

Herstel van estuariene dynamiek in de zuidwestelijke Delta

M.J. Baptist, I. de Mesel, L.C.P.M. Stuyt, R. Henkes,
H. de Molenaar, J. Wijsman, N. Dankers, V. Kimmel

Rapport C119/07



Institute for Marine Resources and Ecosystem Studies

Wageningen **IMARES**

Vestiging Texel

Opdrachtgever: LNV DRZ-zuid
Postbus 6111
5600 HC Eindhoven

Publicatiedatum: December 2007

- Wageningen **IMARES** levert kennis die nodig is voor het duurzaam beschermen, oogsten en ruimte gebruik van zee- en zilte kustgebieden (Marine Living Resource Management).
- Wageningen **IMARES** is daarin de kennispartner voor overheden, bedrijfsleven en maatschappelijke organisaties voor wie marine living resources van belang zijn.
- Wageningen **IMARES** doet daarvoor strategisch en toegepast ecologisch onderzoek in perspectief van ecologische en economische ontwikkelingen.

© 2007 Wageningen **IMARES**

Foto omslag: Martin Baptist.

Wageningen IMARES is een samenwerkingsverband tussen Wageningen UR en TNO. Wij zijn geregistreerd in het Handelsregister Amsterdam nr. 34135929, BTW nr. NL 811383696B04.



A_4_3_1-V4

De Directie van Wageningen IMARES is niet aansprakelijk voor gevolgschade, alsmede voor schade welke voortvloeit uit toepassingen van de resultaten van werkzaamheden of andere gegevens verkregen van Wageningen IMARES; opdrachtgever vrijwaart Wageningen IMARES van aanspraken van derden in verband met deze toepassing. Dit rapport is vervaardigd op verzoek van de opdrachtgever hierboven aangegeven en is zijn eigendom. Niets van dit rapport mag weergegeven en/of gepubliceerd worden, gefotokopieerd of op enige andere manier zonder schriftelijke toestemming van de opdrachtgever.

Inhoudsopgave

1	Inleiding	10
1.1	Probleembeschrijving.....	10
1.2	Doelstelling van het onderzoek	10
1.3	Aanpak	11
1.4	Leeswijzer	11
2	Het Deltaplan, hoe kwam het tot stand?.....	12
3	De Deltawateren: beleid en de laatste stand van zaken	17
3.1	Gebiedsbeschrijvingen	17
3.2	Knelpunten.....	24
3.3	Beleid 26	
3.3.1	Nationaal en internationaal beleid	26
3.3.2	Regionaal beleid	28
4	Estuaria en estuariene dynamiek.....	31
4.1	Wat zijn estuaria?.....	31
4.2	De vorm van estuaria.....	33
4.3	De verhouding platen en geulen in estuaria.....	36
4.4	De menging van zoet en zout water	39
4.4.1	Introductie.....	39
4.4.2	Een getal voor de mate van menging	39
4.4.3	Zoutgradiënten	43
4.4.4	Overige gradiënten	51
4.5	Hoogdynamische en laagdynamische delen	51
4.6	Brakwater flora en fauna	52
4.6.1	Estuariene macrofauna	53
4.6.2	Estuariene vissen.....	59
4.6.3	Overige estuariene soorten	60
4.7	Nutriënten.....	61
4.8	Troebelheidsmaximum	63
4.9	Hoe wordt estuariene dynamiek bepaald?	64
5	Natura 2000	68
5.1	Natura 2000 gebieden.....	68
5.2	Natura 2000 habitattypen	69
5.3	Natura 2000 soorten	70
5.4	Typische soorten voor Natura 2000.....	72
6	Mate van herstel van estuariene dynamiek	74

6.1	Mogelijkheden voor herstel van het estuariene karakter van de Delta	74
6.2	Categorieën van maatregelen	77
7	Effecten van herstel van estuariene dynamiek voor vier macroschaal inrichtingsvarianten 80	
7.1	Inrichtingsvarianten	80
7.1.1	Variant Doordringbare Delta (DD1)	81
7.1.1.1	Technische uitvoerbaarheid	82
7.1.1.2	Hydraulische en morfologische effecten	82
7.1.2	Variant Rivierwaarts Doorlaatbare Delta (DD2)	83
7.1.2.1	Technische uitvoerbaarheid	84
7.1.2.2	Hydraulische en morfologische effecten	84
7.1.3	Variant Zeewaarts Doorlaatbare Delta (DD3).....	85
7.1.3.1	Technische uitvoerbaarheid	85
7.1.3.2	Hydraulische en morfologische effecten	86
7.1.4	Variant Dynamische Delta (DD4).....	86
7.1.4.1	Technische uitvoerbaarheid	87
7.1.4.2	Hydraulische en morfologische effecten	87
7.2	Effecten op zoutgradiënten.....	89
7.3	Mate van herstel van estuariene dynamiek	94
7.4	Effecten op Natura 2000 habitattypen.....	96
7.5	Effecten op Natura 2000 soorten	104
7.6	Effecten op visserij	108
7.6.1	Inleiding	108
7.6.2	Huidige situatie voor de visserij.....	109
7.6.3	Ontwikkeling visserij voor de vier varianten voor estuariene dynamiek .	110
7.6.4	Conclusies	114
7.7	Effecten op landbouw.....	115
7.8	Effecten op recreatie	125
7.9	Effecten op scheepvaart	132
7.10	Effecten op wonen.....	134
7.11	Klimaatbestendigheid van de zuidwestelijke Delta	135
7.12	Samenvatting effecten op gebruiksfuncties.....	136
8	Discussie	138
9	Conclusies	139
10	Referenties.....	141
	Appendix II. Soortenverspreiding volgens Wolff (1973)	153
	Appendix III. Mate van herstel van estuariene dynamiek	164
	Appendix IV. Modelbeschrijving analytisch model zout-zoetgradiënten.....	166

Appendix V. Literatuur gesorteerd168

Kwaliteitsborging

IMARES beschikt over een ISO 9001:2000 gecertificeerd kwaliteitsmanagement systeem (certificaatnummer: 08602-2004-AQ-ROT-RvA). Dit certificaat is geldig tot 15 december 2009. De organisatie is gecertificeerd sinds 27 februari 2001. De certificering is uitgevoerd door DNV Certification B.V. Het laatste controle bezoek vond plaats op 16-22 mei 2007. Daarnaast beschikt het chemisch laboratorium van de afdeling milieu over een NEN-EN-ISO/IEC 17025:2000 accreditatie voor testlaboratoria met nummer L097. Deze accreditatie is geldig tot 27 maart 2009 en is voor het eerst verleend op 27 maart 1997, deze accreditatie is verleend door de Raad voor Accreditatie. Het laatste controlebezoek heeft plaatsgevonden op 12 juni 2007.

Samenvatting

Dit rapport bevat de resultaten van een studie naar herstel van estuariene dynamiek in de Delta. In deze studie wordt beschreven wat estuariene dynamiek is, worden opties voor herstel onderzocht en wordt bekeken wat de consequenties zijn voor natuur- en gebruiksfuncties. De hierin gepresenteerde varianten voor herstel richten zich op de lange-termijn en zijn projecties voor het jaar 2100.

De aanleiding tot de vraag is de constatering dat de Deltawerken hebben geleid tot ecologische achteruitgang in de Delta met ook economische gevolgen. Het huidige beleid in de Delta is erop gericht om door middel van het herstellen van de estuariene dynamiek de geconstateerde ecologische knelpunten op te lossen. Doelstelling van de onderhavige studie is het ontwikkelen van kennis over (a)biotische eisen van habitattypen in de Delta, over de mate van herstel dat noodzakelijk is om de knelpunten in de Delta op te lossen en de gevolgen voor gebruiksfuncties en de instandhoudingsdoelstellingen van Natura 2000.

Deze studie beschrijft eerst de totstandkoming van de Deltawerken. De aanleiding hiervan was niet de stormvloedramp, maar deze heeft wel geleid tot een versnelling van het onderzoek naar hoogwaterveiligheid. Het Deltaplan werd ontwikkeld in een aantal fasen. Het uiteindelijke ontwerp was het resultaat van twee decennia lang plannen uitwerken in een periode waarin een belangrijke transitie plaatsvond van puur veiligheidsdenken naar integraal waterbeheer. Essentieel aan het plan is het afsluiten van de grote zeegaten, met uitzondering van de Westerschelde en later is ook voor de Oosterschelde een, gedeeltelijke, uitzondering gemaakt.

Door de bouw van verschillende dammen ontstonden bekkens met een zeer eigen karakter. Helaas vertonen deze bekkens ook hun karakteristieke ecologische problemen. De zoete stagnante systemen leiden aan eutrofiering, de zoute stagnante systemen hebben een verhoogd risico op stratificatie, alle stagnante systemen vertonen erosie van oevers en/of schorren, de harde overgangen vormen barrières voor migrerende organismen, de Oosterschelde leidt aan zandhonger waardoor platen en slikken verdwijnen en gebrek aan ruimtelijke samenhang tussen de bekkens is een algemeen probleem.

De ecologische problemen in de Delta hebben, mede gevoed door nationale en internationale beleidsontwikkelingen, geleid tot het formuleren van een Agenda voor een Deltaprogramma. In dit programma wordt een zoekrichting beschreven voor de oplossing van de problemen die op de Deltawateren af komen. De zoekrichting voor ecologisch herstel is "herstel van estuariene dynamiek". Daarnaast zal de veiligheid tegen overstromen gewaarborgd moeten blijven en zal de economische ontwikkeling een impuls moeten krijgen.

Estuaria vormen een overgangsgebied tussen de rivier en de zee. Het meest kenmerkend is de gradiënt in zoutgehalte. Deze studie beschrijft hoe het zoutgehalte in de situatie voor uitvoering van de Deltawerken verliep in het Haringvliet, de Grevelingen en de Oosterschelde. Het geeft hiermee een referentie van de voormalige situatie en wat er dus maximaal haalbaar is bij het herstellen van de zoutgradiënten. Estuaria worden gekenmerkt door een aantal gradiënten die kunnen worden vertaald in 'dynamiek' parameters:

1. zoutdynamiek;
2. rivierdynamiek;
3. getijdynamiek,;
4. morfodynamiek;
5. nutriëntendynamiek;
6. slibdynamiek.

De mate van dynamiek drukt uit in hoeverre estuariene gradiënten hersteld zijn.

Mogelijkheden voor herstel van estuariene gradiënten in de Delta zijn er genoeg. De samenhang tussen de watersystemen kan op verschillende manieren worden vergroot waardoor (een deel van) bovenstaande dynamiek wordt hersteld. Het herstellen van zoet-zout overgangen is een deeloplossing voor het herstellen van estuariene dynamiek. Ook kan de samenhang tussen het water en het land worden vergroot, waarmee bv. migratiemogelijkheden worden verbeterd of waarmee de natuurkwaliteit kan worden vergroot. Het herstellen van de oorspronkelijke hydromorfologische

evenwichtsituatie is echter zeer moeilijk, zodat oevererosie en erosie van intergetijdegebieden (platen, slikken en schorren) een probleem zal blijven. Beheermaatregelen zullen noodzakelijk blijven.

De uitvoerbaarheid van de maatregelen, in termen van effecten op gebruikers en kosten, is vaak het probleem. De Deltawerken vormden een compromis waarin verschillende belangen en gebruiksfuncties zijn behartigd. Iedere wijziging in het plan betekent dat opnieuw aan de onderhandelingstafel dient te worden plaatsgenomen.

Bij herstel van estuariene dynamiek zal rekening moeten worden gehouden met de Natura 2000 gebieden en instandhoudingdoelen. In deze studie zijn voor de Zuidwestelijke Delta de Natura 2000 gebieden geïdentificeerd die beïnvloed kunnen worden door herstelmaatregelen. Deze gebieden bevatten in totaal 16 habitattypen waarvoor de gebieden zijn aangewezen voor de Habitatrichtlijn. De Natura 2000 doelen zijn voornamelijk niet specifiek gericht op herstel van estuariene dynamiek in de Delta. Echter, voor Krammer-Volkerak en Zoommeer worden de doelen afhankelijk gesteld van de uitkomsten van de inrichtingsvariant zoet of zout. Voor het gebied Haringvliet zijn doelen passend bij de afspraken met betrekking tot de 'kier' gemaakt. Dit betekent dat voornamelijk geen verdergaande zoet-zoutmaatregelen voor Haringvliet en hiermee in relatie staande systemen als Hollandsch Diep, Biesbosch en Oude Maas voorzien worden en dat in een estuarien Grevelingen ook nog niet is voorzien.

In deze studie is onderzocht wat de mogelijkheden en effecten zijn van vier integrale inrichtingsvarianten voor de zuidwestelijke Delta. De inrichtingsvarianten streven allen herstel van estuariene dynamiek na door grootschalig herstel van getij en rivierafvoer in de voormalige estuaria Haringvliet, Grevelingen en Oosterschelde. De varianten verschillen van elkaar in de technische uitvoering. De variant Doordringbare Delta (DD1) is beperkt tot het aanleggen van extra doorlaatmiddelen in de dammen en het gebruik van de Haringvlietsluizen als stormvloedkering. In de variant Rivierwaarts Doorlaatbare Delta (DD2) is extra ten opzichte van DD1 de verwijdering van compartimenteringsdammen of wijziging ervan in bruggen, zodat rivieren weer vrijelijk kunnen afstromen. In de variant Zeewaarts Doorlaatbare Delta (DD3) is extra ten opzichte van DD1 de aanleg van een Brouwers-stormvloedkering en een Veerse Gat-stormvloedkering. De variant Dynamische Delta (DD4) combineert stormvloedkeringen met bruggen.

Herstel van estuariene dynamiek kan gedeeltelijk bereikt worden door het aanleggen van doorlaatmiddelen. Veel van de huidige problemen in de Delta kunnen hiermee worden opgelost. De waterkwaliteit in de systemen verbetert (stratificatie, blauwalgenbloei en zuurstofloosheid verdwijnen), intergetijdegebieden en brakke ecotopen worden hersteld en de huidige oevererosie door een stabiel peil wordt gestopt. De diversiteit en totaal areaal aan Natura 2000 habitattypen neemt toe. Het aanleggen van doorlaatmiddelen zal ook ten goede komen aan migrerende vissoorten, zeker in combinatie met vispassages, maar deze zijn nog beter geholpen met geheel open verbindingen. De uitwisseling van getij en rivierafvoer op de estuariene overgangen in het Volkerak-Zoommeer, belangrijk voor de slibdynamiek, kan worden versterkt door het wijzigen van de compartimenteringsdammen in bruggen. De getijslag die hiermee wordt hersteld is aanzienlijk en dit zal complicaties hebben voor de functies wonen en scheepvaart. Door het wijzigen van de Brouwersdam en de Veerse Gatdam in stormvloedkeringen zal er een aanzienlijk getij worden gecreëerd op het Grevelingenmeer (70% van oorspronkelijk) en het Veerse Meer (70% van oorspronkelijk). Hiermee zal ook de morfodynamiek en het areaal aan intergetijdegebieden toenemen. Er zullen aanpassingen aan de lokale infrastructuur moeten worden gemaakt om deze getijslag te accommoderen.

De meest vergaande inrichtingsvariant combineert stormvloedkeringen aan de zeezijde en open verbindingen aan de rivierzijde. De estuariene dynamiek wordt hiermee bijna volledig hersteld. Enige minpunten zijn dat de getijslag in het Haringvliet slechts de helft is van de oorspronkelijke situatie en de nutriëntenstroom vanuit de Rijn/Maas gaat nagenoeg ongezuiverd door het Haringvliet naar de Noordzee. De open verbindingen zijn gunstig voor trekvis (belangrijke Natura 2000 soorten) en voor het bereiken van stabiele vispopulaties. De ontstane estuaria fungeren als kraamkamer voor platvis en de zaadval en productie van schelpdieren wordt verhoogd. De effecten op de landbouw laten zich vooral gelden in gebieden waarin de zoetwateraanvoer wordt beperkt. Problematisch is dat de zandhonger in de Oosterschelde niet verdwijnt, maar zelfs wordt uitgebreid naar de Grevelingen,

het Volkerak-Zoommeer en mogelijk ook het Veerse Meer. Tot slot zullen de gebruiksfuncties wonen en scheepvaart hinder ondervinden.

1 Inleiding

1.1 Probleembeschrijving

De Deltawerken brachten veiligheid in de Zuidwestelijke Delta. Inmiddels is duidelijk dat de Deltawerken naast kernfuncties ook een keerzijde hebben, namelijk die van ecologische achteruitgang van de ontstane Deltawateren.

Hoofddoelstelling van het nationale beleid (Nota Ruimte) voor de Delta is: *“De ontwikkeling van activiteiten die de nationale concurrentiepositie versterken te combineren met ontwikkelingen die de veiligheid tegen overstromingen vergroten en de waarden van natuur, landschap en cultuurhistorie versterken.”* Het herstellen van de estuariene dynamiek (getijdenbeweging, graduele overgangen tussen zoet en zout water, zand en klei, nat en droog,...) in de Delta is hierin een belangrijke oplossingsrichting voor een duurzaam herstel van de ecologische kwaliteit, gecombineerd met de handhaving van de veiligheid tegen overstromingen en het transport over water. Door het herstellen van de estuariene dynamiek worden gebruiksfuncties in de Delta beïnvloed en dit kan zowel gunstig als ongunstig uitpakken. In de onderhavige studie wordt de nadruk gelegd op het ecologische herstel en wordt mede bekeken wat het effect is op overige gebruiksfuncties.

De doelgroep voor deze studie (LNV beleidsmedewerkers) streeft naar herstel van de ecologische kwaliteiten van de Deltawateren in hun onderlinge samenhang door herstel van estuariene dynamiek, met mogelijkheden voor duurzaam medegebruik door andere functies, zoals visserij, landbouw, recreatie, etc.

Dit onderzoek reikt verder dan het realiseren van de Natura 2000 doelen. Het uitgangspunt van de studie wordt gevormd door de ecologische knelpunten in de Deltawateren. Gekeken wordt naar de mate waarin herstel van estuariene dynamiek nodig is om die knelpunten op te lossen. Vervolgens wordt gekeken in hoeverre herstel van estuariene dynamiek mogelijk is (realistisch denkbaar), gezien vanuit andere functies. Omdat er in en langs de Deltawateren meerdere gebruikers zijn, is het van belang de gebruiksfuncties, hun eisen en de gevolgen van herstelopties van estuariene dynamiek (positieve en negatieve) voor deze functies duidelijk zichtbaar te maken. De hierin gepresenteerde varianten voor herstel richten zich op de lange-termijn en zijn projecties voor het jaar 2100.

Bij herstelopties voor estuariene dynamiek wordt gedacht aan:

1. herstellen van alle voormalige zeearmen/ estuaria (Oosterschelde, Grevelingen, Haringvliet-Hollandsch Diep);
2. herstellen van twee van de drie voormalige zeearmen/ estuaria (nog open is welke twee).

Ook de overgangen tussen binnendijkse en buitendijkse gebieden behoeven aandacht. Het enkel herstellen van estuariene overgangen in de zeearmen is nog niet voldoende voor een ecologisch herstel van de Delta.

Er is behoefte aan:

- het ontwikkelen van beleidsrelevante kennis over de (a)biotische eisen die de habitattypen en soorten, behorend bij een goed functionerend delta-ecosysteem, stellen;
- het ontwikkelen van kennis over de mate waarin herstel van estuariene dynamiek nodig is om de knelpunten in het huidige delta-ecosysteem op te lossen (“afstand” tussen vereisten gezond delta-ecosysteem en huidige delta-ecosysteem);
- het ontwikkelen van kennis over de gevolgen (positieve en negatieve) van die benodigde mate van herstel van estuariene dynamiek voor de gebruiksfuncties in en langs de Deltawateren: welke duurzame combinatiemogelijkheden zijn er?
- aanbevelingen voor eventuele bijstelling van de Natura2000 instandhoudingsdoelen.

1.2 Doelstelling van het onderzoek

Doel van het onderzoek is het beantwoorden van bovenstaande kennisvragen zodat de opdrachtgever (LNV) met een gefundeerde visie en positievorming de LNV-doelen in het politiek-bestuurlijke proces in de zuidwestelijke Delta kan inbrengen.

1.3 Aanpak

De studie startte met een literatuurstudie naar verschillende visies op 'herstel estuariene dynamiek' en verschillende definities van 'estuariene dynamiek'. Vervolgens werden de volgende werkzaamheden verricht:

1. Inventarisatie van (a)biotische eisen voor herstel van estuariene dynamiek, de huidige knelpunten in de Delta en doelstellingen voor herstel. Hierbij werd kennis verzameld over de mate waarin herstel van estuariene dynamiek noodzakelijk is om de knelpunten in het huidige delta-ecosysteem op te lossen ("afstand" tussen vereisten van een gezond delta-ecosysteem en het huidige delta-ecosysteem).
2. Inventarisatie van het belang van de Zuidwestelijke Delta voor gebruiksfuncties en gebruiksvormen (scheepvaart, visserij, recreatie, landbouw, klimaatbestendigheid etc.) in relatie tot herstel estuariene dynamiek.
3. Formuleren van inrichtingsvarianten en de voor- en/of nadelen die de gebruiksfuncties ondervinden bij de benodigde mate van herstel van estuariene dynamiek, en welke duurzame combinatiemogelijkheden van gebruiksfuncties bij herstel van estuariene dynamiek mogelijk zijn.

Het resultaat is een nadere precisering en kwantificering van estuariene dynamiek. Een koppeling werd gelegd met diverse gebruiksfuncties in de Delta. Herstel van estuariene dynamiek betekent in sommige gevallen een kans en voor andere gevallen een bedreiging.

Vervolgens werd nagegaan in hoeverre herstel van estuariene dynamiek gerealiseerd kan worden met verschillende in verkennings-/ plan-/ uitvoeringsfase zijnde inrichtings- en beheersvarianten (bv. Planstudie/m.e.r. waterkwaliteit Volkerak-Zoommeer, Ander beheer Haringvlietssluisen, visie Zicht op de Grevelingen etc.). Hierbij werd meegenomen in hoeverre herstel noodzakelijk is om knelpunten in het huidige delta ecosysteem op te lossen en in hoeverre duurzame combinatiemogelijkheden van gebruiksfuncties mogelijk zijn. Ook werd nagegaan in hoeverre estuarien herstel mogelijk is met behoud van de Deltawerken in de huidige vorm en of dit realiseerbaar is voor 1, 2, of 3 zee-armen. De Westerschelde is in deze studie niet behandeld, dit wordt besproken in Craeymeersch (2007).

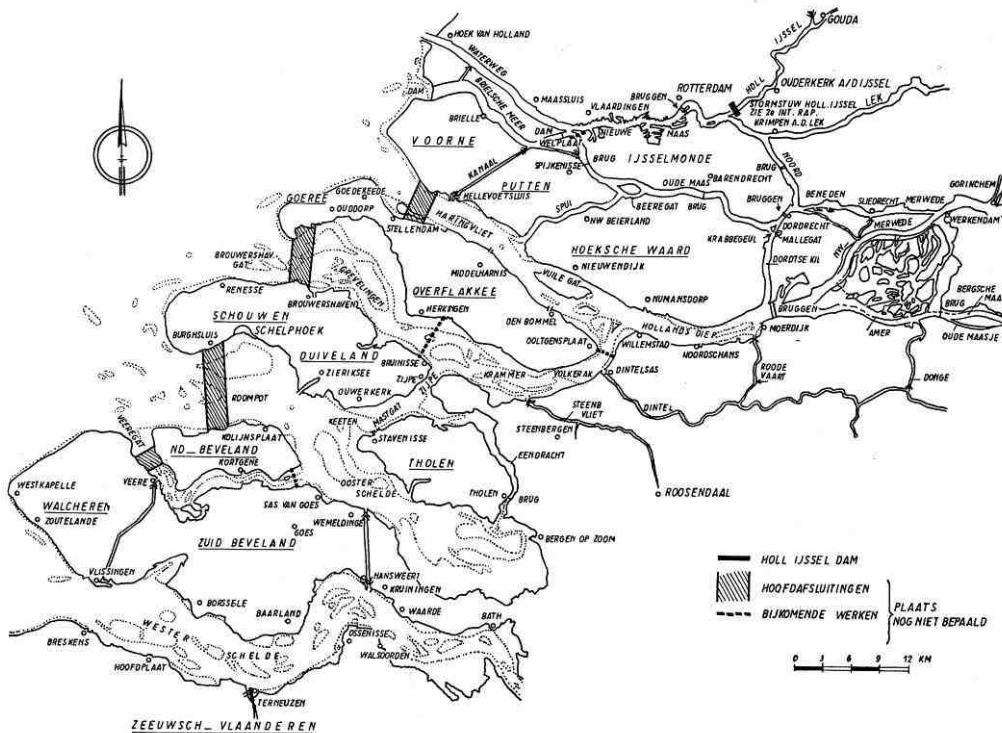
Voor vier inrichtingsvarianten werden de consequenties voor de mate van herstel van estuariene processen op de natuurfuncties van de zuidwestelijke Delta geanalyseerd. Hierbij zijn habitats en soorten uit Natura 2000 geselecteerd. Ook de consequenties voor gebruiksfuncties, waarvan in deze studie de belangrijkste zijn landbouw, visserij en recreatie, zijn geanalyseerd. Er is onderzocht wat de invloed is op de huidige gebruiksfuncties in hun huidige vorm, positief en negatief.

Het resultaat is een nadere onderbouwing van de realiseerbaarheid van herstel van estuariene dynamiek en een onderbouwing van de mate waarin dit zal bijdragen aan de oplossing van problemen in de Delta.

1.4 Leeswijzer

Wanneer er wordt nagedacht over het herstellen van de voormalige zeearmen in de Delta is het van belang om inzicht te hebben in de beweegredenen om deze af te sluiten. Dit rapport begint daarom met een beschrijving van de totstandkoming van de Deltawerken in Hoofdstuk 2. In Hoofdstuk 3 wordt de huidige situatie van de Deltawateren beschreven, inclusief de knelpunten en het beleid in de Delta. Herstel van de voormalige estuaria is hoofdpunt van beleid. Daarom wordt in Hoofdstuk 4 besproken wat estuaria zijn en hoe deze gekenmerkt worden. Hoofdstuk 5 gaat in op de Natura2000 gebieden en soorten in de Zuidwestelijke Delta. In Hoofdstuk 6 wordt een kort overzicht gegeven van de mogelijkheden van herstel van estuariene dynamiek. Voor vier grootschalige inrichtingsvarianten is een uitwerking gegeven in Hoofdstuk 7. Tot slot geven Hoofdstuk 8 en Hoofdstuk 9 een discussie en de conclusies van de studie.

2 Het Deltaplan, hoe kwam het tot stand?



Figuur 1. Het Deltaplan volgens het vijfde interim-advies van de Deltacommissie. Uit: (Maris *et al.* 1956).

