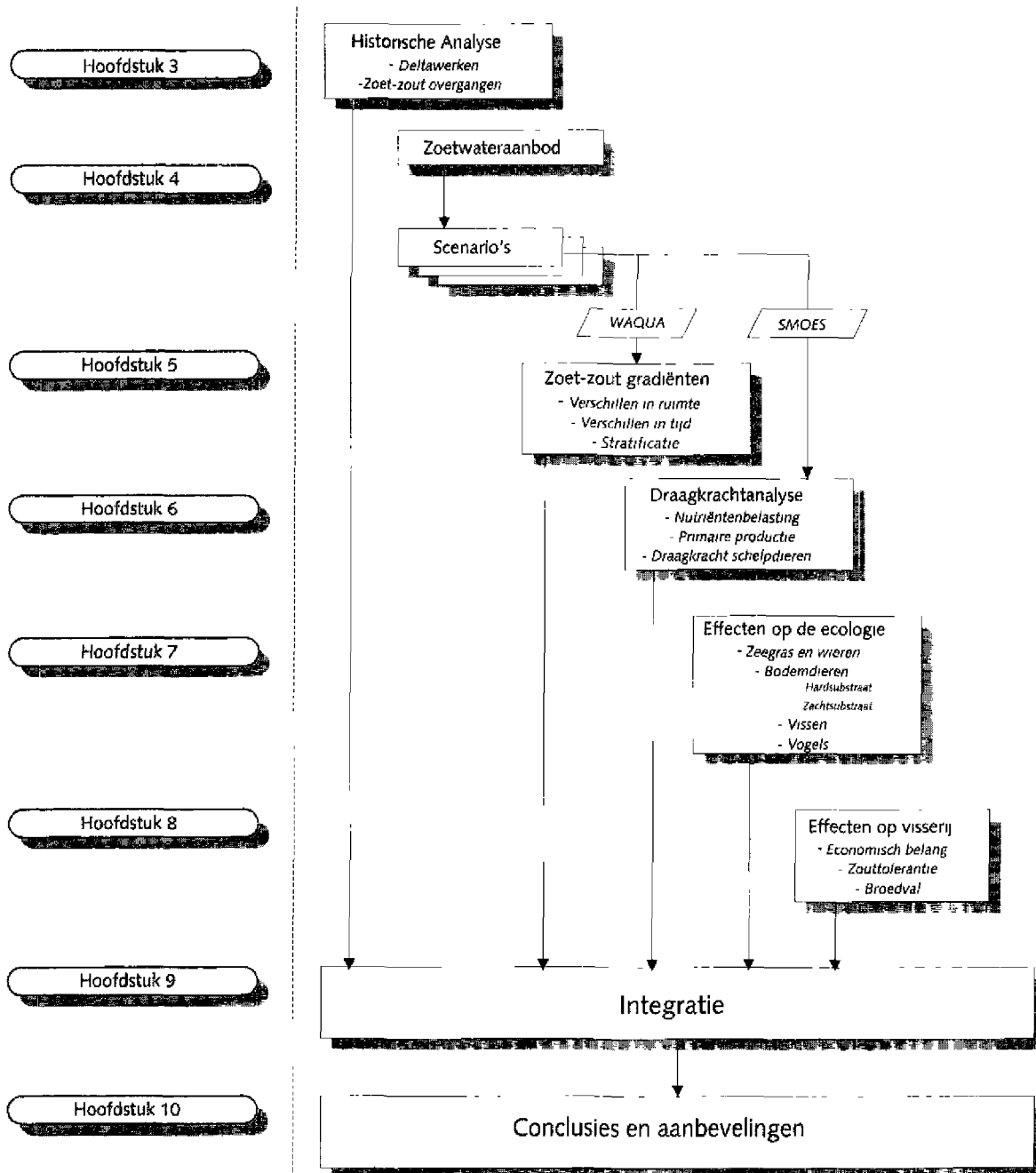
1.3 Randvoorwaarden

In deze verkenning is uitgegaan van de volgende randvoorwaarden:

- geen extra zoutbelasting op het Volkerak-Zoommeer
- geen extra belasting aan verontreinigingen naar Volkerak-Zoommeer
- minimale extra belasting aan verontreinigingen naar Oosterschelde
- huidig gebruik van de Oosterschelde en het Volkerak-Zoommeer blijft gehandhaafd.

Figuur 1

Werkwijze verkenningenstudie met verwijzingen naar de hoofdstukken



2 Werkwijze

Deze verkenningenstudie is opgebouwd uit zeven deelstudies die zijn gericht op de fysische en ecologische effecten van zoet water op de Oosterschelde. In de historische analyse wordt de situatie van het verleden en het heden geschetst. Op basis van het zoetwateraanbod van het Volkerak-Zoommeer zijn een aantal scenario's opgesteld waarvoor zoet-zout gradienten zijn berekend zijn met een hydraulisch model. De effecten van zoutgehalte dalingen zijn in kaart gebracht voor de ecologie en visserij. Een ecologisch model van de Oosterschelde is toegepast om de effecten op het ecosysteem te berekenen. Tot slot zijn de resultaten van de afzonderlijke studies geïntegreerd en op basis daarvan zijn conclusies en aanbevelingen geformuleerd.

Plan van aanpak

In het Plan van Aanpak (Storm en Haas, 1998) is aangegeven welke onderdelen worden uitgewerkt in deze verkenningenstudie. Hierbij is onderscheid gemaakt tussen:

1. effecten op de huidige natuur en visserij
2. besluitvormingstraject

Onderdeel 1 vormt het technisch-inhoudelijke deel van de verkenningenstudie en is uitgevoerd door het RIKZ. Onderdeel 2 geeft aandacht aan bestuurlijke en communicatieve aspecten van dit project en is door Rijkswaterstaat directie Zeeland uitgevoerd (Storm, 1998 in voorbereiding). In figuur 1 is aangegeven hoe de werkzaamheden van onderdeel 1 zijn gestructureerd. De verschillende onderdelen worden hieronder kort uitgewerkt.

Historische analyse (hoofdstuk 3)

Door middel van een literatuurstudie is een historische analyse uitgevoerd van het estuariene karakter van de Oosterschelde. Bij deze studie is de huidige situatie vergeleken met de situatie voor de totstandkoming van de Volkerakdam (1969) en voor het gereedkomen van de Oosterscheldewerken (1987). Het gaat hierbij om de volgende aspecten. (1) zoetwaterafvoer, in samenhang met de Rijn- Maas afvoer (2) stroomsnelheden (3) zoutgehalten en (4) de lengte van de zoet-zout gradient. Van belang hierbij zijn ook jaarlijkse fluctuaties en de extremen die zijn voorgekomen (Pieters, 1998).

Zoetwateraanbod en scenario's (hoofdstuk 4)

Voor het creëren van een estuariene gradienten in de Oosterschelde is zoet water nodig vanuit het Volkerak-Zoommeer. Door een analyse van de waterbalans en het huidige peil- en doorspoelbeheer is het zoetwateroverschot berekend voor een nat en een droog jaar. Deze jaren zijn geselecteerd uit de periode 1990-1997 (Mollenhauer, 1998a). Omdat het zoetwateraanbod vanuit het Volkerak-Zoommeer in een droog jaar nihil bleek te zijn is tevens een scenario opgesteld waarbij extra zoet water vanuit het Hollandsch Diep ingelaten wordt. Dit is in strijd met de tweede randvoorwaarde van deze verkennende studie (Mollenhauer, 1998a). Het zoetwateraanbod vormt de basis voor de berekeningen van de zoet-zout gradient en de draagkrachtanalyse.

Zoet-zout gradiënten (hoofdstuk 5)

Met behulp van het waterbewegingsmodel OOSTIII zijn de horizontale zoet-zout gradiënten berekend die kunnen ontstaan bij de verschillende inlaatscenario's. Dit programmapakket, dat draait onder WAQUA, berekent de waterstanden, stroomsnelheden en transport van opgeloste stoffen in watersystemen. De berekeningen zijn tweedimensionaal, dat wil zeggen dat de berekende chloridegehalten verticaal gemiddeld zijn. De resultaten van deze berekeningen zijn gepresenteerd in verspreidingskaarten en diverse grafieken en tabellen die zowel de temporele als ruimtelijke verschillen van de zoet-zout gradiënt weergeven (Mollenhauer, 1998b; Lievense, 1998).

Om het risico voor stratificatie te bepalen is gebruik gemaakt van het kengetal van Richardson dat voor stromingen met dichtheidsverschillen een indicatie van de kans op stratificatie geeft. Op basis van onderstaande parameters is het kengetal van Richardson berekend (Van Helvert, 1998);

- dichtheidsverschillen tussen zoet en zout water,
- zoetwaterafvoer,
- geometrie van de waterloop,
- getijsnelheid over een getijperiode

Draagkrachtanalyse SMOES (hoofdstuk 6)

Het SimulatieModel Oosterschelde EcoSysteem (SMOES) is rond 1985 speciaal ontwikkeld voor de Oosterschelde om de effecten van de Oosterscheldewerken te kunnen voorspellen. Dit model is gebaseerd op koolstof- en nutriëntenstromen en is opgebouwd uit vier submodellen: het transport-, het bentisch-, het pelagisch- en het suspensionfeedersmodel. Een uitgebreide beschrijving is te vinden in Klepper (1989). Op basis van de verschillende inlaatscenario's zijn nutriëntenbelastingen berekend (Verver, 1998a). Daarbij is rekening gehouden met invoer van nutriënten vanuit het polderwater, het Veerse Meer, het Grevelingenmeer en neerslag. Daarnaast zijn er fysische en biotische gegevens van de Oosterschelde geactualiseerd voor de rekenperiode 1994 tot en met 1996. De resultaten van de modelberekeningen zijn gericht op de biomassa en productiviteit van het fytoplankton, het microfytobenthos, het zooplankton en de filterfeeders (mosselen en kokkels) (Verver, 1998b).

Effecten op ecologie (hoofdstuk 7)

Naast de effecten op de productiviteit van het systeem kunnen ook organismen reageren op een verlaging van het zoutgehalte in het oostelijk deel van de Oosterschelde. Speciale aandacht is besteed aan hard- en zachtsubstraat-levensgemeenschappen in de Oosterschelde, zowel litoraal als sublitoraal (Meijer en van Moorsel, 1998; Malta *et al*, 1998). Door middel van literatuurstudie en, in mindere mate analyse van beschikbare meetresultaten, is aandacht besteed aan:

1. de historische en huidige beschrijving van de levensgemeenschappen in relatie tot abiotische factoren,
2. de soortverschuivingen die zijn te verwachten bij het ontstaan van een brakwaterareaal,
3. de vraag hoe deze veranderingen zijn te beoordelen in het licht van de doelstelling, namelijk het herstel van het estuariene karakter van de Oosterschelde

Daarnaast heeft de Universiteit van Gent via een literatuurstudie aandacht besteed aan de vissen in de Oosterschelde en de volgende vragen beantwoord (Cattrijsse *et al*, 1998):

1. Wat zijn de mogelijke effecten op de kraam- en kinderkamerfunctie van de Oosterschelde voor jonge vis?

2. Hoe sterk moet de zoutgradiënt zijn om anadrome trekvisen te lokken en kunnen deze vissen de bestaande barrières passeren of zijn er aanvullende maatregelen nodig om de passeerbaarheid te vergroten?

Effecten op visserij (hoofdstuk 8)

Door het RIVO-DLO is een literatuurstudie uitgevoerd naar de effecten van verlaging van het zoutgehalte op de commercieel belangrijke soorten in de Oosterschelde (Schuiling en Smaal, 1998). Deze studie is uitgevoerd op basis van onderstaande vragen:

1. In hoever kan het nu geldende minimale zoutgehalte (streefwaarde 15,5 g Cl/l) dalen zonder dat de visserijfunctie van de Oosterschelde in gevaar komt.
2. Wat is de invloed van een estuariene zoutgradiënt op de (1) broedval van schelpdieren (2) de ontwikkeling van larven en (3) de groei van volwassen dieren.

Integratie, conclusies en aanbevelingen (hoofdstukken 9 en 10)

De integratie is uitgevoerd op basis van de resultaten van de afzonderlijke studies. Hiervoor zijn vooral de modelresultaten van de berekende zoutgradiënten vertaald naar de invloed op de ecologie en visserij per scenario. Op basis hiervan zijn de conclusies en aanbevelingen geformuleerd.

3 Historische analyse zoet-zout gradiënten

Het zuidelijk Deltagebied is in de afgelopen decennia ingrijpend veranderd. Door de aanleg van dijken en dammen is de zoetwaterafvoer naar de Noordelijke Tak van de Oosterschelde gereduceerd van 50 tot 100 m³/s voor 1969 tot circa 9 m³/s in de huidige situatie. De zoet-zout gradiënten in het oostelijk deel van de Oosterschelde werden in het verleden sterk bepaald door de wisselende zoetwaterafvoer van de grote rivieren. Dit leidde tot grote ruimtelijke en temporele verschillen in het zoutgehalte. In de huidige situatie wordt het zoutgehalte grotendeels bepaald door het kustwater en komen de concentraties nog incidenteel onder de 15 g Cl/l. Jaargemiddeld liggen de zoutgehalten in de Noordelijke Tak maximaal 2 g Cl/l lager dan in de Monding. In de Kom is het verschil met de Monding minder dan 1 g Cl/l.

3.1 Historisch overzicht

Tot in de Middeleeuwen vormde de Oosterschelde de belangrijkste benedeloop van de rivier de Schelde. De Oosterschelde was een deel van de Delta gevormd door de grote rivieren Rijn, Maas en Schelde. In de late Middeleeuwen maakte de toenmalige zeearm de Honte een verbinding met de rivier de Schelde, wat het begin vormde van de ontwikkeling van de latere Westerschelde. Tegelijk met de hiermee gepaard gaande afname van de zoetwaterafvoer, nam in de eeuwen erna de invloed van de Noordzee op de Oosterschelde sterk toe door toename van het getijvolume door de uitbreiding van de komberging in vooral noordelijke en oostelijke richting. Dit was vooral het gevolg van blijvende inundaties van grote oppervlakten land na overstromingen. Pas na de 17e eeuw kregen bedijkingen en inpolderingen de overhand. Toch bleef de invloed van de Oosterschelde zich uitbreiden in noordelijke richting. Vanaf het begin van de 18e eeuw begon het Zijpe sterk te eroderen. Deze geul vormde de verbinding tussen de Oosterschelde en het Grevelingenbekken. Hiermee ontstond een belangrijke verbinding tussen het zuidelijk- en het noordelijk Deltabekken. De Oosterschelde nam hierdoor een toenemend deel van zowel het getijvolume als de zoetwaterafvoer van het Krammer-Volkerak over van de Grevelingen.

Een belangrijke verandering in de waterhuishouding van het zuidelijk Deltabekken veroorzaakten de aanleg van de Kreekrakdam en de Sloedam in respectievelijk 1867 en 1871. Hiermee kwam een definitieve scheiding tot stand tussen de Oosterschelde en de Westerschelde. De zoetwaterafvoer van de Schelde verliep helemaal via de Westerschelde. Hierdoor daalde het zoutgehalte in de Westerschelde en steeg het zoutgehalte in de Oosterschelde. Deze stijging is van doorslaggevende betekenis geweest voor de opkomst van de oesterteelt in de Kom van de Oosterschelde. Vrijwel tegelijk met de afdamming van het Kreekrak en de aanleg van de Sloedam werd in het noordelijke deel van het Deltagebied de Nieuwe Waterweg gegraven. De zoetwaterafvoer van de Rijn en de Maas naar het zuidelijk Deltabekken via het Volkerak is hierdoor sterk beïnvloed. Dit waren de eerste actieve grote menselijke ingrepen die invloed hadden op het estuariene karakter van het Deltagebied. Deze situatie, die bestond van

ongeveer 1870 tot 1960 vormde in het Deltagebied de waterhuishoudkundige uitgangssituatie voor de uitvoering van de Deltawerken. Na 1960 kunnen op grond van de verschillende fasen van de Deltawerken globaal drie perioden worden onderscheiden: (1) 1960- 1969, (2) tussen 1969-1987 en (3) na 1987.

3.2 Periode 1960-1969

3.2.1 Zoetwaterbelasting

Voor de bouw van de Volkerakdam bestond er een open verbinding tussen de benedenlopen van Rijn en Maas en de Oosterschelde via het Hollandsch Diep, het Volkerak en de Krammer. In die periode zijn weinig analyses uitgevoerd hoe het zoete water zich verspreidde in de noordelijke- en zuidelijke Delta. Bekend is wel dat de afvoeren naar het Volkerak in extreme situaties, hoge rivierafvoeren en/of bijzondere getijomstandigheden, sterk konden toenemen. Men gaat ervan uit dat gemiddeld circa 10% van de rivierafvoer door het Hellegat en Volkerak naar de Oosterschelde en/of de Grevelingen toestroomde. Dit varieerde globaal tussen de 50 en 100 m³/s. In deze periode zijn de volgende werken uitgevoerd (figuur 2):

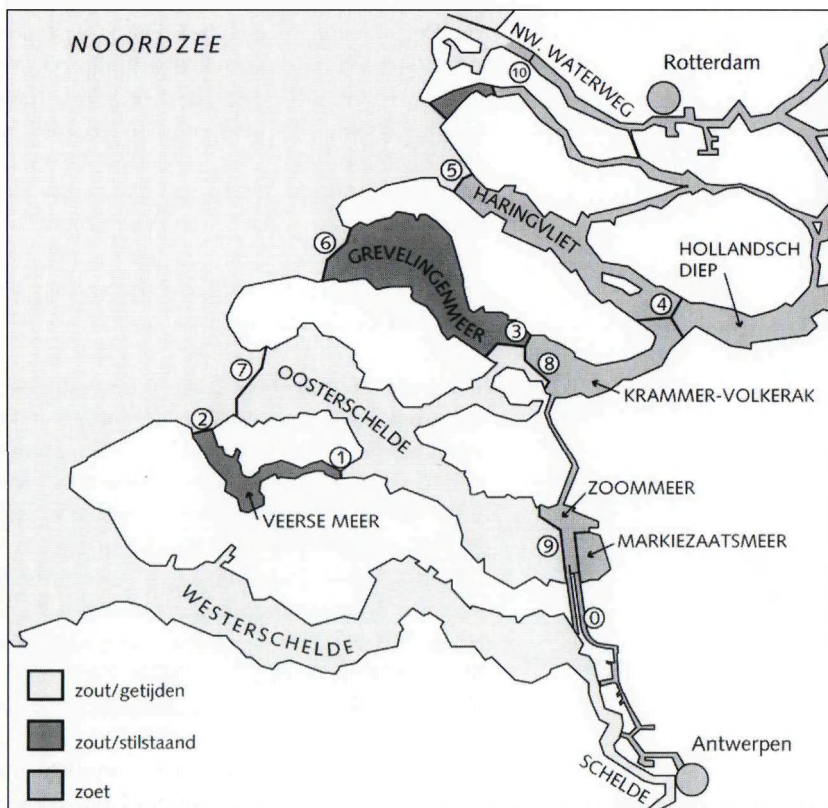
- 1960: Zandkreekdam
- 1961: Veerse gatdam

Met de aanleg van deze dammen ontstond in 1961 het Veerse Meer. Het zoet-brakke polderwater van de omliggende polders werd voordien via het Veerse Gat rechtstreeks afgevoerd naar de Noordzee. Ter plaatse van de huidige Zandkreekdam bevond zich een wantij. Na 1961 kon deze afvoer alleen nog plaatsvinden naar de Oosterschelde door schutten en spuien met de Zandkreeksluis. De zoetwaterbelasting op de Oosterschelde is hierdoor iets gestegen omdat voorheen het polderwater rechtstreeks naar de Noordzee werd afgevoerd. Dit schut- en spuidebiet vormt momenteel circa 22% van de totale waterbelasting op de Oosterschelde. Dit komt jaargemiddeld neer op circa 3,5 m³/s.

Figuur 2

Overzicht van de Delta met de diverse watersystemen en dammen

0 = Markiezaatskade;
1 = Zandkreekdam; 2 = Veerse Gatdam;
3 = Grevelingendam; 4 = Volkerakdam;
5 = Haringvlietdam; 6 = Brouwendam;
7 = Oosterscheldekering; 8 = Philipsdam;
9 = Oosterdam; 10 = Stormvloedkering
Nieuwe Waterweg



• 1965: Grevelingendam

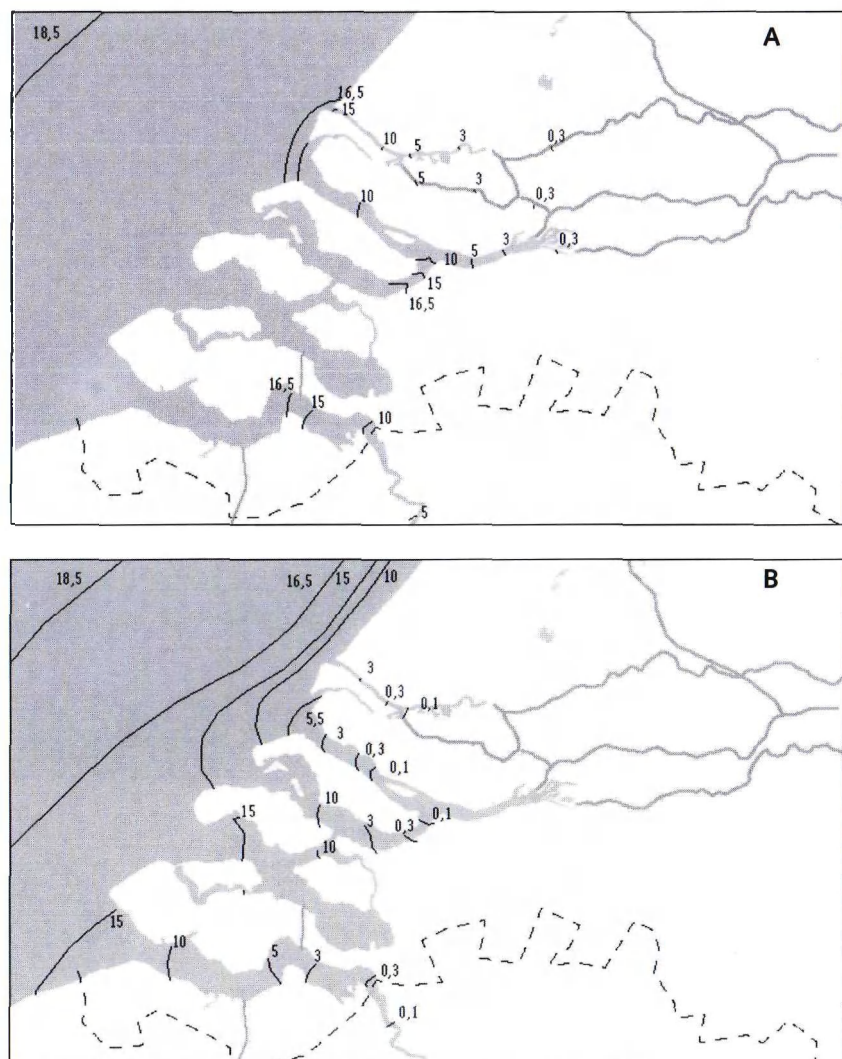
De Grevelingendam verbrak de verbinding tussen de Grevelingen en de Noordelijke Tak van de Oosterschelde. De afvoer van Rijn en Maas en de Brabantse rivieren (jaargemiddeld 50 - 100 m³/s) kon nu alleen nog via de Noordelijke Tak naar de Oosterschelde worden afgevoerd. De effecten van de aanleg van de Grevelingendam zijn moeilijker in te schatten. Bij lage rivierafvoeren is geen verschil in de ligging van de isohalienen, bij gemiddelde en hoge afvoeren is er een toenemende invloed zichtbaar (Peelen, 1967). Volgens Peelen (1969) bedroeg de zoetwateraanvoer via het Volkerak gemiddeld 50 m³/s. Wolff (1973) concludeert dat er inclusief de afvoer van de Brabantse rivieren (15 - 20 m³/s) dus circa 65 - 70 m³/s zoet water naar de zuidelijke Delta werd afgevoerd. Voor 1965 stroomde nog een deel door de Grevelingen naar de Noordzee, maar na afsluiting van de Grevelingendam verliep deze zoetwaterafvoer geheel via de Oosterschelde.

3.2.2 Zoutgehalte

De zoet-zout gradiënten en de fluctuaties in zoutgehalten werden in deze periode vooral bepaald door de grote variatie in afvoeren van de grote rivieren. Het getij zorgt voor schommelingen over een dag. Voor de verspreiding van organismen waren vooral deze fluctuaties van belang. Figuur 3 geeft een beeld van de ligging van de isohalienen voor het gehele Deltagebied bij een lage rivierafvoer en hoog water en bij een hoge rivierafvoer en laag water (Peelen, 1967).

Figuur 3

Ligging isohalienen (g Cl/l) bij hoog water en lage rivierafvoer (A) en bij laag water en hoge rivierafvoer (B) in de situatie voor 1965 (Peelen, 1967)



Deze situaties zijn representatief voor respectievelijk een sterke zeewaartse en een sterke landinwaartse zoet-zout gradiënt. De ligging van de isohalienen verandert met de rivierafvoer. De 15 g Cl/l isohalienen ligt bij een lage afvoer ter hoogte van de Dintelsas en bij hoge afvoer ter hoogte van Colijnsplaat, een verschil van circa 40 kilometer. Ook waren er sterke zoutfluctuaties, vooral in de Krammer en het Volkerak ter hoogte van de Brabantse rivieren. Het maximale verschil was hier circa 15 g Cl/l. Bij het Zijpe fluctueerde het zoutgehalte van circa 10 g Cl/l tot 16 g Cl/l. (Wolff, 1973)

3.3 Periode 1969-1987

3.3.1 Zoetwaterbelasting

In de periode 1969-1987 zijn de volgende werken uitgevoerd:

- **1969: Volkerakdam en -sluizen**

De aanleg van de Volkerakdam betekende een definitieve scheiding van het noordelijk en het zuidelijk Deltabekken. De reden voor de aanleg was een betere beheersing van de waterverdeling, waterstanden, stroomsnelheden en verziltingsbestrijding van het noordelijk Deltabekken. Tevens werd de aanvoer van vervuild rivierwater naar het zuidelijk Deltabekken sterk beperkt. Na de bouw van de Volkerakdam- en sluizen werd de zoetwaterbelasting via het Volkerak afhankelijk van het schut- en spuibeheer. Het belangrijkste doel van dit beheer was het instandhouden van een 'zoetwaterbel' aan de Volkerakzijde zodat de zoutbelasting op het Haringvlietzijde minimaal werd. Na een aantal jaren met wisselende spuidebieten is midden jaren zeventig een debiet van 25 m³/s ingesteld. De Brabantse rivieren voegden daar nog circa 15-20 m³/s zoet water aan toe, zodat zoetwaterbelasting naar de Oosterschelde circa 40-45 m³/s bedroeg. Na 1977 werd een constante jaargemiddelde zoetwaterbelasting van 50 m³/s nagestreefd. Het spuidebiet van de Volkeraksluizen fungeerde als sluitpost. Als proef werd van november 1979 tot april 1980 de zoetwaterbelasting via de Volkeraksluizen verhoogd tot 100 m³/s.