Hoewel sommigen er met gemengde gevoelens op terugkijken is het Deltaplan goed doordacht en is er ruimte geweest voor verbeteringen. Een historische analyse laat zien dat er goede argumenten zijn aangedragen om de Deltawerken in hun huidige vorm te bouwen. Maar **dit betekent ook dat de werken niet eenvoudig terug te draaien zijn, of te vervangen door oplossingen die de veiligheid in stand houden én de estuariene dynamiek terugbrengen.**

Bekend is dat vóór de stormvloed van 1953 al plannen werden gemaakt om de hoogwaterveiligheid van zuidwest-Nederland te verbeteren. Reeds voor de Tweede Wereldoorlog had men het Vijf-eilandenplan, het Vier-eilandenplan, de Nieuwe Rivier dwars door het Eiland van Dordrecht naar de Oude Maas en plannen voor afgedamde rivieren. Het plan dat de meeste bekendheid heeft verkregen was het zgn. Vijf-eilandenplan, waarvan de kenmerken zijn (Maris *et al.* 1956):

1. Ringdijk om 5 eilanden, te weten IJsselmonde, Hoekse Waard, Eiland van Dordt, Rozenburg en Vorne-Putten (Stuvel 1962).
2. Zeehaven van Dordrecht in de boezem, dus achter één sluis.
3. Twee extra sluizen in de kortste verbinding Rotterdam-Antwerpen.
4. Meer zoet water naar de Rotterdamse Waterweg.

De verschillende plannen leidden tot de contouren van de Deltawerken. In de laatste fase van de eilandenplannen, in 1952, is een stormvloedkering in de Hollandse IJssel gepland en zijn de Haringvliet en het Volkerak afgedamd gepland. Ook was er al gestudeerd op afsluiting van het Veerse Gat (door prof. ir. P. Ph Jansen van de Technische Hogeschool Delft). En er werden verschillende planvarianten gesimuleerd in het grote model van de benedenrivieren in het Waterloopkundig Laboratorium Delft (Stuvel 1962).

Op 2 december 1952 gaf de Minister van Verkeer en Waterstaat, Dhr. Algera, opdracht om het gehele geulennet tussen Walcheren, Beveland en de Waterweg in de plannen te betrekken. Met andere woorden, om werk te maken van het afdammen van de zeegaten tussen Walcheren en Voorne. Op 29 januari 1953 diende dr. ir. J. van Veen een nota in omtrent "Afsluitingsplannen der Tussenwateren". Drie dagen later vond de stormvloedramp plaats.

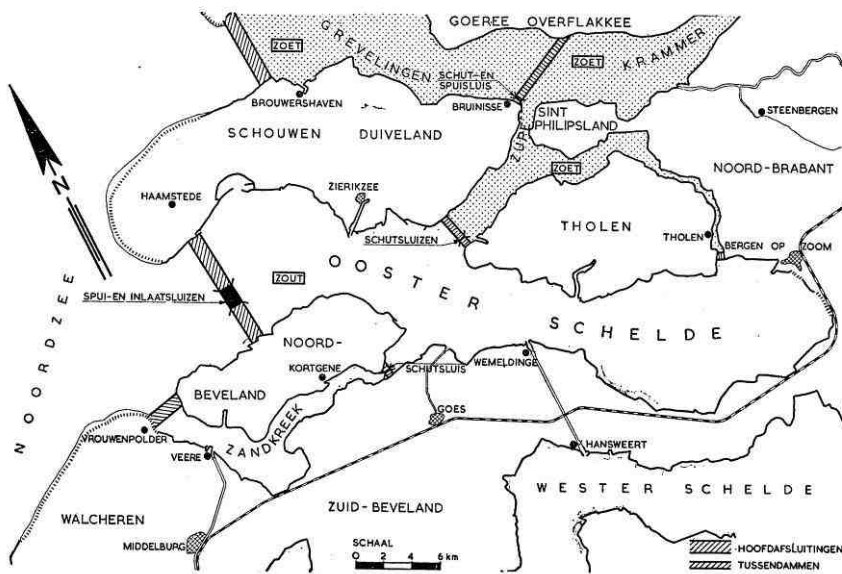
De Minister van Verkeer en Waterstaat reageerde door het instellen van een Deltacommissie, op 21 februari 1953 ingesteld en volledig bestaande uit civiel ingenieurs. In hun derde interim-advies voert de commissie tal van argumenten aan waarom alle commissieleden unaniem het afsluiten van de zeegaten prefereren boven verhoging van bestaande dijken (Stuvel 1962):

1. Ruim 700 km aan bestaande dijken zouden anderhalf tot twee meter verhoogd moeten worden;
2. Dijken zouden ook moeten worden verbreed, ten koste van 2500 ha cultuurgrond en ten koste van bebouwing, industrie, kunstwerken, etc.;
3. Bestaande dijken hebben verborgen gebreken (bleek na de stormvloedramp);
4. Dijk- en oevervallen (tussen 1882 en 1953 in Zeeland 375 stuks, waarvan in de Oosterschelde 250) zouden kunnen blijven optreden;
5. Op veel plaatsen heeft de ondergrond te weinig draagkracht voor een verzwaarde dijk;
6. Men zou 700 km dijken moeten onderhouden;
7. De verantwoordelijkheid van het beheer over deze waterkering is verdeeld over een groot aantal instanties.

In hun vijfde interim-advies adviseerde zij over een Deltaplan volgens Figuur 1 (Maris *et al.* 1956). Veel details moesten nog worden uitgewerkt, maar op hoofdlijnen bestond het plan uit afsluitdammen (al of niet met sluisen) in het Veerse Gat, de Oosterschelde, het Brouwershavense Gat en de Haringvliet. Secundaire dammen moesten komen in de Zandkreek, de Grevelingen en het Volkerak. Ook kwam er een stormvloedkering in de Hollandse IJssel.

De secundaire dam in de Zandkreek was nodig omdat anders, na afsluiten van het Veerse Gat, de stroomsnelheden in de Zandkreek ontoelaatbaar hoog zouden worden wanneer de kom tussen Noord- en Zuidbeveland zou vullen en legen. Het Veerse Meer is hiermee ontstaan. De secundaire dam in de Grevelingen was nodig omdat anders bij het afsluiten van hetzij het Brouwershavense Gat, hetzij de Oosterschelde, de stroomsnelheden bij Zijpe veel te hoog zouden worden, wanneer de afgesloten kom via het Zijpe zou worden gevuld en geleegd. Deze dam was zo oostelijk mogelijk in de Grevelingen gepland, in het wantij. Een derde secundaire dam was voorzien in het Volkerak, voorzien van spui- en schutsluisen met de bedoeling om de sluisen bij Wemeldinge open te kunnen laten staan en om een grote zoetwatervoorraad te kunnen maken; het Zeeuws Meer.

Opvallend is de uitspraak van ir. J.W. de Vries, Hoofdingenieur-directeur van de Rijkswaterstaat, tijdens een voordracht in het Kurhaus te Scheveningen op 24 februari 1956: "*het enige grote nadeel dat aan de werken van het Deltaplan verbonden is, is het verloren gaan van de oesterteelt in de Oosterschelde*". Als mogelijke oplossing werd (toen al) aan een 'geperforeerde dam' gedacht, Figuur 2. **Hierbij werd door ir. De Vries direct aangetekend dat wanneer de waterbeweging in een bekken zou worden opgeheven, dat dan de geulen zouden verzanden.** En: "*men zal dat ongetwijfeld zien buiten de dammen van de Oosterschelde en het Brouwershavense Gat evenals dat thans te zien is buiten de afsluitdam in de Brielse Maas*". Ook werd gezegd dat: "*wil men een getijbeweging in de Oosterschelde enigszins in stand houden, dan zijn zulke kunstwerken nodig, dat de kosten van een en ander in geen verhouding meer zouden staan tegenover de waarde van het behoud der oesterteelt*". Als alternatief werd destijds een laboratorium opgericht door het Ministerie van Landbouw, Visserij en Voedselvoorziening in Wemeldinge om de mogelijkheden voor oesterkweek in een zout Grevelingenmeer te onderzoeken (Maris *et al.* 1956).



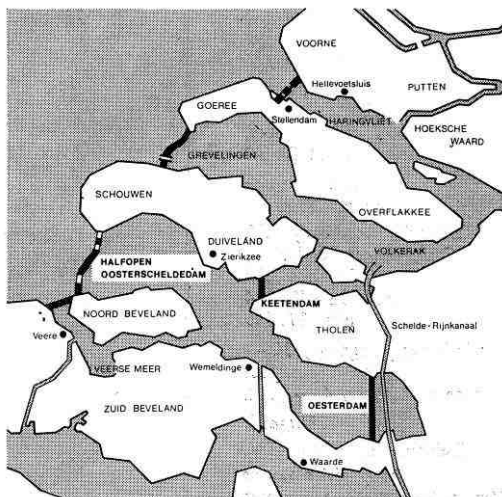
Figuur 2. Geperforeerde dam in de Oosterschelde. Uit: Maris *et al.* (1956).

In het plan werden belangrijke voordelen gezien voor de scheepvaart, de landbouw en de infrastructuur van de eilanden. Scheepvaartroutes zouden getijloos zijn en conform het Scheldetraktaat van 1839 (een scheidingsverdrag tussen Nederland en België waarin een vrije verbinding met de zee voor Antwerpen werd afgesproken). De verzilting en verdroging zouden worden bestreden, onder andere door het terugdringen van de zoutgrens op de Waterweg. Enige problemen werden verwacht met ijsgang op het zoete Zeeuws Meer en het Haringvliet. De Haringvlietssluisen zouden met het oog hierop brede doorgangen moeten krijgen die ook zeewater toelaten op het Haringvliet en: *“de getijbeweging kan men naar believen in meer of minder getemperde mate toelaten”* (Stuvel 1962). Door uitvoering van het Deltaplan zou men in staat zijn te voorkomen dat zout water de rivieren op gaat, terwijl er veel meer water aan de rivieren kon worden onttrokken. Hiermee zou het Zeeuws Meer worden gevuld, een zoetwatervoorraad van 500 miljoen m³. Behalve een rol in de landbouw en drinkwaterwinning, werd er aan dit meer ook een belangrijke rol toebedeeld als waterbergingsreservoir bij hoge rivierafvoeren. Ter bestrijding van het zoute water in de Waterweg (en Hollandse IJssel) zou een minimum van 600 m³/s door Rotterdam worden geleid om de zoutgrens beneden Parkhaven te houden. Dan moest wel de Oude Maas worden afgesloten (Stuvel 1962).

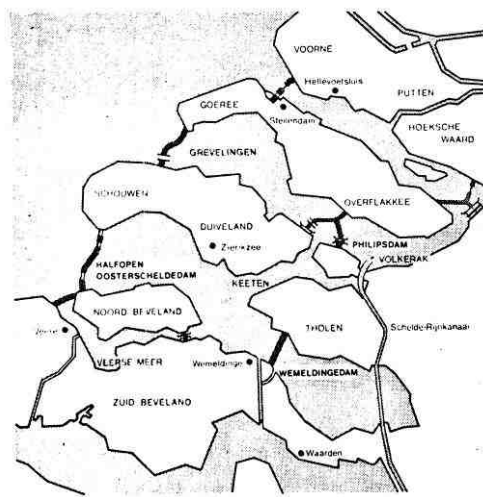
Tussen 1960 en 1970 ontstond een groeiende weerstand tegen de afsluiting van de Oosterschelde. Niet alleen binnen de Waterstaat, maar ook daarbuiten werden alternatieven bedacht. Een interdisciplinaire groep studenten van de Technische Hogeschool Delft, de Landbouwhogeschool Wageningen, de Rijksuniversiteit Utrecht en de Economische Hogeschool Rotterdam brachten in 1972 een integrale planstudie uit waarin werd voorgesteld om een stormvloedkering aan te leggen (THDelft 1972).

In 1973 werd besloten tot een instelling van de Commissie Oosterschelde. Zij bracht op 1 maart 1974 een advies uit tot de bouw van een stormvloedkering die onder normale omstandigheden een ongeveer tot op de helft gedempte getijdebeweging zou toelaten, maar bij gevaarlijke storm zou worden gesloten. Het Oosterscheldebekken zou worden verkleind door twee compartimenteringsdammen in het Keeten (de Keetendam) en achter in de Oosterschelde (de Oosterdam), model C5, Figuur 3 (Saeijs 1975).

De Raad van de Waterstaat stelde voor om een Philipsdam en een Wemeldingedam te bouwen, aangezien deze beter waren voor de scheepvaart, model C4, Figuur 4. **Deze oplossing zou echter het einde van de oester- en mosselcultuur betekenen.** De Raad vond dit aanvaardbaar en ook de besturen van de Provincies Zeeland, Noord-Brabant en Zuid-Holland, evenals de meeste waterschappen vonden deze wijze van afsluiting aanvaardbaar, mits de veiligheid omstreeks 1978 reeds gegarandeerd zou kunnen worden.



Figuur 3. Model C5 van het Deltaplan (Commissie Oosterschelde). Uit: Saeijs (1975).



Figuur 4. Model C4 van het Deltaplan (Raad van de Waterstaat). Uit: Saeijs (1975).



Figuur 5. Model C3 van het Deltaplan (Rijks Planologische Dienst). Uit: Saeijs (1975).

De Rijks Planologische Dienst, tenslotte, bracht op verzoek van de Minister van Volkshuisvesting en Ruimtelijke Ordening advies uit in september 1974. **Zij meende dat de schelpdiercultures zouden kunnen blijven voortbestaan** en stelde voor een Philipsdam en een Oesterdam te bouwen, evenals een scheepvaartkanaal door Zuid-Beveland, het Waardekanaal, model C3, Figuur 5. Dit advies werd door de regering overgenomen onder enige ontbindende voorwaarden (Saeijs 1975):

1. als de oplossing technisch niet realiseerbaar zou blijken;
2. als ze niet omstreeks 1985 klaar zou kunnen zijn;
3. als de kosten de 1,7 miljard gulden te boven zouden gaan (met een speling van 20%).

In het uiteindelijke ontwerp is op aspecten afgeweken van model C3, vooral bij het Schelde-Rijn kanaal en het Spuikanaal bij Bath.

Het Deltaplan creëerde harde overgangen tussen zoet en zout water in verschillende grootschalige deelsystemen, Figuur 7. Maar ook werden alle uitwateringssluizen 'verbeterd' waardoor ook kleinschalige barrières werden aangebracht en er harde overgangen bestaan tussen land en water.

Het Deltaplan in zijn huidige vorm was het uiteindelijke resultaat van drie decennia lang plannen uitwerken in een periode waarin een belangrijke transitie plaatsvond van puur veiligheidsdenken naar integraal waterbeheer. Het resultaat vormt een compromis waarin verschillende belangen en gebruiksfuncties zijn behartigd. **Iedere wijziging in het plan betekent dat opnieuw aan de onderhandelingstafel dient te worden plaatsgenomen.**

3 De Deltawateren: beleid en de laatste stand van zaken

De verschillende watersystemen in de Delta worden hieronder kort beschreven. Een uitgebreide beschrijving van alle systemen in de Delta, omvattende het beheer, de functies (natuur, transport, veiligheid, recreatie, beroepsvisserij, delfstoffenwinning, drinkwater, landbouw), autonome ontwikkeling en trends, kansen en bedreigingen, kennisleemten en financiën, en inclusief waterkwaliteitsgegevens is gegeven door Withagen (2000).

3.1 Gebiedsbeschrijvingen

De Westerschelde

De Westerschelde is een estuarien systeem, dat wordt gekarakteriseerd door een hoge morfologische dynamiek. Er komen zeldzame landschappen en biotopen voor, waaronder het brakwaterschor Saeftinge. De vermenging van zout en zoet water binnen de waterkolom en in de lengterichting geeft een basis voor bijzondere levensgemeenschappen. De Westerschelde is met een groot areaal aan platen en slikken van groot belang voor bodemdieren. Verder is het een broed-, rust- en foerageergebied voor vogels zoals de bergeend en vele steltlopers, heeft het een functie als kinderkamer voor jonge vis, en is het een verblijfplaats voor zeehonden.

In het mondingsgebied van de Westerschelde liggen enkele grote stranden en er is plaatselijk oever- en dijkrecreatie.

De waterkwaliteit van de Westerschelde is verbeterd, maar nog niet in voldoende mate, vooral omdat in de bodem veel zware metalen, PCB's en PAK's voorkomen. Hierdoor blijft de Westerschelde tot op heden één van de meest vervuilde estuaria van Europa.

De Westerschelde wordt gekenmerkt als een zeer drukke vaarweg en kent verschillende haven- en industriegebieden. Het is één van de drukst bevaren estuaria van de wereld. Jaarlijks varen meer dan 200.000 zee- en binnenvaartschepen de stroom op of af. In de vaargeul van de Westerschelde liggen elf natuurlijke drempels. Schepen met een grote diepgang, met name containerschepen, moeten wachten op een gunstig getij om van en naar Antwerpen te kunnen varen. Om de wachttijden te verkorten zal in de nabije toekomst de vaargeul door Vlaanderen en Nederland verdiept en verbreed worden. Schepen met een diepgang van 13,10 meter kunnen dan onafhankelijk van het getij doorvaren naar de haven van Antwerpen. Voor de verruiming is het nodig om de elf natuurlijke drempels in de vaargeul te verlagen met ongeveer anderhalve meter. In de omgeving van Antwerpen is verbreding van de Zeeschelde nodig over een lengte van vijf kilometer. Het gebaggerde materiaal dat bij deze verruimingsmaatregelen vrijkomt, is over het algemeen schoon genoeg om weer terug te storten in het Schelde-estuarium. Het kiezen van de stortlocaties moet echter zorgvuldig gebeuren.

De reeds uitgevoerde verruiming hebben de bodemopbouw en de morfologie van de platen in de Westerschelde veranderd. De inhoud van de platen is toegenomen en slibrijke delen zijn armer aan slib geworden. De continue baggerwerkzaamheden in de havens vergroten de troebelheid van het water.

In de Westerschelde ligt de opgave om de kwaliteit van het estuarium te verbeteren. Maar aangezien de Westerschelde reeds een functionerend estuarium is, zal het in deze studie niet nader beschouwd worden. De gewenste ontwikkeling voor de Westerschelde wordt onder andere onderzocht in de ontwikkelingsschets Schelde-estuarium 2010 (www.proses.nl).

Een nadere studie naar biologische indicatoren voor de Westerschelde is uitgevoerd door Craeymeersch (2007).

De Oosterschelde

In de monding van de Oosterschelde is een stormvloedkering gebouwd. Deze kering sluit de monding gedeeltelijk af (in open toestand), zodat er minder getijvolume in en uit stroomt en de getijslag is gereduceerd. Om toch een zo groot mogelijk getijverschil te behouden, zijn in het oostelijk deel compartimenteringdammen aangelegd, welke het bekkenvolume hebben verkleind. De Oosterschelde heeft verschillende functies, waaronder natuurfuncties, beroeps- en sportvisserij, recreatie- en beroepsvaart en oeverrecreatie.

De Oosterschelde is een groot getijdenlandschap, waar het schone water, de schorren, de intergetijdegebieden en de dijksubstraten het leefmilieu vormen voor een rijke flora en fauna. Het water van de Oosterschelde is helder en schoon. De waterkwaliteit voldoet zowel aan de eisen van de functie zwemwater als aan de eisen van de functie schelpdierwater. Inmiddels heeft de Oosterschelde de status Nationaal Park verworven, hetgeen betekent dat de recreatie in dit gebied gericht moet zijn op de natuur en dat het accent moet liggen op voorlichting en educatie (ONPO 2001). De stroomsnelheden binnen het gebied zijn teruggelopen na de aanleg van de Stormvloedkering, waardoor de beweeglijkheid van de geulen is afgenomen, zodat de kenmerkende dynamiek is verminderd. **De oude geulen zijn te ruim in verhouding tot het afgenomen getijvolume waardoor een grote hoeveelheid zand nodig is om een nieuw evenwicht te bereiken. Dit probleem wordt zandhonger genoemd, zie Box Zandhonger in de Oosterschelde.**

Doordat de Oosterschelde is afgesloten van de grote rivieren is er nauwelijks aanvoer van zoet water. In de eerste jaren na de ingreep is de primaire productie van fytoplankton gelijk gebleven doordat het vermeerderde doorzicht compenseerde voor de verminderde nutriëntentoevoer (Smaal & Boeije 1991). In de jaren negentig echter is het doorzicht verminderd, zodat momenteel de primaire productie achterblijft ten opzichte van de oorspronkelijke niveaus (Geurts van Kessel 2004).

De Oosterschelde is het belangrijkste gebied voor steltlopers in de Delta. Bijvoorbeeld de Scholekster en de Kluut zijn abundant aanwezig. De vegetatie op de schorren en platen van de Oosterschelde bestaat uit zoutminnende planten. Dit zijn planten die door speciale aanpassingen met hoge zoutgehalten weten te leven. Bovendien fungeren de schorren als hoogwatervluchtplaats voor vogels, die bij laagwater op de platen en slikken naar voedsel zoeken.

Het beheer- en inrichtingsplan voor de Oosterschelde beschrijft volgens welke richtlijnen beheer en inrichting in het Nationaal Park vorm moeten krijgen. Het behandelt kansen en knelpunten, en uitwerkingen van beheer en inrichting voor de gebruiksfuncties Natuur en landschap, Beroepsvisserij en Recreatie (ONPO 2001).

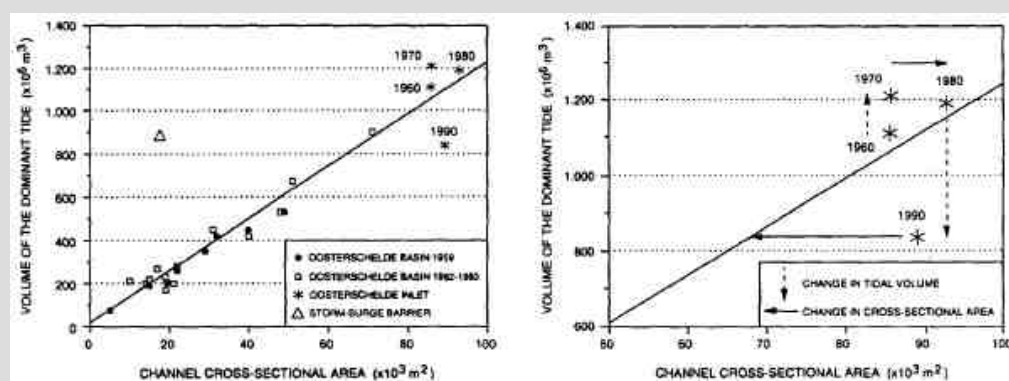
Rijkswaterstaat schrijft regelmatig bekkenrapportages waarin de toestand en ontwikkeling van bekkenwateren wordt beschreven. In het meest recente bekkenrapport voor de Oosterschelde (Geurts van Kessel 2004) is een beschrijving gegeven van de zandhonger, de opkomst van exoten en de draagkracht van het systeem. Ook is aandacht geschonken aan belangrijke natuurwaarden.

Zandhonger in de Oosterschelde

Na afsluiting van de Oosterschelde is 'zandhonger' ontstaan. Dit was geen verrassing; het werd van tevoren al voorspeld (Kohsiek *et al.* 1987). Maar een oplossing is niet zomaar voorhanden (Van Maldegem 2004).

In getijdengeulen bestaat een evenwicht tussen de dwarsdoorsnede van een geul en het volume water dat er doorheen stroomt, zie Figuur 6. In 1960 was de Oosterschelde in evenwicht. Kort hierna werden de Grevelingendam en de Volkerakdam gebouwd en ook werd zand gewonnen ten behoeve van het ophogen van nieuwe industrieterreinen, o.a. bij Rotterdam. Het getijvolume in de Oosterschelde nam toe en als reactie hierop werd het geulsysteem groter. Tussen 1960 en 1983 trad een netto export naar de Noordzee op van 48 miljoen m³ en werd 108 miljoen m³ zand gebaggerd en gewonnen (Janrik van den Berg, UU, pers. med.). Rond 1980 werd een nieuw evenwicht bereikt. Hierna werd de stormvloedkering gebouwd en werden compartimenteringsdammen aangelegd. Het getijvolume nam met ongeveer 30% af. Het geulsysteem echter, zat nog veel te ruim in zijn jasje. Het is zich opnieuw aan het aanpassen. Anders dan bij een vergroting gaat een verkleining veel trager. En omdat er geen zand vanuit zee wordt aangevoerd, wordt het benodigde sediment van de platen betrokken.

Er is een zandtekort in de Oosterschelde ter grootte van 400 miljoen m³. Ter vergelijking: dit komt overeen met het afgraven van 4,5 m van Noord-Beveland. Het totale volume aan sediment in de platen en slikken bedraagt maar zo'n derde deel hiervan, waarmee dit dus zelfs te weinig is (Kohsiek *et al.* 1987). Het gevolg is dat de droogvallende platen eroderen en onder water verdwijnen. De Oosterschelde verandert hierdoor in een baai zonder droogvallende delen, waarmee de functie als foerageergebied voor steltlopers en als rustgebied voor zeehonden verloren gaat.



Figuur 6. Links: morfodynamische evenwichtsrelatie tussen het getijvolume en de dwarsdoorsnede van getijdengeulen in de Oosterschelde. Rechts: Veranderingen van de monding van de Oosterschelde vanaf 1960 (Mulder & Louters 1994).

Het Veerse Meer

Het Veerse Meer is een kunstmatig zoutwatermeer. Als onderdeel van het Deltaplan werd er in 1960 een dam gelegd dwars door de oostelijk gelegen Zandkreek, waardoor het eiland Noord-Beveland werd verbonden met Zuid-Beveland. In 1961 werd de Veerse Gatdam aangelegd, waardoor Noord-Beveland met Walcheren werd verbonden. Het was de bedoeling dat het meer zou ontwikkelen tot zoetwaterbekken, maar door de beslissing om getijdenwerking in de Oosterschelde toe te laten ontstond een brak tot zout meer.

De hoofdfunctie van het Veerse Meer is recreatie, nevenfuncties zijn natuur, beroepsvisserij, scheepvaart en afwatering voor de landbouw. Het Veerse Meer is een van de belangrijkste recreatieve gebieden van Zeeland. Het gebied neemt 15% van de totale toeristisch-recreatieve

capaciteit in Zeeland voor haar rekening. Om de verschillende functies van het meer te splitsen, zijn zonerings aangebracht tussen recreatie- en natuurgebieden.

Omdat het Veerse Meer vooral wordt gebruikt voor recreatie, is het landschap rond het meer in haar ontwikkeling gestuurd. Er zijn aangeplante bossen, afgewisseld met ruigten en graslanden. Sinds de aanleg van de Deltawerken heeft het Veerse Meer geen natuurlijke dynamiek meer. Het waterbeheer is gericht op recreatie en afwatering, met als gevolg een tegennatuurlijk peil dat in de zomer relatief hoog is en in de winter relatief laag. **Hierdoor komen ondiepe delen van het meer droog te liggen en is de ontwikkeling van stabiele bodemgemeenschappen onmogelijk.** Door intensief gebruik van het meer voor afwatering van de landbouw in de omgeving, was het meer sterk geëutrofeerd. Als gevolg hiervan heeft zeesla zich kunnen ontwikkelen en was dominant aanwezig in de ondiepe delen. De rottende zeesla zorgde voor geuroverlast in de omgeving en de bodem van het meer veranderde in zuurstofarme zwarte modder waar leven zo goed als onmogelijk werd. Omdat er onvoldoende middelen waren om het water in het Veerse Meer te verversen, is in 2004 een doorlaatmiddel in de Zandkreekdijk gebouwd, de Katse Heul. Hierdoor kan het water in het Veerse Meer verversen worden met water uit de Oosterschelde, waardoor het probleem van een overmaat aan voedingsstoffen is opgelost. Een ander probleem van het meer was stratificatie, maar ook dit is aangepakt door de bouw van het doorlaatmiddel in de Zandkreekdijk.