De Volkerakdam- en sluizen (1969) vormt de scheiding tussen het Hollandsch Diep en het Volkerak-Zoommeer. Het vervuilde Rijn- en Maas water wordt alleen ingelaten voor het peil- en doorspoelbeheer van het Volkerak-Zoommeer



- **1971: Brouwersdam**

Het Grevelingenmeer was met de aanleg van de Brouwersdam een feit. Door de zoetwaterbelasting van de omliggende polders en het ontbreken van een verbinding met de Noordzee en Oosterschelde daalde het zoutgehalte in het Grevelingenmeer tot circa 13 g Cl/l. Via de schutsluis bij Bruinisse ontstond een geringe brakwaterbelasting op de Noordelijke Tak. Na gereedkomen van de spuisluis in de Brouwersdam kon het chloridegehalte in het Grevelingenmeer weer op een hoger niveau worden gehouden.

- **1975: Kreekraksluizen**

De Kreekraksluizen vormen de scheiding tussen de Kom van de Oosterschelde en het zuidelijk deel van de Schelde-Rijnverbinding. Het zoutgehalte in dit gebied wordt bepaald door het zoutgehalte van de Zeeschelde (brak). Ondanks het zout-zoetscheidingssysteem leverden deze sluizen van 1975 tot 1986 een zoetwaterbelasting op de Kom van de Oosterschelde van circa 3 m³/s.

- **1983: Afsluiting Markiezaat**

Met de bouw van de Markiezaatskade werd 2030 ha ondiep gebied van de Kom afgesloten.

- **1985-1987: Voltooiingsfase Oosterscheldewerken**

In deze fase werden de stormvloedkering (1986) in de Monding en de compartimenteringsdammen Oesterdam (1986) en Philipsdam (1987) voltooid. Hiermee kreeg de Oosterschelde haar huidige begrenzingen. De totale zoetwaterbelasting verminderde van gemiddeld 70 naar 25 m³/s en de verblijftijden namen toe van 5-50 naar 10-100 dagen. De stroomsnelheden zijn op de meeste plaatsen met 30-40% afgenomen, in de Noordelijke Tak bedraagt de afname zelfs meer dan 70%. Met de zoet-zoetscheiding in de Krammersluizen is in 1987 gestart.

.....
Via de Krammersluizen in de Philipsdam komt momenteel circa 9 m³/s (lek- en schutverlies) zoet water van het Volkerak-Zoommeer op de Oosterschelde. Door zoet-zout scheiding is de zoutbelasting op de Volkerakmeer nihil



- **1994: In gebruikname zoet-zoetscheiding Bergse Diepsluis**

Deze maatregel is vooral bedoeld om de zoutbelasting op het Zoommeer te verminderen. De zoetwaterbelasting op de Oosterschelde via deze sluis is minder dan 1 m³/s.

.....
De Bergse Diepsluis vormt de scheepvaartverbinding tussen het Zoommeer en de Kom van de Oosterschelde. De zoetwaterbelasting op de Oosterschelde via deze sluis is nihil. Ook deze sluis is voorzien van een zoet-zout scheiding

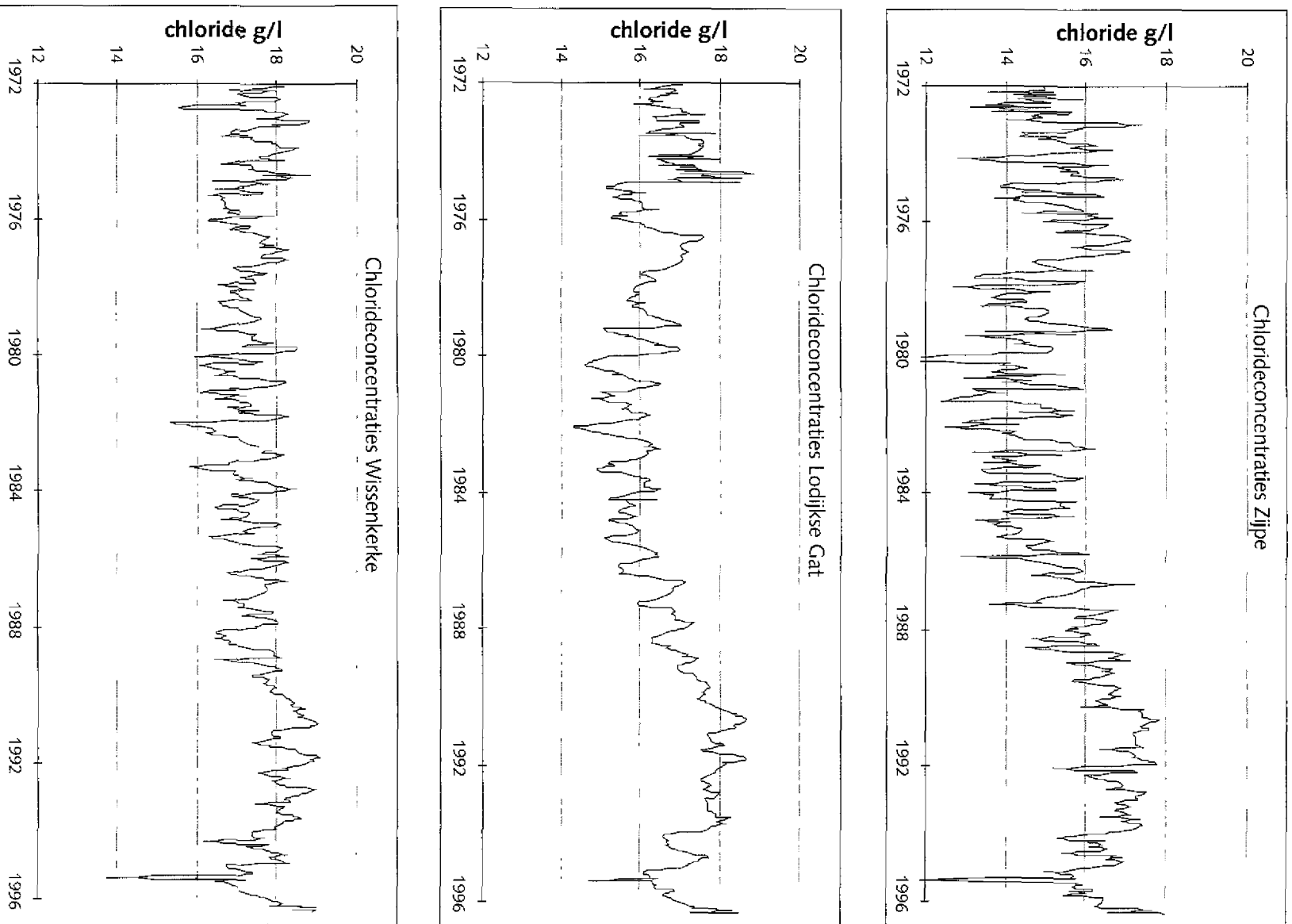


3.3.2 Zoutgehalte

In figuur 4 is het verloop van het zoutgehalte weergegeven van drie locaties over de periode 1972-1996. Na het instellen van een vaste zoetwaterinlaat vanaf 1977 is een daling te zien van het zoutgehalte. De periode 1985 t/m 1987 kan gezien worden als een overgangperiode van de oude naar de nieuwe situatie. Na de voltooiing van de compartimenteringsdammen steeg het zoutgehalte weer licht. Bij het ontwerp en de uitvoering van de Oosterscheldewerken werden destijds de volgende criteria voor het zoutgehalte geformuleerd:

1. het zoutgehalte in de Kom moet tenminste 15,5 g Cl/l bedragen, een daling beneden deze waarde tot minimaal 13,5 g Cl/l is toelaatbaar mits voor een korte periode,
 2. het gehalte in de Krabbenkreek mag niet dalen onder de 13,0 g Cl/l.
- Deze criteria speelden een heel belangrijke rol bij het ontwerp en de uitvoering van de Oosterscheldewerken.

Figuur 4
Verloop chlorideconcentratie op drie
locaties in de Oosterschelde van 1972
tot en met 1996



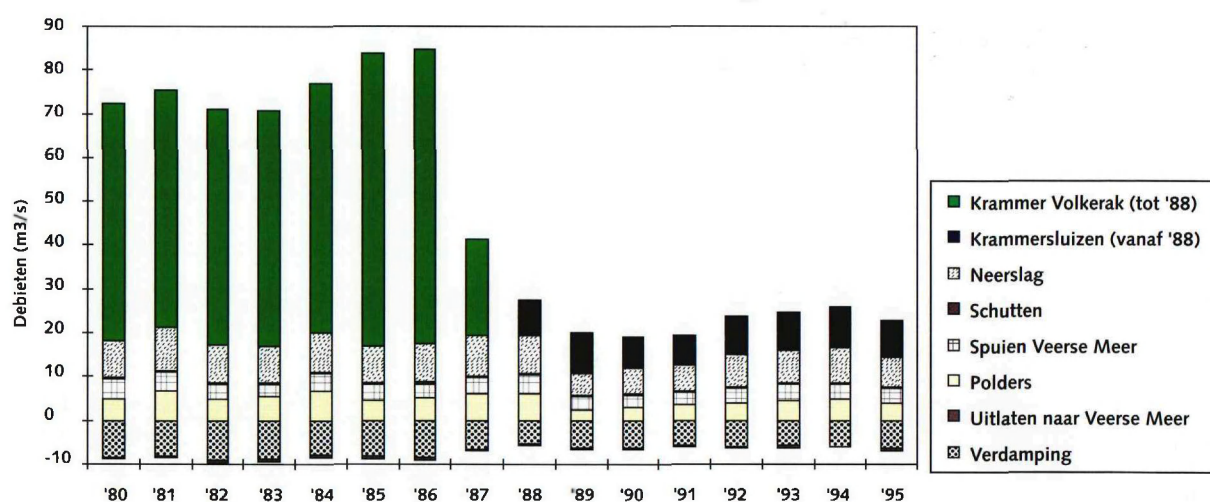
3.4 Periode 1987-heden

3.4.1 Zoetwaterbelasting

Met de bouw van de Philipsdam is de zoetwaterbelasting op de Noordelijke Tak verder afgenomen tot circa 9 m³/s schut- en lekverlies van de Krammersluizen. In de periode 1991 t/m 1995 was de gemiddelde jaarlijkse waterbelasting (zoet en brak) op de Oosterschelde circa 16 m³/s. Hiervan is ongeveer 50% afkomstig van de Krammersluizen, 25% van polderwaterlozingen, 20% van spuiwater van het Veerse Meer en 2% schutwater van scheepvaartsluizen (Van Berchum en Wattel, 1997). De bijdrage van de netto neerslag (neerslag minus verdamping) is nihil (zie figuur 5).

Figuur 5

Waterbelasting en -onttrekking op de Oosterschelde (1980-1995)
(Van Berchum en Wattel, 1997)



Na de voltooiing van de Deltawerken zijn de uitgeslagen hoeveelheden polderwater met 30% verminderd. Dit kwam doordat 5 gemalen achter de compartimenteringsdammen kwamen te liggen. In de huidige situatie wordt door 11 poldergemalen samen van bijna 29.000 ha polderland het overtollige water uitgeslagen op de Oosterschelde (zie overzichtskaart in bijlage). Samen lozen de gemalen in de huidige situatie gemiddeld 4 m³/s op de Oosterschelde, in natte perioden kan dit kortstondig oplopen tot circa 13 m³/s. Circa 18% van deze waterbelasting komt in de Noordelijke Tak en 4% en in de Kom (Mollenhauer, 1998). Het gemiddeld chloridegehalte van het polderwater bedraagt circa 5 g Cl/l. Het grootste deel wordt in het middengebied en de Monding uitgeslagen. Deze polderwaterlozingen vormen zeer plaatselijke zoet-zout gradiënten langs de Oosterschelde. Door de sterke getijsnelheid wordt het gespuide polderwater daar echter snel gemengd.

De polders rond de Oosterschelde lozen zoet tot brak oppervlaktewater op de Oosterschelde. Alle gemalen samen lozen gemiddeld 4 m³/s verspreid over de gehele Oosterschelde



3.4.2 Zoutgehalte

Uit figuur 4 blijkt dat er vanaf 1986 een lichte stijging van het zoutgehalte te zien is door de realisatie van de Philipsdam en de Oesterdam. De sterke daling van het zoutgehalte begin 1995 is het gevolg van de extreem hoge rivierafvoeren in die periode. Daarna volgt een relatief droge periode waarbij het zoutgehalte weer sterk toeneemt. In de huidige situatie komt het zoutgehalte alleen tijdens extreem natte jaren nog onder de 15,5 g Cl/l. Jaargemiddeld liggen de zoutgehalten bij de Philipsdam maximaal 2 g Cl/l lager dan in de Monding. Bij Marollegat in de Korn is het verschil met de Monding minder dan 1 g Cl/l. In tabel 1 wordt een overzicht gegeven van de jaargemiddelde zoetwaterbelasting met de daarbij opgetreden gemiddelde zoutgehalten.

Tabel 1
Jaargemiddelde zoetwaterbelasting (excl. gemalen) en zoutgehalte vanaf 1960 tot heden in de Korn en de Noordelijk tak

Periode	Jaargemiddelde zoetwaterbelasting (m ³/s)		Jaargemiddelde zoutgehalte (g Cl/l)	
	Noordelijke Tak	Korn	Noordelijke Tak (Zijpe)	Korn (Lodijkse Gat)
1960-1969	50-100	<1 *	8,5-16,5	10,0-16,5
1969-1987	50	4	14,0-16,0	15,0-16,0
1987-heden	9	<1	15,8-17,2	16,5-18,1

*plus uitwisseling met de Noordelijke Tak via de Eendracht, hoeveelheden niet bekend

4 Zoetwateraanbod en scenario's

Het zoete Volkerak-Zoommeer heeft onder het huidig beheer een zoetwateroverschot dat mogelijk in de Oosterschelde ingelaten zou kunnen worden. Dit (potentiële) zoetwateraanbod voor de Oosterschelde is afhankelijk van de wateraanvoer op het Volkerak-Zoommeer en is daardoor zeer onregelmatig. Uit de berekeningen blijkt dat dit zoetwateraanbod in een droog jaar nihil is en in een nat jaar gemiddeld 11 m³/s met extremen van 60 m³/s in de winter tot 0 m³/s in de zomer. Vanwege dit lage zoetwateraanbod zijn er extra scenario's opgesteld waarbij het zoetwateraanbod vanuit het Volkerak-Zoommeer is verhoogd met jaargemiddeld 30 m³/s zoet water vanuit het Hollandsch Diep. De waterkwaliteit van het Hollandsch Diep is echter nog steeds van onvoldoende om dit toe te staan. Er zijn negen scenario's opgesteld voor het zoetwateraanbod, afhankelijk van een nat en een droog jaar en de inlaatlocatie. Deze inlaatlocaties zijn de Krammersluizen voor de Noordelijke Tak en een denkbeeldig doorlaatmiddel in de Oesterdam bij Marollegat voor de Kom van de Oosterschelde.

4.1 Zoetwateraanbod Volkerak-Zoommeer

Het Volkerak-Zoommeer heeft bij het huidig beheer een zoetwateroverschot dat in de Oosterschelde ingelaten zou kunnen worden. Om dit te kunnen bepalen is een uitgebreide analyse uitgevoerd van de waterbalans van dit meer. Het Volkerak-Zoommeer wordt vooral gevoed met zoet water vanuit de Brabantse rivieren (Mark en Dintel, Roosendaalse en Steenbergsevlies). Daarnaast wordt voor het doorspoel- en peilbeheer zoet water uit het Hollandsch Diep via de Volkeraksluizen ingelaten. Overtollig water wordt gespuid via de Bathse spuisluis naar de Westerschelde. Bepalend voor het waterbeheer van het Volkerak-Zoommeer is het peil- en doorspoelbeheer. In het groeiseizoen, van begin april tot september, wordt het meer doorgespoeld met zoet water vanuit het Hollandsch Diep als het zoutgehalte aan de ingang van het spuikanaal groter dan 450 mg Cl⁻/l dreigt te worden. Dit doorspoelwater is in principe niet beschikbaar voor de Oosterschelde en wordt gespuid op de Westerschelde.

Het spuikanaal Bath loost overtollig zoet water vanuit het Volkerak-Zoommeer op de Westerschelde



Voor het peilbeheer is in 1997 een fluctuerend peil ingesteld. Daalt het waterpeil onder NAP - 10 cm dan wordt zoet water vanuit het Hollandsch Diep ingelaten via de Volkeraksluizen. Bij overschrijding van NAP + 15 cm wordt eveneens zoet water naar de Westerschelde gespuid. Het zoete water dat voor peilbeheer gespuid wordt, vormt onder de huidige omstandigheden het potentiële zoetwateraanbod voor de Oosterschelde. Uitgaande van bovengenoemd waterbeheer van het Volkerak-Zoommeer is het zoetwateraanbod voor een droog (1995/1996) en een nat jaar (1994/1995) berekend met een spreadsheetmodel (Mollenhauer, 1998a).

4.2 Extra zoet water vanuit Hollandsch Diep

Voor een verhoging van het zoetwateraanbod is besloten een scenario op te stellen met extra inlaat van zoet water vanuit het Hollandsch Diep via de Volkeraksluizen van jaargemiddeld 30 m³/s. Met deze extra aanvoer is in een nat jaar een scenario beschikbaar waarbij maximaal jaargemiddeld 50 m³/s kan worden ingelaten (zie tabel 2). De extra aanvoer vanuit het Hollandsch Diep is seizoensgedifferentieerd gekozen en sluit aan bij het afvoerverloop van de grote rivieren:

- januari t/m maart 45 m³/s,
- april t/m juni 12 m³/s;
- juli t/m september 8 m³/s;
- oktober t/m december 55 m³/s.

4.3 Zoetwateraanbod in woord en getal

De Krammersluizen, scheiding van de Noordelijke Tak met het Volkerak, hebben in de huidige situatie schut- en lekverliezen van gemiddeld 9 m³/s. Deze zoetwaterbelasting op de Noordelijke Tak bedraagt hierdoor in een droog en een nat jaar gemiddeld 9 m³/s. Het zoetwateraanbod van het Volkerak-Zoommeer onder het huidige beheer is in een droog jaar (1995/1996) nihil en in een nat jaar (1994/1995) 11 m³/s. Inclusief de schut- en lekverliezen bedraagt het zoetwateraanbod bij het overschot Volkerak-Zoommeer scenario in een droog jaar 9 en in een nat jaar 20 m³/s. Door de extra aanvoer van zoet water van het Hollandsch Diep, het zoetwateraanbod van het Volkerak-Zoommeer en de huidige schut- en lekverliezen bedraagt het zoetwateraanbod bij het plus Hollandsch Diep scenario in een droog jaar gemiddeld 39 m³/s en in een nat jaar gemiddeld 50 m³/s (zie tabel 2). Dit komt overeen met de zoetwaterbelasting in de periode van voor de compartimentering (zie tabel 1).

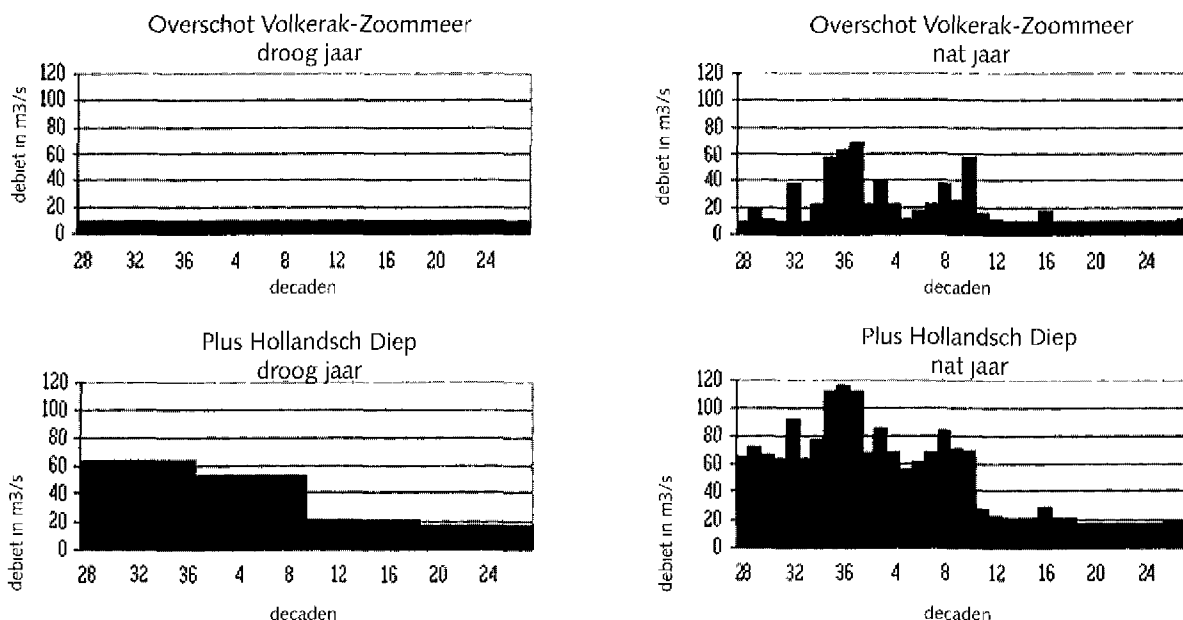
Het zoetwateraanbod van het Volkerak-Zoommeer in een nat jaar is sterk seizoensafhankelijk. In de winter zijn er decaden met meer dan 60 m³/s, terwijl in de zomer het zoetwateraanbod meerdere decaden nihil is (zie figuur 6). Door de gekozen seizoensdifferentiatie van de extra aanvoer vanuit het Hollandsch Diep en de natuurlijke fluctuaties van het zoetwateraanbod van het Volkerak-Zoommeer is bij het plus Hollandsch Diep scenario in het gehele winterhalfjaar gemiddeld 3,5 keer zoveel water beschikbaar als in het zomerhalfjaar.

4.4 Scenario's

Voor de modelberekeningen van de zoet-zout gradiënten zijn aan de hand van het zoetwateraanbod en twee inlaatlocaties negen scenario's opgesteld. De scenario's onderscheiden zich qua inlaatlocaties: de Krammersluizen in de Noordelijke Tak van de Oosterschelde, een denkbeeldig doorlaatmiddel in de Oesterdam ter hoogte van

Figuur 6

Zoetwateraanbod per decade voor een rekenperiode (oktober t/m september)



Marollegat in de Kom van de Oosterschelde, combinatie van beide inlaatlocaties, het beschikbare zoete water wordt verdeeld over de Noordelijke Tak en de Kom.

Tabel 2 geeft een overzicht van alle scenario's met bijbehorende jaargemiddelde zoetwaterinlaat en de codes zoals die voor de berekeningen van de zoet-zout gradiënten gebruikt zijn.

- d00 en n00: Huidige situatie in een droog en een nat jaar,
- n10. Zoetwaterinlaat Noordelijke Tak van 20 m³/s
- n20. Zoetwaterinlaat Kom van 20 m³/s,
- n50: Zoetwaterinlaat verdeeld over Noordelijke Tak (14,5 m³/s) als de Kom 5,5 m³/s,
- d30: Zoetwaterinlaat Noordelijke Tak van gemiddeld 39 m³/s,
- d40: Zoetwaterinlaat in de Kom van gemiddeld 30 m³/s,
- n30: Zoetwaterinlaat in de Noordelijke Tak van 50 m³/s,
- n40: Zoetwaterinlaat in de Kom van 41 m³/s.

Tabel 2

Vastgestelde scenario's inclusief codering en de jaargemiddelde zoetwaterinlaat. (noot: overschot droog is gelijk aan huidige situatie)

scenario				Zoetwaterinlaat in m³/s	
				Noordelijke Tak	Kom
huidige situatie	droog	d00		9,0	0,0
	nat	n00		9,0	0,0
overschot VZM	droog	d00		9,0	0,0
	nat	n10		20,0	0,0
	nat	n20		9,0	11,0
	nat	n50		14,5	5,5
plus HD	droog	d30		39,0	0,0
	droog	d40		9,0	30,0
	nat	n30		50,0	0,0
	nat	n40		9,0	41,0

4.5 Waterkwaliteit Hollandsch Diep

Extra inlaat van Hollands Diep water naar het Volkerak-Zoommeer heeft effecten op de inkomende vrachten aan nutriënten en microverontreinigingen. In het huidige beheer van het Volkerak-Zoommeer wordt ernaar gestreefd om de Volkeraksluizen zo min mogelijk te gebruiken teneinde deze vrachten buiten de deur te houden (Wanningen en Boute, 1997). Door Verver (1998a) is globaal berekend welke concentratieverschillen er zijn en welke vrachten worden ingelaten bij het Plus Hollands Diep scenario.

4.5.1 Nutriënten

De nutriëntenconcentraties in het Hollands Diep zijn over het algemeen hoger dan in het Volkerak-Zoommeer, hoewel er grote verschillen kunnen zijn tussen de jaren. In een nat jaar echter liggen de stikstofconcentraties in het Volkerak-Zoommeer hoger dan in het Hollandsch Diep. Tussen de overige stoffen zijn de verschillen niet extreem groot. De concentratieverschillen tussen het Volkerak-Zoommeer en de Oosterschelde zijn veel extremer (zie tabel 3). De vrachten van het Hollands Diep naar het Volkerak-Zoommeer zijn berekend op basis van debiet maal concentraties. Vooral bij forse concentratieverschillen leiden de vrachten tot een concentratieverhoging. In geval de concentratie in het Holland Diep lager is, is er sprake van doorspoelen en leiden de vrachten tot een verdunning en dus een verlaging van de concentraties. De berekende vrachten naar het Volkerak-Zoommeer zullen toenemen met gemiddeld een factor 10 in een droog jaar en een factor 25 in een nat jaar. De nutriëntenvrachten naar de Oosterschelde nemen maximaal toe met een factor 5 tot 8.

Tabel 3

Jaargemiddelde concentraties in

Hollands Diep, Volkerak-Zoommeer en Oosterschelde voor een droog en een nat jaar (Verver, 1998a)

	parameters (mg/l)	Hollands Diep	Volkerak-Zoommeer	Oosterschelde
Droog jaar	NH ₃	0.17	0.12	0.08
	NO ₃ + NO ₂	3.61	1.45	0.35
	o-PO ₄ ³⁻	0.1	0.1	0.05
	SiO ₂	1.94	1.83	0.23
	Cl	104	277	16973
Nat jaar	NH ₃	0.22	0.18	0.09
	NO ₃ + NO ₂	3.43	5.17	0.46
	o-PO ₄ ³⁻	0.11	0.05	0.03
	SiO ₂	2.11	1.89	0.33
	Cl	89	271	16373

4.5.2 Microverontreinigingen

Wanningen en Boute (1997) concluderen dat nikkel, lindaan, PAK's en in mindere mate cadmium probleemstoffen zijn in het Volkerak-Zoommeer. De grenswaarden voor deze stoffen in het zwevende stof worden relatief vaak overschreden. Voor de overige stoffen is overigens een dalende trend in concentraties waarneembaar. Zolang de concentraties van de microverontreinigingen in het Hollands Diep hoger zijn dan in het Volkerak-Zoommeer zal extra inlaat via de Volkeraksluizen leiden tot extra vrachten. Uit een voorlopige analyse van Boute (1998) blijkt dat bij het Plus HD scenario aanzienlijke hoeveelheden aan verontreinigingen extra het Volkerak-Zoommeer in komen. Met name de zware metalen zink, cadmium, koper en kwik spelen een belangrijke rol. Daarnaast worden ook de PAK's, DDT en HCH als probleemstof in het Hollands Diep aangemerkt. Een nadere analyse van deze vrachten en de effecten op het systeem zullen in een volgende fase van het project uitgevoerd moeten worden.

5 Zoet-zout gradiënten

De ruimtelijke en temporele verschillen van de zoet-zout gradiënten zijn direct gekoppeld aan het zoetwateraanbod van het Volkerak-Zoommeer. De berekende zoutgradiënten hebben een sterke seizoensdynamiek en leiden tot de laagste zoutgehalten in december en januari. Vanaf maart stijgen de zoutgehalten weer geleidelijk tot maximale waarden in de zomer. In een droog jaar zijn de zoutgehalten hoger dan in een nat jaar. De sterkste zoutgradiënten worden bereikt met de extra aanvoer van zoetwater vanuit het Hollandsch Diep. Inlaat in de Noordelijke Tak leidt tot een kortere zoet-zout gradiënt dan in de Kom. Uit berekeningen blijkt dat bij inlaat van het zoete water in de Noordelijke Tak de kans op stratificatie groter is dan bij inlaat in de Kom.

5.1 Modelbenadering zoet-zout gradiënt

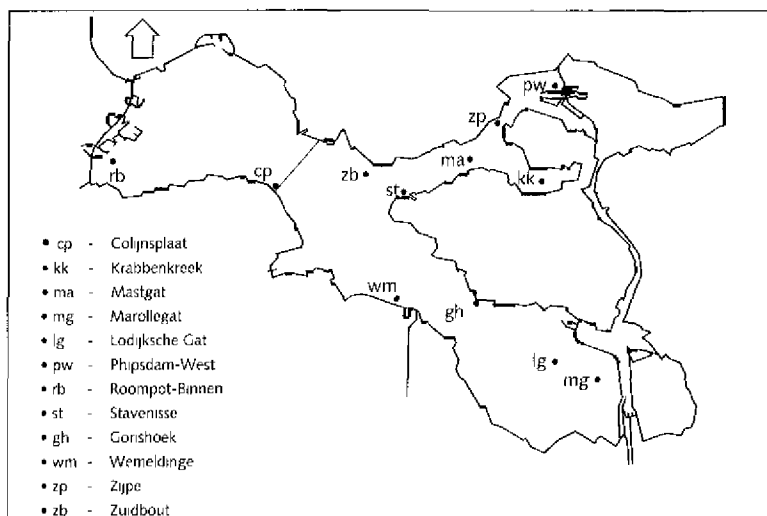
Om de effecten van de negen scenario's (zie tabel 2) te voorspellen op het zoutgehalte van de Oosterschelde zijn modelberekeningen uitgevoerd met het waterbewegingsmodel OOST III, een tweedimensionaal WAQUA model voor de Oosterschelde (Lievense, 1998). Voor twaalf locaties (zie figuur 7) in de Oosterschelde zijn de zoutgehalten per scenario voorspeld. De locaties en de rekenstappen zijn zodanig gekozen dat de ruimtelijke en temporele verschillen van de zoet-zout gradiënt in kaart gebracht zijn. Het model is gevoed met de volgende gegevens.

- per scenario decadegemiddelde zoetwaterinlaat
- opgetreden getij in de Monding;
- opgetreden zoutgehalten van het kustwater;
- opgetreden windsnelheid- en richting in de Monding;
- opgetreden polderlozingen met bijbehorende zoutgehalten

De maximale afwijking van de modelresultaten ten opzichte van gemeten zoutgehalten bedraagt voor de berekening van de huidige situatie voor Philipsdam-West 1,4 g/l (voorspelling te laag) en voor Marollegat 1,0 g/l (voorspelling te hoog). Omdat de zoetwaterinlaat decadegemiddelde zijn, is ook de uitvoer van de zoutgehalten geïntegreerd tot decadegemiddelden.

Figuur 7

Ligging opgegeven uitvoerlocaties
zoutgehalte in OOSTIII



5.2 Modelresultaten

De minimale en maximale zoutgehalten zijn per scenario in tabel 3 weergegeven voor de Noordelijke Tak en de Kom. Naast de zoutgehalte schommelingen bij de inlaatlocaties zijn ook de zoutschommelingen gegeven bij Stavenisse en Gorishoek. Deze locaties liggen op de grens van respectievelijk het Middengebied en de Kom.

Tabel 4

Minimale en maximale zoutgehalten (g Cl/l) per scenario bij inlaat in de Noordelijke Tak (A) en de Kom (B) volgens de modelberekeningen

A inlaat Noordelijke Tak			Philipsdam-West		Stavenisse	
			min	max	min	max
huidige situatie	droog	d00	15,1	15,9	16,6	17,6
	nat	n00	15,6	16,1	17,2	17,7
overschot Volkerak-Zoommeer	nat	n10	9,2	15,7	15,7	17,7
plus Hollandsche Diep	droog	d30	7,7	14,1	14,4	16,9
	nat	n30	4,8	13,8	13,3	16,9

B inlaat Kom			Marollegat		Gorishoek	
			min	max	min	max
huidige situatie	droog	d00	16,8	17,8	16,8	17,8
	nat	n00	17,4	18,0	17,4	18,0
overschot Volkerak-Zoommeer	nat	n20	12,4	17,8	15,5	17,9
plus Hollandsche Diep	droog	d40	11,0	16,1	13,9	16,8
	nat	n40	8,2	15,9	12,7	16,9

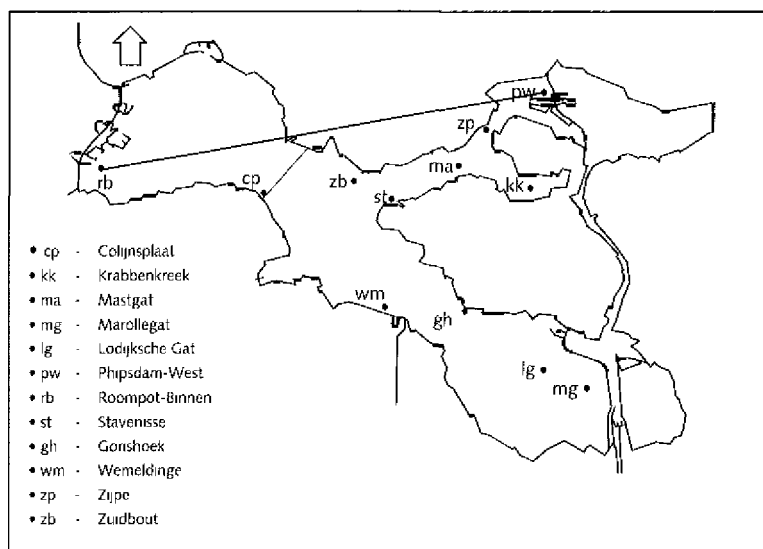
In tabel 4 is opmerkelijk dat de zoutgehalten in de huidige situatie in een droog jaar iets lager zijn dan in een nat jaar. Een verklaring hiervoor is dat het kustwater, welke voor een groot deel het zoutgehalte in de Oosterschelde bepaald, in de periode voor de droge periode nog lager zoutgehalten bevatte.

Om de scenario's beter met elkaar te kunnen vergelijken zijn de maandgemiddelde zoutgehalten per scenario van het droge en het natte jaar gemiddeld. Deze waarden zijn uitgezet in figuur 8 en 9. Hierin is het ruimtelijke verloop van de minimale en maximale maandgemiddelde zoutgehalten weergegeven. In de bijlagen 1.1 tot en met 1.6 zijn kaarten met zoutvelden opgenomen zoals deze door WAKWA zijn berekend. Deze kaarten geven per scenario de meest zeewaarts verspreide zoet-zout gradiënt weer, namelijk bij laagwater en hoogste toevoer aan zoet water. De zoutvelden zijn in kg/m³ saliniteit weergegeven. Voor de omrekening van de WAQUA-resultaten naar zoutgehalten in g Cl/l (= kg/m³) moet de saliniteit gedeeld worden door 1,773.

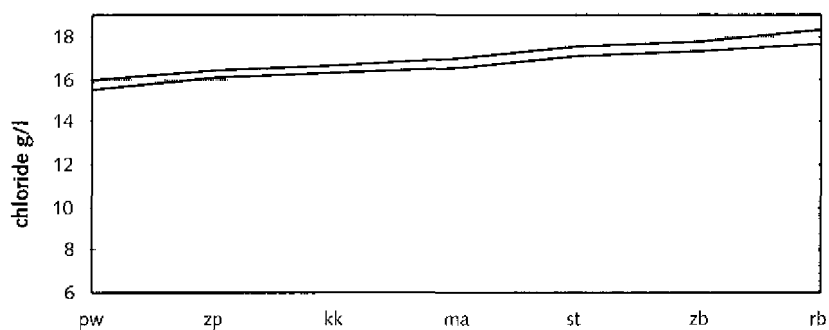
De temporele verschillen van de zoet-zout gradiënt zijn weergegeven in figuur 10 a + b. Hierin zijn de maandgemiddelde zoutgehalten voor een droog en een nat jaar voor de Noordelijke Tak (Philipsdam-West en Stavenisse) en voor de Kom (Marollegat en Gorishoek) uitgezet. Naast de temporele verschillen worden in deze grafieken ook de verschillen tussen een droog en een nat jaar duidelijk.

Figuur 8

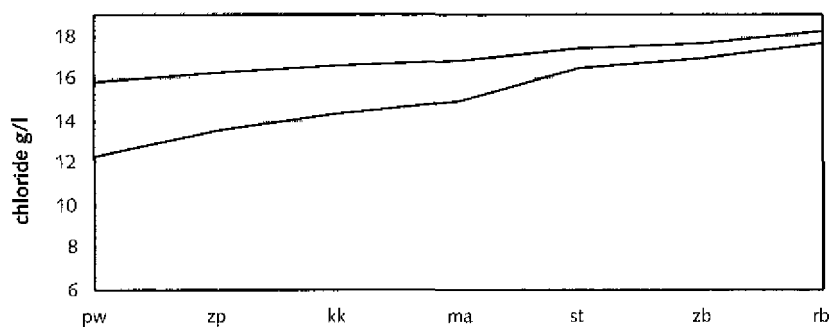
Ruimtelijke verschillen van de zoet-zout gradiënt bij inlaat in de Noordelijke Tak bij verschillende scenano's. Per locatie minimale en maximale maandgemiddelde zoutgehalten



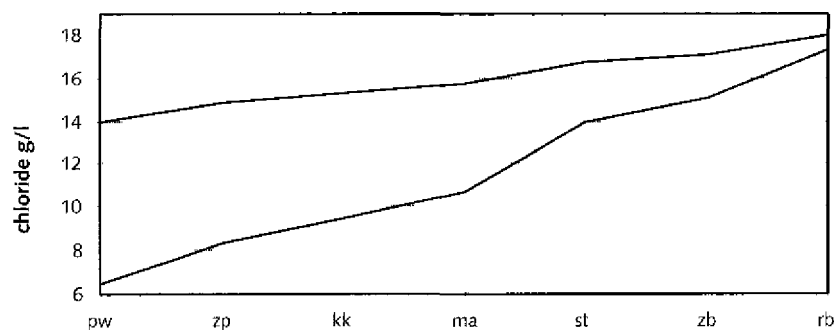
HUIDIGE SITUATIE



OVERSCHOT VOLKERAK-ZOOMMEER SCENARIO

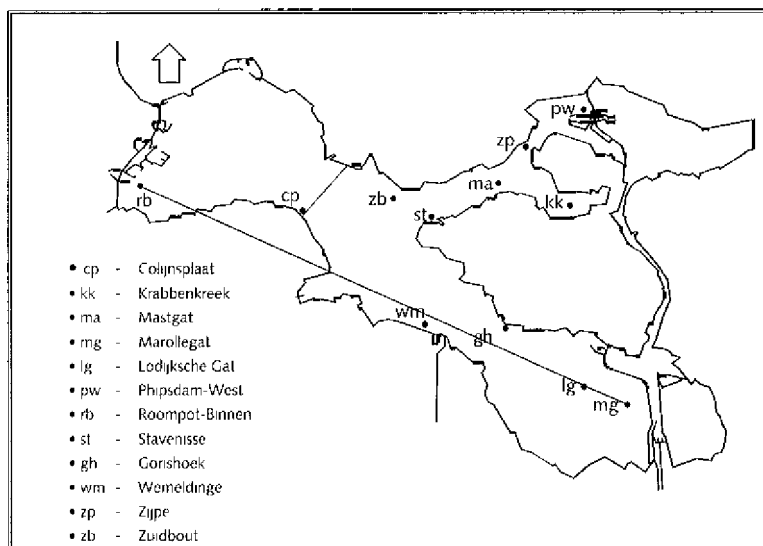


PLUS HOLLANDSCH-DIEP SCENARIO

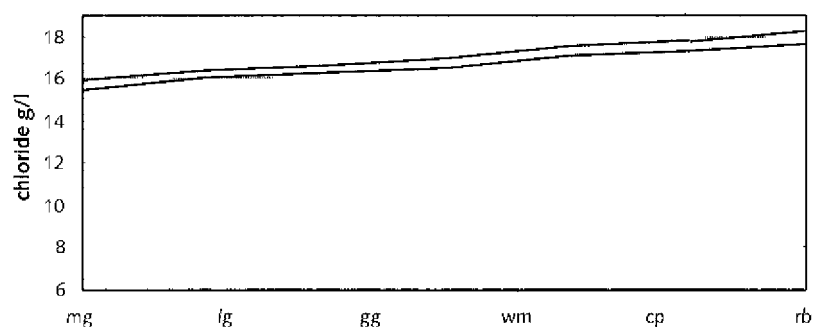


Figuur 9

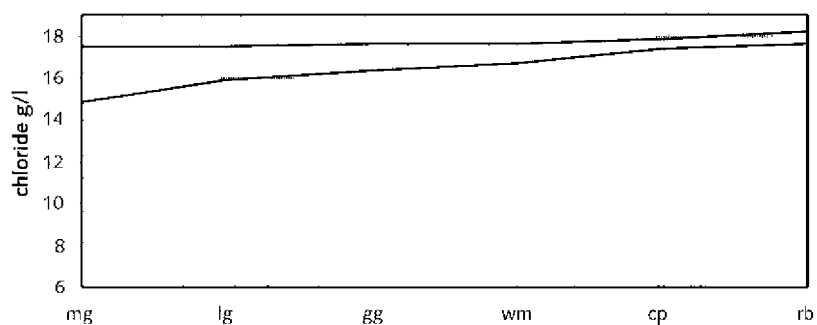
Ruimtelijke verschillen van de zoet-zout gradiënt bij inlaat in de Korn bij verschillende scenario's. Per locatie minimale en maximale maand-gemiddelde zoutgehalten.



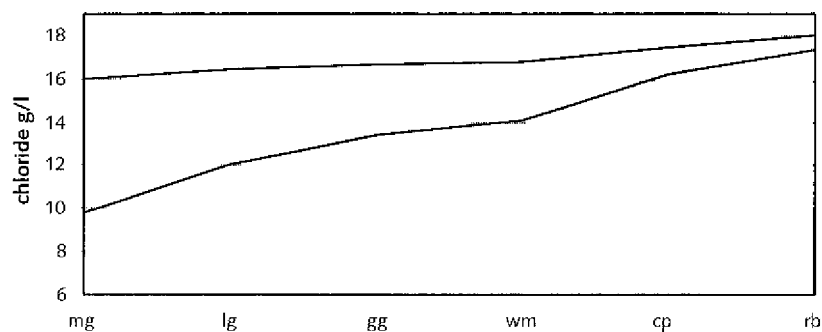
HUIDIGE SITUATIE



OVERSCHOT VOLKERAK-ZOOMMEER SCENARIO



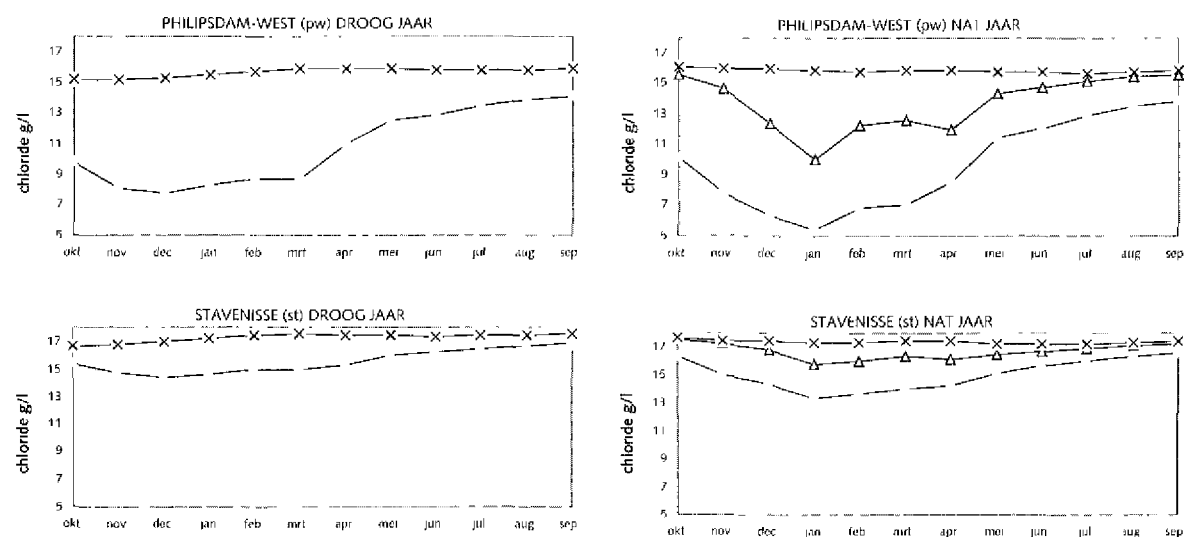
PLUS HOLLANDSCH-DIEP SCENARIO



Figuur 10a

Temporele verschillen van de zoet-zout gradiënt per scenario voor een droog en een nat jaar op locatie Philipsdam-west en Stavenisse bij inlaat in de Noordelijke Tak, maandgemiddelde zoutgehalten

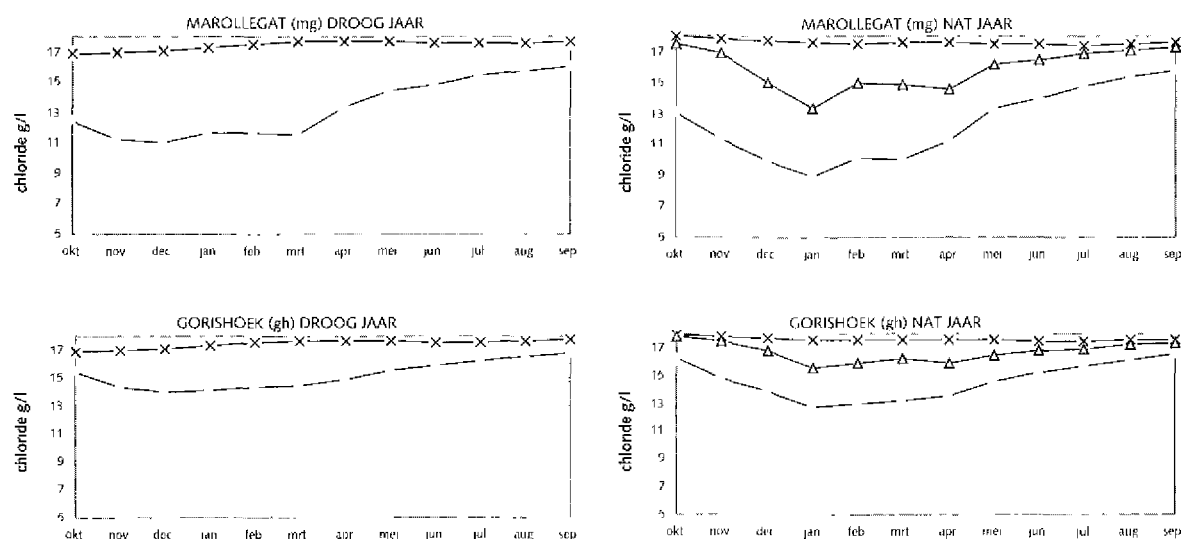
- x—= huidige situatie,
—Δ—= overschot Volkerak-Zoommeer;
— — = plus Hollandsch Diep scenario



Figuur 10b

Temporele verschillen van de zoet-zout gradiënt per scenario voor een droog en een nat jaar op locatie Marollegat en Gorishoek bij inlaat in de Kom, maandgemiddelde zoutgehalten

- x—= huidige situatie,
—Δ—= overschot Volkerak-Zoommeer,
— — = plus Hollandsch Diep scenario



5.3 Stratificatie

Bij het inlaten van zoet water in de Noordelijke Tak en Kom kan stratificatie ontstaan. Stratificatie is in dit geval gelaagdheid van het water op grond van dichtheidsverschillen: het lichtere zoete water drijft op het zwaardere zoute water. De neiging tot stratificatie is als alternatief voor een 3 D modellering berekend met het kengetal van Richardson (van Helvert, 1998). Het kengetal van Richardson (R) geeft aan of de verticaal gemengd of gestratificeerd is. Hierbij zijn drie situaties te onderscheiden:

- $R < 0,08$; water is volledig gemengd
- $0,08 \leq R < 0,8$, overgang van gemengd naar gestratificeerd
- $R \geq 0,8$; water is gestratificeerd.

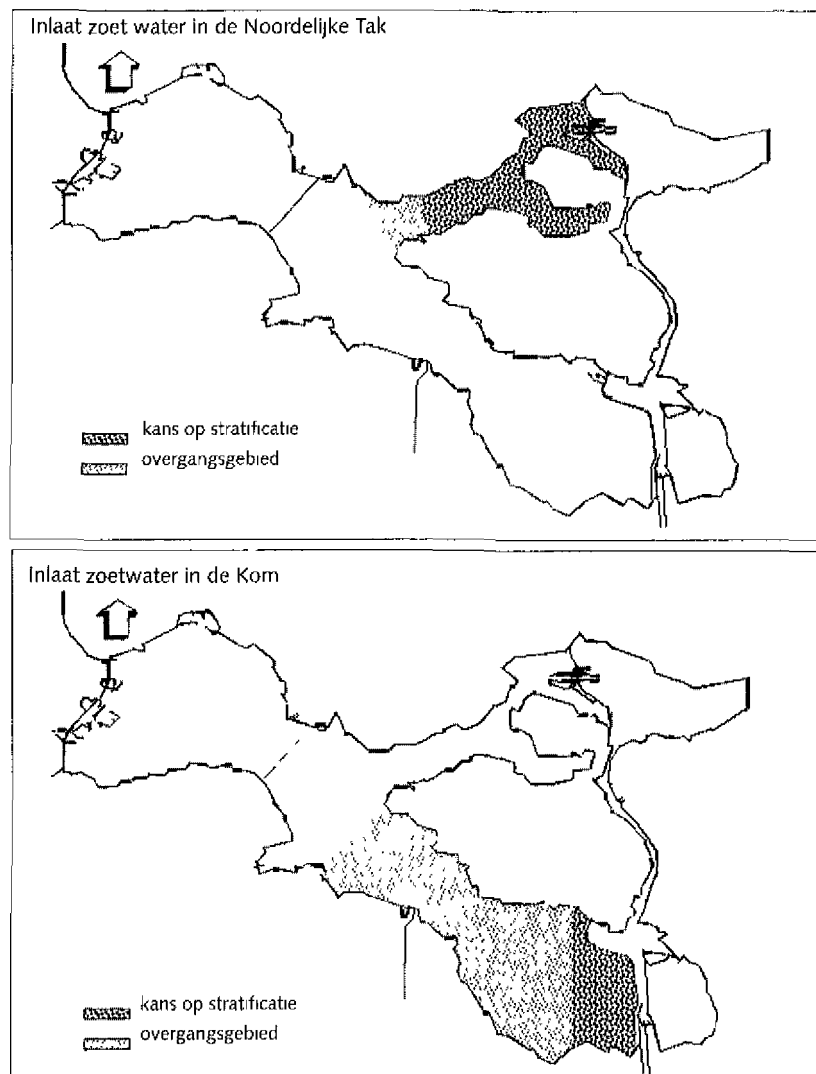
De door WAQUA berekende getijsnelheid, de breedte van de waterloop (geul), de zoetwatertoevoer en het dichtheidsverschil tussen zoet en zout water dienden als input voor de berekeningen per debietraai. De berekeningen zijn uitgevoerd voor een rekenperiode waarbij de zoetwatertoevoer hoog is en de toevoer veel fluctueert. Ook hebben de berekeningen alleen betrekking op de geulen. De intergetijdegebieden die tweemaal per getijperiode droogvallen blijven volledig gemengd.

De gebieden met stratificatie en de overgangsgebieden voor alle scenario's zijn aangegeven in figuur 11. De grenzen van de gebieden kunnen niet exact aangegeven worden omdat de debietraaien voor de berekening van de getijsnelheid in WAQUA van te voren opgegeven waren. Opmerkelijk is dat de grootte van de gebieden niet veel verandert naarmate er meer of minder zoet water ingelaten wordt. Verder is te zien dat bij inlaat in de Noordelijke Tak het gebied waar stratificatie ontstaat groter is dan bij inlaat in de Kom. Hier staat tegenover dat het overgangsgebied bij inlaat in de Kom groter is dan bij inlaat in de Noordelijke Tak.

De kans op stratificatie is in de Noordelijke Tak hoger dan in bij inlaat de Kom. Dit heeft te maken met de geringe breedte van de Noordelijke Tak en de lage getijsnelheid hier. De Kom daartegen is breder en ondieper dan de Noordelijke Tak. Ook is de getijsnelheid in de Kom hoger dan in de Noordelijke Tak.