De ecologische en waterkwaliteitsproblemen in het Veerse Meer vóór ingebruikname van het doorlaatmiddel de Katse Heule zijn beschreven in Holland (2004). Resultaten op de waterkwaliteit en ecologie na ingebruikname zijn beschreven in Craeymeersch *et al.* (2007). Uit de eerste monitoringsresultaten blijkt dat de waterkwaliteit door deze ingreep sterk is verbeterd: het zout en zuurstofgehalte is nagenoeg even hoog als in de Oosterschelde en de zuurstofloze putten zijn vrijwel niet meer voorgekomen. Gebruikerservaringen na de aanleg zijn opgetekend in RVM (2004a). Een toekomstvisie op de ontwikkeling van (het gebied rondom) het Veerse Meer is beschreven in RVM (2004b).

In 2005 is onderzocht wat de ecologische gevolgen zijn van verschillende peilvarianten voor de Kaderrichtlijn Water, de Vogel- en Habitatrichtlijn (Prinsen *et al.* 2006) en de Flora- en faunawet (Koopman *et al.* 2006). De startnotitie MER Peilbesluit Veerse Meer verscheen op 10 januari 2006 in de Staatscourant en is beschreven in RVM (2005). Een peilverandering van meer dan 16 cm is een activiteit waarvoor het volgen van een m.e.r.-procedure verplicht is. In de concept-MER wordt een voorkeursalternatief voor een nieuw winterpeil voorgesteld: -0,30 m NAP. Dat winterpeil is tot nu toe -0,60 m NAP. **Verhoging van het huidige winterpeil met dertig centimeter draagt bij aan een betere natuur.** Belangrijke elementen hierbij zijn de wateruitwisseling met de Oosterschelde, het bodemleven, de planten op de oevers en het tegengaan van de verdroging van natuurgebieden. Naast het natuurbelang is zoveel mogelijk rekening gehouden met andere belangen, zoals recreatie en landbouw. In de Gebiedsvisie Rondom het Veerse Meer wordt een streefpeil genoemd van -0,10 m NAP door het hele jaar (gelijk aan het huidige zomerpeil). De afgelopen periode is gestudeerd op vier varianten. Voor de korte termijn (2007-2015) komt als voorkeursalternatief een winterpeil van -0,30 m NAP naar voren. Het zomerpeil blijft gehandhaafd op de huidige -0,10 m NAP. Het streefpeil (-0,10 m NAP) is wellicht mogelijk op langere termijn, maar kent nu nog te veel problemen. Voorbeelden daarvan zijn mogelijk hogere grondwaterstanden voor landbouw en recreatiegebieden, evenals het afnemen van de zogenoemde zoetwaterbel voor de landbouw. In het definitief MER zijn de effecten van een hoger winterpeil uitgebreid beschreven (RVM 2007b).

Bij besluit van 8 oktober 2007 is besloten het winterpeil voor het Veerse Meer te verhogen. De winterpeilverhoging zal vanaf 20 oktober 2008 in stapjes van maximaal 10 cm per jaar worden gerealiseerd tot een peil van NAP -0,30 m en zal fluctueren tussen NAP -0,20 m en NAP -0,40 m. In periodes van extreme neerslag is er de mogelijkheid om een noodpeil in te stellen van NAP -0,50 m. Het zomerpeil wordt niet gewijzigd. Het peilbesluit zal uiterlijk in 2015 worden geëvalueerd (MinVenW 2007).

Op grond van artikel 42 van de Wet op de waterhuishouding kan van 1 november tot en met 12 december 2007 tegen het besluit beroep worden ingesteld bij de Rechtbank Middelburg.

Sinds de ingebruikname van het doorlaatmiddel Katse Heule kent het Veerse Meer weer een beperkte mate van getij. Door de besturing van het doorlaatmiddel (open of dicht) is de fluctuatie door het getij op het Veerse Meer maximaal 10 cm bij zomerpeil. Vanwege het lagere winterpeil is

het getij in de winter maximaal 6 cm. Incidenteel kunnen door weersomstandigheden grotere schommelingen voorkomen (RVM 2007a).

Het Grevelingenmeer

De Grevelingen werd als onderdeel van de Deltawerken afgesloten door de Brouwersdam in het westen en de Grevelingendam in het oosten. Sindsdien wordt formeel gesproken van het Grevelingenmeer. Door de afsluiting heeft verzoeting van het meer plaatsgevonden, waarna is besloten een doorlaatmiddel in de Brouwersdam te bouwen. Hierna is het Grevelingenmeer een stagnant zoutwatermeer geworden, waarin bij elke getijdenbeweging een deel van het water wordt ververst. Het water was erg helder en het ecosysteem kende een bijzonder hoge diversiteit (o.a. zeenaalden, kreeften, jonge platvis, zeedonderpad, botervis) (www.duurzaamzeeland.nl). Natuur en recreatie worden aangemerkt als hoofdfuncties.

Het Grevelingenmeer is een matig voedselrijk meer met een hoog zoutgehalte. Het ecosysteem is uniek, maar omdat het systeem wordt gereguleerd door de mens is het systeem kwetsbaar en gevoelig voor ongewenste omstandigheden. Net als bij het Veerse Meer is stratificatie een belangrijk kenmerk van het Grevelingenmeer. Eén van de grote problemen van het Grevelingenmeer is de terugkerende zuurstofloosheid in de diepe putten tijdens de zomermaanden. Via het doorlaatmiddel in de Brouwersdam kan de schuimalg *Phaeocystis* het Grevelingenmeer binnendringen. Door de geringe turbulentie in het Grevelingenmeer sterven de algen af en zinken naar de bodem. De combinatie van hoge organische belasting en temperatuur stratificatie leidt tot zuurstofloosheid in de diepe putten.

Door een beperkte belasting van het water door polderwater, is het water van het Grevelingenmeer helder en voldoet de waterkwaliteit zowel aan de doelstellingen die bij de functie zwemwater horen als aan de doelstellingen van schelpdierwater. De afgelopen jaren is het doorzicht echter gehalveerd van 5 m naar 2,5 m. De bodemkwaliteit voldoet aan de streefwaarden, waarbij overigens wel een uitzondering gemaakt moet worden voor de sterk vervuilde bodems in de jachthavens.

Het Groot Zee gras (*Zostera marina*) kwam in het Grevelingenmeer voor, is in de eerste jaren na de afsluiting ontzettend toegenomen, maar is daarna verdwenen. **Mogelijk speelt het ontbreken van estuariene dynamiek hierin een rol** (De Jong *et al.* 2004).

Het bekkenrapport voor het Grevelingenmeer van Hoeksema (2002) beschrijft de ontwikkelingen in het Grevelingenmeer in de jaren negentig. In het Grevelingenmeer kwamen veel voormalige slikken en schorren buiten bereik van zout water te liggen door het ontbreken van zout getij. De vegetatie die hierop is ontstaan is in belangrijke mate afhankelijk van de vorm van natuurbeheer. In gebieden met ongestoorde successie, zoals in het noorden van de Slikken van Flakkee, zijn daardoor kenmerkend andere biotopen ontstaan dan in het zuiden van de Slikken van Flakkee waar begrazing wordt toegepast (Hoeksema 2002).

In niet-beheerde delen wordt het oude schor in de huidige situatie gedomineerd door ruigtevegetatie, zoals Braam en Gewone Vlier. Het jonge schor wordt gekenmerkt door wilgenstruweel die de Duindoorn heeft weggeconcurrerd. Duindoorn is nu dominant aanwezig op het hooggelegen (voormalige) slik. Op het lage slik staat een zouttolerante ruigte met Fioringras en Zilte Rus. De onder zout water staande slikrand is begroeid met pioniervegetatie met Zeekraal, Zilte Schijnspurrie en Gewoon Kweldergras.

In beheerde delen (begrazing door grote grazers en maai-beheer tegen de oprukkende Kruidwilt en Duindoorn) is een soortenrijke graslandvegetatie van vooral Rood Zwenkgras en Fioringras. Hier is de soortenrijkdom groter dan in niet-beheerde delen en komen ook zeldzame soorten voor als Moeraswespenorchis, Parnassia, Herfstbitterling, Kleine Leeuwentand, Fraai Duizendguldenkruid, Rode Ogentroost en Stijve Ogentroost. De lage delen hebben grotendeels dezelfde vegetatie als in de niet-beheerde situatie. **De overgangen van zout naar zoet hebben een waardevolle vegetatie doen ontstaan** (Hoeksema 2002).

Van recente datum is de Ontwikkelingsschets Zicht op de Grevelingen (NG 2006), **waarin herstel van de estuariene dynamiek wordt voorgesteld als integrale en duurzame oplossingsrichting.**

Het Volkerak-Zoommeer

Tijdens de uitvoering van het Deltaplan is in 1987 het Volkerak-Zoommeer ontstaan. Het Volkerakmeer staat via het kanaal De Eendracht in verbinding met het Zoommeer en was aanvankelijk een zoutwatersysteem. Het systeem werd echter een jaar lang met zoet water uit het Hollandsch Diep doorgespoeld, waardoor het Volkerak-Zoommeer nu het derde grootste zoetwatermeer van Nederland is. De meren maken deel uit van de getijvrije scheepvaartroute van het Schelde-Rijnkanaal, waardoor scheepvaart één van de belangrijkste functies is geworden van het systeem. Verder kunnen natuur, recreatie en afwatering van landbouw aangemerkt worden als belangrijke functies.

Het Volkerak-Zoommeer is een zoetwatersysteem waarin zoet water wordt aangevoerd door de Brabantse rivieren de Mark, Dintel, Zoom en Steenbergse Vliet en in mindere mate zouttoevoer plaatsvindt door zoute kwel of door schutverliezen. Om verzilting te voorkomen, wordt daarnaast aanvullend zoet water binnengelaten uit het Hollandsch Diep. Bij de Krammersluizen en de Bergsediepsluis zijn scheidingssystemen van zoet en zout water gebouwd die verzilting vanuit de Oosterschelde voorkomen en zo min mogelijk verlies van zoet water uit het Zoommeer bewerkstelligen, en daarmee dus een waarborg leveren voor de waterleverantie aan de landbouw. Het meer heeft voor de landbouw een boezem- en afwateringsfunctie. Deze afwatering vindt plaats via de Bathse Spuisluis in de Westerschelde.

Morfologisch gezien wordt het Volkerak-Zoommeer gekenmerkt door de structuur van het voormalige getijdensysteem, met diepe geulen en geleidelijke overgangen van diep naar ondiep en naar de drooggevalen gronden. De oeverlengte is verhoudingsgewijs groot door de aanwezigheid van voormalige krekens in de drooggevalen gronden. Na de afsluiting was het water uitzonderlijk helder, ideaal voor waterplanten om zich te vestigen. Algen, zoöplankton en bodemorganismen koloniseerden vlot. Vissen waren minder snel, de sluisen vormden een barrière. Van deze lage visstand profiteerden de watervlooiën.

Door een combinatie van factoren verslechterde de waterkwaliteit. De verblijftijd van het meer is groot (zo'n 120 dagen), er is aanvoer van nutriënten vanuit de Rijn en de Brabantse rivieren en er is nalevering vanuit de voormalige zoute bodem. Hierdoor nam de blauwalg *Microcystis* toe en door de toename van blauwalgen nam het aantal waterplanten weer af. **De laatste jaren zijn drijfvlagen van blauwalgen een terugkerend en steeds erger wordend verschijnsel** (Tosserams *et al.* 2000; NG 2006). Naar aanleiding hiervan is een MER in voorbereiding (PVZ 2003 ; PVZ 2004).

In januari 2007 is besloten om de daadwerkelijke uitvoering van de MER uit te stellen, omdat aanvullend onderzoek naar de exacte gevolgen nodig is. Op 5 november 2007 is de Aanvullende Startnotitie Waterkwaliteit Volkerak-Zoommeer gepubliceerd in de Staatscourant. **Hierin wordt een aanvullende studie aangekondigd naar het 'aangepaste alternatief zout', dat medio 2008 wordt afgerond.** Aandachtspunten zijn de benodigde aanpassingen aan de waterbouwkundige infrastructuur, de mogelijk optredende verzilting van het Hollandsch Diep, Haringvliet en de Brabantse rivieren en de grotere getijdynamiek, dat in strijd is met het Interim Peilbesluit 1996 (PVZ 2007).

Het Haringvliet en het Hollandsch Diep

Het Haringvliet en het Hollandsch Diep zijn na de afsluitingen in 1969 (Volkerakdam) en 1970 (Haringvlietssluisen) zoetwaterbekkens geworden. Beide bekkens kennen een getijverschil van 20 tot 30 cm doordat getij kan binnendringen via de Nieuwe Waterweg en het Spui en de Dordtse Kil. Daarnaast fluctueert het waterpeil (gemiddeld NAP +40 cm) door rivierafvoervariaties en het beheer van de Haringvlietssluisen. De sluisen worden gesloten bij hoog water of bij lage afvoer en gaan open bij laag water en voldoende rivierafvoer. De hoofdfuncties van het Haringvliet zijn waterafvoer en natuur. De nevenfuncties zijn recreatie, watervoorziening voor de landbouw en beroepsvisserij. De hoofdfunctie van het Hollandsch Diep is scheepsvaart. Nevenfuncties zijn recreatievaart en industrie.

Door de reductie van de getijslag en verhoging van de gemiddelde waterstand kwam het overgrote deel van het voormalige intergetijdengebied onder water te liggen. In het Haringvliet, het Hollandsch Diep en de Biesbosch verdween ongeveer 95% van het intergetijdengebied (RWS-ZH 1998a).

De vegetatie bestaat hoofdzakelijk uit buitendijkse gorzen, riet- en ruigten. Hier en daar komen planten voor die kenmerkend zijn voor het zoete en brakke milieu van een estuarium. Door het wegvallen van het getij namen de stroomsnelheden af waardoor (verontreinigd) slib sedimenteerde. Het meeste slib wordt afgezet in de Biesbosch en het Hollandsch Diep. Door het min of meer stabiele peil trad oeverversteiling en –erosie op. Dit is door middel van vooroeververdedigingen tot staan gebracht.

Een groot deel van het water van de Rijn en Maas stroomt via het Haringvliet naar de Noordzee. De Haringvlietssluisen vormen een barrière voor de uitwisseling van organismen (met name vissen) tussen de Noordzee en de rivieren. Het discontinue sluisregiem scheidt een abrupte overgang en bovendien werken de hoge stroomsnelheden bij de sluisen belemmerend.

Voor het Haringvliet is een MER uitgevoerd naar een ander beheer van de Haringvlietssluisen, gericht op herstel van het estuariene karakter (RWS-ZH 1998). Een besluit hierover, het zogenaamde 'kierbesluit' is in 2004 genomen, maar is nog niet ten uitvoer gebracht.

Het Markiezaatsmeer

Het Markiezaatsmeer is ontstaan door de afsluiting van de Oosterschelde met de Markiezaatskade in 1983 en de Oesterdam in 1987. Het is een stagnant brak meer dat langzaam ontzilt. De hoofdfunctie is natuur en een nevenfunctie is recreatie.

Het Markiezaatsmeer bevindt zich op de overgang van Holocene afzettingen naar Pleistocene mariene afzettingen aan de kust. **Dit is een zeldzaam overgangsgebied.** Enkele andere plaatsen waar men dit vindt is het voormalige eiland Wieringen, op Texel en op de Duitse waddeneilanden Sylt en Amrum.

Het gebied wordt gekenmerkt door open water, slikken, schorren en zandige oeverwallen. Het meer is eutroof, mede door bemesting vanuit het riviertje de Blaffert en door de aanwezige watervogels. Het peilverschil in het meer is 40 centimeter en staat onder invloed van natuurlijke factoren als verdamping en regenval.

Het meer wordt benut door kustbroedvogels, en plantenetende en visetende watervogels. Het beheer is erop gericht om verschillende landschapstypen van slikken tot bossen te ontwikkelen. Enkele zeldzame brakwatersoorten worden er aangetroffen. De gebiedsbeheerder is Brabants Landschap.

De Binnenschelde

De Binnenschelde is een zoetwatermeer dat grenst aan Bergen op Zoom. Het is een voormalig onderdeel van de Oosterschelde en is ontstaan na de aanleg van de Noordelijke Markiezaatskade (1983), de Bergseplaat (woongebied Bergen op Zoom) en de Waterscheiding (1987). Het waterpeil wordt kunstmatig opgezet tot ca. 0,90 m +NAP. Het heeft de functie zwem- en recreatiewater.

De Binnenschelde is uitgediept en wordt gevuld met water uit het Zoommeer om wegzijging aan te vullen. Door de voormalige zoute bodem treedt veel nalevering van fosfaat op en in combinatie met de toevoer van eutroof water uit het Zoommeer leidt dit tot een slechte waterkwaliteit.

Studies naar een beter Waterbeheer Binnenschelde wezen uit dat doorspoelen met zout water uit de Oosterschelde de waterkwaliteit kan verbeteren.

Het West-Brabants rivierengebied

De West-Brabantse rivieren Mark, Dintel, Steenbergse en Roosendaalse Vliet en Zoom hebben een gezamenlijk stroomgebied van 165.000 ha. Door aanleg van industrie, ruilverkavelingen en 'verbeteringswerken' zijn deze rivieren grotendeels gekanaliseerd en bedijkt. Na aanleg van het Volkerak-Zoommeer verdween de getij-invloed op de Mark, Dintel en Vliet.

Als gevolg van de hoge belasting uit de landbouw, de intensieve veehouderij en sommige industrieën zijn de nutriëntengehaltes hoog en is er sprake van relatief hoge concentraties aan microverontreinigingen.

Deze rivieren vallen onder beheer van het Waterschap Brabantse Delta, die hiervoor stroomgebiedbeheerplannen ontwikkelt. Voor de benedenstroomse delen geldt dat de Deltawerken invloed hebben gehad en herstel van estuariene dynamiek zal opnieuw deze rivieren beïnvloeden.

Binnendijkse gebieden

De meeste binnendijkse gebieden zijn feitelijk afgesloten van de hoofdwateren. Uitwaterende sluisen voeren polderwater af en vormen een barrière voor kleinschalige estuariene overgangen. Inlagen en karrevelden kennen wel een zoute invloed, al is dit voornamelijk door kwelwater.

Plan Tureluur is volop in uitvoering en heeft als doel om zoutbrakke inlagen te ontwikkelen langs de kusten van Schouwen-Duiveland en Tholen. Greppels en plassen worden uitgegraven en met de vrijgekomen grond worden eilandjes en zandruggen aangelegd. Op hoger gelegen gronden op Noord-Beveland worden zoete tot zwakbrakke veenmoerassen gerestaureerd.

De Voordelta

De Voordelta is het overgangsgebied tussen de (voormalige) getijdewateren van de Delta en de Noordzee. Het bevat relatief ondiepe zandbanken en is morfodynamisch actief. De hoofdfuncties zijn natuur, visserij en recreatie. Het gebied is belangrijk als kinderkamer voor vis en kreeftachtigen en als foerageer- en overwinteringsgebied voor vogels. De waterkwaliteit wordt beïnvloed door Rijn- en Maaswater en voldoet grotendeels aan de gestelde waterkwaliteitsnormen.

De kustlijn van de Voordelta bestaat voornamelijk uit duinen. De duinen kennen een hoge soortenrijkdom. Ongeveer 3000 ha bestaat uit stranden, platen en slikken en er is 290 ha schorgebied. Op de droogvallende platen rusten zeehonden. Het gebied kent een hoge biomassa aan bodemdieren en vis en dit trekt vogels aan.

De natuurfunctie is conflicterend met de visserij en recreatiefuncties. Het Integraal Beleidsplan Voordelta uit 1993 beschrijft de hoofdlijnen van beleid in dit gebied. In 2007 is een vernieuwd Beheerplan Voordelta geschreven door het ministerie van Verkeer en Waterstaat en de provincies Zuid-Holland en Zeeland in samenwerking met het Project Mainportontwikkeling Rotterdam (PMR) én in overleg met maatschappelijke organisaties. Parallel hieraan is een Passende Beoordeling en een plan-MER opgesteld (Poot *et al.* 2007; WiBo 2007).

3.2 Knelpunten

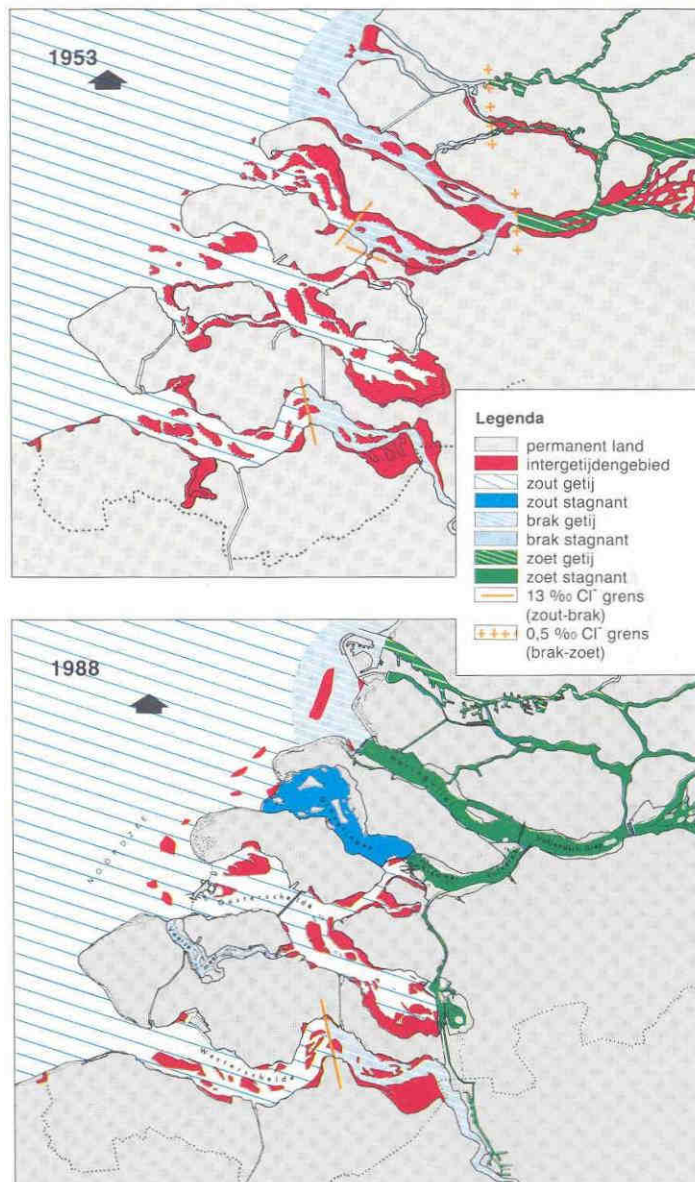
Vóór de uitvoering van de Deltawerken stonden de watersystemen in open verbinding met de Noordzee en mondden de rivieren ongestoord uit in zee, Figuur 7. De Deltawerken hebben de ecosystemen van de Delta danig veranderd, hetgeen overigens in de zeventiger jaren al deels werd voorzien (Saeijs 1975). Negatieve gevolgen van de Deltawerken kunnen als volgt worden samengevat:

1. Verstoring van hydro- en morfodynamisch evenwicht (zandhonger):
 - Afname areaal intergetijdegebied
 - Erosie van schorren
 - Harde overgang land-water
 - Verondieping watersysteem
2. Harde scheiding tussen watersystemen
 - Verdwijnen zout-zoetovergang
 - Ontzilting
 - Migratiebarriere voor organismen
 - Stratificatie/zuurstofloosheid
3. Slechte water- en waterbodempkwaliteit in enkele bekkens
 - Eutrofiering
 - Microverontreinigingen

Withagen (2000) en Tosserams et al. (2001) geven voor elk van de bekkens in de Delta aan welke specifieke knelpunten er zijn, Tabel 1.

Tabel 1. Gebieden in de Delta en hun huidige knelpunten.

Gebied	Knelpunten
Oosterschelde	<ul style="list-style-type: none"> • Afwezigheid getijdynamiek: verminderde morfodynamiek • Zandhonger leidt tot afname plaat-, slik- en schorareaal • Verlies aan overgangsgebieden tussen zoet en zout • Gebrek aan ruimtelijke samenhang met andere wateren • Beperking migratiemogelijkheden • Verstoring door recreatie
Voordelta	<ul style="list-style-type: none"> • Verstoring door recreatie • Verhoogd nutriëntengehalte • Zoetwaterbellen uit Haringvliet
Veerse Meer	<ul style="list-style-type: none"> • Tegennatuurlijk peildynamiek: slikken en platen verdwijnen, vegetatiesuccessie en bodemfauna zijn belemmerd • Verstoring door recreatie • Landschap in grote delen door de mens gestuurd
Grevelingenmeer	<ul style="list-style-type: none"> • Afwezigheid getij- of waterpeildynamiek: oeverafslag en verontdieping • Gebrek aan ruimtelijke samenhang met andere wateren • Barrière voor vismigratie • Verlies aan overgangsgebieden tussen zoet en zout • Zoutgehalte ongeschikt voor zee gras • Risico op stratificatie en zuurstofloosheid • Afname brak/zilte soorten door verzoeting oevers • Verstoring door recreatie
Volkerak-Zoommeer	<ul style="list-style-type: none"> • Eutrofiering • Afwezigheid getij- of waterpeildynamiek: oeverafslag en verdwijnen platen en slikken • Gebrek aan ruimtelijke samenhang met nabije natuurgebieden • Barrière voor vismigratie • Waterbodempvervuiling • Afname brak/zilte soorten door verzoeting
Haringvliet en Hollandsch Diep	<ul style="list-style-type: none"> • Harde overgangen zout/zoet • Ontbreken brakke milieus in Haringvliet • Afname getijdynamiek resulteert in oevererosie, inklinking hoge oeverdelen, afname van slikken, verontdieping en afname morfodynamiek • Versterkte sedimentatie van (verontreinigd) slib • Barrière voor vismigratie • Verstoring door recreatie
Markiezaatsmeer	<ul style="list-style-type: none"> • Verstoring door economische ontwikkelingen en recreatie • Eutrofiering en guanotrofiering (door vogelpoep) • Verdwijnen slikken en platen
Binnenschelde	<ul style="list-style-type: none"> • Eutrofiering en troebelheid
West-Brabants riviergebied	<ul style="list-style-type: none"> • Eutrofiering • Verontreinigd met microverontreinigingen • Geringe stroming Vliet waardoor slibophoping • Gebrek aan ruimtelijke samenhang met andere wateren • Beperkingen migratiemogelijkheden



Figuur 7. De Delta vóór en na de afsluiting door de Deltawerken. Uit: (Baptist *et al.* 1988).