Figuur 11

Gebieden in de Oosterschelde met kans op stratificatie en de overgangsgebieden waarbij altijd volledige menging heerst. De kans op stratificatie heeft alleen betrekking op de geulen



Tabel 5 geeft een overzicht van de zoetwaterbelasting, het zoutgehalte en de kans op stratificatie voor alle scenario's

Tabel 5

Overzicht scenario's met bij behorende modelresultaten van het zoutgehalte en kans op stratificatie. Tabel A bij inlaat Noordelijke tak en tabel B bij inlaat in de Kom.

a Inlaat Noordelijke Tak**Philipsdam-West(pw)-Stavenisse (st)**

scenario			inlaat zoet water (pw) m ³ /s	verschil zoutgehalte (pw-st) g Cl/l	minimum zoutgehalte (pw) g Cl/l	kans op stratificatie (pw-st)
huidige situatie	droog/nat	d00/n00	9	< 2	15,1	0/+
overschot VZM	droog		9	< 2	15,1	0/+
	nat	n10	20	6,5	9,2	++
	nat	n50	14,5	4,1	12	++
plus HD	droog	d30	39	6,7	7,7	++
	nat	n30	50	8,5	4,8	+++

b Inlaat Kom**Marollegat (mg) - Gorishoek (gh)**

scenario			inlaat zoet water (mg) m ³ /s	verschil zoutgehalte (mg-gh) g Cl/l	minimum zoutgehalte (mg) g Cl/l	kans op stratificatie (mg-gh)
huidige situatie	droog/nat	d00/n00	0	< 0,5	16,8	0
overschot VZM	droog		0	< 0,5	16,8	0
	nat	n20	11	3,1	12,4	0/+
	nat	n50	5,5	1,5	14,7	0
plus HD	droog	d40	30	2,9	11	+
	nat	n40	41	4,5	8,2	++

6 Draagkrachtanalyse

In een nutriëntengelimiteerd systeem, zoals de Oosterschelde, zal een verhoging van de nutriëntenbelasting leiden tot een hogere primaire productie. Deze zou ten goede kunnen komen aan de schelpdieren in het systeem en zodoende kunnen leiden tot een hogere draagkracht voor deze schelpdieren. Uit de analyse met het ecologisch model SMOES blijkt dat de primaire productie van de gehele Oosterschelde met gemiddeld 3% tot 9% zal toenemen, afhankelijk van het scenario. Deze extra productie leidt in het model tot een biomassa toename van het zoöplankton van gemiddeld 2% tot 9%. Door voedselconcurrentie met het zoöplankton kunnen de schelpdieren echter niet profiteren van het verhoogde voedselaanbod. Het model laat een afname zien van de biomassa schelpdieren van gemiddeld 4% tot 12%. De resultaten vertonen echter wel een grote mate van spreiding. Het modelresultaat is in strijd met de hypothesen die in de literatuur zijn geformuleerd op grond van modellen en veldwaarnemingen.

6.1 Modelbenadering draagkracht

Met behulp van het SimulatieModel Oosterschelde EcoSysteem (SMOES) is gekeken naar de mogelijke effecten op de primaire productie, biomassa zoöplankton en de biomassa schelpdieren. Het model onderscheidt in de Oosterschelde vier compartimenten; Monding, Middengebied, Kom en Noordelijke Tak (zie overzichtskaart in bijlage). Deze compartimenten zijn onderscheiden op basis van hydrodynamische karakteristieken. De ecologische processen zijn voor de vier compartimenten identiek en gebaseerd op koolstof en nutriëntenstromen. Het model bestaat uit vier submodellen; het transport-, het benthisch-, het pelagisch- en het suspensionfeedersmodel (zie intermezzo op pagina 38).

6.1.1 Scenario's

Voor deze draagkrachtanalyse is naast de scenario's zoals deze besproken zijn in paragraaf 4.2 nog één scenario toegevoegd, het EXTRA-scenario. Dit scenario is gebaseerd op de zoutgehalten zoals die optraden in de Noordelijke Tak en de Kom van de Oosterschelde voor de aanleg van de compartimenteringsdammen. Uit modelberekeningen is gebleken dat met een zoetwaterinlaat van 8 m³/s in de Noordelijke Tak en 12 m³/s in de Kom de zoutgehalten vergelijkbaar zijn met de situatie voor de aanleg van de Philips- en Oesterdam. Dit scenario is alleen in het model SMOES gebruikt. De natte en droge perioden van elk scenario zijn in het model achter elkaar gezet zodat er telkens een rekenperiode van drie jaar (1994 t/m 1996) ontstond. Details over de werkwijze en input voor het model staan beschreven in Verver (1998a,b).

De scenario's resulteren ten opzichte van de huidige situatie in een verhoging van de zoetwaterbelasting vanuit het Volkerak-Zoommeer op de Noordelijke Tak van de Oosterschelde van;

– Overschot Volkerak-Zoommeer	56%
– Plus-Hollandsch Diep	389%
– EXTRA	222%

6.1.2 Invoergegevens

Voor de calibratie van het model is het van groot belang dat er voldoende relevante invoergegegens zijn (zie intermezzo). De gebruikte invoergegevens zijn afkomstig uit DONAR en het BIOMON gegevensbestand. De dichtheden aan filterfeeders (mosselen en kokkels) zijn bepaald aan de hand van recente bestandsopnamen van het RIVO. De instraling en aanvullende nutriëntengegevens zijn beschikbaar gesteld door het NIOO-CEMO. Ook de primaire productie gegevens van de periode na 1994 zijn afkomstig van J. Kromkamp van het NIOO-CEMO.

6.2 Effecten op de productiviteit

De gekozen outputvariabelen van de draagkrachtanalyse zijn grofweg in twee groepen te verdelen; variabelen die betrekking hebben op het plankton en variabelen die betrekking hebben op de schelpdieren. De uitvoer is gebaseerd op gemiddelde waarden voor de gehele Oosterschelde voor de periode van 1994-1996.

De resultaten van de modelberekeningen voor de verschillende scenario's zijn vergeleken met een, eveneens door het model gesimuleerde standaard-situatie. Deze gesimuleerde standaard-situatie is gebaseerd op een gecalibreerd model voor de jaren 1988-1989. Deze calibratie bleek ook te voldoen voor de situatie 1994 t/m 1996 (Verver, 1998b). De resultaten geven dus een relatieve toe- of afname ten opzichte van de gesimuleerde standaard-situatie weer. Uit deze waarden kunnen derhalve geen absolute waarden worden afgeleid. Tabel 6 geeft een overzicht met de gemiddelde relatieve toe- of afname per variabele voor een scenario. Opmerkelijk hierbij is dat de planktonvariabelen gemiddeld toenemen en dat de biomassa van de schelpdieren ("filterfeeders") afneemt. De berekende veranderingen voor kokkels en mossels zijn groter dan de berekende veranderingen voor de "filterfeeders", waarvan de mosselen en de kokkels deel uitmaken. Daar waar een hogere mosselbiomassa berekend wordt, wordt tegelijkertijd een lagere kokkelbiomassa berekend.

Tabel 6

Overzicht van de SMOES resultaten met gemiddelde relatieve scores (%) met bijbehorende minimale en maximale score voor diverse variabelen

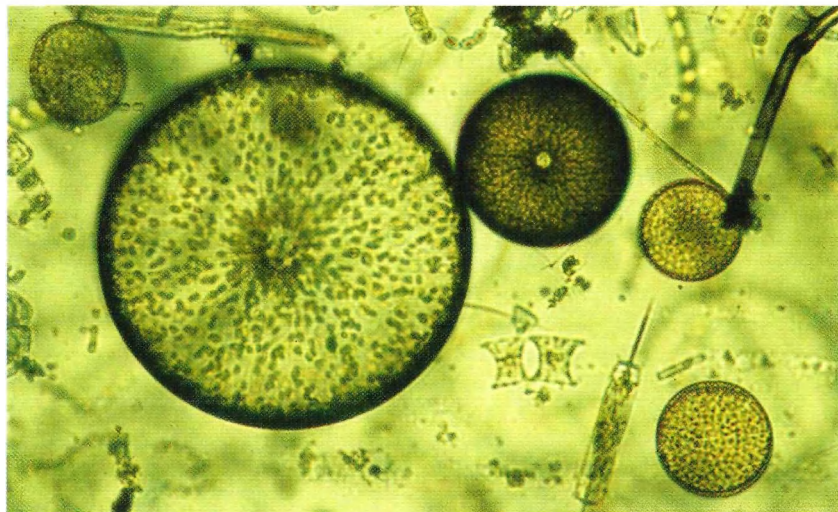
Variabele	Oversch V Z M			Plus HD			Extr		
	gem	min	max	gem	min	max	gem	min	max
Primaire productie fytoplankton	+3	1	6	+9	5	14	+9	2	18
Primaire productie microfytobenthos	+1	-1	3	+6	3	9	0	-6	13
Biomassa fytoplankton	+2	-2	12	+2	-2	12	0	-6	13
Biomassa microfytobenthos	+1	-1	3	+6	3	11	+5	-14	13
Biomassa zooplankton	+2	1	5	+9	6	12	+8	2	14
Autopredatie zooplankton	+5	3	9	+22	16	31	+20	8	29
Biomassa mosselen	-9	-32	15	-10	-47	28	-17	-92	15
Biomassa kokkels	+1	-31	87	-19	-54	37	+5	-33	72
Biomassa filterfeeders	-4	-21	3	-11	-36	5	-5	-30	6

6.2.1 Primaire productie fytoplankton en microfytobenthos

De veranderingen in de primaire productie van fytoplankton (zwevend) lopen per inlaatscenario niet veel uiteen. Er valt, afhankelijk van het scenario, een toename te verwachten van 3% tot 9%.

De productie door microfytobenthos vindt plaats op de platen en slikken in de Oosterschelde. Ten aanzien van de productie van microfytobenthos valt een iets geringere toename te verwachten; afhankelijk van het scenario een toename van 1% tot 8%. De biomassa van het fytoplankton blijft nagenoeg gelijk. Dit betekent dat de turn-over, de vermenigvuldigingssnelheid, wel toeneemt. Het doorzicht zal nauwelijks veranderingen ondergaan. De biomassa van microfytobenthos neemt toe met 1% tot 6%.

Meer zoet water betekent ook meer voedingsstoffen. De produktiviteit van het fytoplankton in de Oosterschelde zal hierdoor stijgen



6.2.2 Zoöplankton

De toename aan biomassa zoöplankton is gemiddeld het sterkst bij het PLUS-HD-scenario, 9% (bandbreedte 6% tot 12%). De variabele autoproductie zoöplankton neemt een aparte plaats in binnen de resultaten van de modelstudie. Deze post moet deels gezien worden als een stofstroom richting een hoger trofisch niveau, bijvoorbeeld predatie van het zoöplankton door kleine vissen. Deze hogere trofische niveaus zijn niet gemodelleerd in SMOES en het zoöplankton dat gegeten wordt door deze organismen verdwijnt dus uit het model. Het zoöplankton is een belangrijke voedselbron voor hogere trofische niveau's in het voedselweb van de Oosterschelde. Voor deze variabele is een toename berekend van 5% tot 22%.

6.2.3 Draagkracht schelpdieren

Er is in deze studie gekeken naar de commercieel belangrijkste schelpdieren de mossel (*Mytilus edulis* L.) en de kokkel (*Cerastoderma edule* L.) omdat deze schelpdieren het grootste deel van de biomassa bepalen. De verwachting bij aanvang van deze studie was dat een hogere nutriëntenbelasting zou resulteren in een hogere primaire productie. Deze hogere primaire productie zou ten goede komen aan de schelpdieren in het systeem. De biomassa van de schelpdieren in het systeem zou dus hoger kunnen worden, uitgaande van het feit dat de groeimogelijkheden per individu niet mogen veranderen. Uit de analyse blijkt echter dat de totale hoeveelheid biomassa van de schelpdieren ten opzichte van de standaard situatie lager wordt. Afhankelijk van het gekozen scenario, neemt de biomassa aan schelpdieren af met gemiddeld 4% tot 11%. Als de mossel en kokkel apart bekeken worden, blijkt dat de totale hoeveelheid biomassa aan mosselen afneemt met 9% tot 17%. Voor de kokkels is een afname voorspeld tot maximaal 19%. Met name de voorspelde biomassa's van de schelpdieren vertonen

een hoge spreiding, dit geeft een grote mate van onzekerheid. Duidelijk is wel dat volgens dit model de meeste uitkomsten met betrekking tot de schelpdieren negatief zijn.

6.3 Discussie

De draagkrachtanalyse laat zien dat binnen de huidige instellingen de graasdruk van het zoöplankton dermate groot is dat de biomassa van de schelpdieren achteruit gaat. Dit is een opmerkelijk resultaat en in strijd met de vooraf geformuleerde hypothese. Een mogelijke verklaring hiervoor is dat de ingevoerde schelpdierbiomassa's te laag zijn. Dit leidt tot een beperkte begrazing van de voorjaarsbloei van het fytoplankton. De ontwikkeling van de het zoöplankton volgt net na deze voorjaarsbloei. Als het grootste deel van dit voedselaanbod niet is wegbegraasd door schelpdieren en nog beschikbaar is voor het zoöplankton, dan volgt een snelle groei en reproductie van het zoöplankton. Onder deze (model)omstandigheden is de graasdruk van het zoöplankton op de zomerproductie van het fytoplankton dermate groot dat de schelpdieren niet meer aan voldoende voedsel kunnen komen. De hypothese is dat bij een verdubbeling van de mosselbiomassa het zoöplankton weer 'weggeconcentreerd' wordt. Met andere woorden, reactie van de schelpdiervisserij op veranderende groeiomstandigheden zijn van grote invloed.

In het model wordt alleen uitgegaan van mesozooëplankton. Uit de literatuur komt naar voren dat het microzoöplankton een belangrijke schakel is in de voedselketen. Het graast op kleine fytoplanktonsoorten en bacteriën, en vormt een voedselbron voor mesozooëplankton en schelpdieren (Riegman *et al.*, 1993; Le Gall *et al.*, 1997). Er zijn in de literatuur ook aanwijzingen voor filtratie van copepoden nauplii door schelpdieren (Kimmerer *et al.*, 1994). Kwantitatief zullen deze processen vermoedelijk ondergeschikt zijn met een beperkte invloed op het eindresultaat.

Op grond van de modelresultaten kan geconcludeerd worden dat de primaire productie zal toenemen, wat tot een hogere draagkracht van grazers kan leiden, hetzij zoöplankton, hetzij schelpdieren. De biomassa van het fytoplankton geeft gemiddeld voor de Oosterschelde nauwelijks een toename. Dicht bij de inlaatlocatie in de Noordelijke tak of in de Kom kunnen echter wel hogere biomassa's tot ontwikkeling komen. Algenbloeien met hoge dichtheden zullen echter niet optreden. Ook de omstandigheden voor de schadelijke alg *Phaeocystis* sp (oneetbare schuimalg) zullen niet veranderen. Deze alg kwam tot 1996 nauwelijks voor het in de Noordelijke tak van de Oosterschelde vooral door het ontbreken van turbulentie

.....
Mosselen filteren het voedsel uit het water. Als er geen concurrenten zijn betekent meer voedsel ook meer groei

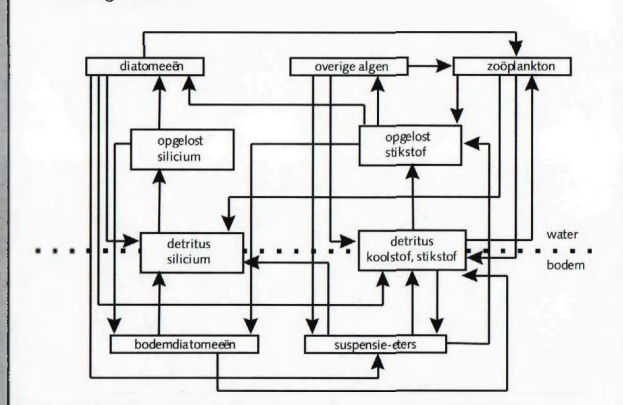


HET SIMULATIEMODEL OOSTERSCHELDE ECOSYSTEEM (SMOES)

schematisatie

Het SimulatieModel Oosterschelde EcoSysteem is in de jaren '80 ontwikkeld om de effecten van de Deltawerken te kunnen voorspellen op het ecosysteem in de Oosterschelde. Het is een boxmodel waarbij de ruimtelijke schematisatie bestaat uit vier compartimenten; Monding, Middengebied, Kom en Noordelijke Tak. Het berekenen van transport van opgelost en particulier materiaal (zoals slib) tussen de compartimenten onderling of in uitwisseling met de systemen die aan de randen van de Oosterschelde gelegen zijn, gebeurt op basis van de karakteristieken per compartiment. De randen van het model zijn in het westen de Noordzee en in het noorden en oosten het Volkerak-Zoommeer.

Schema van de componenten in het model SMOES en de onderlinge relaties



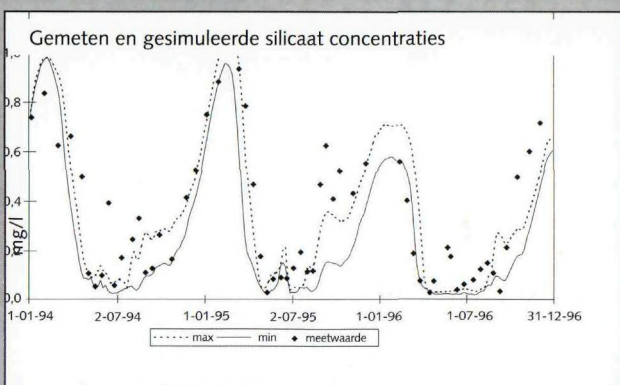
stofstromen en de factoren die hierop van invloed zijn. In het model worden zes hoofdgroepen onderscheiden; fytoplankton, bodemalgen, zoöplankton, suspensionfeeders, depositfeeders en detritus. De omvang van de groep wordt gekwantificeerd in de hoeveelheid koolstof per vierkante meter op een bepaald tijdstip. Relaties tussen de diverse groepen zijn vastgelegd in procesformuleringen welke afhankelijk zijn van externe factoren, zoals klimaat en beschikbaarheid van nutriënten.

invoer

Nutriënten komen de Oosterschelde binnen via de grenzen van het systeem en de gemalen langs de compartimenten. Er worden ook nutriënten aangevoerd met neerslag. Met nutriëntenaanvoer wordt de aanvoer van stikstofverbindingen en silicium bedoeld. Naast deze nutriënten zijn er ook vrachten aan andere stoffen/materialen, zoals zwevend stof, particulier organisch koolstof en chlorofyl-a. Naast deze chemische variabelen heeft het model nog invoer nodig van diverse biotische variabelen. Voorbeelden hiervan zijn biomassa filterfeeders, microfytobenthos en zoöplankton.

calibratie

Door middel van het calibreren van een model wordt nagegaan in hoeverre de resultaten van het model overeenkomen met de werkelijkheid. De resultaten van een modelberekening worden vergeleken met de meetwaarden van systeemvariabelen zoals ze zijn opgetreden in hetzelfde tijdsinterval in het ecosysteem. Door aanpassing van de waarden voor bepaalde sturende parameters in het model is het mogelijk om de modeluitkomsten dichter in de buurt te laten komen van de meetwaarden en zo het model af te



submodellen

Het model bestaat uit vier submodellen te weten; het transport-, het pelagisch-, het bentisch- en het suspensionfeedersmodel. De ecologische schematisatie is per compartiment identiek, alleen de morfologie en de daardoor beïnvloede transporten verschillen per compartiment. In nevenstaand figuur is een vereenvoudigd structuurdiagram van het model weergegeven voor één compartiment. De eerste stap bij het modelleren is het vereenvoudigen van de koolstofstromen in het systeem. De volgende stap is het vaststellen van de grootte van de onderdelen, de grootte van de kool-

regelen voor de simulatie. De figuur laat de resultaten zien van een calibratie voor de silicaatconcentratie in de Noordelijke Tak van de Oosterschelde. Weergegeven zijn de maximale gesimuleerde waarde (max), de minimale gesimuleerde waarde (min) en de werkelijk gemeten waarden om aan te geven in hoeverre de gesimuleerde waarden overeenkomen met de werkelijkheid. Na calibratie kan het model worden ingezet om de effecten te bepalen van diverse scenario's voor het inlaten van zoet water op de Oosterschelde

7 Effecten op de ecologie

In dit hoofdstuk worden de verschillende ecologische deelstudies samengevat die zijn uitgevoerd in het kader van deze verkenning. Elke paragraaf begint met een samenvatting van het betreffende onderdeel.

7.1 Zeegrassen en wieren

7.1.1 Zeegrassen

Sinds het gereedkomen van de Stormvloedkering zijn de zeegrassen in de Oosterschelde in areaal achteruit gegaan van circa 1100 ha in 1984 naar circa 67 ha in 1997. Ogenscheinlijk lijken de groeicondities, zoals helderder water, minder hydrodynamiek, sterk te zijn verbeterd. De oorzaak voor de achteruitgang lijkt het hoge zoutgehalte van de Oosterschelde sinds 1986 dat de groei van de planten en de zaadkieming en opgroei van zaailingen ernstig belemmert. De zeegrassen in Nederland kunnen goed gedijen tot een zoutgehalte van ongeveer 16 g Cl/l. De ondergrens van het zoutgehalte ligt rond de 10-12 g Cl/l. Het verhogen van het zoetwateraanbod op de Oosterschelde geeft dus een goede kans op herstel van zeegrasvelden.

In de Oosterschelde komen twee soorten zeegras voor, Klein zeegras en Groot zeegras (*Zostera noltii* en *Zostera marina*). Beide soorten komen van oudsher voor in het midden en hoge deel van de getijdenzone, waarbij de ondergrens vooral bepaald werd door de helderheid van het water. Door de grotere helderheid van het water in de huidige situatie hebben beide soorten de potentie zich uit te breiden naar de laagste delen van het getijdengebied, waarbij Groot zeegras zelfs mogelijk tot onder de Gemiddeld Laagwaterlijn kan voorkomen. Zeegrasvelden hebben een grote ecologische betekenis en vormen daardoor een bijzondere biotoop. Ze bieden voedsel en/of beschutting aan vele soorten bodemdieren. Vogels profiteren hiervan doordat ze in de zeegrasvelden veel van hun gading kunnen vinden, terwijl bijvoorbeeld rotganzen en enkele eendensoorten de bladeren en zaden van het zeegras zelf eten. Vooral de lage en sublitorale zeegrasvelden spelen een belangrijke rol als paai- en opgroeigebied voor vissen. Hierin kunnen ook karakteristieke vissoorten als enkele soorten zeenaalden voorkomen (de Jonge *et al*, 1997).

Het verhogen van de zoetwaterinlaat op de Oosterschelde geeft goede kansen op herstel van het zeegras



In 1975 kwam er totaal circa 1300 ha zeegras voor in het middengebied, de Kom en de Noordelijke Tak (Daemen, 1977). In de periode 1975-1985 was er sprake van enige achteruitgang tot circa 1100 ha (de Jong, 1989) door de afsluiting van het Volkerak. Het getijvolume en daarmee de stroomsnelheid nam in de Noordelijke Tak sterk toe. Na 1985 zijn beide soorten zeegras in snel tempo gereduceerd tot ongeveer 67 ha in 1996/97 (informatie MWTL RIKZ). Uit observaties (de Jong, 1997) en experimenteel onderzoek (Kamermans *et al*, 1998; Hootsman *et al*, 1997) komt naar voren dat de meest waarschijnlijke verklaring voor deze drastische achteruitgang het hoge zoutgehalte van het water sinds 1985 is. Uit de experimenten blijkt dat bij een zoutgehalte van meer dan ongeveer 17 g Cl/l de levensmogelijkheden voor zeegras sterk achteruitgaan. Dat blijkt onder meer uit een éénjarige groeivorm van Groot zeegras, en slechte tot geen kieming en opgroei van zaailingen. In het Grevelingenmeer en de Oosterschelde groeit het zeegras nauwelijks en is het ook niet meer in staat zich te herstellen na het optreden van schade, bijvoorbeeld door vorst, wierhopen, pierenspitten of bodemvisserij. Uit onderzoek in het Grevelingenmeer komt naar voren dat zeegras tot circa 16 g Cl/l weinig problemen ondervindt. Als dit gecombineerd is met lagere zoutgehalten in het voorjaar dan leidt dit bovendien tot een goede zaadkieming en opgroei van zaailingen. Boven dit zoutgehalte gaat zeegras in snel tempo achteruit en zal het waarschijnlijk op den duur nagenoeg geheel verdwijnen, behalve op plaatsen waar enig zoetwater wordt gespuid, bijvoorbeeld bij gemalen. Uit onderzoek elders kan worden geconstateerd dat de ondergrens voor zeegras rond de 10-12 g Cl/l ligt (de Jong en de Jonge, 1989; Wijgengangs en de Jong, in prep).

Geconcludeerd kan worden dat alle spuiscenario's die leiden tot een maximum zoutgehalte van 16 g Cl/l in de zomer een positief effect hebben op de ontwikkeling van het zeegras. In de winter en het voorjaar mogen de laagste zoutgehalten voorkomen met een ondergrens van 10-12 g Cl/l.

7.1.2 Wieren

In de getijdezone van de Oosterschelde komen in het zachtsubstraat met name zeesla en darmwier voor. Het afgelopen decennium zijn deze wieren enigszins toegenomen op de slikken en platen, vooral als gevolg van het rustiger en helderde water. Een toename van de zoetwater-toevoer heeft waarschijnlijk geringe effecten op het voorkomen van de groenwieren. Op de ondiepe delen zouden de groenwieren kunnen profiteren van een verhoogd nutriëntenaanbod. De andere wieren, met name blaaswier en knoopwier zullen hiervan weinig effect van ondervinden.

Op de slikken en platen van de Oosterschelde komen met name groenwieren, darmwier (*Enteromorpha spec.*) en zeesla (*Ulva spec.*) voor. Incidenteel komen blaaswieren (*Fucus spec.*) en knoopwier (*Gracilaria verrucosa*) voor, maar hierop zal verder niet worden ingegaan omdat ze slechts weinig voorkomen. In de getijdezone komen de groenwieren zowel autochtoon (ter plaatse opgegroeid) als allochtoon (aangespoeld) voor. Door de gunstiger omstandigheden sinds het gereedkomen van de Stormvloedkering, vooral de grotere helderheid van het water en de verminderde hydrodynamiek, zijn de groenwieren sinds 1985 enigszins toegenomen. Dit kan lokaal tot verstikking van bodemdieren en zeegras leiden. Vooral op plaatsen waar de wieren aanspoelen en ophopen. De groenwieren zijn niet erg gevoelig voor het huidige hoge zoutgehalte van het water. Verlaging van het zoutgehalte heeft weinig gevolgen voor hun voorkomen. De aanvoer van extra nutriën-

ten kan mogelijk leiden tot een extra groei van de groenwieren. Dit is echter afhankelijk van de concurrentie tussen de groenwieren, de ééncellige benthische en pelagische algen en het zeegras wat mogelijk tot ontwikkeling kan komen.

De andere wieren, blaaswier en knoopwier, zullen naar verwachting weinig effect ondervinden van een toename van de zoetwatertoevoer. Hooguit bij de scenario's met de grootste effecten op het zoutgehalte kan er zeer lokaal bij de 'spuilocatie' sprake zijn van enige achteruitgang.

7.2 Bodemdieren zachtsubstraat

Een overgroot deel van de bodem van de Oosterschelde wordt gevormd door zogenaamd zachtsubstraat, de zandige tot slibrijke platen en slikken. Hierin leven vele bodemdieren die een belangrijke schakel in het totale ecosysteem van de Oosterschelde vormen. Uit deze deelstudie is gebleken dat bij een gedeeltelijk herstel van de zoutgradiënt in de Noordelijke Tak en/of de Kom van de Oosterschelde, met ondergrenzen van respectievelijk 10 en 13 g Cl⁻/l, er hooguit een geringe verschuiving in de samenstelling van de bodemdieren zal optreden. Voor slechts een beperkt aantal soorten zullen de vestigingsmogelijkheden toenemen.

7.2.1 Gegevensbron en methodiek

Door het NIOO-CEMO en het RIKZ is gezamenlijk een verkennende studie uitgevoerd naar de mogelijke effecten van een verhoogd zoetwateraanbod op de bodemdieren van platen en slikken in de Oosterschelde (Malta *et al.*, 1998). Deze verkenning is voor een belangrijk deel gebaseerd op informatie die in vakliteratuur en grijze literatuur beschikbaar is. Daarnaast zijn ook analyses uitgevoerd op gegevens van allerlei bodemdieren-inventarisaties in Zuidwest Nederland. Het ging hierbij vooral om gegevens die in het kader van biomonitoring in opdracht van het RIKZ worden verzameld. De resultaten van de studie zijn opgenomen in een scoretabel (zie bijlage 2). Hierin wordt voor 54 geselecteerde bodemdiersoorten een overzicht gegeven van hun mate van voorkomen ten opzichte van zoutgehalte ranges. Daarnaast geeft dezelfde tabel ook inzicht in de mate van voorkomen van deze soorten ten opzichte van de bodemsamenstelling en de hoogteligging van het substraat. De soorten zijn geselecteerd op grond van belangrijkheid (dichtheden en biomassa), exclusiviteit van voorkomen in de Noordelijke Tak en of de Kom van de Oosterschelde, het verdwenen zijn uit het Oosterschelde-gebied sinds de voltooiing van de compartimenteringswerken, en het opvallend voorkomen in brakke delen van Zuidwest Nederland. Voor deze verkenning zijn de conclusies beperkt tot de globale effecten van verlaging van het zoutgehalte. Er wordt uitgegaan van een scenario waarbij de laagst bereikte zoutgehalten respectievelijk 10 en 13 g Cl⁻/l in de Noordelijke Tak en de Kom van de Oosterschelde bedragen.

7.2.2 Effecten op aanwezige bodemdieren

Van de 54 soorten waarvan informatie is verzameld over hun voorkomen in relatie tot het zoutgehalte komen er 38 thans in het betreffende gebied voor. Tabel 7 geeft een overzicht van de verwachte effecten per soort per deelgebied.

Bijna alle soorten van tabel 7 zijn euryhalien. Dat wil zeggen dat het mariene soorten zijn die ook goed bij gehalten tot 12 á 10 g Cl⁻/l kunnen voorkomen. De meeste soorten zullen dus niet of nauwelijks beïnvloed worden. Eén van de geselecteerde soorten, de worm *Aricidea minuta*, zou wellicht kunnen verdwijnen of belangrijk afnemen. De soort komt nu talrijk voor in

de Kom en in wat mindere mate in de Noordelijke Tak. In het westelijke deel van de Oosterschelde is de soort thans zeldzaam. Ook de halfgeknotte strandschelp *Spisula subtruncata* zal bij verlaagde zoutgehaltes in belangrijkheid afnemen, maar de soort komt in het westelijke deel van de Oosterschelde thans ook talrijk voor. Negen andere soorten van de tabel zullen waarschijnlijk ook wat in aantallen en biomassa afnemen. Daarvan is alleen de Japanse oester *Crassostrea gigas* een soort die zich minder op het zachte substraat van het westelijke deel van de Oosterschelde laat zien.

Tabel 7

Verwachte effecten van zoetwaterinlaat op de belangrijkste bodemdieren in de Oosterschelde uitgaande van een minimum zoutgehalte in de Noordelijke Tak van 10 g Cl/l en in de Kom van 13 g Cl/l in de Kom += toename, 0=geen effect, -= afname, --= verdwijnen en ?= onbekend (Malta et al., 1998)

Wetenschappelijke naam	Nederlandse naam	NoordelijkeTak	Kom
Mollusca	weekdieren		
<i>Abra nitida</i>	glanzende dunschaal	0(?)	0(?)
<i>Barnea candida</i>	witte boormossel	-	-
<i>Cerastoderma edule</i>	kokkel	0(?)	0(?)
<i>Corbula gibba</i>	korfschelp		0
<i>Crassostrea gigas</i>	Japanse oester	-	0
<i>Crepidula fornicata</i>	muiltje	?	?
<i>Ensis directus</i>	Amerikaanse zwaardschede	?	?
<i>Hydrobia ulvae</i>	wadslakje	0	0
<i>Mya arenaria</i>	strandgaper	0	0
<i>Mytilus edulis</i>	mossel	0	0
<i>Petricola pholadiformis</i>	Amerikaanse boormossel	-	-
<i>Scrobicularia plana</i>	platte slijkgaper	0	0
<i>Spisula subtruncata</i>	halfgeknotte strandschelp	-	-
<i>Venerupis senegalensis</i>	tapijtschelp	-	-
Polychaeta	wormen		
<i>Arenicola marina</i>	wadpier	0	0
<i>Aricidea minuta</i>	-	--	--
<i>Boccardiella ligierica</i>	-	0	0
<i>Capitella capitata</i>	slangpier	0	0
<i>Exogone naidina</i>	-	-	0
<i>Harmothoe imbricata</i>	een zeerups	0	0
<i>Lanice conchilega</i>	schelpkokerworm	-	-
<i>Nephtys hombergii</i>	een zandzager	-(?)	0
<i>Nereis succinea</i>	een zeeduizendpoot	0	0
<i>Pholoe minuta</i>	een zeerups	-	-
<i>Plathynereis dumerilii</i>	een zeeduizendpoot	0	0
<i>Polydora ciliata</i>	-	0	0
<i>Polydora ligni</i>	-	+	+
<i>Polydora quadrilobata</i>	-	0(?)	0(?)
<i>Pygospio elegans</i>	-	0	0
<i>Streblospio shrubsolii</i>	-	+	+
<i>Tharyx marioni</i>	-	0	-
Crustacea	kreeftachtigen		
<i>Carcinus maenas</i>	strandkrab	0	0
<i>Corophium insidiosum</i>	een slijkgarnaal	0	0
<i>Corophium sextonae</i>	een slijkgarnaal	?	?
<i>Idotea chelipoda</i>	Zeeuwse zeepissebed	0	0
<i>Mesopodopsis slabberi</i>	een aasgarnaal	0	0
<i>Microdeutopus gryllotalpa</i>	een vlokreeft	0	0
Echinodermata	stekelhuidigen		
<i>Echinoardium cordatum</i>	hartegel of zeeklit	-	-

Voor de kokkel *Cerastoderma edule* is het verwachte effect wat onduidelijk. De soort zou prima tegen de verlaagde zoutgehaltes moeten kunnen, maar wanneer de brakwaterkokkel *Cerastoderma glaucum* het gebied zou koloniseren dan kan er wellicht een competitieve interactie met de kokkel plaatsvinden. De wormen *Polydora ligni* en *Streblospio shrubsolii* zijn de enige soorten die waarschijnlijk in dichtheden en biomassa zullen toeneemen.

7.2.3 Kansen voor nieuwe soorten

Zestien van de 54 geselecteerde soorten komen thans niet in de Oosterschelde voor. Deze kwamen vóór de aanleg van de compartimenteringsdammen in de Oosterschelde wel voor, of het zijn soorten die het elders in de brakke delen van Zuidwest Nederland juist goed doen.

Tabel 8 geeft een overzicht van de verwachte effecten voor die soorten. Elf van deze soorten zijn sinds de compartimenteringswerken niet of nauwelijks meer in de Oosterschelde aangetroffen. Merkwaardig genoeg zitten hier drie soorten bij (*Ophelia limacina*, *Scolelepis bonnier* en *Eurydice affinis*) die alleen in een marien milieu voorkomen. Een terugkeer met een gedeeltelijk herstel van de zoet-zout gradiënt valt voor deze soorten dus niet te verwachten.

Voor vier van de geselecteerde soorten verbeteren de mogelijkheden: de brakwaterkokkel, de aasgarnaal *Neomysis integer* (alleen in de Noordelijke Tak), het brakwaterkrabbetje *Rhithropanopeus harrisi* en de thans in de Delta verschenen exoot *Marenzelleria viridis*, een Noordamerikaanse worm. Voor de overige soorten is het effect onbekend, of zijn er nog lagere zoutgehaltes nodig om de mogelijkheden voor kolonisatie te vergroten.

Tabel 8

Verwachte effecten van zoetwaterinlaat op het mogelijk terugkeren van bodemdieren in de Oosterschelde uitgaande van een minimum zoutgehalte in de Noordelijke Tak van 10 g Cl/l en in de Kom van 13 g Cl/l in de Kom. += toename, 0= geen effect, -= verslechtering, --= komt niet voor, ?= onbekend. (Malta et al., 1998)

Wetenschappelijke naam	Nederlandse naam	Noordelijke Tak	Kom
Coelenterata	holtedieren		
<i>Actinothoe anquicom</i>	weduweroos	?	?
Mollusca	weekdieren		
<i>Cerastoderma glaucum</i>	brakwaterkokkel	+	+
<i>Littorina saxatilis</i>	ruwe alikruik	0	0
Polychaeta	wormen		
<i>Harmothoe nodosa</i>	een zeerups	?	?
<i>Marenzelleria viridis</i>	-	+	+
<i>Ophelia limacina</i>	-	--	--
<i>Ophelia rathkei</i>	-	-	0
<i>Paraonis fulgens</i>	-	-	0
<i>Scolelepis bonnier</i>	gemshoornworm	--	--
Crustacea	kreeftachtigen		
<i>Cyathura carinata</i>	-	0	0
<i>Eriocheir sinensis</i>	Chinese wolhandkrab	0	0
<i>Eurydice affinis</i>	een zeepissebed	--	--
<i>Eurydice pulchra</i>	agaatpissebed	0	0
<i>Haustorius arenarius</i>	zandvlokkreeft	0	0
<i>Neomysis integer</i>	een aasgarnaal	+	0
<i>Rhithropanopeus harrisi</i>	zuiderzeekrabbetje	+	+

7.3 Hardsubstraat organismen

Vooraf door natuurlijke omstandigheden ter plaatse is de flora en fauna op dijken in de Noordelijke Tak en de Kom relatief arm aan soorten. De hardsubstraatbegroeiing onder de laagwaterlijn wordt momenteel getypeerd door filtrerende organismen. Mogelijk dat deze organismen toenemen wanneer meer voedsel beschikbaar komt. Een drietal mariene soorten dat zich hier de laatste jaren heeft uitgebreid door de hogere zoutgehalte zal bij een afname van het zoutgehalte onder circa 13 g Cl/l weer verdwijnen. De meeste soorten verdragen echter zoutgehalten tot circa 10 g Cl/l. De gehele levensgemeenschap blijft een marien karakter behouden, maar de soortenrijkdom in het Oostelijk deel kan wel enigszins afnemen. De gevolgen van zoetwaterinlaat voor de biodiversiteit van de gehele Oosterschelde zal dan ook gering zijn.

7.3.1 Litoraal

De begroeiing op de dijkvakken in het litoraal (getijdzone) bestaat in de Noordelijke Tak en de Kom veelal uit bruinwervevegetaties, die relatief arm zijn aan soorten, enkele locaties uitgezonderd. De ontwikkelingen in de Noordelijke Tak en de Kom laten in het algemeen een geleidelijke verarming zien na voltooiing van de Oosterscheldewerken. Het lijkt niet aanneemelijk dat dit uitsluitend door het stijgende zoutgehalte is veroorzaakt, een combinatie van diverse factoren moet hier de oorzaak van zijn, zoals verminderde stroomsnelheden en sedimentatie. De meeste litorale organismen hebben een brede zouttolerantie waarbij zoutgehalten tot circa 10 g Cl/l worden verdragen. Slechts voor enkele soorten zal dus bij een brakker milieu een afname kunnen optreden. Dit betreft soorten die juist de laatste jaren geleidelijk toegenomen zijn en zich breder verspreid hebben in de Oosterschelde (paardeanemoon *Actinia equina*, en de moswieren *Catenella caespitosa* en *Gelidium pusillum*). Een daling van het zoutgehalte onder 13 g Cl/l is voor deze soorten nadelig. Aangezien deze soorten vanouds ook elders in de Oosterschelde voorkwamen is geen sprake van verlies voor het gehele gebied. De voorgenomen ingreep zal geen grootschalige gevolgen hebben voor de levensgemeenschappen in de getijdzone.

7.3.2 Sublitoraal

Uitvoering van de Deltawerken in de Oosterschelde heeft geleid tot een aantal duidelijke veranderingen in de soortensamenstelling op het harde substraat bij de onderzoekslocaties Zijpe en Gorishoek, locaties die representatief zijn voor respectievelijk de Noordelijke Tak en de Kom. De meest opvallende veranderingen zijn het gevolg van de afgenomen stroomsnelheid en in veel mindere mate van een toename van het zoutgehalte. Soorten die ook voorkomen in een stagnant milieu, zoals een aantal actieve filterfeeders, zijn sterk in aantal toegenomen. Het ligt dan ook niet voor de hand, dat een verlaging van het zoutgehalte simpelweg neerkomt op een verandering van de organismen. De nu aanwezige wieren zijn veelal redelijk bestand tegen een tijdelijke verlaging van het zoutgehalte, dus daarvan valt geen sterke afname te verwachten. Een verschuiving ten gunste van groenwieren lijkt in de fotische zone wel mogelijk als er ook meer nutriënten beschikbaar komen. De levensgemeenschap blijft een marien karakter behouden, maar zal in het Oostelijk deel wel enigszins verarmen. Hiervoor komen waarschijnlijk maar weinig typische brakwaterorganismen voor in de plaats; te denken valt aan zuiderzeekrabbetje (*Rhithropanopeus harrisi*) en de zeiker

(*Molgula manhattensis*). De natuurlijke flora en fauna op veenbanken, die verwant is aan die op stenen en met name aanwezig is in de Kom, zal ook verarmen. Ter plaatse bestaat de kans dat bijvoorbeeld de kreeft verdwijnt als het zoutgehalte onder de 15 g Cl/l daalt.

De levensgemeenschap op het hard-substraat zal bij verlaging van het zoutgehalte enigszins verarmen. Hiervoor komen mogelijk enige typische brakwaterorganismen voor in de plaats



7.4 Vissen

Verwacht wordt dat bij het creëren van een estuariene gradiënt in de Oosterschelde, typisch mariene vissoorten verdwijnen uit de nieuw gecreëerde brakwaterzones, terwijl estuarien residente soorten in aantallen toenemen. De diversiteit van de visgemeenschap van de Oosterschelde zou hierdoor als geheel kunnen toenemen. Door een toename van het voedselaanbod kan de kraam- en kinderkamerfunctie van de Oosterschelde belangrijker worden. Het is niet waarschijnlijk dat anadrome soorten in grotere aantallen naar het gebied gelokt zullen worden.

7.4.1 Visfauna Oosterschelde

Een effect van de Oosterscheldewerken op de visfauna is het grotendeels verdwijnen van de anadrome trekvis. Mogelijke effecten op de overige soorten zijn niet bekend of moeilijk te achterhalen. De meeste waargenomen veranderingen in de visbestanden kunnen worden gerelateerd aan de jaarlijkse verschillen in jaarklassesterkte.

De huidige Oosterschelde wordt gekenmerkt door een hoge diversiteit in de visfauna, ook in vergelijking met de omringende gebieden zoals de Voordelta en de Westerschelde. Karakteristiek voor de Oosterschelde zijn de zeedonderpad, groene zeedonderpad, tongschar, koornaarvis, zeebaars, botervis, grote zeenaald, puitaal, stekelbaars en griet. De meest algemene soorten in de Oosterschelde zijn de schol, steenbolk, schar, gewone zeedonderpad, paling, puitaal, haring, tong en wijting.

7.4.2 Effecten op de soortensamenstelling

Welke soorten in aantallen toe of af zullen nemen in de Oosterschelde hangt af van de relaties die vissoorten hebben met estuariene milieus. Vissoorten in estuaria kunnen ingedeeld worden naar gelang hun relatie tot het estuariene milieu (McHugh, 1967):

- zoetwatervissen die soms gebruik maken van brakwatergebieden,
- estuarien residente soorten die hun gehele levenscyclus in het estuarium volbrengen,

- anadrome en katadrome soorten (doortrekkende soorten),
- mariene soorten die regelmatig gebruik maken van estuaria, vaak als volwassen dier of seizoengebonden,
- mariene soorten die estuaria gebruiken als kraam- en kinderkamer,
- onregelmatige bezoekers.

In bijlage 3 is een lijst van vissoorten in de Oosterschelde opgenomen. Op basis van de genoemde indeling wordt voor iedere soort de relatie met het estuariene milieu weergegeven.

Typisch mariene soorten zullen hoogstwaarschijnlijk uit de nieuw gecreëerde brakwaterzones verdwijnen, dit is uiteraard afhankelijk van de hoogte van de zoutgehalten in tijd en ruimte. In deze zones zullen de estuarien residente soorten in aantallen kunnen toenemen, zoals: brakwatergrondel, dikkopje, zwarte grondel, bot, grote zeenaald, kleine zeenaald, zeedonderpad, harnasmannetje, slakdolf, botervis, puitaal en zwartooglipvis. Een toename in de aantallen van de zandspiering (estuariën resident) wordt echter niet verwacht omdat deze soort hoog dynamische zandige biotopen behoeft. Dit milieu is sinds de aanleg van de Oosterscheldewerken in grote mate verdwenen. De verwachting is dan ook dat de diversiteit van de visgemeenschap in de nieuw gecreëerde brakwaterzones zal afnemen, terwijl die van de Oosterschelde als geheel zal toenemen.

7.4.3 Effecten kinder- en kraamkamerfunctie

De kraamkamerfunctie van de Oosterschelde zal waarschijnlijk toenemen omdat de estuariene residente soorten in het huidige mariene milieu van de Oosterschelde minder ongunstige omstandigheden aantreffen om zich voort te planten. De voortplanting van mariene soorten die zich reeds in de Oosterschelde voorplanten, komt door het inlaten van zoet water niet in gevaar. Er zullen voldoende euhaliene milieus aanwezig blijven. De kinderkamerfunctie van de Oosterschelde zal eveneens gunstig worden beïnvloed. De verwachte hogere toevoer aan nutriënten leidt volgens SMOES tot een hogere zoöplanktonbiomassa. Als gevolg hiervan zal het voedselaanbod en de predatie hierop door jonge vissen en kreeftachtigen in de brakwaterzones toenemen. Als ook de helderheid van het water daalt zal predatie op jonge vis beperkt zijn. Beide factoren zullen een positief effect kunnen hebben op de waarde van het gebied als kinderkamer voor zowel de estuarien residente soorten als de mariene soorten die het brakwatergebied als opgroeigebied gebruiken.

7.4.4 Effecten anadrome vissoorten

De terugkeer van anadrome soorten, zoals zalm en zeeforel, naar estuariene gebieden hangt af van (1) de zoete lokstroom, (2) de passeerbaarheid van fysieke of harde obstakels zoals sluizen en dammen en (3) de kwaliteit van de bovenstroomse paaiplaatsen.

Er zijn geen aanwijzingen dat een toename van de zoetwatertoevoer meer anadrome vissoorten naar de Oosterschelde zal lokken. Daarnaast vormen de Krammersluizen, de Bergse Diepsluis en de Volkeraksluizen belangrijke fysieke obstakels. De overgang van het zoete naar het brak-zoute milieu van de Oosterschelde geeft naast een fysieke een fysiologische barrière. De fysiologische aanpassing die een vis moet ondergaan is zeer dramatisch en zal in de meeste gevallen tot sterfte leiden. Het gedeeltelijk herstellen van de zoet-zout gradiënt lost in elk geval dit probleem op. Wat betreft de kwaliteit van de bovenstroomse gebieden moet worden opgemerkt dat de water- en structuurkwaliteit in de rivieren aanzienlijk zal moeten verbeteren om anadrome vissen de kans te geven te paaien en de overlevingskansen van de jonge vissen te verhogen. Ook het natuurlijk milieu van de boven-

loop van de rivieren is in veel gevallen te ingrijpend veranderd en gunstige paaiplassen zijn voor veel soorten zeldzaam geworden. Het is dan ook de verwachting dat het inlaten van zoet water in de Oosterschelde geen of weinig effecten heeft op de terugkeer van anadrome vissoorten.

7.5 Vogels

Historisch gezien zijn de brakke getijdegebieden zeer vogelrijk. De best beschreven situaties zijn die van de Ventjagersplassen (Swarts, 1974), het Verdrongen Land van Saeflinge (Buijs en Tombeur, 1988) en de Dollard (Braaksma et al. 1969). Hieruit blijkt dat een brak getijdegebied vooral wordt gekenmerkt door de aanwezigheid van een combinatie van eenden en steltlopers. Een vergelijkbare vogelbevolking werd tot de afsluiting van het Markiezaat in de Kom van de Oosterschelde aangetroffen. De meest kenmerkende eendensoort is de Wintertaling, daarnaast overwinterden in de brakke(re) gebieden van zuidwest Nederland ook grotere aantallen Slobeenden en Pijlstaarten. Het voedsel van deze soorten bestaat vooral uit plantaardig, maar ook dierlijk materiaal dat slobberend van het slikoppervlak wordt verzameld. Daar waar onderzoek is gedaan bleek dit vooral te gaan om zaden van diverse waterplanten, mogelijk dat ook oligochaeten (kleine wormen) een rol spelen. De steltloperbevolking werd gekenmerkt door soorten als Kluten, Tureluurs, Zwarte Ruiter en Bonte Strandloper. Deze soorten, alsmede de Bergeend, leven van zoöbenthos. Vooral wormen als oligochaeten en Nereis, slakken als Hydrobia en crustacea als Corophium worden veel gegeten.

De vraag is nu of met een extra zoetwatertoevoer deze situatie terug zal komen. Het lijkt er op dat de rijke delen van de brakke getijdenwateren die gebieden waren waarin rivierwater en zeewater elkaar ontmoeten. In deze gebieden treedt een sterke sedimentatie op van zowel slib, detritus als aangevoerde zaden. Deze situatie kan zich bij de voorgestelde scenario's van de Oosterschelde niet meer voordoen. De zaden en detritus die door de rivieren worden aangevoerd bezinken al op de plaatsen in de Biesbosch of het Hollandsch Diep waar de stroom zeer gering wordt. Hier worden zeer grote hoeveelheden oligochaeten op de bodem aangetroffen, die als voedsel dienen voor duikeenden. Zaden zullen nimmer in grote hoeveelheden de sluizen kunnen passeren. Wanneer zeegrassen toenemen kunnen alleen de zaden hiervan een extra voedselbron voor talingen vormen. Het zeegras zelf zal door Smienten en Rotganzen worden gegeten.

Door de aanvoer van zoet water kan een verschuiving in de bodemdierbevolking optreden waardoor een voor de eerder genoemde soorten een wat gunstiger situatie kan voordoen. Het is echter de vraag of dit ook veel extra biomassa met zich zal brengen. Onduidelijk is in hoeverre deze bodemdieren mede afhankelijk waren van een detritus-kringloop. Extra detritus zal nauwelijks worden aangevoerd, het kan wel ontstaan bij toename van zee-gras of door veranderingen van schorrenvegetatie (ontwikkeling van riet). Vooral vogels tijdens de najaartrek zullen hiervan profiteren.

Samengevat is de verwachting dat het inlaten van extra zoet water weinig effecten op de vogelpopulaties zal veroorzaken.

8 Effecten op de visserij

De Oosterschelde is een belangrijk gebied voor schelpdiercultuur en -visserij. Extra zoet water naar de Oosterschelde heeft invloed op het zoutgehalte en de productiviteit. Uit onderzoek blijkt dat jonge stadia van schelpdiersoorten doorgaans het gevoeligst zijn voor lagere zoutgehalten. Er is een ondergrens gesteld aan het zoutgehalte van 14 g Cl/l welke vooral in het voorjaar en de zomer relevant is. Voor jonge zeekreeft geldt een ondergrens van 15,5 g Cl/l, de huidige streefwaarde voor de Oosterschelde. Volwassen schelpdieren hebben een ondergrens van ongeveer 11 g Cl/l, wat een richtlijn zou kunnen zijn voor de wintersituatie. Uit veldwaarnemingen blijkt dat de mosselbroedval beter is in de omgeving van zoetwaterspuillocaties en dus gebaat is bij een lagere saliniteit. Vanuit de literatuur is echter geen bevestiging gevonden

8.1 Economisch belang visserij

In de Oosterschelde vindt beroepsmatige visserij plaats op schelp- en schaaldieren en enkele vissoorten. De teelt van mosselen en oesters en de visserij op kokkels zijn in commercieel opzicht verreweg de belangrijkste visserijactiviteit (van Berchum en Wattel, 1997). De platte oester en de mossel worden al meer dan een eeuw gekweekt. De laatste jaren is de teelt van de platte oester echter sterk achteruitgegaan door de ziekte bonamiasis. De mosselkweek gedijt daarentegen goed in de Oosterschelde, ook na gereedkoming van de Deltawerken. Momenteel is circa 2500 ha kweek- en verwaterplaatsen in gebruik (Schuiling en Smaal, 1998) en de aanvoer aan mosselen bedroeg in 1995/1996 circa 52 ton met een opbrengst van circa 77 miljoen gulden. Voor kokkels geldt dat als gevolg van sterk wisselende omstandigheden (o.a. wintersterfte en achterblijvende broedval) er een sterke fluctuatie van de jaarlijkse aanvoer is van kokkels uit de Oosterschelde. In 1995 was er een aanvoer van circa 1 miljoen kg met een geschatte opbrengst van circa 5 miljoen gulden (van Berchum en Wattel, 1997). In plaats van de platte oester is de oesterkweek tegenwoordig gericht op de Japanse oester. De jaarlijkse aanvoer hiervan bedraagt circa 15 miljoen exemplaren, van de platte oesters nog maar één miljoen exemplaren. De totale omzet is circa 8,8 miljoen gulden.

8.2 Zouttolerantie

Het RIVO-DLO heeft een literatuurstudie uitgevoerd naar de zouttolerantie van commercieel belangrijke soorten in de Oosterschelde (Schuiling en Smaal, 1998). Deze tolerantiegrenzen geven aan in welke zoutrange een organisme kan groeien en reproduceren. Uit deze studie blijkt dat de tolerantie tussen de geselecteerde soorten aanzienlijk verschilt (zie tabel 9). De ondergrens van de zouttolerantie van de kreeft, platte en kromme oester, mesheft en alikruik ligt bij circa 11 g Cl/l. Voor de kokkel en garnaal is dit circa 10 g Cl/l. De zeester en de strandkrab zijn het minst gevoelig met een ondergrens tot circa 8,5 g Cl/l. Voor de larven- en broedstadia van commerciële soorten is de tolerantie geringer dan voor oudere stadia. De jonge stadia van de kreeft zijn het

Tabel 9

Overzicht tolerantie volwassen
organismen voor een
verlaagd zoutgehalte (Schuiling en
Smaal, 1998)

Soort	Minimum zoutgehalte (g Cl /l)	Optimum zoutgehalte (g Cl /l)	Opmerkingen	Referentie
mossel	11		temperatuur 5-20°C	Brenko&Calabrese, 1969
<i>Mytilus edulis</i>	11			Coosen <i>et al</i> , 1990
	8,3 - 11			Eerlman&Smaal, 1995
	11		soort kan gedurende kortere periode 5g Cl /l overleven	Wolff, 1973
kokkel	10			Smaal&Mosterdijk, 1985
<i>Cerastoderma</i>	5,5		minimumwaarde laboratorium	Brock, 1980
	10		minimumwaarde veld	Brock, 1980
platte oester	11	13,8	bij temp < 6°C	Korringa, 1976
<i>Ostrea edulis</i>				
Japanse oester	11			Prins, 1985;
<i>Crassostrea gigas</i>				Medcof&Needler 1941
mesheft	11		optimum is relatief laag , soort is goed bestand tegen fluctuaties	Beukema&Dekker, 1995
<i>Ensis directus</i>				
zeekreeft		15		Wolff&Sandee, 1971
<i>Homarus gammarus</i>	11			
	6 - 8		bij temp 5 - 25°C	Kinne, 1964
aliekruik	11			Kinne, 1964/1971
<i>Littorina littorea</i>				
	11			Wolff, 1973
strandkrab		18		Ameyaw-Akumi&Naylor, 1987,
<i>Carcinus maenas</i>				McCaw&Naylor, 1992
		15 - 18		Ameyaw-Akumi&Naylor, 1987,
	5,5		bij temp < 10°C	Nagaraj, 1993
	11		bij temp 10 - 25°C	
		15 - 18	bij temp 15°C	Adema, 1991
	7,7			
	2,8		groene krab	McCaw&Naylor, 1992
		12	groene krab	
	6		rode en oranje krab	
	6		's winters	Wolff&Sandee, 1971
	11		's zomers	
Noordzeegarnaal		15,8	bij temp 22°C	Spaargaren, 1969, Weber&
<i>Crangon crangon</i>		18,3	bij temp 4°C	Spaargare, 1970
	9,5		bij temp 15 - 22°C	Weber&Spaargaren, 1970
	13,8		bij temp 4 - 6°C	
zeester		14,4		Wolff, 1968
<i>Asterias rubens</i>	8,3			Groth&Teede, 1989

meest gevoelig met een ondergrens van 15,5 g Cl/l. Bij de platte oester, de kokkel en de mossel ligt deze grens bij circa 14 g Cl/l. Jonge stadia van Japanse oester en strandkrab zijn duidelijk toleranter met een ondergrens van circa 11 g Cl/l. (Zie tabel 10).