3.3 Beleid

3.3.1 Nationaal en internationaal beleid

Nationaal is de ambitie om zoet-zoutovergangen te herstellen verwoord in de derde en vierde nota Waterhuishouding (1989 respectievelijk 1998), het Natuurbeleidsplan (1990), het Structuurschema Groene Ruimte (1995) en de nota Natuur voor mensen, mensen voor natuur (2000). Verder zijn ook van direct belang de nationale waterbeheervisies van Waterbeheer 21e eeuw (2000) en Ruimte voor de Rivier (2000). Tot slot is de recent verschenen Nota Ruimte (2006) van belang.

Internationaal spelen zoet-zoutovergangen een rol in de Kaderrichtlijn Water (1997), de Vogelrichtlijn (1979), de Habitatrichtlijn (1992), de Conventie van Ramsar (1971) en het Biodiversiteitsverdrag (1992).

In de nota Natuur voor mensen, mensen voor natuur (2000) is de ambitie geformuleerd dat de grote wateren, inclusief die in de Zuidwestelijke Delta een cruciaal en onverbreekelijk onderdeel gaan vormen van de Ecologische Hoofdstructuur. Verder wordt gestreefd naar natuurlijker rivieren, grote wateren en plassen in laag Nederland en is het op nationaal niveau de bedoeling dat de otter, de roerdomp, de ijsvogel, de zalm en de bruinvis profiteren van deze ontwikkeling. Daarbij moeten

kansen voor natte natuur, die ontstaan door een vergroting van de veerkracht van het watersysteem, worden benut. Voor de Noordzee worden expliciete natuurdoelen uitgewerkt en worden natuurbelangen en belangen van gebruikers zorgvuldig afgewogen. Door van het Lauwersmeergebied tot de Biesbosch en Zeeuwse Delta een 'Natte As' te realiseren wil het kabinet met een nieuwe daad de Nederlandse traditie van internationaal baanbrekende waterwerken voortzetten. Dit betekent onder andere een versterking van de moerascomplexen in het Deltagebied. Omdat de Deltawateren al tot de Ecologische Hoofdstructuur behoren, hoeven deze gebieden niet aangekocht te worden. Wel wordt met behulp van ICES-middelen gestreefd naar een kwaliteitsverbetering in samenhang met vergroting van de veiligheid. Het streven met betrekking tot de Delta voor 2010 is:

- **Dat het estuarien karakter en de natuurlijke dynamiek van de Delta aanzienlijk versterkt is.** Overgangen van zoet naar zout en van nat naar droog worden daarvoor hersteld.
- Dat de kust van Noordzee dynamischer is geworden. Er moet meer ruimte voor natuurlijke processen komen waardoor de veerkracht wordt vergroot, in samenhang met het versterken van de veiligheid.
- Dat sprake is van een samenhangend, natuurlijker functionerend mondingsgebied van Rijn, Maas en Schelde als groen-blauwe buffer tussen Randstad en Zandstad(hoog-Nederland). In samenhang met de reeds genoemde inzet van ICES-middelen (Delta-natuur) en maatregelen voortkomend uit de Integrale Verkenning Benedenrivieren wordt het beleid ten aanzien van de ontwikkeling van de Voordelta en het herstel van het estuariene karakter voortgezet en gecombineerd met maatregelen ten behoeve van veiligheid en natuur in Biesbosch en Westerschelde. Onder andere de zoet-zout gradiënt in het Haringvliet wordt versterkt.
- Dat in 2010 de oppervlakte en kwaliteit van natte natuur in en langs de grote rivieren en grote (binnen)wateren aanzienlijk is vergroot en duurzaam medegebruik is gewaarborgd. In het kader van de ICES-investeringen zijn afspraken gemaakt over de ontwikkeling van robuuste natte natuurgebieden met mogelijkheden voor recreatie in de nabijheid van de stedelijke concentraties. Er is 3.000 hectare nieuwe natte natuur met recreatief medegebruik gerealiseerd in de stedelijke flanken in de Zuid-Hollandse Delta, aanvullend op de bestaande EHS (ICES) (Deltanatuur). Daarnaast krijgt het ecologisch herstel van de rijkswateren een impuls.

In de Nota Ruimte (VROM 2006) worden drie nationale beleidsdoelen van toepassing geacht op de Zuidwestelijke Delta. Dit zijn (1) versterking van de internationale concurrentiepositie, (2) borging en ontwikkeling van (inter)nationale ruimtelijke waarden en (3) borging van de veiligheid (het vierde beleidsdoel is krachtige steden en een vitaal platteland). Hoofddoel voor de Zuidwestelijke Delta is de ontwikkeling van activiteiten die de nationale concurrentiepositie versterken te combineren met ontwikkelingen die de veiligheid tegen overstromingen vergroten en de waarden van natuur, landschap en cultuurhistorie versterken. Specifiek staan de volgende opgaven centraal:

- De borging en ontwikkeling van het nationaal landschap Zuidwest-Zeeland (Walcheren, Zak van Zuid-Beveland en West Zeeuws-Vlaanderen);
- Ecologisch herstel van de door de Deltawerken sterk beïnvloede kustwateren, te **realiseren door het herstel van de estuariene dynamiek**;
- Behoud van de toegankelijkheid van de haven van Antwerpen en van de natuurlijkheid van het Schelde-estuarium;
- Borging van de veiligheid tegen overstromingen in het gebied op de lange termijn;
- Ontwikkeling van het economisch kerngebied Sloehaven-Kanaalzone, conform onder andere de bestuurlijke afspraken, die voortvloeien uit de Lange Termijnvisie Schelde-estuarium.

Verder staat er in de Nota Ruimte nog genoemd dat de invloed van de versnelde zeespiegelstijging en veranderende rivierafvoer op de landbouw nopen tot een zoektocht naar nieuwe vormen van duurzame land- en tuinbouw in een verziltende delta. **Landbouw en visserij blijven in dit gebied een belangrijke functie behouden.**

Het Beheerplan voor de Rijkswateren (MinVenW 2005) geeft een vertaalslag van beleid naar beheer. Dit is uitgewerkt voor de beleidsdoelen Beschermen tegen hoog water, Voldoende en schoon water (duurzame watersystemen) en Veilige en vlotte scheepvaart. Prioriteiten worden gegeven aan de aanpak van onderhoudsachterstanden en waterkwaliteit in het kader van de KRW.

Het Ministerie van LNV heeft begin jaren negentig een Ecosysteemvisie Delta (ESD) opgesteld (Bisseling *et al.* 1994). Hierin werd een 'overall-view' van de gehele Delta gegeven, geïnspireerd door het Natuurbeleidsplan van 1990 met een nadruk op natuurlijkheid en biodiversiteit. In de ESD is de ecologische hoofddoelstelling gericht op **het versterken van het estuariene karakter**. Dit betekent (waar mogelijk) verhogen van de invloed van het zoete rivierwater en weer toelaten van het getij. Binnen deze hoofddoelstelling zijn vier prioriteiten genoemd in afnemende volgorde van belangrijkheid:

1. Behoud en herstel van de reeds aanwezige zoute en brakke getijdegebieden.
2. Herstel van een estuarium en zoetwatergetijdegebied in het mondingsgebied van Rijn en Maas.
3. Optimalisering van de ecologische situatie in de verschillende afgesloten Deltawateren.
4. Flankerende natuurontwikkeling binnendijks.

In 2001 is de ESD geüpdate en is een analyse gemaakt van recente ontwikkelingen binnen de beleidsvelden landbouw, visserij, recreatie, natuur en water. Hierbij is tevens aangegeven welke kansen er liggen binnen deze beleidsvelden voor realisering van de vier bovenstaande doelen (Van der Meij *et al.* 2001):

Landbouw

- Ontwikkelen van nieuwe landbouwsystemen zoals zoutwaterlandbouw en zoutwateraquacultuur.
- Duurzame en extensieve landbouw verbetert waterkwaliteit.

Visserij

- Co-management binnen duurzame visserij (verbetering van visbestanden, veilig stellen van stapelvoedsel voor vogels, bescherming/herstel van bodemfauna).
- Aquacultuur.
- Herstel van kinderkamerfunctie voor commerciële soorten.

Recreatie

- Natuurontwikkeling meekoppelen met ontwikkeling recreatiegebieden.
- Goede waterkwaliteit bevorderen.
- Sportvisserij.

Natuur

- Natuurontwikkelingsplannen zijn gericht op herstel van veerkracht en zoet-zoutovergangen.
- Spuiregime Haringvlietsluizen wijzigt.
- Deltagebied valt onder Ramsar, Habitatrichtlijn en/of Vogelrichtlijn.

Hierop volgend heeft het ministerie van LNV een studie uitgevoerd waarin wordt ingegaan op de gevolgen voor landbouw, visserij, natuur en recreatie voor vier hoofdopties van herstel (Van der Meij *et al.* 2003):

1. rivierdynamiek op het Volkerak-Zoommeer (VZM),
2. estuariene dynamiek op het VZM,
3. het Krammer-Volkerak in tweeën en
4. scheiding tussen noord en zuid.

en voor vier nevenopties:

5. verbindingen tussen Deltawateren,
6. contact tussen binnendijks en buitendijks,
7. ademende waterkering,
8. wisselpolders.

3.3.2 Regionaal beleid

De ecologische problemen in de Delta hebben, mede gevoed door de nationale en internationale beleidsontwikkelingen, geleid tot het formuleren van de Integrale Visie Deltawateren, 'De Delta in Zicht', vastgesteld door de provincies Noord-Brabant, Zuid-Holland en Zeeland (DeltaInZicht 2003). **In de Visie wordt een mogelijk toekomstbeeld geschetst, waarin het herstel van de estuariene dynamiek in de Deltawateren centraal staat.** Hieraan voorafgaand werd een aanzet gegeven in 'Een gedroomd Deltagebied' (DeltaInZicht 2001). Een eerste resultaat van de Visie was het Werkplan van de in oprichting zijnde Deltaraad (DeltaRaad 2004). In de Deltaraad zijn bestuurlijk vertegenwoordigd de provincies Noord-Brabant, Zuid-Holland, Zeeland en ambtelijk vertegenwoordigd elk van de Rijkspartijen. Het voorzitterschap van de Deltaraad berust bij een van de provincies. Die betreffende provincie voert dan eveneens het secretariaat. Bij aanvang van de Deltaraad zal

provincie Zeeland voorzitter zijn. Het voorzitterschap wordt tweejaarlijks opnieuw bekeken (DeltaRaad 2004b).

In 2006 verscheen een eerste aanzet tot een Deltaprogramma: Agenda voor een Deltaprogramma, de Ambitie (DeltaInZicht 2006). Uitgangspunt is 'de kracht van de Delta': een blauwgroene oase met innovatieruimte. De Delta is omringd door verstedelijkte gebieden (Rijnmond, West-Brabant en Antwerpen/Gent). Daartussen in ligt de blauwgroene oase met Europese topnatuur, recreatief-toeristische waarden en scheepvaart. Op het gebied van water en natuur spelen veel problemen, maar is er ook ruimte voor de Delta als proeftuin, zodat hier innovatieve oplossingen kunnen worden bedacht. In de 'Agenda voor de Deltacommissie' worden de opgaven voor de Delta aan de hand van vier 'gezichten' uitgewerkt. Dit berust op een aantal pijlers: ecologisch herstel, versterken landschappelijke en cultuurhistorische waarden, hoogwaterveiligheid, havens & scheepvaart, landbouwinnovatie, recreatie en woningbouw. Ook komt deze visie terug in het Omgevingsplan Zeeland (2006).

Naast de Provincies Zeeland, Noord-Brabant en Zuid-Holland, die trekkers zijn van het programma Delta in Zicht, zijn talloze andere partijen betrokken bij de Deltawateren. Belangrijke overige actoren in de Delta zijn de Zeeuwse Milieufederatie, de Stichting Landschapsbeheer Zeeland, de Vereniging Natuurmonumenten, Staatsbosbeheer, Nationaal Park de Oosterschelde, de recreatiesector, Schuttevaer, de schelpdiersector, sportduikers, de Waterdienst en de waterschappen Brabantse Delta, Hollandse Delta en Zeeuwse Eilanden.

De Groot et al. (2002) inventariseerden de overlegstructuren in de Delta en vonden 109 overlegorganen. Aangezien deze studie uit 2002 stamt, wordt er nog geen melding gemaakt van de Deltaraad, het Deltateam en de adviesgroep Deltaraad.

Het provinciaal beleid voor de werkvelden ruimte, milieu en water is vastgelegd in het Integraal Omgevingsplan Zeeland 2006-2012 (ProvincieZeeland 2006). Hierin staat: *"De deltawateren bepalen in belangrijke mate de groenblauwe karakteristiek van de provincie en zijn aangewezen als Vogel- en Habitatrichtlijngebieden. Het duurzaam veiligstellen van de ecologische waarden blijft dan ook de eerste doelstelling voor de deltawateren. De hoofdlijn is duidelijk: **herstel van de estuariene dynamiek**. Inzet is realisatie van het herstel van de dynamiek zoveel mogelijk te combineren met ontwikkelingsmogelijkheden van de gebruiksfuncties"*.

Ook van regionaal belang is de Nota Soortenbeleid in Zeeland (ProvincieZeeland 2001). Volgens deze nota zijn soorten van het getijdengebied, zoals kustbroedvogels, schorplanten en zeegras het meest gebaat bij herstel van de estuariene invloeden.

Verder zal bij het herstellen van de estuariene dynamiek goed rekening gehouden moeten worden met grondwater. Het grondwaterbeleid in Zeeland is vastgelegd in het Grondwaterbeheersplan 2002-2007 (ProvincieZeeland 2002). Hierin wordt vooral ingegaan op onttrekking en infiltratie. De relatie tussen grond- en oppervlaktewater is beschreven in het Waterhuishoudingsplan 2001-2006.

De Provincie Zuid-Holland wil samen met de Provincies Zeeland en Noord-Brabant de ingezette koers voor de Deltawateren naar herstel van estuariene dynamiek nader uitwerken (PZH 2006). Voor de Provincie Noord-Brabant is herstel van estuariene dynamiek vooral in het gebied "de Brabantse Delta" van belang. In het Gebiedsplan Brabantse Delta (PNB 2005) stellen zij: "Randvoorwaarde voor het opnieuw in verbinding brengen van zout en zoet water in de Delta is dat West-Brabant in natte perioden niet onder water komt te staan (Mark en Vliet moeten altijd hun overtollige water kunnen lozen op het Krammer-Volkerak)."

Het Waterschap Brabantse Delta heeft, toen het nog Hoogheemraadschap West-Brabant heette, een Integraal Waterbeheersplan West-Brabant 2 (IWBB-2) geschreven waarin samenwerking met Rijkswaterstaat Directie Zeeland voor het peilbeheer van het Volkerak-Zoommeer wordt voorgesteld. Het Waterschap heeft de ambitie om het rivierkarakter van de Mark-Vlietboezem te herstellen in samenhang met het Volkerak-Zoommeer (HHWB 1999).

4 Estuaria en estuariene dynamiek

4.1 Wat zijn estuaria?

Er bestaan verschillende definities voor estuaria. De klassieke definitie voor een estuarium is die van Pritchard (1967), die hier in het oorspronkelijke Engels wordt gegeven: *“an estuary is a semi-enclosed coastal body of water having a free connection with the open sea, and within which seawater is measurably diluted with fresh water from land drainage”*.

In Pritchard's definitie is de getij-invloed in estuaria (slechts) impliciet verwoord in de open verbinding met de zee. Bovendien is in zijn definitie een estuarium begrensd door het hoogste punt waarop zout meetbaar is en hiermee worden zoetwater-getijdegebieden in estuaria, zoals bijvoorbeeld in de Westerschelde en de voormalige Biesbosch, uitgesloten. Fairbridge (1980) bedacht daarom: *“an estuary is an inlet of the sea reaching into a river valley as far as the upper limit of tidal rise, usually being divisible into three sectors: (a) a marine or lower estuary, in free connection with the open ocean; (b) a middle estuary, subject to strong salt and fresh water mixing; and (c) an upper or fluvial estuary, characterised by fresh water but subject to daily tidal action”*. Deze definitie heeft als voordeel dat de riviergrens van een estuarium eenvoudiger is te bepalen, maar de zee grens is nog moeilijk aan te geven.

Voor toepassing op Deltawateren vond Saeijs (1982) de gangbare definities te beperkt. Hij vond dat de invloed van de mens op (het creëren van) estuaria ontbrak in deze definitie. Bovendien vond hij de definitie te beperkt gericht op fysische factoren. Hij bedacht de volgende definitie: *“an estuary is a semi-enclosed coastal water basin with an open, possibly controllable, connection with the sea and supplied with fresh water from the land. This body of water is less or more affected by tidal action, and within it sea water is measurably mixed with and diluted by fresh water draining from the land. An estuary is an ecotone in which many specific and strongly related physical, chemical, and biological processes occur. Its landward boundary lies where the influence of the tide becomes noticeable, and towards the sea the boundary lies in a zone where a transition occurs between the area with rapid and relatively large fluctuations in the temperature of the interstitial water and the area where the tidal geomorphology of channels, intertidal flats, and shallow waters changes into the normal ocean floor.”*

Deze zeer complete definitie geeft zowel de rivier- als de zee grenzen, waarbij de laatste zijn afgeleid uit Wolff (1973).

In het document Natura 2000 profielen habitattypen, Eindconcept 15 december 2006, is ook een definitie van het habitatype estuarium gegeven:

Beschrijving: Dit habitatype is op landschapsniveau gedefinieerd op basis van vormen van het aardoppervlak en de stroming van water (geomorfologische en hydraulische kenmerken). Estuaria zijn de benedenstroomse delen van riviersystemen die onder invloed staan van zeewater en de werking van getijden. In tegenstelling tot habitatype H1160 grote baaien is er sterke en continue invloed van zoet rivierwater. Door de menging van rivierwater met zeewater ontstaat in estuaria een zoet-zoutgradiënt, waarbij de verste invloed van zout water stroomopwaarts de grens van het estuarium volgt. Deze grens ligt niet nauwkeurig vast, aangezien hij afhangt van de rivierafvoer, zeewaterstand en getijcondities. Bovendien verschuift zo'n grens ook in de loop der jaren, door ontwikkelingen in weer en klimaat en door al dan niet door de mens veroorzaakte veranderingen in het rivierbed. In het veld kan de ligging van de grens globaal vastgesteld worden aan de hand van de plantengroei of de bodemfauna. Aan de zeezijde is de aanwezigheid van zoet water een minder geschikte grens, want de invloed van de rivieren die uitkomen in de Noordzee is tot ver in de noordzeekustzone merkbaar. De zeewaartse grens kan daarom beter op basis van geomorfologische karakteristieken vastgesteld worden, zoals de lijn tussen landtongen, of de buitengrens van een delta.

Opvallend is dat de riviergrens van een estuarium hier wordt gelegd bij de invloed van zout water. Het is niet alleen praktischer om hiervoor de bovenste grens van getij-invloed te kiezen (staat aangegeven op vaarkaarten), de zoete getijdennatuur wordt nu uitgesloten van estuaria. **Een andere keuze zou zijn om de bovenste grens van een estuarium te leggen bij de invloed van het gemiddelde getij onder gemiddelde rivierafvoer-condities, conform Fairbridge (1980).** Maar hiermee komt de bovenste grens te liggen bij Vuren in de Waal en bij Heusden in de Maas en

daar is meer een riviertypologie dan een estuariumtypologie geldig. Het blijft dus lastig om een criterium te vinden zodanig dat een zoet getijdgebied onderdeel is van een estuarium. Bij de heersende definitie van habitattypen H1130 doet de Biesbosch niet mee.

De zeegrens wordt in deze definitie gelegd op basis van geomorfologie. Dit is duidelijk aan te geven op kaarten. Buitendelta's van estuaria, met typisch estuariene condities als ondiepe banken, brak water en relatief grote temperatuurschommelingen, kunnen bij het estuarium worden betrokken. Voor de zeewaartse grens is de gekozen afbakening op basis van morfologie beter dan op basis van zoutgehalte. De invloed van de grote rivieren op het zoutgehalte van de Noordzee beslaat honderden kilometers.

Er bestaan vele classificaties van estuaria. Zowel Villars & Delvigne (2001) als De Leeuw & Backx (2001) geven hiervan uitgebreide beschrijvingen. Verder bestaan er goede internetsites over estuaria, zoals <http://omp.gso.uri.edu/doee/science/descript/whats.htm>. Een tabel uit DEFRA (2006) geeft een overzicht van verschillende estuarium classificatie schema's.

Focus	Author	Date	Description
Geomorphology and physiography	Pritchard	1967	Drowned river valleys (coastal plain estuaries) Lagoon type bar-built estuary Fjord Tectonically-produced
Hydrography	Pritchard	1955	Salt-wedge estuary, highly stratified Partially-mixed estuary, moderately stratified Vertically homogeneous estuary, with lateral salinity gradient Sectionally homogeneous estuary, with longitudinal salinity gradient
Tidal characteristics	Hayes	1975	Micro-tidal (tidal range of 0-2m, sediments of tidal and river deltas) Meso-tidal (tidal range of 2-4m, sediments deposited largely by tidal currents) Macro-tidal (tidal range of >4m, completely tidally-dominated)
Sedimentation	Rusnak	1967	Positive filled (entirely filled with river sediment) Inverse filled (filled by marine sediments by the flood tide) Neutral filled (in equilibrium with no basin volume change)
Ecosystem energetics	Odum & Copeland	1974	Natural stressed systems of wide latitudinal range Natural tropical ecosystems of high diversity Natural temperate ecosystems with seasonal programming Natural Arctic ecosystems with ice stresses Emerging new systems associated with man Migrating sub-systems that organise areas.

De estuaria in de Delta zijn geclassificeerd door Peelen (1970). Hij maakte een onderscheid tussen drie geomorfologische typen :

- Estuaria met een continu doorlopende ondiepe zandbank voor de monding, zoals het Haringvliet;
- Estuaria met een ondiepe bank doorsneden door één of meer getijgeulen, zoals de Oosterschelde (3 geulen), de Grevelingen (2 geulen) en voorheen het Brielse Gat (2 geulen);
- Estuaria zonder ondiepe bank, bestaande uit één getijgeul, zoals de Keeten-Krammer-Volkerak.

4.2 De vorm van estuaria

Een overzichtelijk schema van 7 hoofdtypen estuaria is gegeven in DEFRA (2006):

Origin	Type	Sub-type
Glaciated valley	Fjord (1)	With spits (1a)
		No spits (1b)
	Fjord (2)	With spits (2a)
		No spits (2b)
Drowned river valley	Ria (3)	With spits (3a)
		No spits (3b)
	Spit-enclosed (4)	Single spit (4a)
		Double spit (4b)
		Filled valley (4c)
	Funnel-shaped (5)	-
Embayment (6)	-	
Drowned coastal plain	Tidal inlet (7)	Symmetrical (7a)
		Asymmetrical (7b)

De estuaria in de zuidwestelijke delta zijn van het type (5) uit bovenstaande tabel. De vorm van dit type laaglandestuaria wordt bepaald door verschillende processen, waarvan de belangrijkste zijn (Savenije 2005):

- *Getijbeweging*. Zowel de verticale als de horizontale getijbeweging spelen een rol. De getijamplitude H is een goede maat voor de sterkte van de getijbeweging.
- *Rivierafvoer*. De afvoer van de rivier kan de vorm van het estuarium in sterke mate beïnvloeden. Wanneer de rivierafvoer hoog is ten opzichte van de getijbeweging krijgt het estuarium een rivier vorm. De 'bankvullende' afvoer, dat is het debiet door de rivier waarbij de rivierbanken net niet zijn overstroomd, is een goede maat voor de rivierinvloed op de vorm.
- *Golven*. De vorm van de monding van een estuarium kan sterk van de golfactie afhangen. Het ontstaan van zandbanken of eilanden hangt af van de heersende golfcondities, in combinatie met de ruimte in het estuarium.
- *Stormen*. Als een korte-termijn effect is er de invloed van stormen op de vorm van een estuarium.

De trechtersvorm van de (voormalige) estuaria in zuidwest Nederland is een resultaat van waterbeweging en sediment transport. Deze trechtersvorm is kenmerkend voor alluviale laaglandestuaria. Laaglandestuaria zijn gevormd na de laatste ijstijd, waarin als gevolg van zeespiegelstijging het water de riviervalleien op kroop (vandaar de benaming 'drowned river valleys'). Een convergerend estuarium (de trechtersvorm wordt steeds nauwer) zorgt voor opslinging van het getij. Tegelijkertijd neemt de wrijving met de oevers toe. De ideale estuariumvorm is een vorm waarin de convergentie van de oevers dusdanig is dat de opslinging van het getij wordt gecompenseerd door een toenemende wrijving. De exponentiële trechtersvorm van estuaria bereikt deze balans. In deze vorm nemen de breedte en de dwarsdoorsnede exponentieel af over de lengte van het estuarium. Deze vorm wordt wiskundig beschreven door (Savenije 2005):

$$A(x) = A_0 \exp\left(-\frac{x}{a}\right)$$

en

$$B(x) = B_0 \exp\left(-\frac{x}{b}\right)$$

Hierin is A de oppervlakte van de dwarsdoorsnede (m^2), A_0 is de oppervlakte van de dwarsdoorsnede aan de monding (m^2), x is de afstand tot de monding (km), a is de convergentielengte voor de dwarsdoorsnede (km), B is de breedte (m), B_0 is de breedte aan de monding (m) en b is de convergentielengte voor de breedte (km). Het verband tussen A en B wordt gegeven door:

$$A = hB$$

Bepaling getijvolume in estuaria

Een belangrijk begrip in estuaria is het getijvolume. Hiervoor wordt niet altijd een eenduidige definitie gebruikt. In deze studie wordt het vloedvolume gebruikt: het volume water dat een estuarium binnenstroomt vanaf het moment dat de vloedstroom op gang komt (de kentering bij laagwater) tot het moment waarop de vloedstroom stopt (de kentering bij hoogwater). Het vloedvolume is lastig te meten. Hiervoor zou je exact moeten kunnen bepalen hoeveel water er aan de monding van een estuarium binnenstroomt. Dit vereist stroomsnelheidsmetingen over de dwarsdoorsnede en op verschillende dieptes gedurende een getijperiode.

Er bestaan twee benaderingswijzen voor het vloedvolume, zie Figuur 15. In de ene benadering wordt het vloedvolume bepaald door de dwarsdoorsnede aan de monding, A_0 , te vermenigvuldigen met de getijweg, E . De getijweg is de weg die een waterdeeltje aflegt tussen laagwaterkentering en hoogwaterkentering.

$$P_t = A_0 E$$

In de andere benadering wordt het vloedvolume bepaald door de oppervlakte van het bekken, O , te vermenigvuldigen met het waterstandsverschil tussen de kenteringen, H .

$$P_t = OH'$$

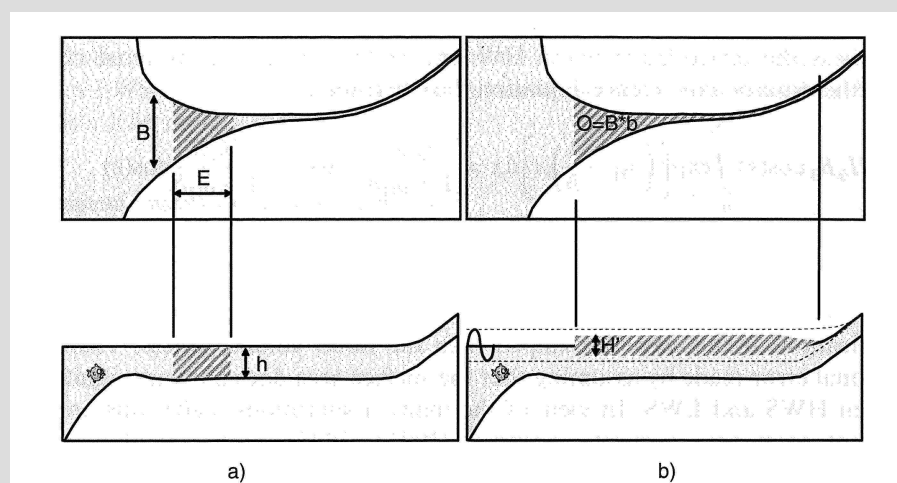
In estuaria zit een getijfaseverschil: het moment van kentering vindt plaats na het moment van hoogwater of laagwater. Meestal bedraagt het faseverschil zo'n 30-45 minuten. Dit betekent dat het peilverschil tussen hoogwaterkentering en laagwaterkentering kleiner is dan het verschil tussen hoog- en laagwater.

Ook speelt ook een rol dat de getijamplitude niet constant blijft. Gaande van de zee landinwaarts kan het getij uitdempen of opslingeren. In de zuidwestelijke Delta is een getijopslingering gebruikelijk; de getijslag neemt eerst toe van de monding richting de rivier en neemt daarna weer af. In de berekening van het getijvolume dient hier eigenlijk rekening gehouden mee te worden.

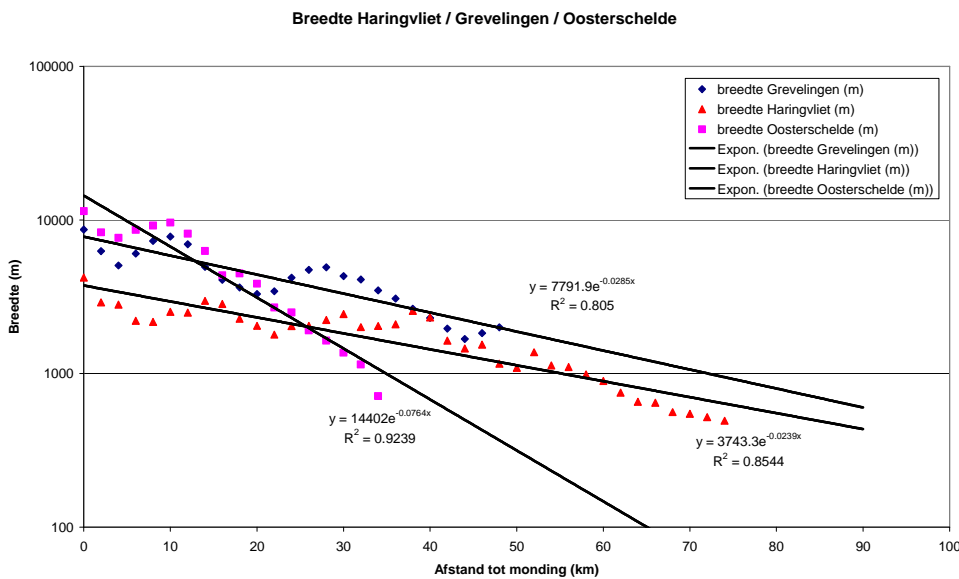
De vaste verhouding tussen getijvolume en dwarsdoorsnede aan de monding leidt tot de constatering dat de maximale getijstroomsnelheid, gemiddeld over de dwarsdoorsnede, gelijk is voor alle getijdenbekkens met een tweemaal daags getij. Dit blijkt zo'n 0,9 tot 1 m/s te bedragen in een evenwichtssituatie:

$$v = \frac{E\pi}{T}$$

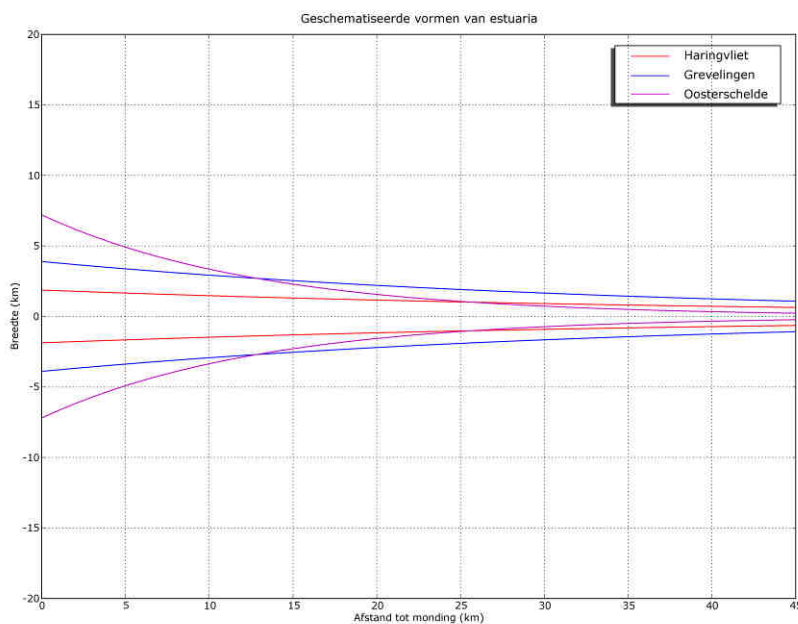
waarin v is de getijstroomsnelheid (m/s), E is de getijweg (m) en T is de getijperiode (44400 s).



Figuur 10. Definitie-schetsen voor de bepaling van het vloedvolume: (a) als het product van breedte B , getijweg E en diepte h ; en (b) als het product van oppervlakte O en waterstandsverschil tussen kenteringen H' (Savenije 2005).



Figuur 11. Exponentiële relatie voor de verandering van de breedte.



Figuur 12. Geschematiseerde vormen van estuaria, volgens exponentiële functies.

4.3 De verhouding platen en geulen in estuaria

Zoals eerder gesteld is de diepte in een estuarium, gemiddelde over de dwarsdoorsnede, nagenoeg constant. In het 'ideale' estuarium, Figuur 9, is de bodem daadwerkelijk op alle plaatsen even hoog, maar in werkelijkheid bevinden zich in estuaria diepe en ondiepe delen. De ondiepe delen, met name de intergetijdegebieden, zijn vanuit een ecologisch oogpunt interessant. De vraag rijst of estuaria ook een vaste verhouding kennen tussen diepe geulen en ondiepe platen.

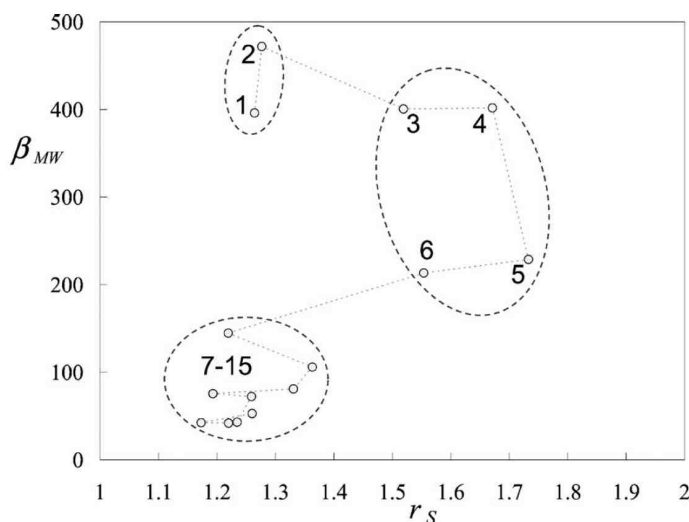
De aanwezigheid van platen en geulen in een estuarium wordt voor een belangrijk deel bepaald door het verticale getij. Hierin wordt gebruikelijk onderscheid gemaakt in drie categorieën:

1. Micro-tidale estuaria. Wanneer de getijslag kleiner is dan 2 m worden de morfologische processen bepaald door de rivierafvoer en de golven en stromingen van zee. Het sediment

- van de rivier kan een delta uitbouwen, terwijl de golven van zee zandbanken en eilanden vormen. Dit soort estuaria zijn meestal langgerekt (een grote convergentielengte).
2. Meso-tidale estuaria. Estuaria met een getijslag tussen de 2 en 4 m ondervinden zo'n sterke getij-actie dat delta's niet worden gevormd. In plaats daarvan is karakteristiek dat er twee geulen worden aangetroffen die respectievelijk de vloedgeul en ebgeul worden genoemd.
 3. Macro-tidale estuaria. Wanneer de getijslag groter is dan 4 m vormt dit gebruikelijk korte, trechtervormige estuaria (trompetvorm) zonder vloed- of ebgeulen.

De estuaria van zuidwest-Nederland zijn oorspronkelijk meso-tidaal. De verhouding aan platen en geulen wordt verder ook bepaald door de lokale configuratie van de kustlijn, de geologische opbouw van de bodem, de ligging van de monding ten opzichte van getijstromingen en heersende windcondities en de historie van het estuarium. Een estuarium waarin als gevolg van zeespiegelstijging het getijvolume toeneemt, zal de riviergeul uitruimen, het zand op de platen brengen en sediment exporteren. Zo'n estuarium kan de 'ideale trechtervorm' bereiken. Een estuarium waarin het getijvolume vervolgens afneemt, bijvoorbeeld door bodemstijging, zal sediment importeren en meer ondiepe gebieden creëren, zeker wanneer de buitenste grenzen naar verhouding te ruim zijn.

Toffolon & Crosato (2007) ontwikkelden indicatoren voor de morfologie van estuaria aan de hand van de Westerschelde. Het Schelde-estuarium is in drie morfologische zones te verdelen waarvan er twee in het Nederlandse deel voorkomen. De zones zijn via ratio's tussen geometrische variabelen (breedte, diepte, getijverschil, ...) te karakteriseren. Zij vonden ondermeer dat het aandeel aan intergetijdegebieden samenhangt met de breedte/diepte verhouding (hun definitie voor breedte en diepte is iets afwijkend van de gangbare definitie, maar dat voert hier te ver). Het is niet zo dat geldt: hoe groter de breedte/diepte verhouding hoe meer intergetijdegebied. Figuur 13 geeft de resultaten voor de Westerschelde. De Westerschelde heeft vanaf de monding tot aan Baarland (secties 1 en 2) een breedte/diepte verhouding van ruim 400. In deze secties heeft de Westerschelde een meergeulensysteem met platen en slikken. Het relatieve aandeel intergetijdegebieden bedraagt hier zo'n 25% van het totale oppervlakte. Van Baarland tot aan de Belgische grens (secties 3 t/m 6) neemt de breedte/diepte verhouding af van 400 naar 200. In deze secties heeft de Westerschelde een twee-geulensysteem. Het relatieve aandeel intergetijdegebieden is hier hoger, zo'n 65%. Vanaf de Belgische grens (secties 7 t/m 15) is de breedte/diepte verhouding klein, zo'n 100 of minder. Hier is de Zeeschelde een één-geulensysteem. Het relatieve aandeel intergetijdegebieden bedraagt zo'n 25%.



Figuur 13. Karakteristieken van de Westerschelde. Op de y-as staat de breedte/diepte verhouding bij gemiddeld tij. Op de x-as staat de verhouding tussen het oppervlakte overstroomd gebied bij hoogwater en bij laagwater (maat voor de hoeveelheid intergetijdegebied). Getallen geven secties weer. 1 – 2 monding tot Baarland (meergeulensysteem), 3 – 6 Baarland tot Belgische grens (tweegeulensysteem), 7 – 15 Belgische grens e.v. (ééngeulensysteem). Bron: Toffolon & Crosato (2007).

Toffolon & Crosato (2007) stellen dat enkel grote veranderingen in de morfologie kunnen zorgen voor een verschuiving van morfologische zones. Een verandering in morfologisch type zal voor die sectie leiden tot een verandering in het areaal schor, slik, zandplaat, ondiep water of geul. Dit zal zijn weerslag hebben voor het areaal van ieder type over het gehele estuarium.

Om te onderzoeken wat de verhouding is tussen diepe en ondiepe gebieden in verschillende andere estuaria kan beter geen gebruik worden gemaakt van moderne kaarten, aangezien er al heel wat bedijkingen, vaarwegverbeteringen, inpolderingen, etc., zijn gepleegd. Er bestaan wel kaarten van eind 19e eeuw van Europese estuaria waarin de eerste aanpassingen zijn beschreven in een handboek van een bekende hydraulisch ingenieur, L.F. Vernon-Harcourt (Vernon-Harcourt 1896). De kaarten voor 12 estuaria zijn weergegeven in Appendix I. Aan deze estuaria is al het nodige 'verbeterd', er is in sommige gevallen al flink gebaggerd en er zijn delen ingepolderd, maar de verhouding diepe en ondiepe gebieden is, in vergelijking met de tegenwoordige situatie, nog relatief intact.

De *Clyde* is een kleine rivier die uitstroomt in een diepe en wijde baai, the Firth of Clyde. De monding van dit estuarium ligt beschermd van de zee. Dit zijn atypische omstandigheden vergeleken met de estuaria in zuid-west Nederland.

De *Dee* is een 'drowned river valley' gevormd in een zachter type rots. Kenmerkend aan dit type zijn 'spits', uitsteeksels aan de kust die de monding vernauwen. Hierdoor zijn de getijstromingen en golven gereduceerd en vaak zijn in dit type estuaria uitgebreide ondiepe delen te vinden. De Dee heeft één spit. Dit type estuaria is niet vergelijkbaar met de de estuaria in zuid-west Nederland.

De *Loire* is een macro-tidaal estuarium uit een relatief steil achterland. Benedenstreams van Nantes worden verscheidene eilanden gevonden die een rivieroorsprong hebben. Verder naar de monding zijn ook eilanden, maar die hebben een mariene oorsprong. Vlak aan de monding is een contractie. De morfologische eigenschappen van de Loire zijn verschillend van die van de zuidwestelijke delta.

De *Mersey* is weliswaar een 'drowned river valley', maar is gelegen in een ondergrond van harde rots. De Mersey bevat op sommige plaatsen vernauwingen als gevolg van de rotsen waar het tussendoor stroomt. Dit is niet vergelijkbaar met de estuaria in zuid-west Nederland.

De *Ribble* is een macrotidale trechtvormige laaglandrivier in alluviaal sediment. Het heeft een zeer wijde, ondiepe monding waarin zich tussen 1736 en 1836 op drie plaatsen laagwatergeulen bevonden. De positie van deze geulen hing af van de loop die de rivier verkoos. De Ribble heeft een macrotidaal getij van maximaal 8 m (Van der Wal *et al.* 2002). Als gevolg van ingrepen als inpolderingen, baggeren en bedijkingen is dit estuarium in grote mate opgevuld met sediment. Dit is al vanaf 1847 begonnen (Van der Wal *et al.* 2002) en al duidelijk zichtbaar op de kaart van 1893-1894. Dit kaartbeeld is dus al niet meer karakteristiek.

De *Seine* is een macrotidaal estuarium met de bijbehorende wijde monding. Vele ingrepen hebben plaats gevonden in de Seine, zoals ook te zien is op de kaart van 1891. Dit heeft geleid tot een versnelde opvulling en een verfijning van het sediment.

De *Tees* is net als de Dee gevormd in zachtere rots, en heeft twee spits. De monding van het estuarium bevat hierdoor uitgebreide ondiepe delen.

De *Thames* is een macrotidaal laaglandestuarium met een typische exponentiële trechtvorm.

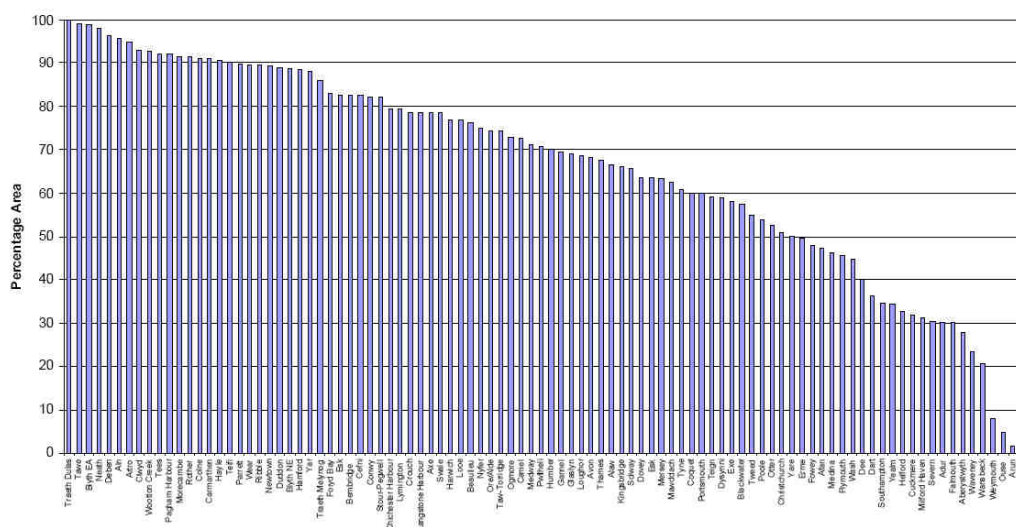
De *Tyne* is een kleine rivier die direct uitmondt in de Noordzee. Het is net als de Mersey een 'drowned river valley' in een ondergrond van harde rots. De Tyne wordt gekenmerkt door een dominante riviervorm, uitgesleten in de rots en lijkt dus niet op de Nederlandse estuaria.

De *Usk* is een klein estuarium dat uitmondt in een beschut deel van de Bristol Channel op grote afstand van de open zee. Het heeft een uitzonderlijk grote getijslag van 12 m bij springtij. Het bezit hierdoor een typische trompetvorm en de hoge stroomsnelheden houden het vele sediment dat afstroomt van de rivier in suspensie.

De *Weser* (Duitsland) is een laaglandestuarium met een meso-tidaal getij, vergelijkbaar met de zuidwestelijke delta. De getij-invoerd dringt diep landinwaarts door (80 km). Het kent een sterk turbiditeitsmaximum. Maar de *Weser* is ook al in hoge mate bedijkt en uitgebaggerd, zelfs al in 1891. Alleen aan de monding worden nog ondiepe gebieden gevonden.

Een studie van DEFRA (2006) geeft een overzicht van de verhouding aan intergetijdegebieden versus totaal oppervlakte voor alle Britse estuaria, Figuur 14. Zoals te zien is de spreiding zeer groot. De Britse estuaria kennen slechts 3 exemplaren van het type (5), de 'funnel-shaped drowned river valley', te weten de Ribble, de Solway en de Thames. Dit zijn alledrie grote estuaria uit de top 8 van de UK. Maar het karakter van deze estuaria binnen eenzelfde hoofdtype is verschillend. De relatieve verhouding aan intergetijdegebieden is respectievelijk 89%, 67% en 66%. De Ribble (zie boven) lijkt hierin de uitzondering, maar een kenmerkende verhouding is niet aan te geven.

Uit twaalf eind 19e-eeuwse kaarten en uit huidige gegevens van Britse estuaria is geen algemene regel voor de verhouding diepe/ondiepe delen te geven. Bovendien zijn de beschreven estuaria niet allen van hetzelfde type als die in de zuidwestelijke delta.



Figuur 14. Verhouding intergetijdegebied / total oppervlakte (in procenten) van Britse estuaria. Uit: DEFRA (2006).

4.4 De menging van zoet en zout water

4.4.1 Introductie

In systemen waarin zoet en zout water bij elkaar komen is de mate van menging van belang voor het al dan niet optreden van stratificatie. Zout water heeft, als gevolg van het hogere soortelijk gewicht, de neiging om naar de bodem te zakken, terwijl zoet water er bovenop drijft. Het gevolg is **stratificatie**: het vormen van twee lagen water boven op elkaar. Dit is op zich geen probleem, maar het gevolg is dat er in de bovenste (zoetere laag) algengroei optreedt, dat afsterft en naar beneden zakt. In de onderste laag vindt alleen afbraak plaats van dit organisch materiaal en dit kan tot zuurstofloosheid leiden, omdat er geen verversing is.

4.4.2 Een getal voor de mate van menging

De mate van menging in een estuarium wordt vooral bepaald door het getij. Daarbovenop kunnen de rivierstroomsnelheid en de windgolven ook invloed uitoefenen, maar het getij is dominant. Een uitdrukking voor de mate van menging in een estuarium wordt gegeven door het **Estuariene Richardson getal** (Fischer *et al.* 1979). Dit getal geeft een verhouding weer tussen twee vormen van energie. De ene is de potentiële energie per getijperiode die nodig is om zout en zoet water te mengen, dus tegen het drijfvermogen van zoet water in. De andere is de kinetische energie per getijperiode die de getijstrooming realiseert en nodig is voor het mengen.

De potentiële energie nodig voor menging wordt gegeven door:

$$E_m = \Delta\rho Q_f T g (h/2)$$

waarin Δ is het relatieve dichtheidsverschil tussen zeewater en rivierwater (-), ρ is dichtheid van water (kg/m^3), Q_f is rivierafvoer (m^3/s), T is getijperiode (s), g is versnelling van de zwaartekracht (m/s^2) en h is waterdiepte (m).

De kinetische energie die de mengenergie levert wordt gegeven door:

$$E_t = 0.5 \rho A_0 E_0 v_0^2$$

waarin A_0 is het oppervlak van de dwarsdoorsnede (m^2), E_0 is de getij-excursie (m) en v_0 is de amplitude van de getijstroomsnelheid (m/s).

Het Estuariene Richardson getal wordt gegeven door:

$$N_R = \frac{E_m}{E_t} = \frac{\Delta\rho g h Q_f T}{\rho P_t v_0^2}$$

Als de waarde voor het Estuariene Richardson getal N_R groot is, is er een grote kans op stratificatie; er is niet genoeg energie in het water om zoet en zout te ontmengen. Als de waarde voor N_R klein is, dan is het estuarium goed gemengd. Als grenswaarden geeft Fischer (1979) 0,08 of kleiner voor goed-gemengde systemen en 0,8 of groter voor gestratificeerde systemen.

Tabel 2 geeft de belangrijkste kentallen voor rivierafvoeren en getij in het Haringvliet, de Grevelingen en de Oosterschelde vóór en na de Deltawerken. Het getijvolume is in deze tabel gedefinieerd als een **vloedvolume**: het water dat het estuarium binnenstroomt tussen kentering van laagwater en kentering van hoogwater. Om het Estuariene Richardson getal te berekenen is ook de getijperiode T nodig, die bedraagt 12 uur en 20 minuten, dus 44400 s. De dichtheid van water, ρ , is 1000 kg/m^3 en het relatieve dichtheidsverschil tussen zeewater en rivierwater bedraagt 25/1000.

De uitkomsten laten zien dat vóór de Deltawerken de Grevelingen en de Oosterschelde zeer lage Estuariene getallen hadden. Dit waren beiden systemen met een zeer lage rivierafvoer vergeleken met het getij, dus deze systemen waren zeer goed gemengd. Het Haringvliet had een intermediaire waarde volgens de criteria van Fischer (1979). Dit betekent dat het Haringvliet een 'gedeeltelijk gemengd' systeem was.

In de huidige situatie, na uitvoering van de Deltawerken, kunnen geen Estuariene getallen berekend worden voor het Haringvliet en het Grevelingenmeer. In het Haringvliet wordt geen zout water toegelaten en de Grevelingen is een stagnerend zout meer.

Tabel 2. Kentallen voor afvoer en getij in het Haringvliet, de Grevelingen en de Oosterschelde, de situatie vóór en na de Deltawerken.

	Haringvliet		Grevelingen		Oosterschelde	
	vóór	na	vóór	na	vóór	na
Dwarsdoorsnede A_0 (m^2)	19.000*	12.500*	32.000*	-	89.000@	17.900@
Getijvolume P_t (Mm^3)	242**	-	345#	-	1230#	880#
Gem. afvoer Q_f (m^3/s)	1210***	877**	65##	-	70@@	20
Gem. diepte h (m)	6,3	6,3	5,3	5,3	10	10
Getijsnelheid v_0 (m/s)	0,90	-	0,76	-	1,0	0,70
Estuarien getal N_R (-)	0,41	-	0,02	-	0,006	0,005

* Van den Berg, 1987

** MER Haringvliet

*** Peelen, 1967
 # Vroon, 1994
 ## Haas en Tosserams, 2001
 @ (Mulder *et al.* 1994)
 @@ Nienhuis & Smaal, 1994

In het Haringvliet is het Kierbesluit genomen. Dit betekent dat een beetje getij-inval met zout water weer toegelaten gaat worden. Het getijvolume zal hierdoor naar schatting 11 miljoen m³ worden. Het Estuariene getal wordt hiermee erg groot (Tabel 3; dit geeft aan dat stratificatie op kan treden). Het zou kunnen gebeuren dat bij hoge afvoer de rivierstroming voldoende turbulentie realiseert om het zoute water te mengen. Maar in de diepe getijgeulen zal het zwaardere zoute water zich ophopen. Hierdoor ontstaat een systeem van zoet rivierwater dat stroomt over een bodem waarin zout water zich in de diepe delen bevindt.

Wanneer de Haringvlietsluizen maximaal open worden gezet (variant Stormvloedkering) is er in die situatie een getijvolume mogelijk van 170 miljoen m³. **Er is dan voldoende menging van zout en zoet**, zie Tabel 3.

Tabel 3. Kentallen voor afvoer en getij in het Haringvliet.

	Haringvliet	
	Kier	Open
Dwarsdoorsnede A_0 (m ²)	1250*	6000*
Getijvolume P_t (Mm ³)	11*	170*
Gem. rivierafvoer Q_r (m ³ /s)	877*	877*
Gem. diepte h (m)	6,3	6,3
Max. getijsnelheid v_0 (m/s)	0,62	0,96
Getij excursie (km)	8,8	13,6
Estuarien getal N_R (-)	14,4	0,39

* (RWS-ZH 1998b)

Bepaling getijvolume in estuaria

Een belangrijk begrip in estuaria is het getijvolume. Hiervoor wordt niet altijd een eenduidige definitie gebruikt. In deze studie wordt het vloedvolume gebruikt: het volume water dat een estuarium binnenstroomt vanaf het moment dat de vloedstroom op gang komt (de kentering bij laagwater) tot het moment waarop de vloedstroom stopt (de kentering bij hoogwater). Het vloedvolume is lastig te meten. Hiervoor zou je exact moeten kunnen bepalen hoeveel water er aan de monding van een estuarium binnenstroomt. Dit vereist stroomsnelheidsmetingen over de dwarsdoorsnede en op verschillende dieptes gedurende een getijperiode.