.....
Mosselkwekers zouden profijt kunnen hebben van het verhogen van de zoetwaterinlaat. Het chloridegehalte mag hierbij niet teveel dalen



8.3 Broedval schelpdieren

Voor de mosselteelt worden in mei en juni jonge mosselen van het voorgaande jaar opgevist, het zogenaamde mosselzaad. Aangezien er in de Oosterschelde sinds 1984 nauwelijks meer broedval plaatsvindt, zijn de mosselkwekers voor de zaadvijsserij volledig aangewezen op de Waddenzee. Waarom deze zaadval in de Oosterschelde niet meer plaatsvindt is onbekend (van Berchum en Wattel, 1997). Er wordt verondersteld dat een verlaagd zoutgehalte een positief effect op de broedval van schelpdieren heeft. Dit fenomeen is geconstateerd in het Krammer-Volkerak rond 1975 nadat de Volkeraksluizen een vast zoetwaterdebiet gingen spuien. Recentelijk is dit ook waargenomen in de monding van de Haringvliet en bij spuilocaties in de Waddenzee (mondelinge mededeling M. van Stralen). Ook blijkt uit recent onderzoek dat er veel broedval is op de hangcultures in de Noordelijke tak maar op de hangcultures in de Monding (Neeltje Jans) nauwelijks (mondelinge mededeling A. Smaal). Dit zou kunnen betekenen dat in de huidige situatie wel degelijk broedval op de bodem plaatsvindt maar dat hierop sterk wordt gepredeerd door zeesterren en krabben. De broedval op hangende constructies is voor deze predatoren onbereikbaar. Deze voorlopige waarneming zou erop wijzen dat de lichte verlaging van het zoutgehalte in de Noordelijke tak de broedval al bevorderen. Uit een literatuurstudie van het RIVO (Schuiling en Smaal, 1998) is hiervoor geen aanvullende bevestiging gevonden. Aanbevolen wordt daarom extra aandacht te besteden aan de gevoeligheid van broedval en jonge levensstadia voor lage zoutgehalte en de gevolgen voor de groeisnelheid. De optimale zoutgehalten voor de juveniele stadia van diverse soorten staan vermeld in tabel 10.

Tabel 10

Overzicht tolerantiegrenzen broedval
en larvale organismen (Schuiling
en Smaal, 1998)

Soort	Minimum zoutgehalte (g Cl /l)	Optimum zoutgehalte (g Cl/l)	Opmerkingen	Referentie
mossel <i>Mytilus edulis</i>		17 - 22 14 - 19 11 - 19	trochofoor, bij tem. 8 - 18°C larven bij temp. 15°C bij temp. 20°C	Pnns, 1985 Kinne, 1971 Eertman&Smaal, 1995
kokkel <i>Cerastoderma</i>		17 - 19	soort kan waarden lager dan 3 g Cl /l overleven	Brock, 1980
platte oester <i>Ostrea edulis</i>	14		bij temp. 19 - 20°C	Korringa, 1976/1947
Japanse oester <i>Crassostrea gigas</i>		8 - 17 8 - 25	zaad 1,1 mg zaad 0,68 g	Nell&Holiday, 1988
mesheft <i>Ensis directus</i>		11 - 15	soort kan waarden zo laag als 3 g Cl /l en zo hoog als 3 g Cl /l overleven	Nell&Holiday, 1988
zeekreeft <i>Homarus gammarus</i>	15 11		gedurende gehele ontwikkeling juvenielen	Wolff&Sandee, 1971
strandkrab <i>Carcinus maenas</i>	11 14 11	14 11 - 20	eieren bij temp. 16,3°C eieren bij temp. 10°C eieren bij temp. 10°C megalopa geldt voor alle vier zoea- stadia, bij temp. 10°C zoea stadium I, bij temp. 10°C II, bij temp. rond 10°C III, bij temp. rond 10°C IV, bij temp. 10°C of lager	Kinne, 1964 Nagaraj, 1993 Nagaraj, 1993 Nagaraj, 1993 Nagaraj, 1993

9 Integratie

In deze verkennende studie zijn de mogelijkheden en effecten onderzocht van een verhoogde zoetwaterinlaat op de zoutgradiënt en de stratificatie in de Oosterschelde. Daarnaast zijn studies uitgevoerd naar de effecten van zoutgehalte verlaging op de ecologie en de visserij. Gebleken is dat voor het creëren van een zoutgradiënt van enige betekenis het aanbod vanuit het Volkerak-Zoommeer alleen niet voldoende is. Hiervoor is extra zoetwateraanvoer vanuit het Hollandsch Diep noodzakelijk. Dit leidt tot een extra belasting van het Volkerak-Zoommeer met nutriënten en microverontreinigingen. Een belangrijk negatief effect bij extra zoetwaterinlaat is een grotere kans op stratificatie, vooral in de Noordelijk Tak. De verwachting is dat de biodiversiteit van de Oosterschelde in zijn geheel zal kunnen toenemen, met name de omstandigheden voor zeegras zullen verbeteren. De primaire productie van het fytoplankton zal in beperkte mate toenemen waarbij modelresultaten aangeven dat dit niet automatische tot een hogere draagkracht voor schelpdieren hoeft te leiden. Vanuit de huidige situatie is er ruimte om het zoutgehalte te verlagen zonder grote nadelige gevolgen voor de visserijfunctie van de Oosterschelde.

9.1 Waterhuishouding en zoutgehalte

- **Huidige situatie**

Bij dit scenario wordt geen extra zoetwater uit het Volkerak-Zoommeer ingelaten. De zoetwaterbelasting blijft beperkt tot 9 m³/s. De hoge zoutgehalten zullen dan ook gehandhaafd blijven en de huidige ontwikkelingen zullen zich verder doorzetten. Er is nauwelijks sprake van een zoutgradiënt.

- **Overschot Volkerak-Zoommeer scenario**

Bij dit scenario is alleen zoet water beschikbaar in perioden dat het Volkerak-Zoommeer moet spuien in verband met het peilbeheer. Deze extra zoetwatertoevoer is zeer onvoorspelbaar en is in de drogere jaren nihil. De zoetwatertoevoer in de natte jaren is zeer variabel en is vooral geconcentreerd in het winterhalfjaar. Dit leidt tot relatief hoge zoutgehalten, met af en toe jaren waarin het zoutgehalte in het winterhalfjaar verlaagd is. De zoutgradiënt blijft beperkt tot de Noordelijk Tak en de Kom. Voor het systeem is dit scenario is nadeling vooral door de onvoorspelbaarheid van het overschot en de korte duur van de perioden met lagere zoutgehalten. Tijdens grote delen van het jaar zullen de zoutgehalten vergelijkbaar zijn met de huidige situatie.

- **Plus Hollandsch Diep scenario**

Bij dit scenario wordt jaargemiddeld 30 m³/s extra zoetwater vanuit het Hollandsch Diep ingelaten via de Volkeraksluizen. Al dan niet gecombineerd met de natuurlijke overschotten uit het Volkerak-Zoommeer kan dit tot sterk verlaagde zoutgehalten leiden. Bij de inlaatlocaties dalen de zoutgehalten in de wintermaanden in een nat jaar onder de 10 g Cl⁻/l, in de Noordelijke tak zelfs tot 5 g Cl⁻/l. De zoutgradiënt is tot het Middengebied van de Oosterschelde merkbaar. Ook de schommelingen door het jaar heen zijn erg groot, zeker in een nat jaar. De grootte van deze schommelingen zijn het gevolg van het onderzochte inlaatmodel

(55, 45, 12 en 8 m³/s in respectievelijk najaar, winter, voorjaar en zomer) in combinatie het natuurlijke zoetwateroverschot vanuit het Volkerak-Zoommeer. Dit scenario biedt wel de mogelijkheid om de hoogte van deze zoetwaterinlaat is uiteraard volledig te sturen. Elk gewenst inlaatbeheer is dus in principe mogelijk rekening houdend met gestelde randvoorwaarden. Voorlopig is dit scenario nog niet mogelijk vanwege de slechte waterkwaliteit van het Hollandsch Diep water.

9.1.1 Stratificatie

Aangezien gebruik is gemaakt van een 2-D hydrodynamisch model en een 2-D ecologisch model zijn de effecten van stratificatie moeilijk in te schatten. Met behulp van een eerste eenvoudige analyse zijn de risico's op stratificatie globaal in kaart gebracht. Voor alle scenario's geldt dat onder de huidige hydrodynamische omstandigheden de kans op stratificatie groot is. Het is ook de verwachting dat deze kans toeneemt naarmate er meer zoet water wordt ingelaten. Vooral de Noordelijke Tak is hiervoor gevoelig, de Kom in mindere mate. In grote gebieden zal het zoete inlaatwater dus niet mengen met het zoute water van de Oosterschelde. De effecten hiervan kunnen zijn dat delen van intergetijdegebieden worden overspoeld met zoet water in plaats van brak. Dit kan ernstige gevolgen hebben voor de flora en fauna in die gebieden.

9.2 Productiviteit en biodiversiteit

9.2.1 Productiviteit

Op basis van de modelanalyse is geconcludeerd dat door de verhoogde nutriëntenbelasting de primaire productie van het fytoplankton van de gehele Oosterschelde toeneemt met 3 tot 9%, afhankelijk van het gekozen scenario. Opmerkelijk is dat het EXTRA scenario, dat uitgaat van een continue zoetwaterinlaat van 8 en 12 m³/s in respectievelijk de Noordelijke Tak en de Kom, bijna hetzelfde effect op de primaire productie heeft als het PLUS HD scenario. Dit is vermoedelijk te verklaren doordat de nutriëntenbelasting in het OVERSCHOT en PLUS HD scenario voornamelijk in de winterperiode plaatsvindt. In die periode is de primaire productie lichtgelimiteerd en zullen de extra nutriënten uitspoelen naar de Noordzee. Het grootste effect van een verhoogde nutriëntenbelasting op de primaire productie is te behalen in het voorjaar, wanneer fosfaat en silicium limiterend zijn (mondelinge mededeling J. Kromkamp). Op het moment dat het fytoplankton niet meer nutriënten- en lichtgelimiteerd is kan een verhoogde nutriëntenbelasting ook leiden tot een verhoogde productie van groenwieren, zoals darmwier en zeesla. Als de zeegrassen aanslaan kunnen mogelijk ook deze planten profiteren van de verhoogde nutriëntenbelasting. Door het grote oppervlak aan droogvallende platen en de geringe stroming vormt ook het microfytobenthos (bodemaigen) een belangrijke primaire producent. Het model voorspelt voor elk scenario een toename van de primaire productie van het microfytobenthos van 1 tot 6% voor de gehele Oosterschelde. Hoe de competitie tussen deze primaire producenten zal uitpakken is moeilijk te voorspellen.

Bij een toename van de primaire productie in het systeem neemt de draagkracht in principe toe. De grazers in het systeem kunnen profiteren van dit hogere voedselaanbod. Dit zal tot uiting kunnen komen doordat er meer ruimte is voor schelpdieren en/of dat het zoöplankton zich sterk vermeerderd. In principe is er genoeg ruimte voor beide consumenten. De hoeveelheid mosselen wordt echter sterk bepaald door de bedrijfsvoering van de mosselwekers. Deze zouden kunnen inspelen op een hogere draagkracht door meer schelpdieren in het systeem te brengen. Het zoöplankton heeft een natuurlijke populatiedynamiek en zal reageren door een sterkere repro-

duktie. De resultaten van het ecosysteemmodel zullen altijd een grote mate van spreiding te zien geven. Deze spreiding weerspiegelt niet alleen de tekortkomingen van het model maar weerspiegelen ook de grenzen van onze kennis. Het geeft ons wel een indicatie m.b.t. kwantitatieve voorspellingen en dwingt ons ook tot bescheidenheid ten aanzien van onze prognoses.

9.2.2 Biodiversiteit

De verwachting is dat de biodiversiteit voor de Oosterschelde als geheel in geringe mate zal toenemen. De meeste soorten in de Oosterschelde zijn euryhalien, dat wil zeggen mariene soorten die kunnen voorkomen tot een zoutgehalte van 10-12 g Cl⁻/l. In het ontstane brakwatergebied zullen, afhankelijk van het zoutgehalte, mariene soorten in biomassa en dichtheden achteruitgaan of eventueel verdwijnen. De omstandigheden voor zee-gras zullen in de gecreëerde brakwatergebied verbeteren. Zeegrasvelden bieden voedsel en beschutting voor vele soorten bodemdieren en vogels. De laag gelegen zeegrasvelden spelen tevens een belangrijke rol als paaien opgroei gebied voor verschillende soorten vissen, zoals zeenaalden. Door het verhoogde voedselaanbod zal de kraam- en kinderkamerfunctie kunnen toenemen. De kans dat doortrekkende vissen zullen terugkeren blijft in alle gevallen zeer klein. De belangrijkste oorzaak is het ontbreken van een geleidelijke overgang van zoet naar zout en de aanwezigheid van fysieke obstakels naar het zoete achterland.

9.3 Visserij

De huidige zoutgehalten bieden ruimte voor verlaging zonder nadelige effecten voor de visserij. In de directe nabijheid van de inlaatlocaties kunnen plaatselijk wel negatieve effecten optreden vanwege te lage zoutgehalten. In de huidige situatie blijven de minimum zoutgehalten in zeer natte jaren nog ruim boven de minimum streefwaarde van 15,5 g Cl⁻/l. Deze streefwaarde is destijds gebaseerd op de zeekreeft waarvan met name de jonge stadia het gevoeligst zijn. Schuiling en Smaal (1998) stellen dat een ondergrens van 14 g Cl⁻/l noodzakelijk is om voortplanting en de ontwikkeling en groei van jonge organismen mogelijk te maken. Dit geldt vooral in het voorjaar en de zomerperiode. In de winterperiode kan een minimum van 11 g Cl⁻/l worden beschouwd als ondergrens waarbij geen nadelige effecten zijn beschreven op de overleving van de meeste schelpdieren. Zeekreeft is gevoeliger en heeft een ondergrens van 15 g Cl⁻/l.

Uit de onderzochte scenario's is de conclusie dat het PLUS HD leidt tot te lage zoutgehalten voor de visserij vooral in natte jaren. Het OVERSCHOT scenario in een nat jaar geeft een zoutverloop dat redelijk in de buurt komt van de gestelde ondergrenzen (11 g Cl⁻/l en 14 g Cl⁻/l in respectievelijk winter- en zomerperiode). Vooral in het Marollegat liggen de resultaten binnen deze range met een minimum van ruim 13 g Cl⁻/l in januari en de overige maanden 15 g Cl⁻/l of hoger. In de Noordelijke Tak liggen deze zoutgehalten 2 tot 3 g Cl⁻/l lager en wordt de ondergrens van 11 g Cl⁻/l in januari lokaal onderschreden.

10 Conclusies en aanbevelingen

10.1 Conclusies

Zoetwateraanbod, scenario's en stratificatie:

- Binnen de gestelde randvoorwaarden van deze verkenning (zie paragraaf 1.2) is de conclusie dat het creëren van een brakwaterareaal van enige omvang in de Oosterschelde niet mogelijk is. Hiervoor is het zoetwateroverschot vanuit het Volkerak-Zoommeer alleen onvoldoende. In droge jaren is het overschot nihil en in een nat jaar is het vooral geconcentreerd in het najaar en de winter.
- Extra water vanuit het Hollandsch Diep via de Volkeraksluizen is nodig om het zoetwateraanbod voor de Oosterschelde te vergroten. Dit leidt binnen de hier gekozen instellingen van het Plus Hollandsch Diep scenario (hoge inlaat in de winter, lage in de zomer) tot sterk verlaagde zoutgehalten in de wintermaanden, vooral in natte jaren. Voorlopig is dit niet acceptabel omdat de waterkwaliteit van het Hollandsch Diep water nog steeds slecht is.
- Een gegarandeerde zoetwaterinlaat met redelijk voorspelbare schommelingen hebben de voorkeur. Dit scenario zou de mogelijkheden bieden om elk gewenst inlaatbeheer met de daaraan gekoppelde zoutgradiënt(en) in te stellen.
- Stratificatie treedt onder de huidige omstandigheden bij alle scenario's op. De kans op stratificatie wordt sterker naarmate de zoetwaterinlaat toeneemt. Vooral de Noordelijke tak is hiervoor gevoelig, de Kom in mindere mate.

Natuur en visserij:

- De modelanalyse laat zien dat de primaire productie van de gehele Oosterschelde een stijging zal vertonen van gemiddeld 3 tot 9% afhankelijk van het scenario. Dit kan leiden tot een hogere draagkracht voor filterfeeders in het systeem.
- Uit het model blijkt dat vooral het zoöplankton hiervan profiteert en dat door voedselconcurrentie de schelpdieren in biomassa achteruitgaan. Dit is in strijd met de vooraf gestelde hypothese. Een verklaring hiervoor kan zijn dat de mossel- en kokkelbiomassa's in het model te laag zijn.
- De hogere productie van het zoöplankton kan een positief effect hebben op het voedselaanbod voor kleine vissen en kreeftachtigen. Dit kan weer positief doorwerken op de kinderkamerfunctie van de Oosterschelde.
- De biodiversiteit van de Oosterschelde als geheel zou licht kunnen toenemen. Er zijn weer mogelijkheden voor het herstel van het zeegras. Zeegrasvelden hebben tevens een functie als paai- en opgroeigebied voor specifieke soorten. Ook estuarien residente soorten zullen vermoedelijk in aantallen toenemen.
- Herstel van estuariene gradiënten in de Oosterschelde heeft weinig effect op anadrome vissoorten. De terugkeer hangt vooral af van de passeerbaarheid van de fysieke obstakels zoals sluizen en dammen en de kwaliteit van de bovenstroomse paaigebieden.
- Visserijkundig is er ruimte om het zoutgehalte te verlagen. Een minimum van 11 g Cl/l kan als ondergrens beschouwd worden voor de meeste schelpdiersoorten. Voor het voorjaar en zomerperiode is een ondergrens van 14 g Cl/l noodzakelijk om de voortplanting en groei van jonge

organismen mogelijk te maken. Jonge zeekreeft is het meest gevoelig met een ondergrens van 15,5 g Cl/l.

- Uit de praktijk komen aanwijzingen dat de mosselbroedval gebaat is bij een lager zoutgehalte. Dit wordt bevestigd door recente waarnemingen in de Noordelijke tak. In de literatuur is hierover echter geen bevestiging gevonden.

10.2 Aanbevelingen

1. Er zal meer duidelijkheid verkregen moeten worden over de aard en omvang van de zoutgradiënt die men wenselijk acht voor de Oosterschelde uitgaande van zowel visserijkundige en ecologische randvoorwaarden.
2. De huidige streefwaarde van het minimum zoutgehalte voor de Oosterschelde van 15,5 g Cl/l zou op basis van visserijkundige randvoorwaarden verlaagd kunnen worden. Nader onderzoek moet plaatsvinden om deze ondergrens vast te stellen en of er verschillen per gebied en seizoen kunnen zijn.
3. Visserijkundig is weinig bekend over de gevoeligheid van broedval en jonge levensstadia voor lage zoutgehalten en de gevolgen voor de groeisnelheid. Nader onderzoek hierover is gewenst.
4. Een nadere analyse van de modelresultaten voor de geldigheid van de berekende toename van het zoöplankton versus de berekende afname van de schelpdieren zou uitgevoerd moeten worden.
5. Meer aandacht zal besteed moeten worden aan biomonitoring van het zoöplankton in de Oosterschelde.
6. De ecologische effecten van zoetwaterinlaat (incl. nutriënten) op de Oosterschelde kunnen nader experimenteel onderzocht worden. De effecten van de verschillende scenario's op de primaire productie en de secundaire productie (zoöplankton en schelpdieren) zijn met behulp van de mesocosms op Jacobahaven nader te onderbouwen.
7. De kans op stratificatie bij het inlaten van zoet water dient nader te worden onderzocht met behulp van 3-dimensionale modellen. Ook het beter inschatten van de effecten is noodzakelijk.
8. De mogelijkheden en effecten van extra inlaat van Hollandsch Diep water op het Volkerak-Zoommeer zullen nader onderzocht moeten worden in relatie tot de waterkwaliteit van de Rijn en de Maas.
9. Noodzakelijk is een integrale afstemming van het waterbeheer tussen de verschillende watersystemen in de gehele zuidelijke Delta, inclusief het Hollandsch Diep.

De Krabbenkreek vormt een uitgebreid intergetijdegebied tussen Tholen en Sint Philipsland in de Noordelijke Tak van de Oosterschelde



Literatuur

Rapporten en memo's die in het kader van de verkennende studie zijn verschenen:

Boute, M.G., 1998.

Vrachten organische microverontreinigingen uit het Hollandsch Diep naar het Volkerak/Zoommeer bij het Plus Hollandsch Diep scenario (OZZO). Memo 98.087. Rijkswaterstaat Directie Zeeland

Cattrijsse, A., Mees, J., & Hostens, K., 1998.

Herstel estuarien karakter van de Oosterschelde: Effect op de kraamkamer- en kinderkamerfunctie en op de aanwezigheid van diadrome soorten. Universiteit van Gent, Sectie Mariene Biologie, juni 1998

Helvert, M.A.G. van, 1998.

Zoet water naar de Oosterschelde; Stratificatie onderzoek, een eerste eenvoudige analyse. RIKZ werkdocument RIKZ/OS-98-947x

Lievense, P., 1998.

Zoet water naar de Oosterschelde; Een modelbenadering met OostIII. Rapport Rijkswaterstaat Directie Zeeland, AX98.002

Malta, E.-J., Stikvoort, E., & Craeymeersch, J., 1998.

Herstel van estuariene gradiënten in de Oosterschelde: een verkenning naar effecten op de bodemdieren van het zachte substraat. NIOO Rapport 1998-01, NIOO-CEMO

Meljer, A.J.M., & Moorsel, G.W.N.M. van, 1998.

Mogelijke effecten van verzoeting op litorale en sublitorale levensgemeenschappen van het harde substraat in het oostelijk deel van de Oosterschelde. Bureau Waardenburg bv, Culemborg. Rapport 98 031

Mollenhauer, K., 1998a.

Zoet water naar de Oosterschelde; Zoetwateraanbod en spuregime. RIKZ werkdocument RIKZ/OS-98.824x

Mollenhauer, K., 1998b.

Zoet water naar de Oosterschelde; Een modelbenadering van de zoet-zout gradiënt. RIKZ werkdocument RIKZ/OS-98.838x

Pieters, T., 1998.

Overgangen zoet-zout in de Oosterschelde in het verleden. Een historisiche analyse op basis van beschikbare literatuur. Bureau Getijdewateren

Schuling, E., & Smaal, A.C., 1998.

Het zoet in de pap; Een literatuurstudie naar de effecten van verhoogde zoetwatertoevoer op commercieel belangrijke soorten in de Oosterschelde. RIVO-DLO rapport C041/98

Storm, C. & Haas, H.A., 1998.

Plan van Aanpak. Zoet water naar de Oosterschelde; een verkenning. Memo Rijkswaterstaat Directie Zeeland, AXW-98.005

Verver, S.W., 1998a.

Zoet water naar de Oosterschelde, Concentraties en vrachten van nutriënten en verontreinigende stoffen RIKZ werkdocument RIKZ/OS-98.925x

Verver, S.W., 1998b.

Zoet water naar de Oosterschelde; Draagkrachtanalyse met behulp van het SimulatieModel Oosterschelde EcoSysteem. RIKZ werkdocument RIKZ/OS-98.839x

Overige documenten

Anonymus, 1996.

Gevoel voor zout, werken aan de grens tussen zoet en zout watersystemen. Brochure Integraal Waterbeheer, Ministerie van Verkeer en Waterstaat, 1996

Anonymus, 1997.

Waterkader, Vierde Nota waterhuishouding regeringsvoornemen. Ministerie van Verkeer en Waterstaat, Den Haag, 1997

Berchum, A.M. van & Wattel, G., 1997.

De Oosterschelde, van estuarium naar zeearm. Bekkenrapportage 1991-1996, Rapport RIKZ-97.034

Braaksma, S., & Timmerman, A., 1969.

De avifauna van het Eems-Dollardgebied Rapport Staatsbosbeheer, afdeling Natuurbehoud

Buise, M.A., & Tombeur, F.L.L., 1988.

Vogels tussen Zwin en Saeftinghe. Stichting Natuur en Recreatieinformatie, Middelburg

Dame, R.F., 1996.

Ecology of marine bivalves: an ecosystem approach. CRC Press, Boca Raton, FL

Daemen, E.A.M.J., 1977.

Verspreiding en biomassa van *Zostera marina* en *Zostera noltii* in de Oosterschelde Studentenverslag d6-1979; DIHO Yerseke

Herman, P.M.J. & H. Scholten, 1990.

Can suspension-feeders stabilize estuarine ecosystems? In: Trophic relationships in the marine environment, M. Barnes & R. Gibson (Eds), Aberdeen University Press, Aberdeen, 104-116

Hootsman, M.J.M.J., Vermaat, E. & Vierssen, W. van, 1987.

Seed-bank development, germination and early seedling survival of two seagrass species from the Netherlands: *Zostera marina* and *Zostera noltii*. Aquat. Bot. 28: 275-285

Jonge, V.J. de, Bergs, J. van den & Jong, D.J. de, 1997.

Zeegras in de waddenzee, een toekomstperspectief. Rapport RIKZ-97.016

Jong, D.J. de, & Meulstee, C., 1989.

Wieren en weiden in de Oosterschelde DGW-Middelburg

Jong, D.J. de & V.N. de Jonge, 1989.

Zeegras, *Zostera marina* L. *Zostera noltii* Horn.; een ecologisch profiel en het voorkomen in Nederland Nota GWAO-89.1003

Jong, D.J. de, 1997.