Er bestaan twee benaderingswijzen voor het vloedvolume, zie Figuur 15. In de ene benadering wordt het vloedvolume bepaald door de dwarsdoorsnede aan de monding, A_0 , te vermenigvuldigen met de getijweg, E . De getijweg is de weg die een waterdeeltje aflegt tussen laagwaterkentering en hoogwaterkentering.

$$P_t = A_0 E$$

In de andere benadering wordt het vloedvolume bepaald door de oppervlakte van het bekken, O , te vermenigvuldigen met het waterstandsverschil tussen de kenteringen, H .

$$P_t = OH'$$

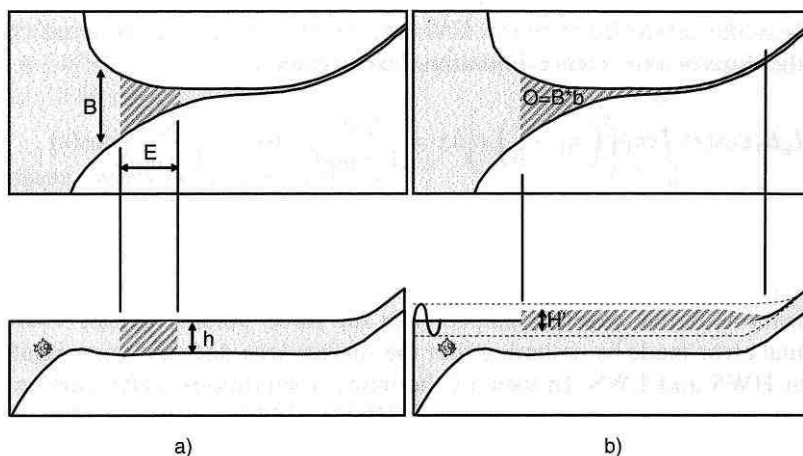
In estuaria zit een getijfaseverschil: het moment van kentering vindt plaats na het moment van hoogwater of laagwater. Meestal bedraagt het faseverschil zo'n 30-45 minuten. Dit betekent dat het peilverschil tussen hoogwaterkentering en laagwaterkentering kleiner is dan het verschil tussen hoog- en laagwater.

Ook speelt ook een rol dat de getij-amplitude niet constant blijft. Gaande van de zee landinwaarts kan het getij uitdempen of opslingeren. In de zuidwestelijke Delta is een getijopslingering gebruikelijk; de getijslag neemt eerst toe van de monding richting de rivier en neemt daarna weer af. In de berekening van het getijvolume dient hier eigenlijk rekening gehouden mee te worden.

De vaste verhouding tussen getijvolume en dwarsdoorsnede aan de monding leidt tot de constatering dat de maximale getijstroomsnelheid, gemiddeld over de dwarsdoorsnede, gelijk is voor alle getijdenbekkens met een tweemaal daags getij. Dit blijkt zo'n 0,9 tot 1 m/s te bedragen in een evenwichtssituatie:

$$v = \frac{E\pi}{T}$$

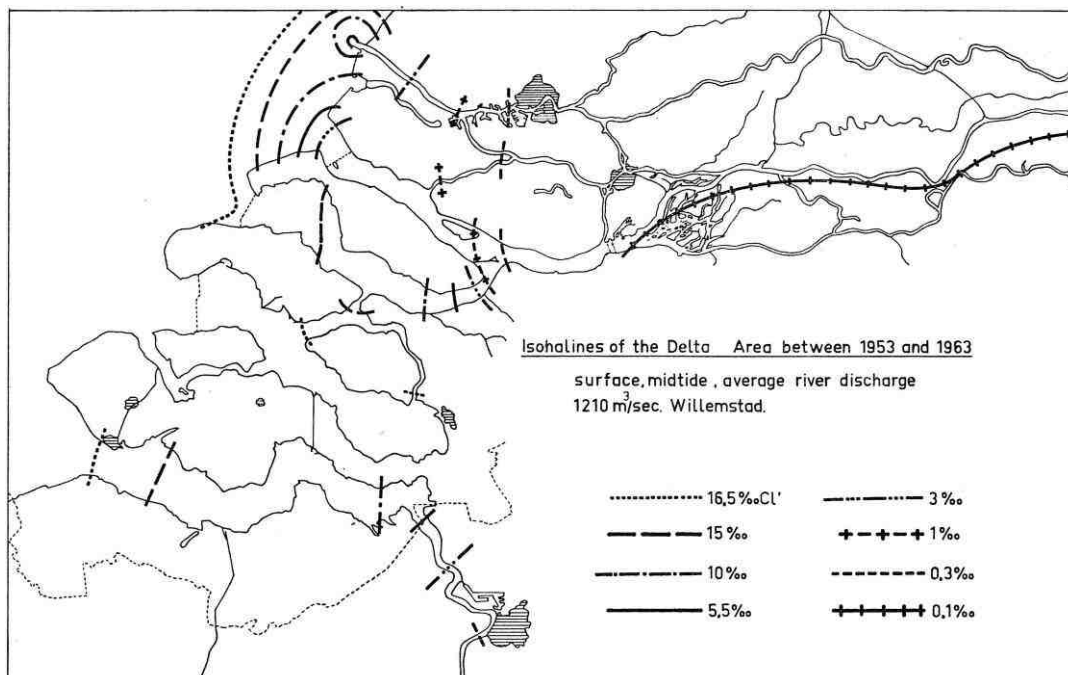
waarin v is de getijstroomsnelheid (m/s), E is de getijweg (m) en T is de getijperiode (44400 s).



Figuur 15. Definitieschetsen voor de bepaling van het vloedvolume: (a) als het product van breedte B , getijweg E en diepte h ; en (b) als het product van oppervlakte O en waterstandsverschil tussen kenteringen H' (Savenije 2005).

4.4.3 Zoutgradiënten

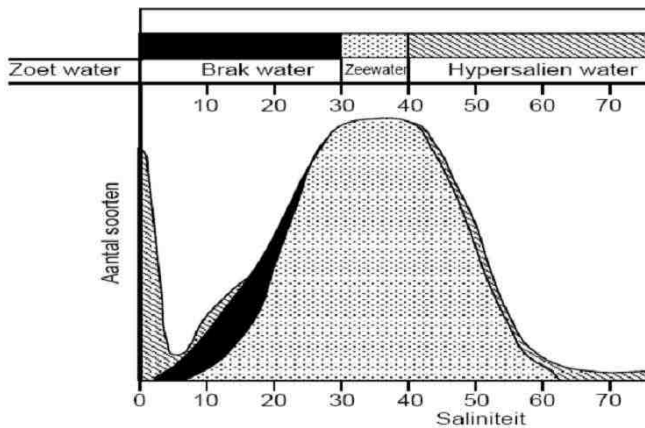
Een estuarium wordt gekenmerkt door vele gradiënten, die bepalend zijn voor de hoge soortenrijkdom. De saliniteitsgradiënt binnen estuaria loopt vanaf 0.5‰ (de bovengrens voor zoet water) tot 30‰ of hoger voor zeewater. De saliniteit wordt gegeven door het totaalgehalte aan zouten in het water. Vaak wordt het zoutgehalte uitgedrukt in chloriniteit, het chloride-gehalte, Cl. **De saliniteit is ongeveer 1,8 maal het chloridegehalte.** Figuur 16 geeft de chloride-gehaltenes in de estuaria van de Delta vóór de Deltawerken. Het is te zien dat het Haringvliet een brakwaterbekken was, de Grevelingen een brede range aan zoutgehaltes kende en de Oosterschelde voornamelijk zout water had.



Figuur 16. Isohalienen voor chloriniteit in de Delta tussen 1953 en 1963. Uit: Peelen (1967).

De meeste biogeochemische reacties die optreden als zoet water met zout water in contact komt treden al op bij een lage saliniteit, lager dan 1‰. Dit geldt bv. voor het uitvlokken van fijn organisch en anorganisch materiaal dat van de rivierafvoer komt. Ook het vrijkomen van oplosbaar en particulier organisch materiaal, waarmee dit beschikbaar komt voor bacteriële groei, vindt dan reeds plaats. Zooplankton, met name copepoden *Eurytemora*, profiteert hiervan en wordt abundant gevonden bij een saliniteit kleiner dan 5‰. Een saliniteit van 5‰ markeert de bovenste grens voor zoete soorten en de onderste grens voor zoute soorten. Hierdoor wordt (in het algemeen) bij een saliniteit tussen de 5 en 8‰ een lage soortdiversiteit gevonden (McLusky 1993), zoals reeds opgemerkt door Remane (1934), die bij 5‰ een minimum vond, Figuur 17. **Deze curve van Remane bleek ook geldig in de estuaria in de Delta, vóór de Deltawerken** (Wolff 1973). Omdat een estuarium zowel typisch zoete, brakke als zoute soorten kent is de totale biodiversiteit in estuaria groot.

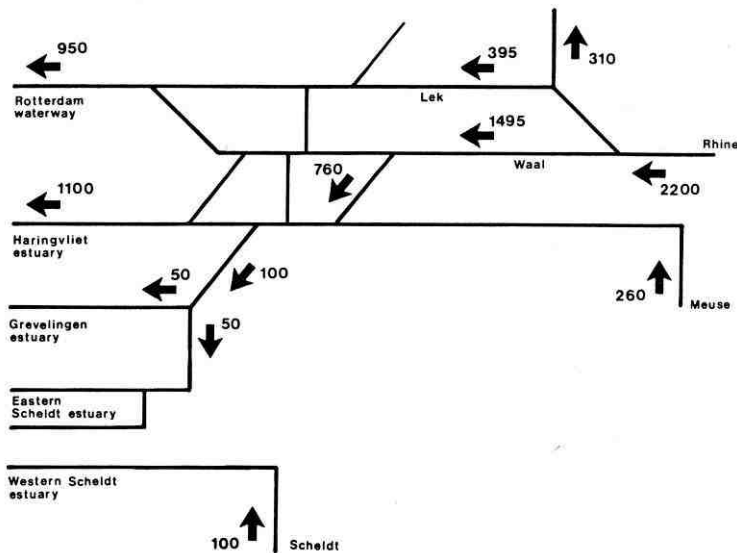
Door het maken van een combinatie van de zoutgehaltes in de voormalige estuaria (Figuur 16) met de grafiek van de relatieve soortenrijkdom volgens Remane (Figuur 17) kan een beeld worden verkregen van de soortdiversiteit en gradiënten in de voormalige estuaria.



Figuur 17. Relatieve soortenrijkdom aan bodemfauna in estuaria, gesplitst in soorten van zoet water, brak water, zeewater en hypersalien water, uitgezet tegen de saliniteit. Naar: Remane (1934).

De saliniteitsgradiënt in estuaria kan worden beschreven met de methode van Savenije (2005). Deze methode geeft een analytische beschrijving (een 'formule') van het verloop van het zoutgehalte gaande van de monding van het estuarium tot in het zoete gedeelte in de keel. Hiervoor is een aantal kenmerkende gegevens nodig, zoals de breedte van estuaria, die afneemt in bovenstroomse richting volgens een exponentiële functie. Verder zijn gegevens nodig over de diepte, het rivierdebiet, de saliniteit aan de monding en de getijstroomsnelheid- en periode. Hieruit volgen kentallen voor de mate van menging van zoet en zout water over de lengte van het estuarium, waaruit vervolgens de saliniteitsgradiënt volgt. De methode staat beschreven in Appendix IV en zal worden toegepast om de zoutgradiënten te beschrijven in de historische situatie en te voorspellen voor een toekomstige situatie.

De historische afvoeren zijn gegeven in Figuur 18. Dit komt overeen met de door Peelen (1967) gevonden gemiddelde afvoer van 1210 m³/s bij Willemstad, dat wordt verdeeld in 1100 m³/s door het Haringvliet en 100 m³/s naar Grevelingen en Oosterschelde.



Figuur 18. Gemiddelde afvoerverdeling (in m³/s) van de grote rivieren in 1965. Uit: (Bijlsma & Kuipers 1989).

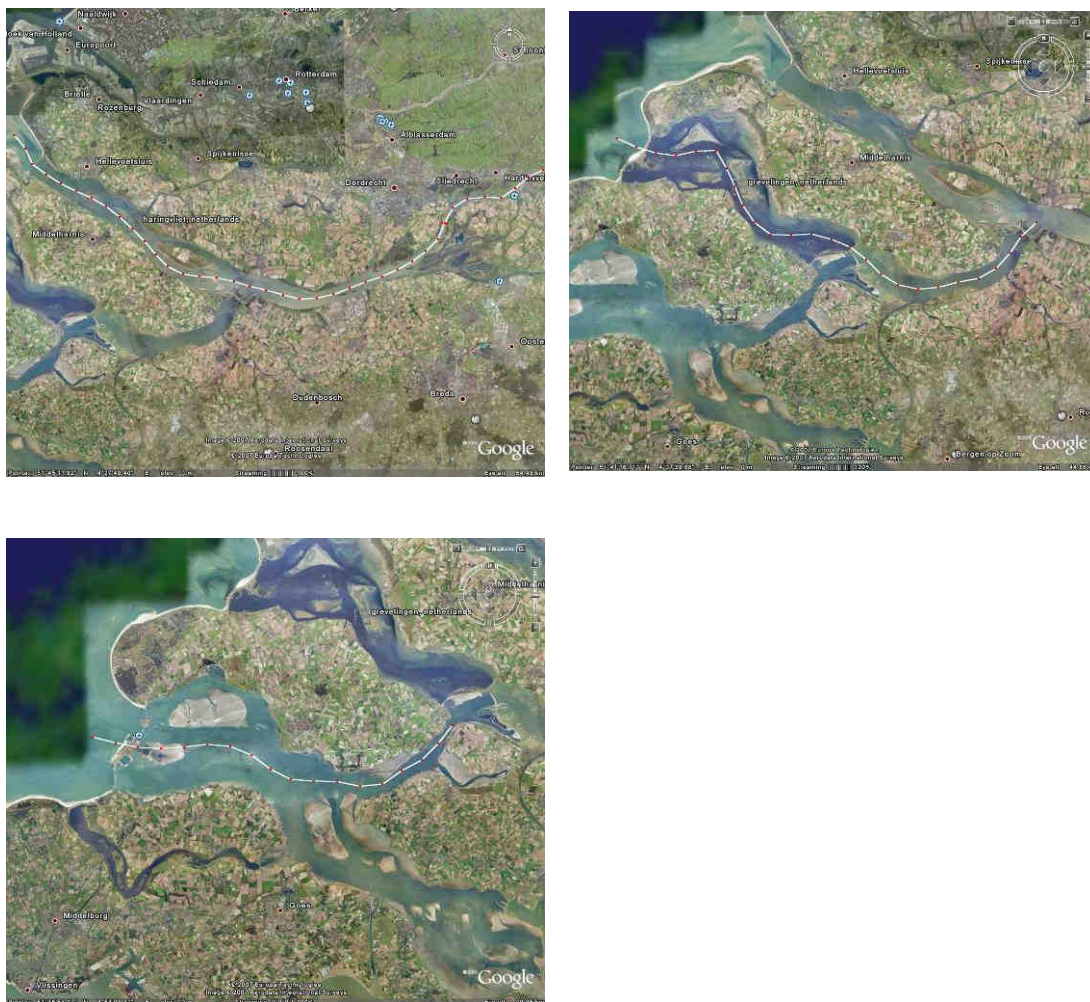
Figuur 19 geeft de lengte-assen door de estuaria weer die zijn gedefinieerd ten behoeve van het model. Figuur 20, Figuur 21 en Figuur 22 geven de saliniteitsgradiënten voor de historische situatie 1953-1963, gekalibreerd aan Peelen (1967). Per figuur is de zoutgradiënt gegeven voor drie

verschillende tijdstippen in het getij: bij laagwater kentering, bij gemiddeld tij en bij hoogwaterkentering. **Dit illustreert de dagelijkse zoutdynamiek.** Ook zijn er drie afvoercondities gekozen: een lage, een gemiddelde en een hoge afvoer. **Dit illustreert de seizoensdynamiek.** De afvoeren zijn gebaseerd op Peelen (1967) en Bijlsma & Kuipers, (1989), waarbij een verhouding tussen de lage en de hoge afvoer van een factor 10 is genomen. In deze figuren is ook aangegeven wat de positie is van enkele bruggen en dammen. Voor alle duidelijkheid: die waren er nog niet allen in de historische situatie, maar dienen als referentie.

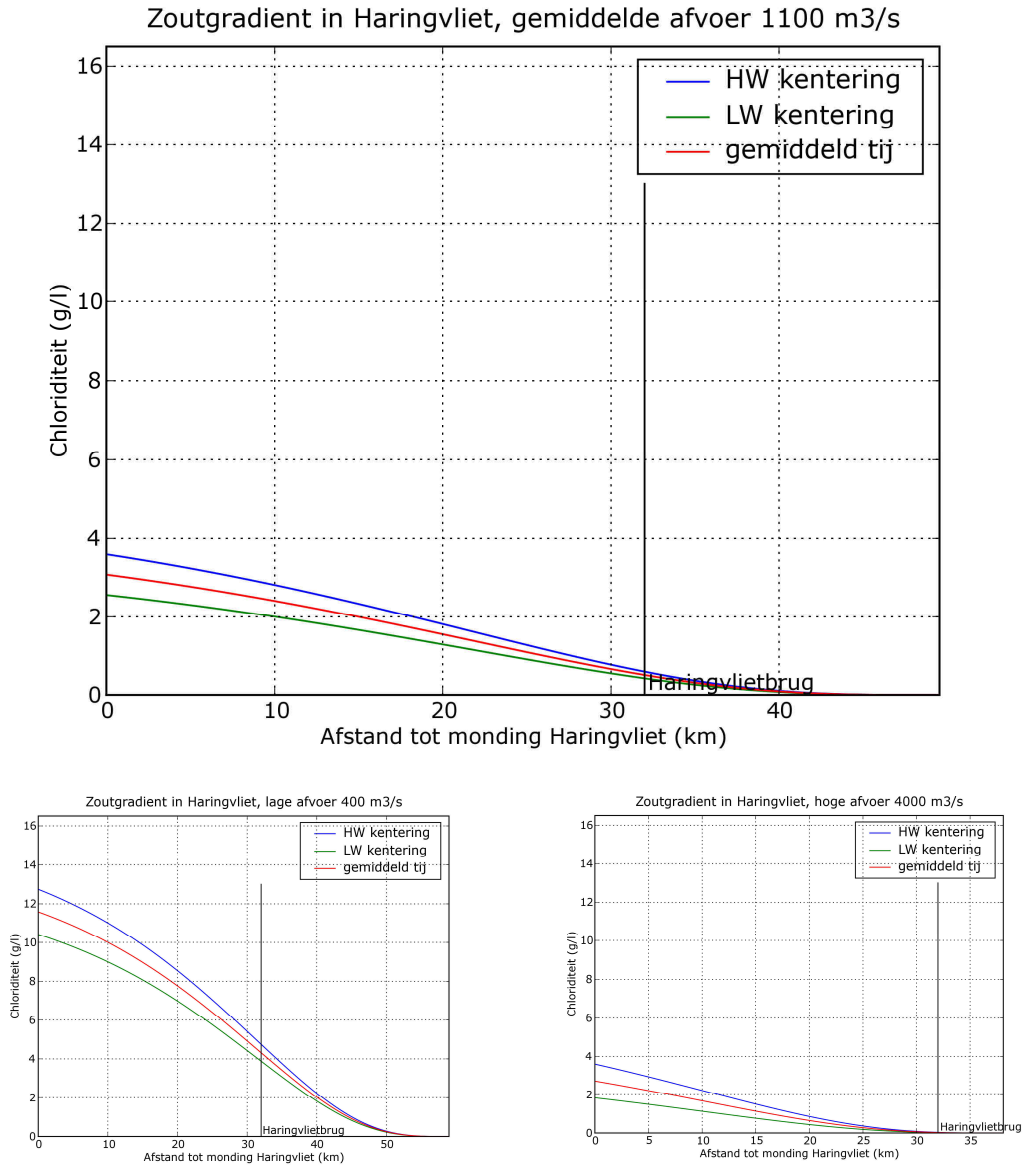
Het Haringvliet is bij de monding brak en kent een geleidelijke overgang naar zoet water. De saliniteitsdynamiek is relatief groot, zowel over een getij als over een jaar. Bij een lage afvoer wordt de monding behoorlijk zouter en bij een hoge afvoer is het water bij referentiepunt Haringvlietbrug zoet.

De Grevelingen laat een gradiënt zien van zout naar zoet over een lengte van zo'n 50 km. De saliniteitsdynamiek over een getij is kleiner dan voor het Haringvliet. Voor referentiepunt Grevelingendam geldt dat het verschil tussen een hoge en een lage afvoer respectievelijk 8 en 14 g/l is.

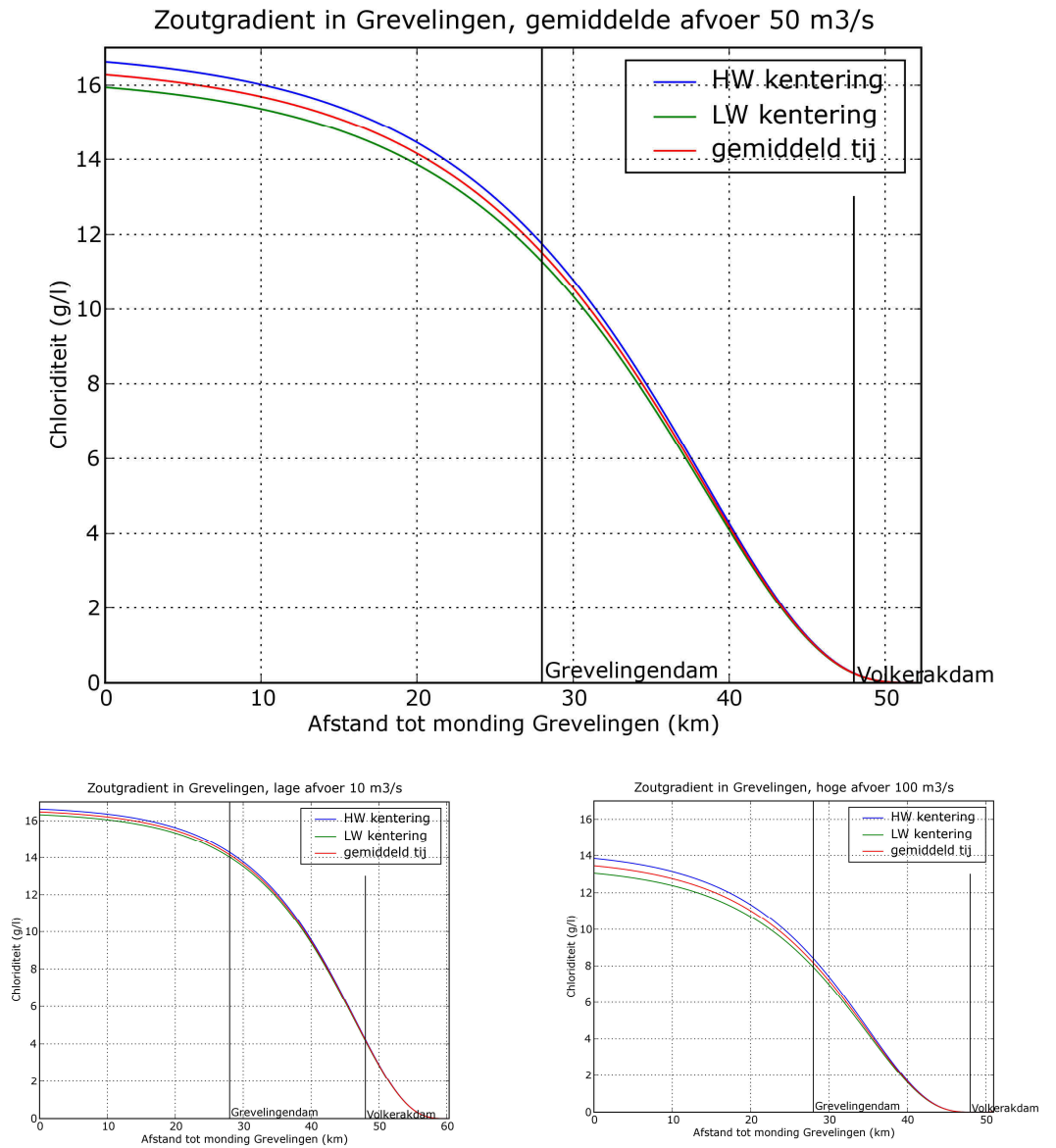
Het Oosterschelde-estuarium loopt van de monding tot in het Mastgat bij Zijpe waar het nog steeds relatief zout is. Hierna loopt het door in de Grevelingen; het referentiepunt Grevelingendam komt nagenoeg overeen met het punt Philipsdam (dus het model klopt redelijk). De saliniteitsdynamiek over een getij is relatief klein. Voor referentiepunt Grevelingendam geldt dat er het verschil tussen een hoge en een lage afvoer respectievelijk 7,5 en 13 g/l is.



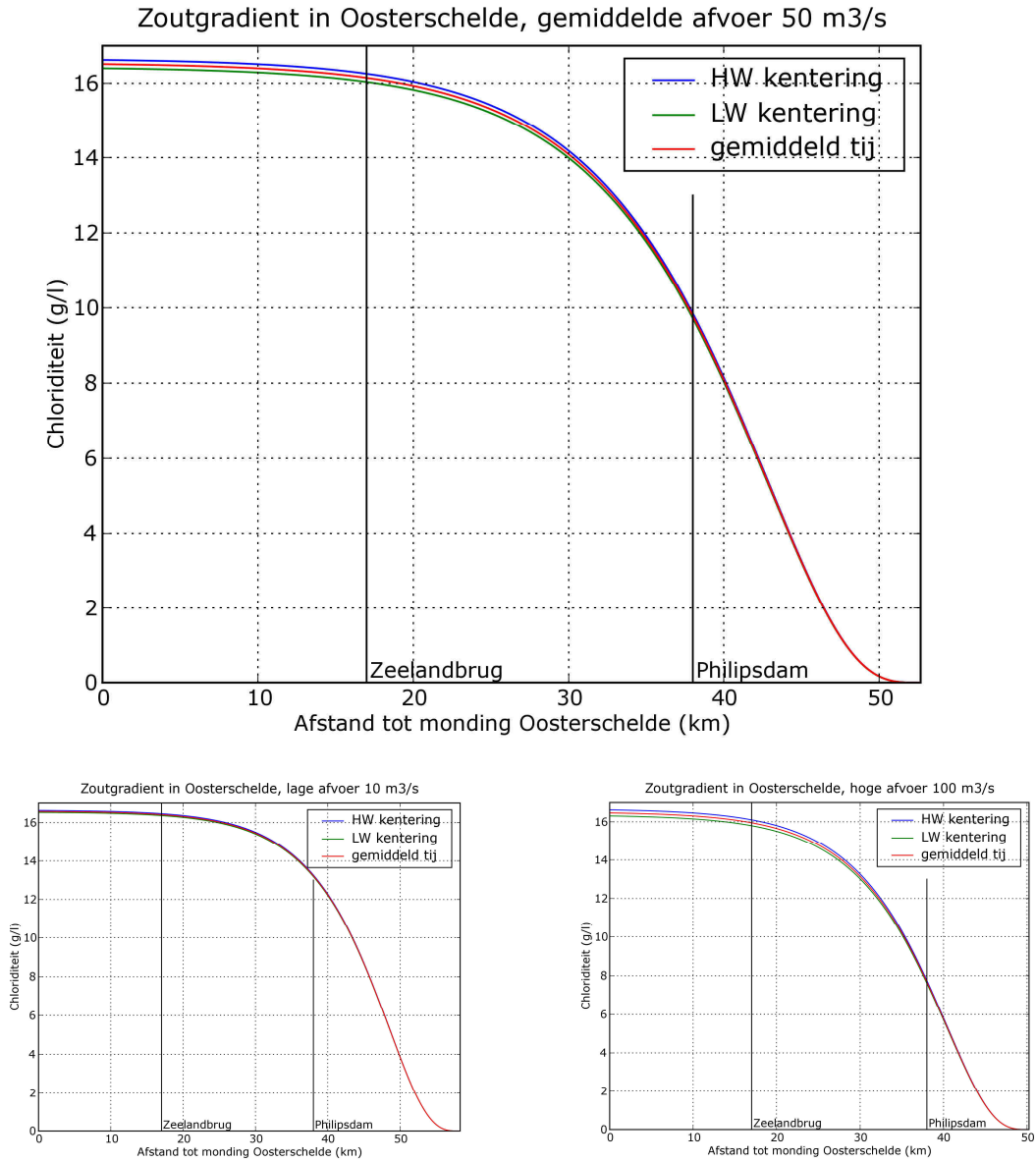
Figuur 19. Lengte-assen door de (voormalige) estuaria Haringvliet, Grevelingen en Oosterschelde. De afstand tussen de bolletjes is 2 km.



Figuur 20. Zoutgradiënten in Haringvliet, uitgedrukt in chloriniteit, voor de historische situatie 1953-1963 voor een gemiddelde, lage en hoge afvoer.

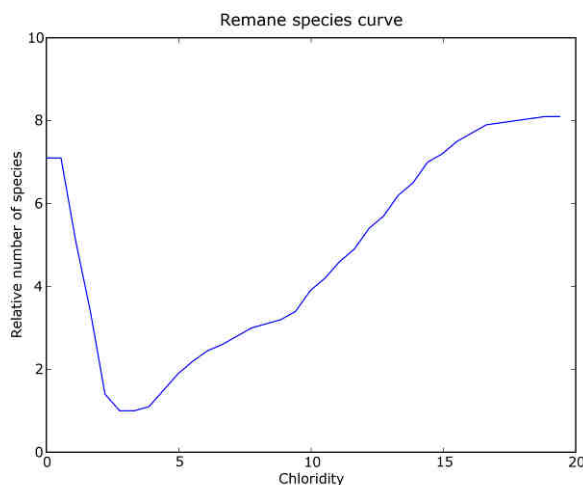


Figuur 21. Zoutgradiënten in Grevelingen, uitgedrukt in chloriniteit, voor de historische situatie 1953-1963 voor een gemiddelde, lage en hoge afvoer.



Figuur 22. Zoutgradienten in Oosterschelde, uitgedrukt in chloriniteit, voor de historische situatie 1953-1963 voor een gemiddelde, lage en hoge afvoer.

De curve van Remane (Figuur 17) als functie van de chloriniteit is vereenvoudigd weer te geven door Figuur 23. Hierin is de relatieve soortenrijkdom weergegeven door de zone met het laagste aantal soorten op 1 te definiëren. In het zoute water zitten dus 8x zoveel soorten als in het brakke soortenminimum.



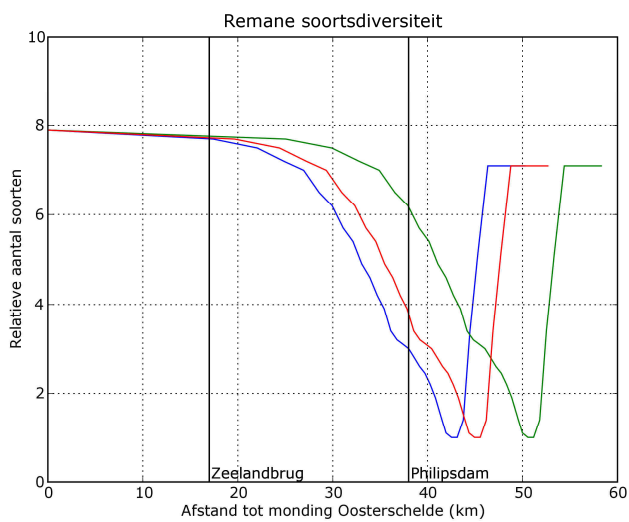
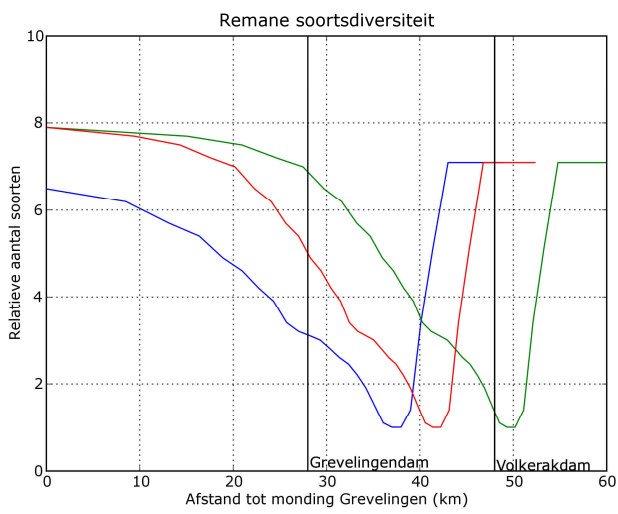
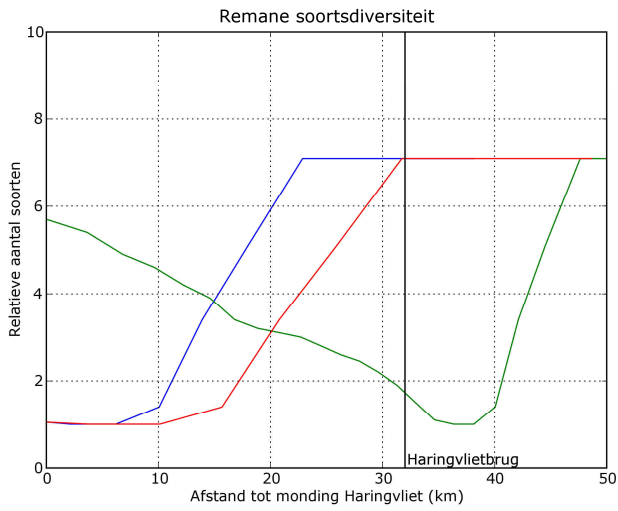
Figuur 23. Relatieve soortenrijkdom als functie van de chloriniteit naar Remane (1934).

Door een combinatie te maken met de zoutgradiënten en de curve van Remane wordt de relatieve soortenrijkdom over de lengte van het estuarium gegeven, Figuur 24. In deze figuren is de soortenrijkdom gegeven voor lage, gemiddelde en hoge afvoer. Eigenlijk is alleen de soortenrijkdom bij gemiddelde afvoer correct, aangezien de lage en hoge afvoer kortdurende verschijnselen zijn. De variatie in afvoeren heeft een effect op de soortensamenstelling, maar dit is in werkelijkheid verdisconteerd in de gemiddelde soortensamenstelling. Deze bestaat immers uit die soorten die bestand zijn tegen de dynamiek in zoutgehalte. De curves voor lage en hoge afvoeren zijn dus eigenlijk alleen geldig wanneer de rivierafvoer gemiddeld laag of gemiddeld hoog is. Toch is het hier gegeven om te demonstreren hoe groot de dynamiek is in het zoutgehalte over de seizoenen heen.

In deze figuren is te zien dat het Haringvliet bij een gemiddelde afvoer (rode lijn) vanaf de monding tot een kilometer of 15 bovenstrooms, tot aan Middelharnis, arm aan soorten was. Dit is geen diskwalificatie van de waarde van het Haringvliet, dit geeft aan dat het Haringvliet een uniek langgerekt brakwaterbiotoop kende. Tussen de 20 en 30 kilometer, bij het eiland Tiengemeten, vindt de overgang naar zoet water plaats, dit is de zone die rijk was aan zooplankton en waar zeer slijbbige delen voorkwamen die voedsel boden aan steltlopers. Vanaf een kilometer of 32, bij referentiepunt Haringvlietbrug, ging het Haringvliet over in het zoete Hollandsch Diep waar het rijk is aan zoetwater soorten. Bij hoge rivierafvoeren (blauwe lijn) wordt de zoutgradiënt richting de Noordzee gedrukt. Onder deze omstandigheden zullen zoetwatersoorten het Haringvliet inspoelen, maar die zullen daar niet kunnen vestigen. Bij een lage rivierafvoer (groene lijn) dringt het zoute water ver het estuarium in. Soorten van het zoete biotoop zullen dan te maken krijgen met zoutwatervergiftiging. Vooral het gebied tussen 20 en 40 km kent een sterke seizoensdynamiek.

De Grevelingen was bij de monding zout en kende hier een grote diversiteit aan mariene soorten. Dit zoute karakter hield ruim 20 kilometer aan, zo ongeveer tot aan Herkingen. Hierna werd het water brakker. In wat nu het Volkerak-Zoommeer is, werd het soortenminimum gevonden. Het Volkerak is historisch gezien de zone met typische brakwaterfauna en hoge troebelheid van het water. Vanuit het Volkerak ging deze brakke zone over naar het zoete Hollandsch Diep bovenstrooms referentiepunt Volkerakdam. Bij een hoge afvoer is het water aan de monding niet geheel zout meer. Bij een lage afvoer treedt verzilting van het Hollands-Diep op.

De Oosterschelde heeft een zeer brede monding, waar het water stabiel zout was. Het was daardoor rijk aan mariene soorten tot een kilometer of 30 waar in het Mastgat een overgang plaatsvond naar brakker water. Het soortenminimum werd gevonden in het Volkerak. De verschuivingen bij lage en hoge rivierafvoeren zijn minimaal bij de monding en het grootst in het Volkerak.



Figuur 24. Relatieve soortenrijkdom over de estuariumlengte voor Haringvliet, Grevelingen en Oosterschelde voor de historische situatie 1953-1963, voor hoge (blauw), gemiddelde (rood) en lage (groen) rivierafvoer.

4.4.4 Overige gradiënten

Behalve het zoutgehalte kennen ook andere chemische factoren een sterke gradiënt in estuaria, zoals nutriënten, silica, metalen, organische stoffen, zuurstof en redoxpotentiaal. De chemische speciatie (specifieke bindingsvorm) van verbindingen is in veel gevallen afhankelijk van de saliniteit. Fysische gradiënten worden onder andere gevonden voor troebelheid, getij, golfenergie, deeltjesgrootte en -samenstelling, plaatareaal en estuariumvorm. Een bekend verschijnsel in estuaria is het 'troebelheidsmaximum', een zone (niet altijd op een vaste plaats) waarin het water een extreem hoge troebelheid kent als gevolg van bepaalde fysisch-chemische processen.

De chemische en fysische gradiënten hebben een grote invloed op de biota in estuaria. Literatuur wijst erop dat de belangrijkste ruimtelijke factoren in estuaria zijn: saliniteit, zuurstof, troebelheid / sedimentsamenstelling en de belangrijkste temporele factor is temperatuur (McLusky 1993).

4.5 Hoogdynamische en laagdynamische delen

De dynamiek die bedoeld wordt met hoogdynamisch en laagdynamisch wordt meestal toegeschreven aan de combinatie van stroming en golven die bepalen of de bodem vaak in beweging is (en zandig), of meer stabiel is (en slibbig).

Stroming

Opvallend genoeg wordt er voor alle estuaria in de wereld eenzelfde maximale getijstroomsnelheid gevonden langs de lengte van het estuarium, *gemiddeld over de dwarsdoorsnede* (Savenije, 2005). De stroming is niet hoger aan de monding waar de invloed van de zee het grootst is. De stroming is ook niet lager aan de monding, waar deze immers het wijdst is. En de stroming neemt niet toe of af naarmate je verder het estuarium opgaat. Deze stroomsnelheid bedraagt ongeveer 1 m/s en blijft constant vanwege de exponentiële vorm. De maximale stroomsnelheid wordt meestal bereikt wanneer de eb het sterkst is. Het water wordt dan via de geulen het estuarium uitgetrokken, terwijl het bij vloed via de geulen en platen wordt gevuld.

Nog opvallender is dat voor benedenrivieren de maximale stroomsnelheid (bij bankvullende afvoer) ook 1 m/s bedraagt. Je zou kunnen spreken van een continuüm van dezelfde stroomsnelheid, die is bepaald door energiebalansen (Savenije, 2005).

De over de dwarsdoorsnede gemiddelde stroomsnelheid varieert dus niet over de lengte van een estuarium, maar er treden wel verschillen op in de ruimte. Het stroomt minder hard nabij de bodem en het hardst aan de oppervlakte. Wanneer de morfologie wordt bepaald door geulen en platen, stroomt het hard door de geulen en langzaam in ondiep water boven de platen. In bochten stroomt het harder aan de buitenbocht en langzamer aan de binnenbocht. Op deze wijze heeft de stroming invloed op de dynamiek; in relatief snel stromende delen wordt sediment makkelijker in beweging gebracht en is de dynamiek hoog.

Golven

Naast de stroming zijn golven van groot belang voor de dynamiek. Twee typen golven kunnen worden onderscheiden in estuaria. Het ene type bestaat uit golven die van zee binnendringen. Het andere type bestaat uit golven die in het estuarium worden opgewekt. Golven die van zee binnendringen hebben vooral aan de monding effect. De grootte van het effect is onder andere afhankelijk van de breedte van de monding (vergelijk Grevelingen met Haringvliet) en de positie van het estuarium ten opzichte van de heersende golfrichting. In sommige gevallen liggen estuaria zeer beschermt van de open zee, zoals de Clyde in Groot-Brittannië. In andere gevallen kan de invloed van zeegolven ver doordringen.

Golven die in het estuarium worden opgewekt zijn windgolven (we veronachtzamen scheepsgolven, die desalniettemin lokaal effect kunnen hebben). De grootte van windgolven wordt bepaald door de windsnelheid en de strijklengte. Dit laatste is de afstand waarop de wind invloed kan uitoefenen op het water. Voor de (voormalige) estuaria in de Delta geldt dat een westerstorm kan leiden tot hoge golven, aangezien de strijklengte voor die windrichting lang is.

De golfdynamiek vertoont een gradiënt van hoge dynamiek aan de monding door **zeegolven** naar lage dynamiek verder landinwaarts door een afnemende invloed van **windgolven**.

Een vaste verhouding tussen hoogdynamische en laagdynamische delen in estuaria is niet te geven. Hiervoor is de dynamiek te afhankelijk van de vorm en ligging van het estuarium ten opzichte van heersende wind- en golfcondities.

De algemene regel is dat estuaria grover sediment hebben aan de monding en fijner sediment meer landinwaarts. Dit heeft te maken met de hoog- en laagdynamische delen. Het fijnste sediment wordt gevonden bij het zogenaamde troebelheidsmaximum dat op de overgang van zoet naar zout water ligt (Verlaan 1998). Weer verder stroomopwaarts wordt het riviersediment steeds zandiger.

Toch is het beeld genuanceerder. De stromingen in een estuarium transporteren het sediment uit zee het estuarium in. Verschillende mechanismen kunnen optreden (McLaren 1982):

1. Wanneer het sediment in de monding erodeert en naar binnen wordt getransporteerd, dan is de sedimentsamenstelling bovenstrooms gelijk aan dat van de monding.
2. Er kan selectief transport plaatsvinden: de fijnste deeltjes worden het makkelijkst door de stroming getransporteerd en de grovere delen blijven liggen. Dit resulteert in een goed gesorteerde samenstelling van fijn sediment bovenin het estuarium en grover sediment aan de monding. Bij langgerekte estuaria is dit vaak het geval.
3. Het omgekeerde is ook mogelijk. Bij korte estuaria kan grover sediment accumuleren aan de bovenstroomse zijde. Het sediment dat bovenin het estuarium ligt is dan gemiddeld grover dan aan de monding.

Afgezien van deze gradiënten over de lengte van een estuarium zijn er ook verschillen in korrelgrootte over de breedte. Nabij de oevers van het estuarium kan een sortering van fijner sediment optreden dat op de hogere en stroomluwe delen wordt afgezet. Ook er is een invloed van vegetatie op het invangen van fijne deeltjes.

4.6 Brakwater flora en fauna

In een estuarien landschap zijn het verticale en horizontale getij uit zee en de permanente, maar wel variabele, instroom van zoet water uit rivieren dominante natuurlijke processen. Vanuit een relatief kalm, maar wel aan getijdenwerking onderhevig, zoet riviermilieu vindt een overgang plaats naar een meer dynamisch zout milieu. Het geheel bevat veel geleidelijke overgangen van nat naar droog en van laag naar hoog op estuariene vloedvlakten, van zand naar slib, van overstromend tot droogvallend, en gradiënten in zoutgehalten. Veelal wordt binnen een estuarium onderscheid gemaakt op grond van zoutgehalten. Het licht-brakke deel met chlorideconcentraties tussen 0,3 en 3 g/l, het brakke deel met concentraties fluctuerend tussen 3 en 10 g/l en het zoute deel met gehalten tussen 10 en 16,5 g/l. Met uitzondering van de Westerschelde ontbreken de brakke overgangswateren in de Delta.

In het brakke deel met chloridegehalten onder 10 promille hebben schorren een andere vegetatiesamenstelling dan in het zoute deel: de vegetatie van karakteristieke zoute schorplanten is veranderd, het aandeel ruigere soorten neemt toe, met name riet (*Phragmites australis*) en zeebies (*Scirpus maritimus*). Als gevolg hiervan kan bijvoorbeeld de Grauwe gans in grote aantallen op de brakke kwelders voorkomen en kan de Rietzanger tot broeden komen.

Bij de bodemdieren is het verdwijnen van de kokkel (*Cerastoderma edule*) kenmerkend voor de overgang naar chloridegehalten onder de 10 g/l. Karakteristiek is ook het voorkomen van de alg *Vaucheria*, met de typisch daarop voorkomende naaktslakken *Limapontia depressa* en *Alderia modesta*.

Ook in het brakke waterdeel is de invloed van de zoet-zout gradiënt van belang en onderscheidend tegenover het zout getijdenlandschap: er ontstaat een levensgemeenschappengradiënt. Bovendien speelt deze zoet-zout gradiënt een belangrijke rol bij de migratie van enkele vissoorten.

Stabiël brakke estuariene wateren die herkenbaar zijn aan een specifieke soortensamenstelling hebben een chloriderange van 0,3 tot 3 g/l. In het verleden konden delen van de Zuiderzee en het Hollandsch Diep/Haringvlietgebied daartoe gerekend worden. Tegenwoordig heeft maar een zeer kort deel van de riviermonden zo'n zoutgehalte, of het komt helemaal niet meer voor omdat de in- en

uitstromende watermassa een weg aflegt van 10–20 km. Binnen een getijperiode kan hierdoor het chloridegehalte fluctueren tussen veel minder dan 3 (ebfase) en veel meer dan 10 (vloedfase).

Bij natuurlijke estuaria vindt de instroom van zoet water vanuit de rivier plaats, in de Delta kan de zoetwateraanvoer gestuurd worden middels doorlaatmiddelen. Een consequentie kan zijn dat slechts gedurende een deel van het tij aanvoer van zoet water mogelijk is afhankelijk van natuurlijk verval. Indien de doorlaat van het zoete water niet op natuurlijke afstroming berust, maar op gemanipuleerde spui, kan enige sturing plaatsvinden op zoutgehalte. De beste mogelijkheden hiervoor geven afgesloten bekkens met aan twee zijden inlaat en spuimogelijkheden (zoet en zout).

Door brakke omstandigheden gekenmerkte getijdengebieden zijn in Noordwest-Europa zeer schaars. Aspecten van de estuaria van Weser, Elbe, Thames, Humber, Somme en Seine doen er nog het meest aan denken. Het grootste getijdengebied met brakke omstandigheden (door doorstroming met zoet water) ligt in Groot-Brittannië: de 'Inner Solway', met zoete moerassen en graslanden overgaand in kwelders. Daarnaast zijn het Britse 'Ruel estuary' en het Franse 'Baie de la Somme' vermeldenswaard.

De specifieke zoete getij-ecotopen van estuaria komen in Nederland niet meer voor. Ze moeten worden gezocht bovenstrooms van Antwerpen en Leer. De Nederlandse brakke estuaria zoals Westerschelde en Dollard hebben voor een groot deel een zoutgehalte dat boven 10 promille ligt. In de Westerschelde kan het deel tussen Antwerpen en de lijn Kruiningen-Perkpolder gekarakteriseerd worden als brak.

4.6.1 Estuariene macrofauna

Het voorkomen en de groei van planten- en diersoorten langs estuariene gradiënten wordt voor een belangrijk deel bepaald door het zoutgehalte (Janssen 2000; De Leeuw *et al.* 2001). Estuaria worden dan ook vaak ingedeeld op grond van zoutgehalten om zo een classificatie van de aanwezige soorten te maken. In een veel gehanteerde indeling worden 5 zones onderscheiden op basis van de range in het zoutgehalte (Wolff 1973; McLusky 1993; Eertman & Smaal 1997). Het voorkomen van soorten in deze zones is niet alleen afhankelijk van hun tolerantie voor zout, maar ook voor zoutgehalteschommelingen (Steenbergen 2004). Tabel 4 geeft een algemene classificatie van de estuariene zone met kenmerkende soorten.

Tabel 4. Classificatie van de estuariene zone met kenmerkende soorten. Naar: (Eertman *et al.* 1997; Leeuw *et al.* 2001).

Chloridegehalte (g Cl/l)*	Zone	Kenmerken	Soorten
<0,3	<i>Zoetwatergetijdenzone</i>	- Meest stroomafwaarts gelegen deel met getijdeninvloed, zonder zoutindringing	- Zoetwatersoorten die getijtolerant zijn
0,3-3	<i>Oligohaliene zone</i>	- Rivierwater komt voor het eerst in contact met zeewater, zeer geringe zoutindringing	- Zoetwatersoorten die getijen zouttolerant zijn en brakwatersoorten
2,8-10	<i>Mesohaliene zone</i>	- Rivierwater en getijdenstroom ontmoeten elkaar	- Brakwatersoorten
10-17	<i>Polyhaliene zone</i>	- Getijstromen nemen toe van zwak tot matig	- Brakwatersoorten en mariene soorten met een grote zouttolerantie
> 17	<i>Euhaliene zone</i>	- Sterke getijstromen, saliniteit wijkt niet veel af van de zee	- Mariene soorten

*Saliniteit (‰ S) = 1,8 * chloriniteit (g/kg), Chloridegehalte (g Cl/l) = chloriniteit (g Cl/kg) * 1,024 kg/l

Schuling & Smaal (1998) onderzochten de zouttolerantie van een aantal soorten die in estuaria voorkomen. Hun resultaten zijn weergegeven in Tabel 5. Voor de referenties, zie hun rapport.

Tabel 5. Zouttolerantie voor volwassen organismen in estuaria. Uit: Schuiting & Smaal, 1998.

Soort	Minimum Chloridegehalte (g/l)	Opmerkingen	Referentie
Mossel (<i>Mytilus edulis</i>)	4-6	Minimum zoutgehalte tijdens hoge rivier afvoer	Wolff, 1973
	10	Minimum zoutgehalte om gedurende lange tijd te overleven en te reproduceren	Brenko en Calabrese, 1969; Coosen <i>et al.</i> , 1990; Eertman en Smaal, 1995; Wolff, 1973
Kokkel (<i>Cerastoderma edule</i>)	5,5	Minimum zoutgehalte	Brock, 1980
	10	Minimum zoutgehalte om gedurende lange tijd te overleven en te reproduceren	Smaal en Mosterdijk, 1985; Wolff, 1973; Malta <i>et al.</i> , 1998
Platte oester (<i>Ostrea edulis</i>)	11	Minimum zoutgehalte	Korringa, 1976
	14	Optimum zoutgehalte	Korringa, 1976
Japane oester (<i>Crassostrea gigas</i>)	10		Prins, 1985; Medcof en Needler, 1941; Korringa 1976
Mesheft (<i>Ensis directeurs</i>)	10	optimum is relatief laag; soort is goed bestand tegen fluctuaties	Beukema en Dekker, 1995
Nonnetje (<i>Macoma balthica</i>)	2	Minimum, optimum is waarschijnlijk hoger	Wolff, 1973
Strandgaper (<i>Mya arenaria</i>)	2-2,5	Minimum zoutgehalte	Malta, 1998; Wolff, 1973;
	> 8 - 9	Optimum zoutgehalte	Barnes, 1994

Om een beeld te krijgen van de macrofauna-gemeenschap (van de zachte substraten) in de Delta vóór de Deltawerken geeft het proefschrift van Wolff (1973) een zeer compleet overzicht. Wolff vond 157 soorten in de Noordzee en Noordzee kustzone. In de Oosterschelde, die een hoge en stabiele chloriniteit van 16,5 promille heeft, zijn 144 soorten gevonden. In het centrum van het brakke gebied, het Haringvliet, werden slechts 34 soorten aangetroffen. Evenveel soorten vond Wolff in het zoete getijdengebied van de Biesbosch, maar de oligochaeten (een groep wormen) en chironomiden (een groep muggenlarven) zijn hierin niet meegenomen en zouden het aantal soorten flink verhogen. Wolff concludeert dat de brakwatercurve van Remane ook geldig is voor de Delta.

Zoutgehalte

Het zoutgehalte is de meeste onderscheidende milieufactor in de verspreiding van macrofauna. **Niet alleen het absolute gehalte is hierin belangrijk, maar zeker ook de veranderingen in zoutgehalte, als gevolg van getij en wisselende rivierafvoeren.** Wolff verdeelt de zoutgradiënt in vijf secties:

1. De Noordzee. Stabiele, hoge saliniteit en geëxponeerde stranden;
2. De benedenstroomse delen van de estuaria. Stabiele, hoge saliniteit en beschutte oevers (Oosterschelde);
3. De centrale delen van de estuaria. Instabiele, intermediaire saliniteit en beschutte oevers (Haringvliet);
4. De bovenstroomse delen van de estuaria. Stabiele, lage saliniteit en beschutte oevers (Biesbosch);
5. De rivieren. Stabiele, lage saliniteit. Zonder getij.