Hypothese achteruitgang zeegras in Nederland. RIKZ werkdocument RIKZ/OS-97 811x

Kamermans, P., Hemminga, M.A., & Jong, D.J. de, 1998.

De betekenis van het zout- en silicaatgehalte in Nederlandse kustwateren voor het zeegrasareaal. BEON, conceptrapport

Kimmerer, W.J., E. Gartside & J.J. Orsi, 1994.

Predation by an introduced clam as the likely cause of substantial declines in zooplankton of San Francisco Bay. Mar. Ecol. Prog. Ser. 113 (1-2), 81-93

Klepper, O., 1989.

A model of carbon flows in relation to macrobenthic food supply in the Oosterschelde estuary (S.W. Netherlands). Ph D. Thesis Wageningen, ISBN 90-9002944-3

Le Gall, S., M. Bel Hassen & P. Le Gall, 1997.

Ingestion of a bacterivorous ciliate by the oyster *Crassostrea gigas*: protozoa as a trophic link between picoplankton and benthic suspension-feeders. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 152, 301-306

McHugh, J.L., 1967.

Estuarine nekton. In: G.H. Lauff (Ed.). *Estuaries*. Am. Assoc. Adv. Sci., Publ. 83:581-620

Peelen, R., 1967.

Isohalines in the Delta Area of the rivers Rhine, Meuse and Scheldt. *Netherlands Journal of Sea Research*, no5, 1-19

Riegman, R., B.R. Kuipers, A.A.M. Noordeloos & H.J. Witte, 1993.

Size-differential control of phytoplankton structure of plankton communities. *Neth. J. Sea Res.* 31(3), 255-265

Schobben, J.H.M., 1997.

Ecosysteemontwikkeling Zoute Wateren: de mogelijkheden geanalyseerd. Rapport RIKZ-97.028

Wanningen, H. & M.G. Boute, 1997.

Een meer in ontwikkeling; evaluatie van het beheer en de ontwikkeling van het Volkerak-Zoommeer over de periode 1987-1995. Nota Rijkswaterstaat Directie Zeeland, AX 1015.96

Wolff, W.J., 1973.

The estuary as a habitat. An analysis of data on the soft-bottom macrofauna of the estuarine area of the rivers Rhine, Meuse and Scheldt. *Zoologische verhandelingen*, No 126. Delta Instituut voor Hydrobiologisch Onderzoek, Rapport 106

Wijgergangs, L.J.M & D.J. de Jong (in prep).

Een ecologisch profiel van zeegras en de verspreiding in Nederland

Zwarts, L., 1974.

Vogels van het brakken getij-gebied, ecologische onderzoeken op de Ventjagersplaten. NJN, Amsterdam

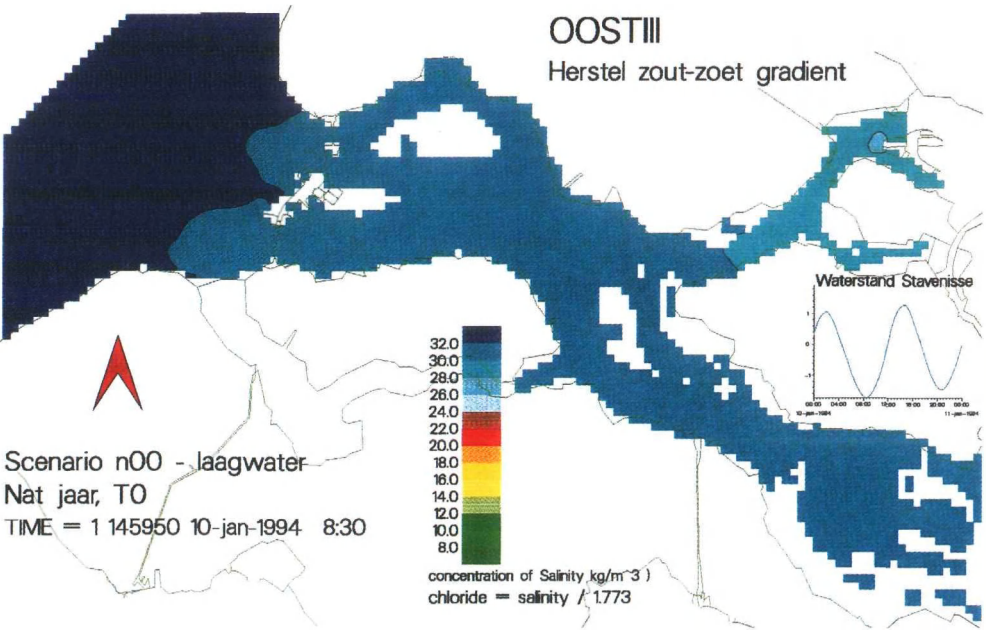
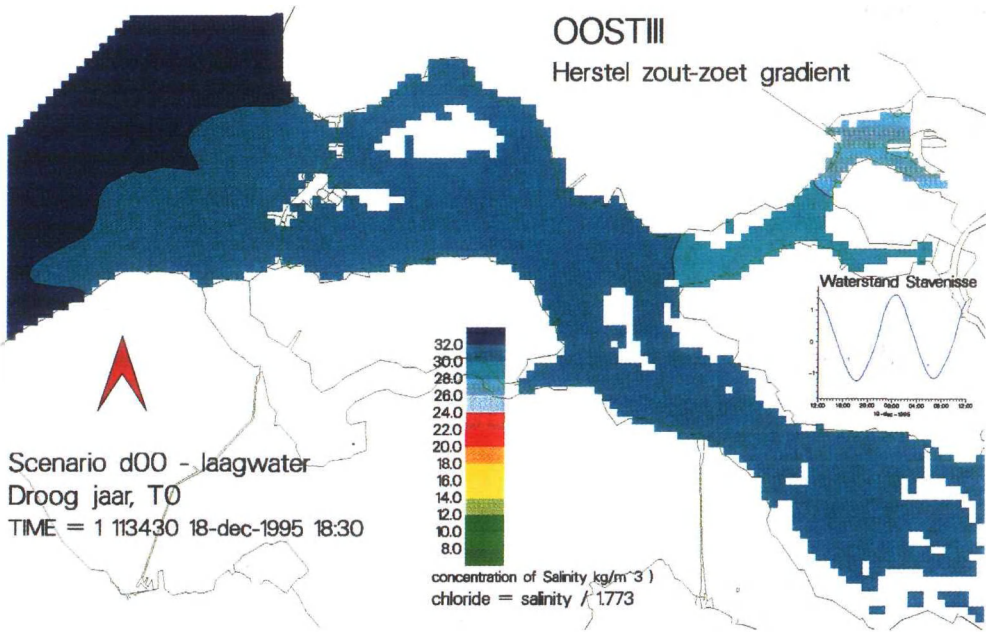
Verklarende woordenlijst

algenbloei	bovennormale concentraties van algen
areaal	oppervlakte
bentisch	zich op of in de waterbodem bevindend
biomassa	gewicht van het levend materiaal
brakwater	water met een chloridegehalte tussen de 500 en 16000 mg/l
compartimentering	afscheiding van delen van het Oosterscheldebekken d.m.v. dammen t.b.v. zoet-zout scheiding en regulering van het getijverschil
copepoda	roeiپootkreeftjes, onderdeel van het zoöplankton
debiet	hoeveelheid water die op een bepaald punt per tijdseenheid passeert
degradeerbaar	afbreekbaar tot opneembare fracties
denitrificatie	afbraak van nitriet en nitraat tot stikstof (gas) door bacteriën
depositfeeders	organisme dat leeft van organische stof in het substraat (detritus-eter)
detritus	dood organisch materiaal als restant van plant en dier
diatomeeën	alg met silicaatskelet
dispersief	ongericht verdeling van stoffen
diversiteit	verscheidenheid, zoals aantal en voorkomen van soorten en levensgemeenschappen
draagkracht voor soorten	het maximum aantal individuen van een soort dat in een gebied kan overleven
ecosysteem	systeem van levende organismen en hun omgeving, dat min of meer begrensbaar is
eulitoraal	(getijdezone) gebied tussen gemiddeld hoog- en laagwater
faeces	uitwerpselen
filterfeeder	dier dat zijn voedsel uit het water filtert
foerageren	voedsel zoeken
fotosynthese	productie van organische stof uit koolstofdioxide en water door middel van chlorofyl (bladgroen) onder invloed van licht door groene planten
fytobenthos	op of in de bodem levende planten (algen en zeegrassen)
fytoplankton	vrij in het water zwevende microscopisch kleine planten
getijvolume	hoeveelheid water die per getij een bepaalde grens passeert
graasdruk	effect van predatie op een soort
gradiënt	geleidelijke verandering van een grootheid in een bepaalde richting
habitat	soortspecifieke levensruimte van een plant of dier
herbivoor	dier dat van planten leeft
hydrodynamica	leer van de beweging van vloeistoffen
inundaties	onder water staan
isohalien	lijnen met een gelijke waarde
kinderkamerfunctie	het gebruik van estuaria voor jonge vissen om op te groeien
kolomproductie	primaire productie uiterekend voor een waterkolom van een gemiddelde diepte in een bepaald gebied
komberging	hoeveelheid water tussen twee bepaalde niveau's
labiel detritus	dat deel van het detritus dat gemakkelijk afbreekbaar is
levensgemeenschap	functioneel samenhangend geheel van planten en dieren in een bepaald gebied
litoraal	gebied tussen gemiddeld hoog- en laagwaterlijn
mesocosm	schaalmodel van een ecosysteem
microfytobenthos	microscopisch kleine planten welke op of in de bodem leven
mineralisatie	afbraak van organische stof tot anorganische bestanddelen door bacteriën
morfologie	geometrische structuur van bijvoorbeeld een compartiment

mosselbroedval	de overgang van mossellarven vanuit de waterfase naar de bodem of ander hardsubstraat
NIOO-CEMO	nederlands instituut voor oecologisch onderzoek, centrum estuarien en marien onderzoek gevestigd te yerseke
nutriënten	anorganische voedingsstoffen voor planten
pelagisch	zich zwevend in de waterkolom bevindend
plaagalg	algen die schade veroorzaken door hoge biomassa's of anderszins effecten veroorzaken, zoals toxiciteit of zuurstofgebrek
plaat	bij eb droogvallende, niet aan land grenzend gebied
poc	particulair organisch materiaal, meestal uitgedrukt in massa koolstof per volume-eenheid
populatie	aantal individuen van een soort binnen een bepaald gebied
primaire produktie	vorming van organische stof via de fotosynthese
pseudo-faeces	deel van door filterfeeders gefilterd materiaal dat reeds uitgescheiden wordt door opname in het lichaam
reäeratie	toevoegen van zuurstof aan het water door fysische omstandigheden zoals golfslag
refractair detritus	dat deel van het detritus dat niet afbreekbaar is
respiratie	uitwisseling van gassen door een organisme met zijn omgeving
resuspensie	het weer zwevend in het water komen van organisch materiaal
RIVO	rijksinstituut voor visserijonderzoek
schorren	buitendijkse gebieden met een zoutminnende vegetatie, die regelmatig door zout water wordt overspoeld
secundaire produktie	groei door vorming van dierlijk weefsel uit organisch koolstof afkomstig van primaire producenten
sedimenteters	bodemdieren die leven van materiaal uit de bodem
sessiel	vastzittend
slikken	bij eb droogvallende en aan land grenzende gebieden
stratificatie	gelaagdheid van een waterkolom als gevolg van zout- en/of temperatuurverschillen
stratum	dieptezone
streefwaarde	een concentratie van een stof die bereikt moet worden
sublitoraal	gebied beneden gemiddeld laagwater
suspensie-eters	bodemdieren die leven van microscopisch kleine deeltjes in het water
substraat	materiaal waar een plant of dier zich in of aan hecht
taxa	soorten en geslachten
transect	dwarsdoorsnede van een bepaald gebied
trekvissen	vissen die vanuit de zee de rivier op zwemmen om zich voort te planten (anadroom) of andersom (katadroom)
trofisch niveau	voedselniveau, onderscheiden in 3 niveaus; producenten, consumenten en reducenten
tunicata	organismen behorende tot de ongewervelden, meestal sessiele hard-substraat organismen die hun voedsel verkrijgen door het filteren van passerend water O a. zakpijpen
verblijftijd	gemiddelde tijd dat een waterdeeltje in een bepaald gebied aanwezig is
voedselweb	het geheel van soorten van een levensgemeenschap met hun onderlinge voedselrelaties
zoëbenthos	op of in de bodem levende dieren
zoëplankton	in het water levende microscopisch kleine dieren

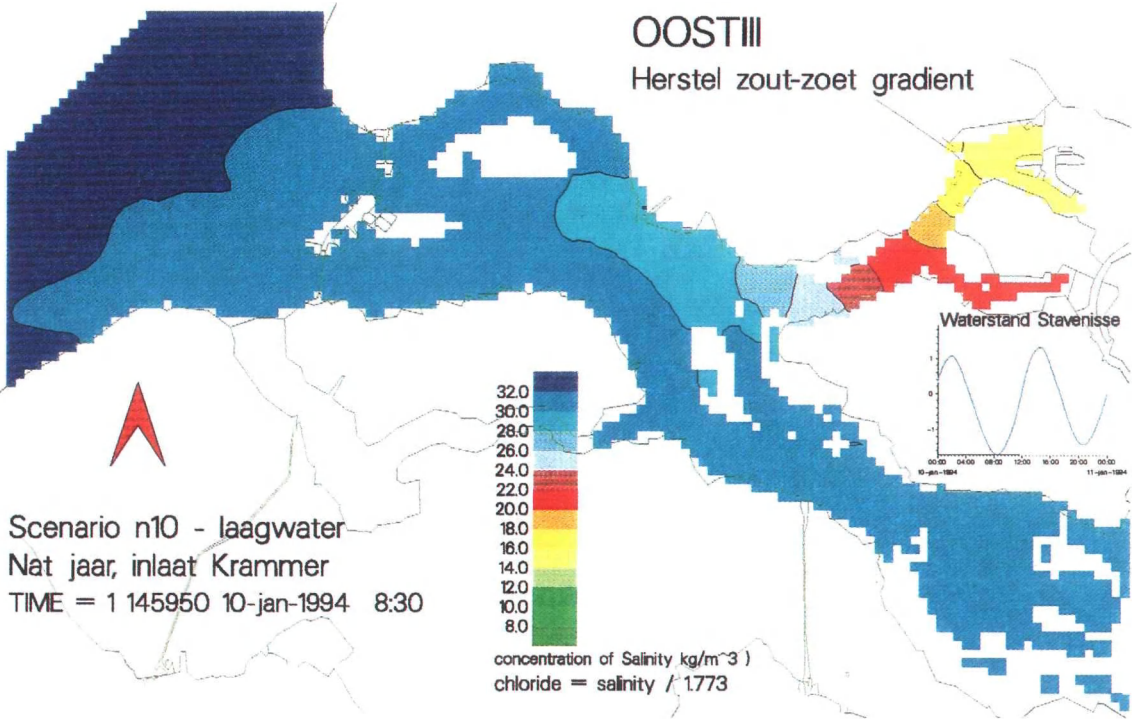
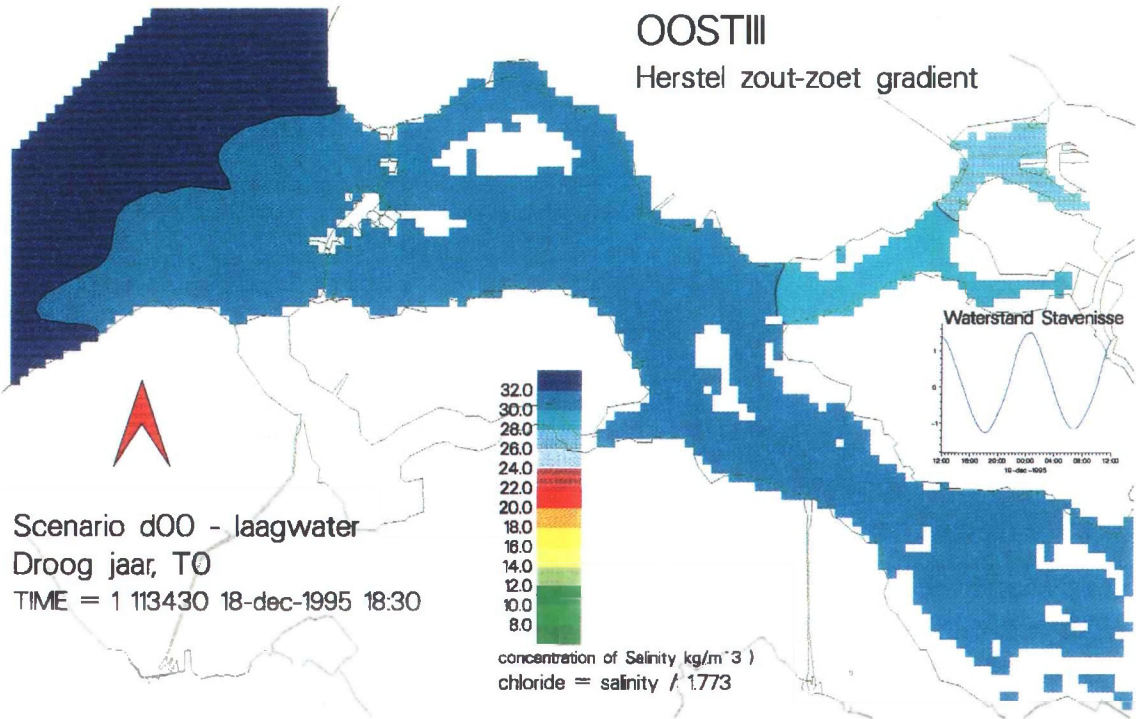
**Bijlage 1 Ruimtelijke verdeling van het zoutgehalte bij laagwater en de hoogste
zoetwatertoevoer bij de verschillende scenario's.**

Bijlage 1.1
Ruimtelijke verdeling van het zoutgehalte bij laagwater en de hoogste zoetwatertoevoer in de huidige
situatie in een droog jaar (d00) en een nat jaar (n00) bij inlaat Noordelijke Tak.



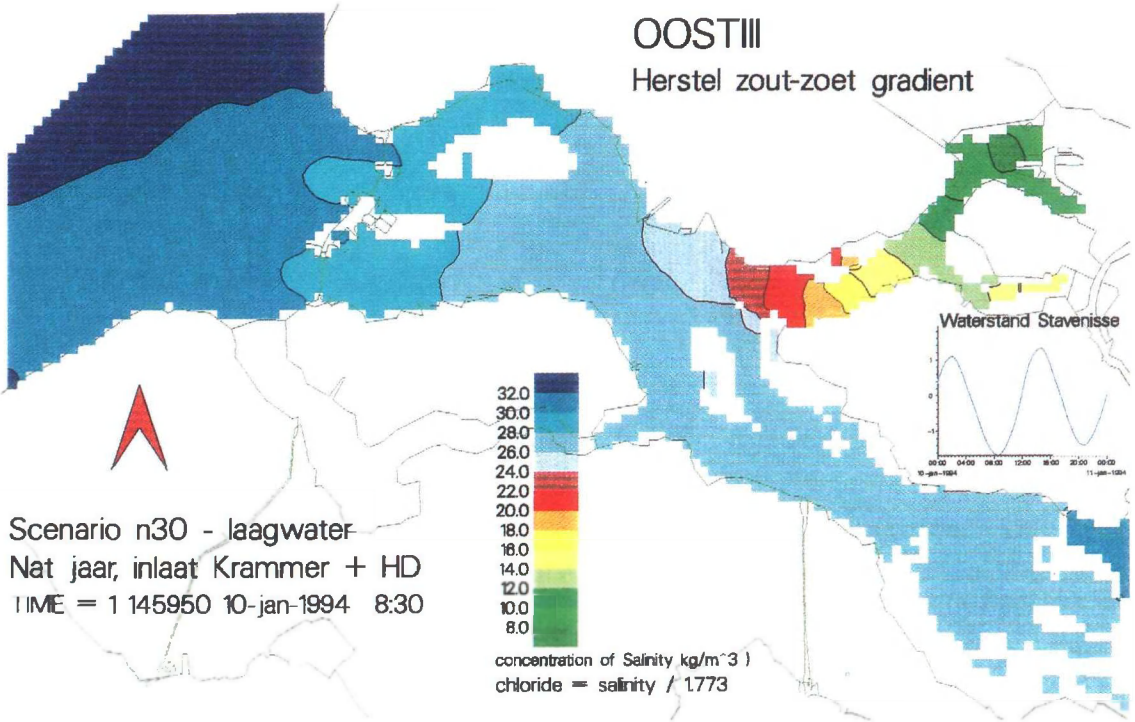
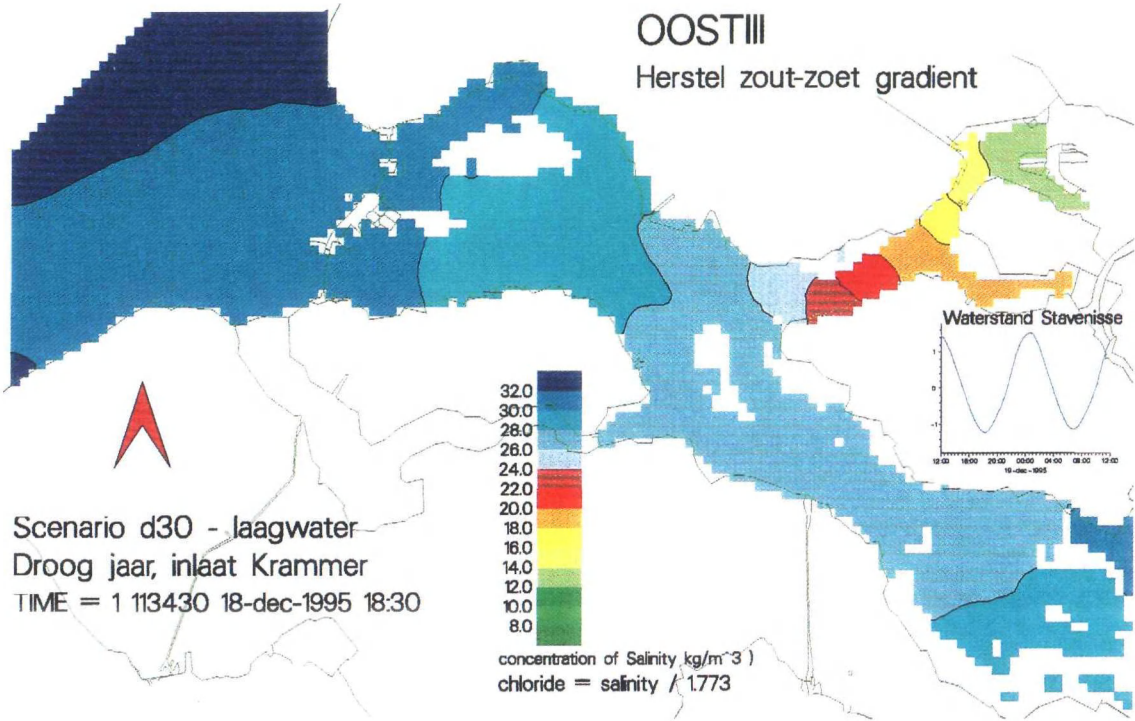
Bijlage 1.2

Ruimtelijke verdeling van het zoutgehalte bij laagwater en de hoogste zoetwatertoevoer in het overschot Volkerak-Zoommeer scenario in een droog jaar (d00) en een nat jaar (n10) bij inlaat Noordelijke Tak.



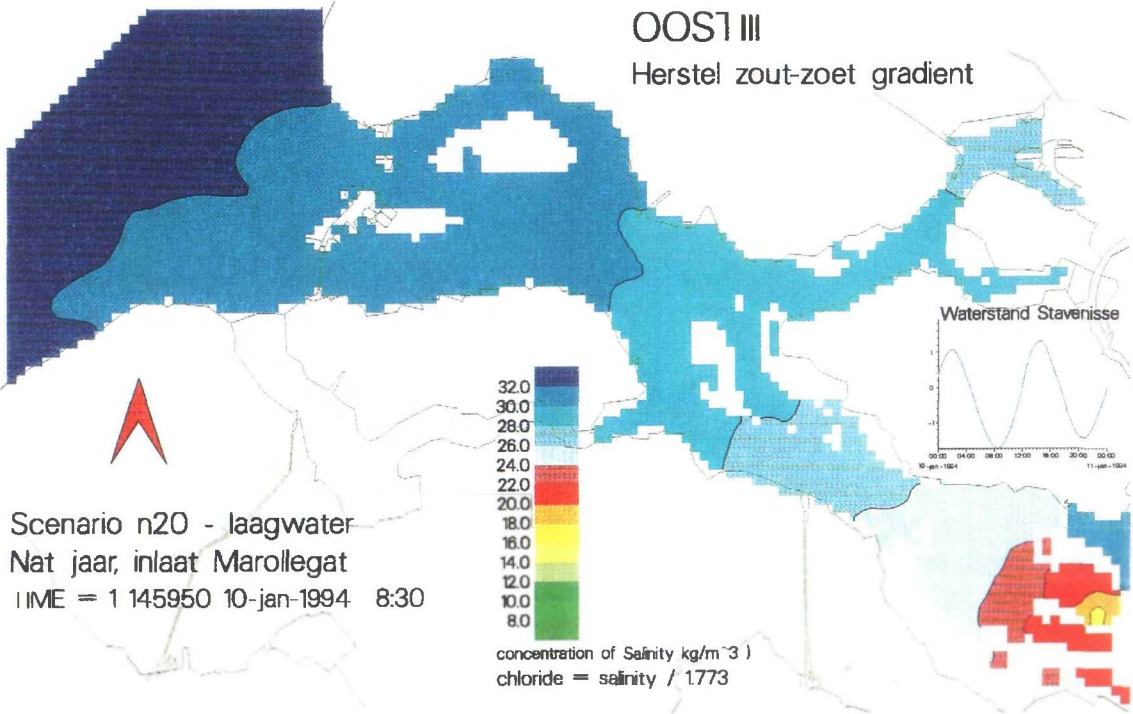
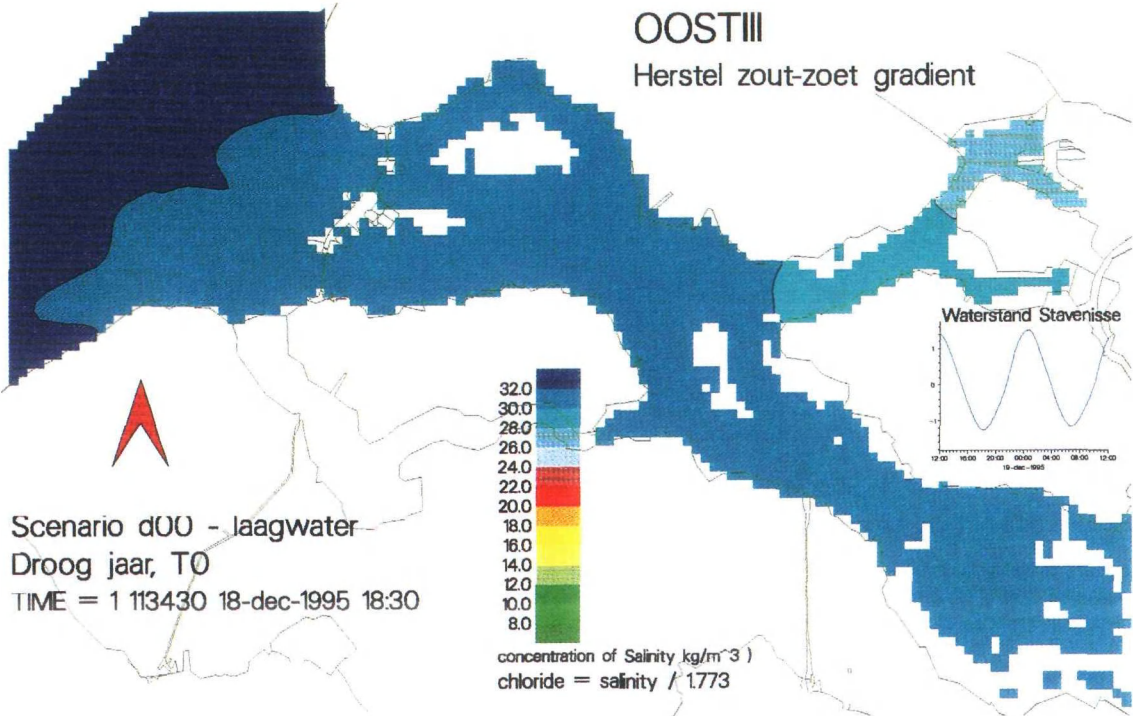
Bijlage 1.3

Ruimtelijke verdeling van het zoutgehalte bij laagwater en de hoogste zoetwatertoevoer in het plus Hollandsch Diep scenario in een droog jaar (d30) en een nat jaar (n30) bij inlaat Noordelijke Tak.



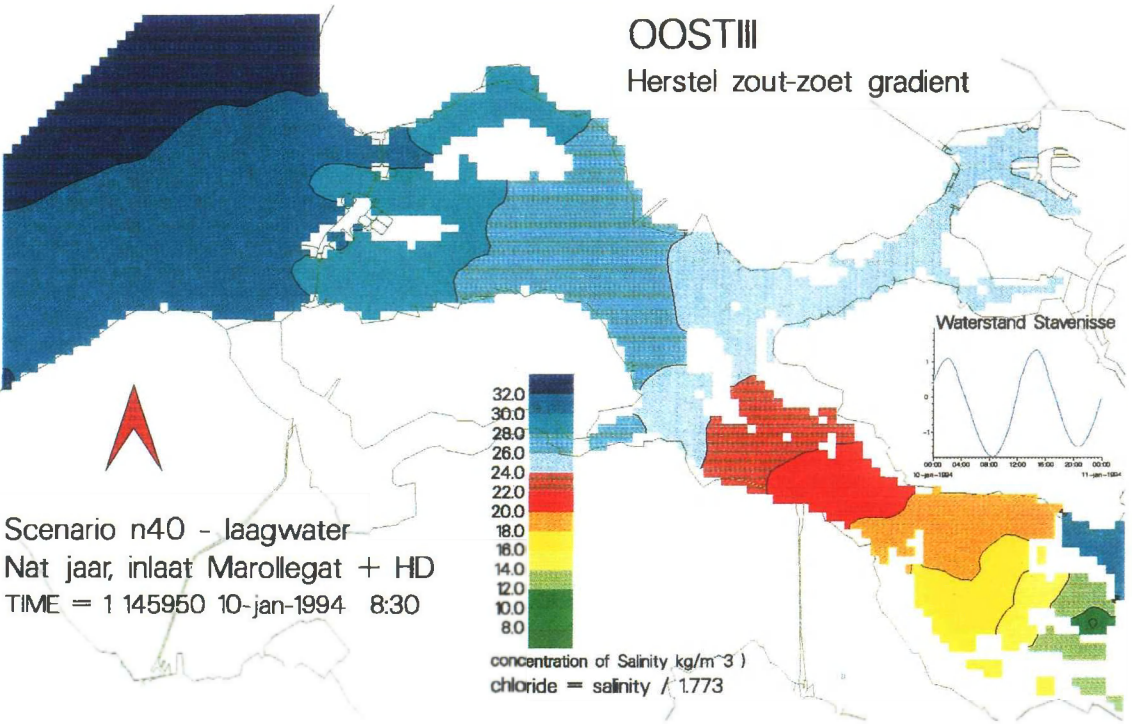
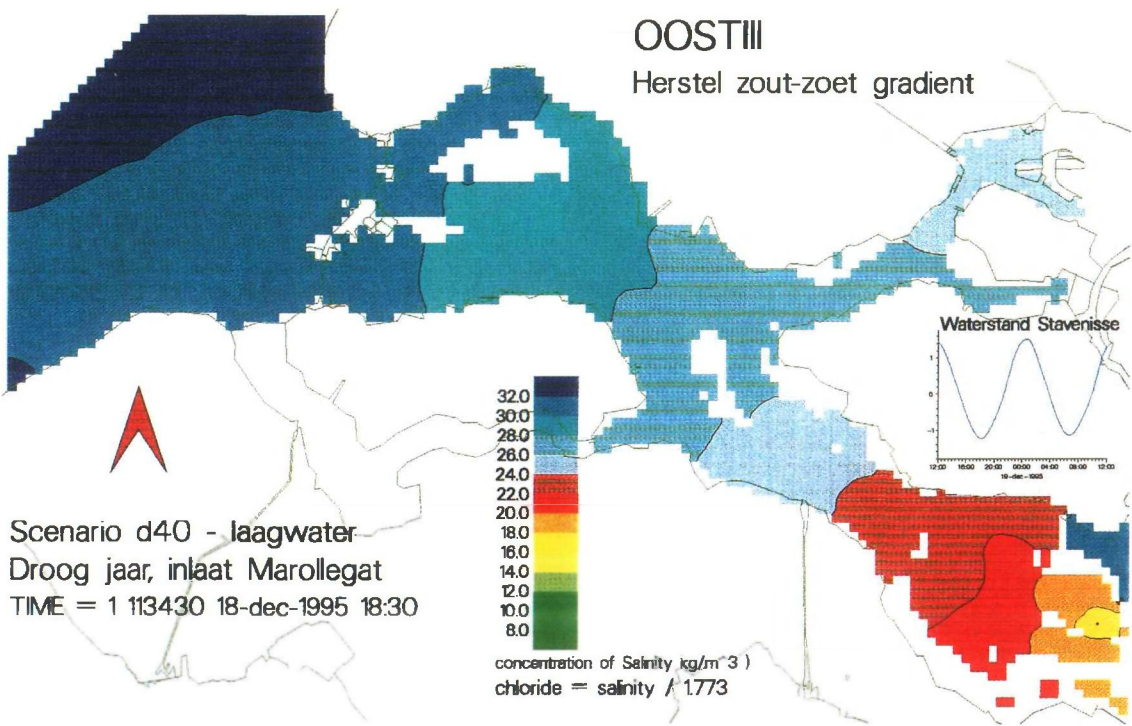
Bijlage 1.4

Ruimtelijke verdeling van het zoutgehalte bij laagwater en de hoogste zoetwatertoevoer in het overschot Volkerak-Zoommeer scenario in een droog jaar (d00) en een nat jaar (n20) bij inlaat in de Kom.



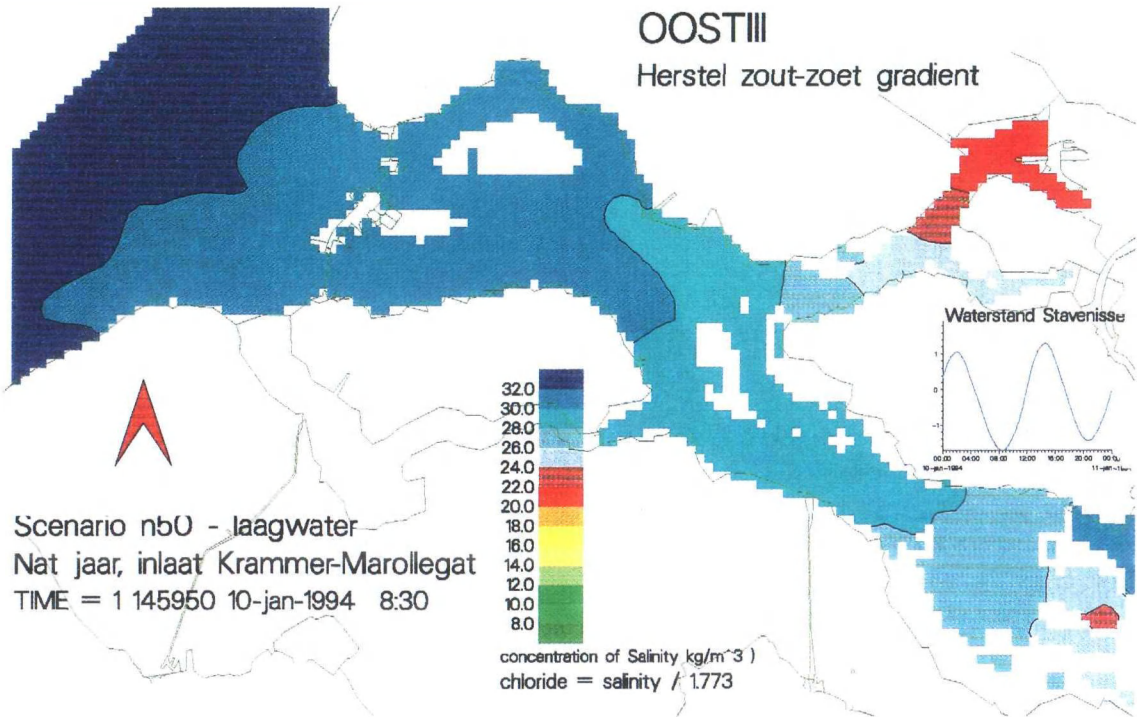
Bijlage 1.5

Ruimtelijke verdeling van het zoutgehalte bij laagwater en de hoogste zoetwatertoevoer in het plus Hollandsch Diep scenario in een droog jaar (d40) en een nat jaar (n40) bij inlaat in de Kom.



Bijlage 1.6

Ruimtelijke verdeling van het zoutgehalte bij laagwater en de hoogste zoetwatertoevoer in het overschot Volkerak-Zoommeer scenario in een nat jaar met een verdeling van het overschot naar de Noordelijke Tak en de Kom.



Bijlage 2 Het voorkomen van geselecteerde bodemdiersoorten in relatie tot zoutgehalte, dieptestratum en sedimenttype (Malta et al, 1998).

nr.	soort	Saliniteit (g Cl/l)				diepte stratum (m-NAP)				sedimenttype					
		> 15	15-10	10-5	5-2	0 - 2	2 - 5	5 - 8	> 8	veen en stenen	slib en klei	fijn zand en slibrijk zand	middel fijn en middel zand	grof zand	
Coelenterata: Anthozoa															
1	<i>Actinopthea angulicoma</i>	?	?	?	0	2	2	2	2	?	?	?	?	?	
Mollusca															
2	<i>Abra nitida</i>	2	2	?	?	1	1	2	2	0	2	2	1	0	
3	<i>Barnea candida</i>	2	?	0	0	0	1	2	2	2	2	2	0	0	
4	<i>Cerastoderma edule</i>	2	2/1	0	0	2	1	0	0	0	2	2	0	0	
5	<i>Cerastoderma glaucum</i>	1	2	2	1/0	2	1	0	0	0	2	2	0	0	
6	<i>Corbula gibba</i>	2	2	?	?	1	1	2	2	0	2	2	1	0	
7	<i>Crasostrea gigas</i>	2	2/1	1	0	2	2	1	1	0	1	2	1	0	
8	<i>Grepidula fatimata</i>	2	2	?	?	0	2	2	1	2	2	2	2	2	
9	<i>Ensis directus</i>	?	?	?	?	0	2	2	1	?	?	2	2	?	
10	<i>Hydrobia ulvae</i>	2	2	2	1/0	2	1	1	1	2	2	2	1	0	
11	<i>Littorina saxatilis</i>	2	2	1/0	0	2	0	0	0	2	0	0	0	2	
12	<i>Mya arenaria</i>	2	2	1	1/0	2	1	1	1	1	1	2	2	0	
13	<i>Mytilus edulis</i>	2	?	1	0	2	2	2	2	0	2	2	1	0	
14	<i>Petricola pholadiformis</i>	2	2/1	1/0	0	1	2	2	2	2	2	2	1	0	
15	<i>Scrobicularia plana</i>	2	2	2/1	1/0	2	1	1	1	0	2	2	1	0	
16	<i>Spisula subtruncata</i>	2	1/0	0	0	1	2	2	2	1	2	2	2	1	
17	<i>Venerupis senegalensis</i>	2	1	0	0	1	2	2	2	1	1	2	2	1	
Annelida: Polychaeta															
18	<i>Arenicola marina</i>	2	2	2/1	0	2	1	1	1	1	2	2	0	1	
19	<i>Aricidea minuta</i>	2	0	0	0	0	2	2	2	1	1	2	2	1	
20	<i>Boccardella ligetica</i>	?	?	2	2	2	2	2	2	2	0	2	2	0	
21	<i>Capitella capitata</i>	2	2	0	0	2	1	1	1	1	1	2	1	0	
22	<i>Exogone naldini</i>	2	2/1	0	0	1	2	2	2	2	2	2	1	1	
23	<i>Harmothoe imbricata</i>	2	2	2/1	0	1	2	2	1	0	2	2	1	0	
24	<i>Harmothoe nodosa</i>	?	?	?	?	2	2	2	2	2	1	2	1	2	
25	<i>Lanice conchilega</i>	2	1	0	0	1	2	2	2	0	1	2	2	0	
26	<i>Marenzelleria viridis</i>	1	2	2	1	2	2	2	2	0	0	2	0	0	
27	<i>Nephtys hombergi</i>	2	2/1	0	0	2	2	2	2	1	2	2	2	1	
28	<i>Nereis succinea</i>	2	2	2	1	1	2	2	1	2	2	2	0	0	
29	<i>Ophelia limacina</i>	2	0	0	0	1	2	2	2	0	0	1	2	2	
30	<i>Ophelia rathkei</i>	2	2/1	0	0	2	2	2	1	?	?	?	?	?	
31	<i>Paraonis fulgens</i>	2	2/1	0	0	2	2	2	2	0	0	1	2	2	
32	<i>Pholoe minuta</i>	2	1	1/0	0	1	2	2	2	2	2	2	2	1	
33	<i>Platynereis dumerili</i>	2	2	2	0	1	2	2	2	2	2	2	2	1	
34	<i>Polydora elata</i>	2	2	0	0	2	2	2	2	2	1	2	2	0	
35	<i>Polydora ligni</i>	1	2	2	2/1	2	2	2	2	1	2	2	1	1	
36	<i>Polydora quadrilobata</i>	2/1 (2)	2	1 (7)	?	1	2	2	1	1	2	2	0	0	
37	<i>Pygospio elegans</i>	2	2	2	1	2	1	1	1	1	2	2	1	1	
38	<i>Scolelepis bonnieri</i>	2	0	0	0	1	2	2	2	0	1	2	1	0	
39	<i>Streblospio shrubsolei</i>	1	2	2	1	2	2	2	2	1	2	2	1	1	
40	<i>Tharyx mationi</i>	2	2	1	0	2	2	2	2	1	2	2	1	1	
Arthropoda: Crustacea															
41	<i>Carcinus maenas</i>	2	2	1	1/0	2	2	2	2	1	2	2	2	0	
42	<i>Corophium ligidicum</i>	2	2	2/1	0	2	2	2	2	2	2	2	0	0	
43	<i>Corophium sextonae</i>	2	?	?	?	0	2	2	2	2	2	1	0	0	
44	<i>Cyathura carinata</i>	1	1	2	2/1	2	2	2	2	0	2	2	0	0	
45	<i>Eriocheir sinensis</i>	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
46	<i>Eurydice affinis</i>	2	0	0	0	2	0	0	0	0	0	2	1	0	
47	<i>Eurydice pulchra</i>	2	2	0	0	2	1	0	0	0	0	2	2	0	
48	<i>Haustorium arenarium</i>	2	2	0	0	2	2	2	2	0	0	0	2	2	
49	<i>Idotea chelipes</i>	2	2	2	2/1	0	2	2	2	2	2	2	2	2	
50	<i>Mesopodopsis slabberi</i>	2	2	2	2	0	2	2	2	2	2	2	2	2	
51	<i>Microdeutopus gryllotalpa</i>	2	2	1	0	1	2	2	1	2	2	2	0	0	
52	<i>Neomysis integer</i>	0	1	2	2	0	2	2	2	0	0	2	2	0	
53	<i>Rhythropanopeus harrisi</i>	0	2/1	2	2	0	2	2	0	0	2	1	0	0	
Echinodermata															
54	<i>Echinocardium cordatum</i>	2	1	0	0	1	2	2	2	0	1	2	2	1	

Het voorkomen van de geselecteerde soorten in relatie tot zoutgehalte, dieptestratum en sedimenttype

0=komt niet of nauwelijks voor; 1=komt voor, niet abundant; 2=komt abundant voor; ?=voorkomen niet bekend binnen categorie combinaties van scores, bijv 2/1, geven aan dat het verspreidingsgebied verloopt van bijv abundant voorkomend tot voorkomend

Bijlage 3 Overzicht van vissoorten die in de Oosterschelde voorkomen (Cattrijsse *et al*, 1998).

Nederlandse naam	Wetenschappelijke naam	Type	Nederlandse naam	Wetenschappelijke naam	Type
driedoornige stekelbaar	<i>Gasterosteus aculeatus</i>	CA	adderzeenaald	<i>Entelurus aequoreus</i>	MA
dunlipharder	<i>Liza ramada</i>	CA	doornhaai	<i>Squalus acanthias</i>	MA
fint	<i>Alosa fallax</i>	CA	dwergbolk	<i>Trisopterus minutus</i>	MA
forel	<i>Salmo trutta</i>	CA	dwergtong	<i>Buglossidium luteum</i>	MA
paling	<i>Anguilla anguilla</i>	CA	gevlekte lipvis	<i>Labrus bergylta</i>	MA
rivierprik	<i>Lampetra fluviatilis</i>	CA	groene zeedonderpad	<i>Taurulus bubalis</i>	MA
spiering	<i>Osmerus eperlanus</i>	CA	grote pieterman	<i>Trachinus draco</i>	MA
zalm	<i>Salmo salar</i>	CA	hondshaai	<i>Scyliorhinus canicula</i>	MA
zeeprik	<i>Petromyzon marinus</i>	CA	horsmakreel	<i>Trachurus trachurus</i>	MA
bot	<i>Platichthys flesus</i>	ER	kleine pieterman	<i>Trachinus vipera</i>	MA
botervis	<i>Pholis gunnellus</i>	ER	kleurige grondel	<i>Pomatoschistus pictus</i>	MA
brakwatergrondel	<i>Pomatoschistus microps</i>	ER	koolvis	<i>Pollachius virens</i>	MA
dikkopje	<i>Pomatoschistus minutus</i>	ER	lozano's grondel	<i>Pomatoschistus lozanoi</i>	MA
glasgrondel	<i>Aphia minuta</i>	ER	makreel	<i>Scomber scombus</i>	MA
grote zeenaald	<i>Syngnathus acus</i>	ER	mul	<i>Mullus surmuletus</i>	MA
harnasmannetje	<i>Agonus cataphractus</i>	ER	pitvis	<i>Callionymus lyra</i>	MA
kleine zeenaald	<i>Syngnathus rostellatus</i>	ER	ruwe haai	<i>Galeorhinus galeus</i>	MA
putaal	<i>Zoarcetes viviparus</i>	ER	schelvis	<i>Melanogrammus aeglefinus</i>	MA
slakdolf	<i>Liparis liparis</i>	ER	schurftvis	<i>Arnoglossus laterna</i>	MA
vorskwab	<i>Raniceps raninus</i>	ER	smelt	<i>Ammodytes lanceolatus</i>	MA
zandspieling	<i>Ammodytes tobianus</i>	ER	Spaanse makreel	<i>Scomberesox saurus</i>	MA
zeedonderpad	<i>Myoxocephalus scorpius</i>	ER	tongschar	<i>Microstomus kitt</i>	MA
zwarte grondel	<i>Gobius niger</i>	ER	trekkervis	<i>Balistes carolinensis</i>	MA
zwartoorlipvis	<i>Symphodus melops</i>	ER	zeepaling	<i>Conger conger</i>	MA
regenboogforel	<i>Onchorhynchus mykiss</i>	FW	griet	<i>Scophthalmus rhombus</i>	MJ
ansjovis	<i>Engraulis encrasicolus</i>	MS	haring	<i>Clupea harengus</i>	MJ
diklipharder	<i>Chelon labrosus</i>	MS	kabeljauw	<i>Gadus morhua</i>	MJ
geep	<i>Belone belone</i>	MS	koornaarvis	<i>Atherina presbyter</i>	MJ
grauwe poon	<i>Eutrigla gurnardus</i>	MS	pollak	<i>Pollachius pollachius</i>	MJ
sardien	<i>Sardina pilchardus</i>	MS	rode poon	<i>Trigla lucerna</i>	MJ
snotolf	<i>Cyclopterus lumpus</i>	MS	schar	<i>Limanda limanda</i>	MJ
sprot	<i>Sprattus sprattus</i>	MS	schol	<i>Pleuronectes platessa</i>	MJ
stekelstaartrog	<i>Dasyatis pastinaca</i>	MS	steenbolk	<i>Trisopterus luscus</i>	MJ
vijfdradige meun	<i>Ciliata mustela</i>	MS	tarbot	<i>Scophthalmus maximus</i>	MJ
			tong	<i>Solea solea</i>	MJ
			wijting	<i>Merlangius merlangus</i>	MJ
			zeebaars	<i>Dicentrarchus labrax</i>	MJ
			zeekarper	<i>Spondyliosoma cantharus</i>	MJ

ER=estuarien residente soort (Estuarine Resident)

MA=mariene toevallige gast (Marine Adventitious)

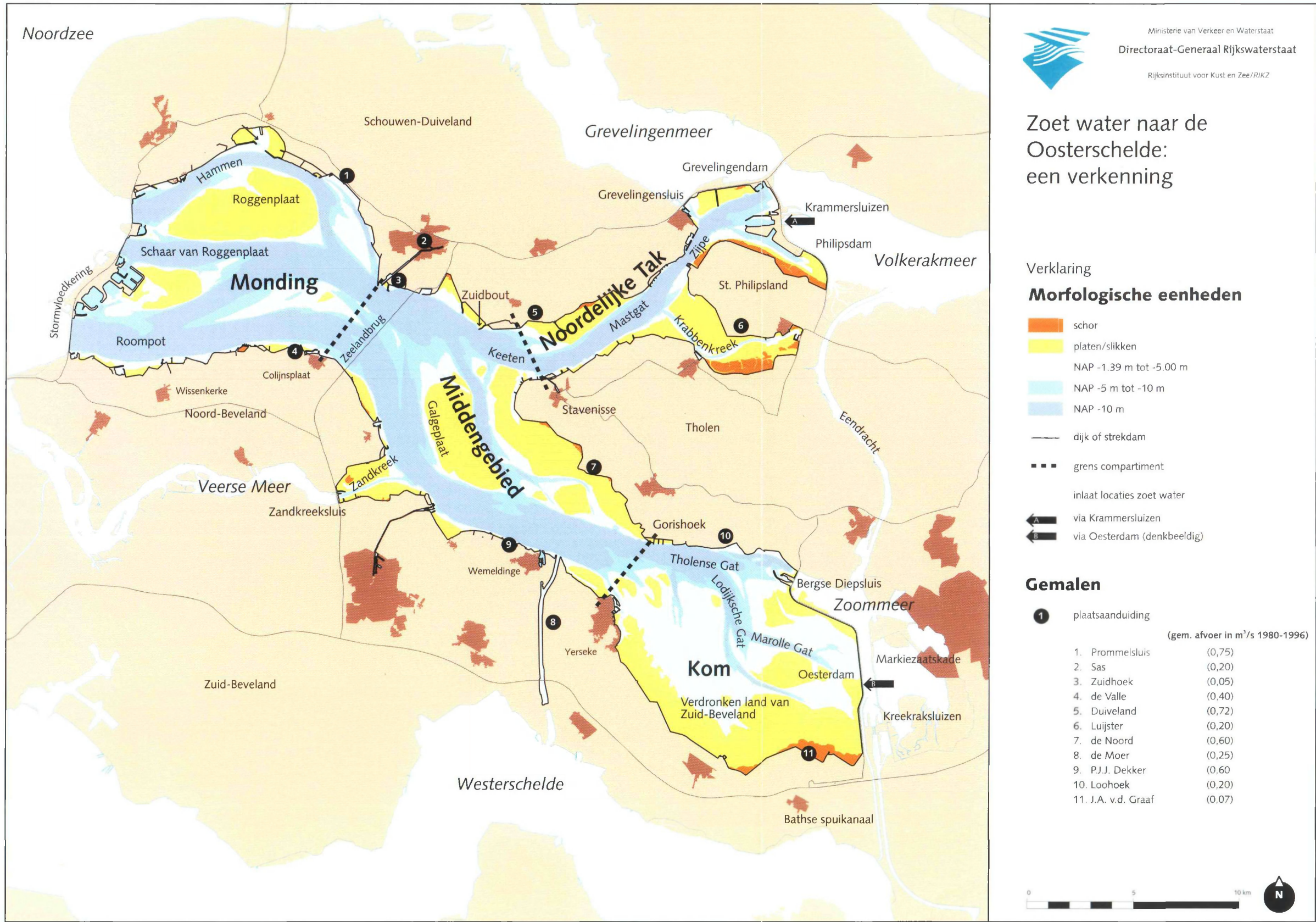
MJ=mariene soort die als juveniel aanwezig is (Marine Juvenile)

MS=mariene soort die op seizoenale basis voorkomt (Marine Seasonal)

FW=zoetwatersoort (FreshWater)

CA=diadrome soort (Catadromous-Anadromous)

Bijlage 4 Overzichtskaart Oosterschelde



Colofon

Auteur en projectleider

H.A. Haas

Werkgroep OZZO

M.W. Boute (RWS, directie Zeeland)

T.P. Bult

M.W. van Helvert

D.J. de Jong

P. Lievense (RWS, directie Zeeland)

K. Mollenhauer (student Hogeschool Zeeland)

E. Stikvoort

M.W.M. van der Tol

S.W. Verver (student Hogeschool Zeeland)

G. Wattel

Redactiegroep

D.J. de Jong

E. Stikvoort

T.P. Bult

M.W.M. van der Tol

K. Mollenhauer

S.W. Verver

Bijdragen

A. M. van Berchum

H.J.M. Baptist

T. C. Prins

NIOO-CEMO

RIVO-DLO

Bureau Waardenburg

Bureau Getijdewateren

Universiteit Gent

Eerdere versies zijn becommentarieerd door:

C. Storm, M.W. Boute (RWS, directie Zeeland)

F. Kappers en A. W. de Haas (RWS, RIZA)

T. Pieters (Bureau getijdewateren)

J. Kromkamp (NIOO-CEMO)

Opmaak & druk

Meetkundige Dienst, Afdeling Multimedia, Grafische Media

Figuren

K. Mollenhauer

S.W. Verver

Informatie

Rijksinstituut voor Kust en Zee

Postbus 8039

4330 EA Middelburg

Telefoon: 0118 67 22 00