Van de 34 'brakwatersoorten' die werden gevonden in het instabiel brakke Haringvliet zijn er slechts 5 die beperkt zijn tot deze zone (sectie 3). Dit zijn (Wolff 1973): *Boccardia ligera*, *Rhithropanopeus harrisii*, *Cyathura carinata*, *Leptocheirus pilosus* en *Corophium multisetosum*. In totaal 23 soorten

werden ook gevonden in de stabiele, zoute Oosterschelde. Vijf soorten werden ook gevonden in zoete wateren en één soort werd zowel in zoeter als zouter water aangetroffen.

Veel van de soorten die als 'brakwaterfauna' gekenmerkt zouden worden zijn geen stenohaliene soorten (beperkt tot een zeer nauwe range van saliniteit), maar euryhaliene soorten (in staat een brede range van saliniteit te overleven). Wolff concludeert dat van de bovengenoemde vijf soorten niet vaststaat dat ze alleen in brakwater kunnen overleven. Het is meer waarschijnlijk dat ze vanwege andere factoren, waarschijnlijk competitie, hun habitat in de brakke zone vinden, maar dat ze ook in zout of zoet water kunnen voorkomen.

De lage soortenrijkdom van brakwater wordt niet alleen veroorzaakt door de fysiologisch moeilijke condities, maar heeft ook te maken met de geologisch jonge leeftijd van brakwatergebieden. Evolutionair gezien is er onvoldoende tijd om typisch brakwatersoorten te doen ontstaan (Wolff 1973). Recent onderzoek toont aan dat ten minste 20% van de macrofauna bestaat uit bewezen exoten (Wolff 1999). Dit riep dan ook bij Wim Wolff de vraag op: "*Wat moeten we met die soortenarme levensgemeenschappen vol exoten?*" (Wolff 2004).

Toch vormt brakwater een habitat voor een specifieke soortensamenstelling. Naast de eerder genoemde vijf soorten die alleen werden gevonden in de centrale delen van estuaria (sectie 3) zijn er nog 12 zacht-substraat macrofauna soorten die alleen worden gevonden in de centrale en benedenstroomse delen, secties 2 en 3 (Wolff 1973): *Nereis succinea*, *Polydora ligni*, *Pygospio elegans*, *Assimineia grayana*, *Limapontia depressa*, *Alderia modesta*, *Streblospio shrubsolii*, *Manayunkia eastuarina*, *Neomysis integer*, *Sphaerom rugicauda*, *Gammarus salinus* en *Corophium volutator*.

Bovendien kan de lijst van brakwaterfauna nog uitgebreid worden met soorten van hard substraat, wieren en hydroiden (Wolff 1973): *Cordylophora caspia*, *Garveia franciscana*, *Tennellia adspersa*, *Membranipora crustulenta*, *Victorella pavida*, *Balanus improvisus*, *Jaera albifrons ischiosetosa* en *Gammarus duebeni*. De genoemde 25 soorten kunnen worden gezien als karakteristieke macrofauna voor de estuaria in de Delta vóór de Deltawerken.

N.B. Gezien de ouderdom van het proefschrift van Wolff (1973), kunnen sommige van de hier gebruikte namen verouderd zijn.

Andere milieufactoren

Naast het zoutgehalte is de temperatuur een belangrijke factor in de verspreiding van macrofauna. Wolff (1973) vond dat alle estuariene soorten eurytherme soorten waren, dus in staat in een grote temperatuurrange te overleven. Wolff vond verder dat de brakwatersoorten allen het vermogen hadden, of zelfs een voorkeur hadden, voor slibrijk sediment. Dit is ook het meest voorkomende sedimenttype in brakwaterzones.

De troebelheid van het water speelt een rol in het voorkomen van soorten. Wolff gaf als voorbeeld het voorkomen van zeegras *Zostera marina* en *Z. noltii* in het Grevelingenmeer, maar niet in de veel troebelere Westerschelde.

Veel van de estuariene soorten zijn tolerant voor lage zuurstofgehaltenes, die zich kunnen voordoen in het brakke gedeelte.

Tot slot werd een gradiënt gevonden in estuaria waarbij de voedselbeschikbaarheid belangrijk is. De rivieren brengen organisch materiaal, bacteriën en zoetwateralgen naar de estuaria. In de rivieren zelf zijn oligochaeten afhankelijk van dit voedsel, in de estuaria wordt hun rol vervangen door *Heteromastus filiformis* en *Capitella capitata*. Hun dichtheid neemt af in zeegaande richting en een soortgelijk verband werd gevonden voor de tweekleppigen *Mytilus edulis*, *Cerastoderma edule*, *Macoma balthica* en *Mya arenaria*.

Model voor verspreiding macrofauna

Wolff maakte een model voor de kans op voorkomen van een soort gebaseerd op drie factoren: watertype (12 klassen), sedimentgrootte (4 klassen) en sedimentsoortering (2 klassen). Hij onderscheidde hierin de volgende klassen:

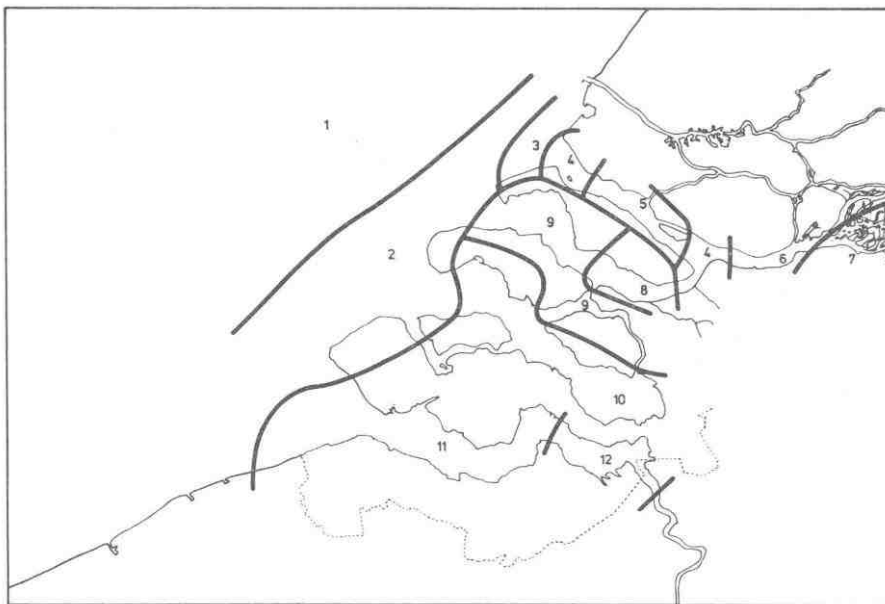
Watertypen

1. Kanaal
2. Kustzone

3. Monding Haringvliet
4. Transitiezone Haringvliet
5. Centrale zone Haringvliet
6. Hollandsch Diep en Rijn
7. Biesbosch en Maas
8. Krammer
9. Grevelingen, Keeten, Krabbekreek en Eendracht
10. Oosterschelde, Zandkreek
11. Westerschelde west
12. Westerschelde oost

De watertypen zijn gekozen op basis van hun kenmerken met betrekking tot temperatuurbereik, gemiddelde saliniteit, saliniteitsbereik, troebelheid, vervuiling en zuurstofgehalte, zie Figuur 25.

Name	range of temperature	level of salinity	range of salinity	turbidity	pollution	oxygen saturation
1. Channel water	small	high	small	low	low	high
2. coastal water	large	high	small	medium	low	high
3. mouth of the Haringvliet	large	medium	large	high	low	medium
4. transitional areas of the Haringvliet	large	low	large	high	medium	medium
5. central area of the Haringvliet	large	low	medium	medium	medium	medium
6. Hollands Diep and Rhine	large	fresh	small	medium	high	low
7. Brabantse Biesbosch and Meuse	large	fresh	small	medium	low	medium
8. Krammer	large	medium	medium	medium	low	medium
9. Grevelingen, Keeten, Krabbekreek, and Eendracht	large	high	medium	medium	low	high
10. Oosterschelde, Zandkreek	large	high	small	low	low	high
11. Westerschelde - western part	large	high	small	high	low	high
12. Westerschelde - eastern part	large	medium	large	high	high	medium



Figuur 25. De 12 watertypen van Wolff (1973).

Sedimentgrootte

1. Mediane korrelgrootte $\leq 2 \phi$, medium sand.
2. Mediane korrelgrootte $2 < \phi \leq 3$, fine sand.
3. Mediane korrelgrootte $3 < \phi \leq 4$, muddy sand.
4. Mediane korrelgrootte $> 4 \phi$, mud.

De sedimentgrootte is uitgedrukt in ϕ - eenheden, dat staat voor de negatieve logaritme van de korrelgrootte ($-2\log D50$, het is daarmee net zoiets als de pH, de negatieve logaritme van de H⁺-concentratie). Dit resulteert in vier klassen met klassegrenzen op 500 μm (medium sand), 250 μm (fine sand), 125 μm (muddy sand) en 63 μm (mud).

Sedimentsortering

1. Coëfficiënt $\leq 0,45 \phi$, well-sorted.
2. Coëfficiënt $> 0,45 \phi$, poorly sorted.

De sedimentsortering is een maat voor de breedte van de korrelgroottesamenstelling. Sediment bestaat uit korrels met een verschillende diameter. Hoe uniformer het sediment hoe lager de coëfficiënt voor sortering. Zand aan golf geëxponeerde stranden is vaak goed gesorteerd, maar ook slibrijke monsters kunnen goed gesorteerd zijn.

Het model en de resultaten

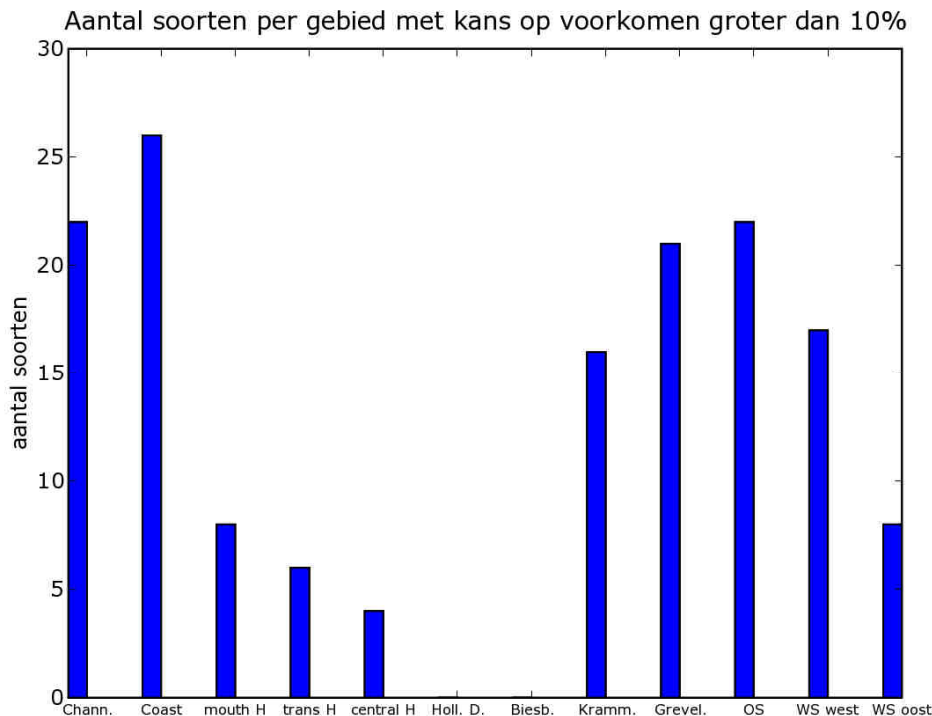
Het model beschrijft de kans op voorkomen op basis van bovenstaande 18 (12+4+2) parameters. De kans om een volwassen exemplaar van een soort te vinden in een monster is gegeven door:

$$P_{i,j,k} = 1 - \exp(-\alpha_i \beta_j \gamma_k)$$

Waarin α = coëfficiënt voor watertypen (i van 1 t/m 12), β = coëfficiënt voor sedimentgrootte (j van 1 t/m 4), γ = coëfficiënt voor sedimentsortering (k van 1 t/m 2).

Wolff gaf voor 33 soorten een volledig model, met voor alle 18 parameters de coëfficiëntwaarden. Voor deze soorten waren statistisch voldoende waarnemingen om een model te maken. Dit zijn dus geen zeldzame soorten, immers, Wolff vond in totaal veel meer dan 33 soorten in de Delta. In Appendix II is voor iedere soort de kans op voorkomen gegeven in ieder van de twaalf gebieden. Verder is aangegeven wat het dominante sedimenttype en -sortering voor de desbetreffende soort was. De volgorde van de soorten is hetzelfde als in het proefschrift van Wolff (1973). Deze data zijn vervolgens omgewerkt tot 12 grafieken waarin per watertype is weergegeven welke soorten er voorkomen. De codering van de soortnamen bestaat uit de eerste twee letters van de geslachtsnaam plus de eerste twee letters van de soortnaam. Zo wordt *Nereis diversicolor* "Nedi". De volgorde is dezelfde als in de soortgrafieken.

Uiteindelijk is een staafdiagram gemaakt van het aantal soorten dat werd aangetroffen in ieder deelgebied met een kans op voorkomen groter dan 10%, zie Figuur 26. Dit betekent dat Wolff in minimaal 1 op de 10 monsters deze soort aantrof. Hij deed zijn monsternamen met een Van Veen happer met een oppervlakte van 0,1 m² tot een diepte van 10 cm. Anders gezegd kan je veronderstellen dat in iedere vierkante meter minimaal 1 exemplaar van deze soorten aanwezig is. De hier gepresenteerde soorten zijn dus geen zeldzame soorten, maar juist meer algemeen voorkomende soorten. Het is duidelijk te zien dat de estuariene gedeelten van de Delta relatief arm aan soorten zijn. In het zoete Hollandsch Diep en Biesbosch is de score nul soorten, omdat Wolff zijn onderzoek richtte op brakke en mariene macrofauna.



Figuur 26. Aantal soorten per gebied met kans op voorkomen groter dan 10%, volgens Wolff (1973).

De soorten van de transitie en centrale zone van het Haringvliet (zie ook Appendix II) geven een goed beeld van het type soorten dat in brak water voorkomt.

In het gehele Haringvliet is de *Polydora ligni* een abundante soort. Dit is een worm die euryhalien is, maar optimale condities vindt in brakwater. Het is geen typische brakwatersoort, in de zin dat zijn verspreiding beperkt is tot de brakwaterzone, maar kan dominant voorkomen onder brakke condities.

De *Nereis diversicolor* wordt gevonden in het centrale en transitiedeel, niet in de monding. Dit is de zeeduizendpoot, die in de subtidale zone voornamelijk gebonden is aan brakwater met een chloriniteit van 3-5 promille. De zeeduizendpoot heeft potentieel een brede ecologische range waarin het kan worden aangetroffen. Het voorkomen wordt vooral bepaald door competitie met *N. virens* en *N. succinea*.

De *Neomysis integer* is een brakwater aasgarnaal. Deze soort is niet bestand tegen te zout water (optimaal 0.3 - 10 promille chloride) en is dus een 'echte' brakwatersoort.

De *Macoma balthica*, het nonnetje, wordt ook aangetroffen in het Haringvliet. Dit is voor het nonnetje niet het preferente habitat, maar het is in staat hier te gedijen.

De *Heteromastus filiformis*, een worm die een wijde verspreiding kent en ook in staat is in brak water te overleven.

De *Mytilus edulis* werd gevonden in de brakke zone. Dit is de mossel, die hier geen optimale omstandigheden vindt. Bij zoutgehaltes lager dan 10 promille (3.5 promille chloroditeit) kan het zich niet meer voortplanten.

De *Petricola pholadiformis* is de Amerikaanse boommosseel. Dit is een geïntroduceerde soort van intergetijdengebieden in zout water.

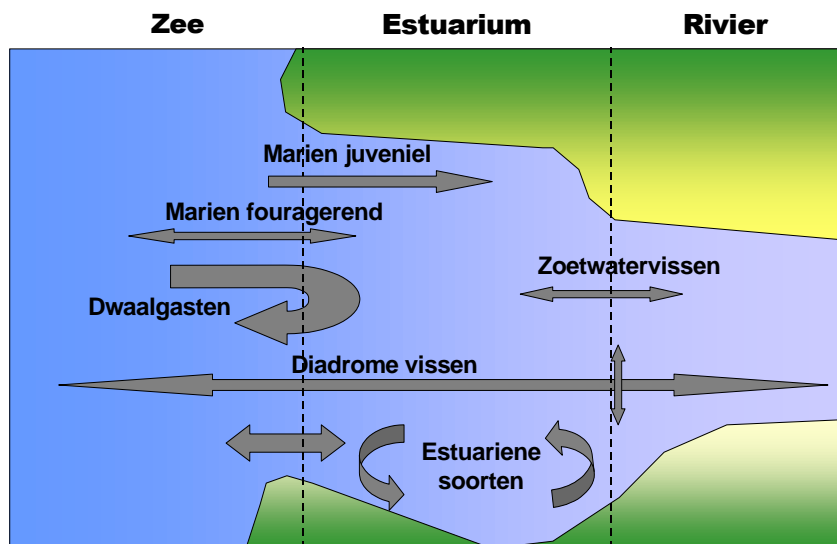
De *Eteone longa* en de *Capitella capitata* zijn beiden zoutwater borstelwormen (> 10 promille chloride) die zich in de transitiezone van het Haringvliet weten te redden.

De conclusie voor soorten die algemeen worden aangetroffen in de Delta is dat deze relatief beperkt voorkomen in de brakwaterzones enkel wanneer ze zich daar kunnen handhaven. De meeste van deze soorten zijn zeker niet beperkt tot deze zone, maar

kennen een breder verspreidingsgebied. Een uitzondering hierop is de brakwater aasgarnaal *Neomysis integer*.

4.6.2 Estuariene vissen

De mondingen van de Rijn en Maas zijn van groot belang voor met name diadrome vissen, estuarien residente en juveniele mariene soorten. Hovenkamp en Van der Veer (1993) geven een overzicht van de visfauna van de Nederlandse estuaria.



Figuur 27. Gebruik van het estuarium naar (Deegan & Thompson 1985). De dikte van de pijlen is een indicatie voor het aantal soorten van een groep.

- Diadrome soorten als zeeforel, zalm en aal, bot, driedoornige stekelbaars, dunlipharder en prikken trekken door het estuarium om stroomopwaarts te paaien of op te kunnen groeien. De Delta is voor diadrome vissen van specifiek belang omdat het de belangrijkste schakel vormt tussen de Rijn/Maas en de Noordzee.
- Estuarien residente soorten als dikkopje, 5-dradige meun, slakdolf, puitaal en lipvissen gebruiken de mondingen waarschijnlijk niet om er te paaien, maar meer om voedsel te zoeken en te schuilen voor predatoren. Ondanks het residente karakter van deze groep vindt er toch migratie plaats, vooral tijdens strenge winters. Er bestaat relatief weinig literatuur over het (migratie)gedrag van deze niet-commerciële soorten. De beste bron op dit moment is Winter (2007).

Tabel 6 presenteert de meest voorkomende vissoorten in het Haringvliet en de Voordelta. Soorten waarvan in zekere mate wordt verwacht te profiteren van aanvullende habitatverbeteringen (zoals betere schuilmogelijkheden) zijn geel gekleurd. Deze figuur laat zien in welke periode de hoogste dichtheden worden verwacht in de zoetwatermondingen. In de winter trekken veel soorten naar dieper, warmer water.

Tabel 6. Intrek- (gekleurde hokken) en uittrekperioden (stippen) van meest voorkomende vissoorten in het Haringvliet en Voordelta. Bron: (Ybema & Backx 2001).

Vissoort	Migratie	Periode											
	-groep	jan	feb	mrt	apr	mei	jun	jul	aug	sep	okt	nov	dec
Schol (juv)	2										o	o	o
Spiering	3									o	o	o	
Haring (juv)	3									o	o	o	
Sprot (juv)	3												
3-D. Stekelbaars	3												
Puitaal	5												
Glasaal	2								o	o	o		
Schar (juv)	2												
Tong (juv)	2	o	o										o
Dikkopje (adult)	5												
Zeebaars	6										o	o	
Zeeprk	4												
Fint	1										o	o	o
Elft	1		o	o									
Steur	4												
Bot (juv)	2										o	o	
Ansjovis	3							o			o	o	
Steenbolck	5												
Diklipharder	6								o				
Zandspiering	5												
Smelt	5												
Zeeforel	1	o	o	o	o	o							
Zalm	1												
Tong	5	o	o										o
Dikkopje (juv)	5												
Kleine zeenaald	5												
Schar (adult)	5		o	o									
Schol (adult)	5											o	o
Slakdolf	5												
Vijfdradige meun	5												
Wijting (juv)	6												
Houting	1												
Harnasmannetje	5												
Sprot (adult)	3			o	o	o							
Rivierprk	4												
Zeedonderpad	5					o	o						
Kabeljanw (juv)	6				o	o							
Botervis													
Vorskwab													
zwartooglipvis													
Steenslijmvis													

4.6.3 Overige estuariene soorten

Een aantal soorten kunnen genoemd worden die een verspreidingspatroon hebben in estuaria (maar meestal niet beperkt hiertoe) en kenmerkend voor deze gebieden kunnen worden genoemd.

Zeegrassen

Groot zeegras, *Zostera marina*

Klein zeegras, *Zostera noltii*

Snavelruppia, *Ruppia maritima*

Spiraalruppia, *Ruppia cirrhosa*

Het Groot zeegras heeft donkergroene, lange (10-100 cm) bladeren, meestal 0,5-1,0 cm breed. Het groeit op zonnige plaatsen in voedselrijk, zout en brak water, op of iets onder de laagwaterlijn, op

bodems van diepe kwelderkreken, soms in binnendijkse plassen. Het Klein zee gras is korter en groeit op bij eb droogvallende gronden, slikkige beschutte plaatsen aan de kust, estuariën, ondiepe zilte wateren buiten de invloed van het getij en aan de rand van kwelderkreken.

Ruppia is een kruidachtige plant met lange (15-45 cm), zeer dunne (0,5 -1 mm) draadvormige bladeren. In Nederland komen twee soorten voor. De Spiraalruppia heeft over het algemeen iets bredere bladeren (tot 1 mm) en groeit in groter en dieper water dan de Snavelruppia. Spiraalruppia is wat toleranter voor fluctuaties in zoutgehalte. Ruppia groeit op zonnige plaatsen in ondiep, matig voedselrijk, brak tot zilt water met een bodem van klei (soms zand) met veel aan organisch materiaal. Groeiplaatsen zijn sloten, kanalen, kleine plassen, wielen, kleiputten achter de zeedijk, nieuwe plassen, poeltjes en kreken op strandvlakten en op kwelders/schorren. Het komt zowel binnen- als buitendijks voor en is binnendijks vooral in zoute kwelgebieden te vinden.

Ecologisch gezien is het beter te spreken van de plantensociologische associaties genoemd naar deze hoofdsoorten, omdat dan ook de bijbehorende (planten)soorten worden bedoeld. De klein-zee grasassociatie bevat Groot Zee gras en hogerop het litoraal Zeekraal *Salicornia* spp. en Engels slijkgras *Spartina townsendii*. De groot-zee grasassociatie bevatte vroeger schedefonteinkruid *Potamogeton pectinatus* en gesteelde zannichellia *Zannichellia palustris pedicellata*. De huidige voorkomens van Groot Zee gras bevatten dit niet meer. De Snavelruppia-associatie bevat schedefonteinkruid *Potamogeton pectinatus*, gesteelde zannichellia *Zannichellia palustris pedicellata* en spiraalruppia *Ruppia cirrhosa*. De spiraalruppia-associatie is soortenarmer, alleen schedefonteinkruid *Potamogeton pectinatus* komt regelmatig samen met spiraalruppia voor.

Palingbrood

Palingbrood, *Electra crustulenta*, behoort tot de mosdier tjes (*Bryozoa*). Mosdier tjes zijn struik-, boom-, of korstvormige gewassen die niet tot het plantenrijk behoren. Een mosdier tje is een soort dubbelgevouwen worm met een kalkachtig huisje. Vele mosdier tjes bij elkaar vormen zo een structuur. Palingbrood vormt een soort sponsachtige riffen vol met gaatjes en kanaaltjes. In deze openingen leven tal van diertjes waaronder vlokreeften en hierop komt de paling grazen, vandaar de naam 'palingbrood' (Dorsman 1937).

Palingbrood is een soort die voorkomt in brakwaterkwelgebieden met helder, stilstaand water. Het wordt in Zeeland op verscheidene plaatsen aangetroffen, maar is een zeldzame soort geworden.

Zoogdieren

De Bruinvis, *Phocoena phocoena* is een soort die, vóór 1940, regelmatig werd gezien in estuaria (Camphuysen & Peet 2006). In de Nieuwe Waterweg waren ze algemeen tot aan Maassluis en Vlaardingen. Soms werden ze verder landinwaarts gezien: in 1934 in de Workumervaart nabij Arum (Friesland), in 1935 in de Lek bij Schoonhoven (50 km landinwaarts) en in de Waal bij Varik (100 km landinwaarts). Een Bruinvis werd eens gevangen in de Rijn bij Keulen (245 km landinwaarts). Van tijd tot tijd werden Bruinvissen gezien bovenstrooms Antwerpen in de Schelde en haar zijrivieren, de Rupel, de Nete, de Zennen en de Durme. Bruinvissen werden zelfs gezien in de kanalen van Leiden en Amsterdam en eens in het (openlucht) zwembad van Harderwijk.

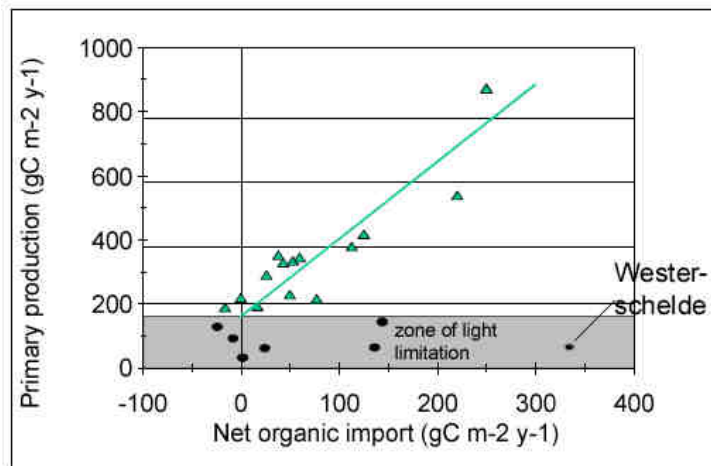
Bruinvissen kwamen algemeen voor in de Zuiderzee, vooral ten noorden van de lijn Marken-Urk. Na de afsluiting raakten honderden Bruinvissen opgesloten.

Ook in de periode na 1970 worden Bruinvissen waargenomen op de Westerschelde, in hogere aantallen nabij Vlissingen, maar ook tot in België (Camphuysen *et al.* 2006).

4.7 Nutriënten

Estuaria spelen een belangrijke rol bij de omzetting van nutriënten naar organisch materiaal en de afbraak van organisch materiaal naar nutriënten; de nutriëntencyclus. In het voedselweb spelen niet alleen algen (fytoplakton en fyto benthos) een rol, maar ook heterotrofe bacteriën, met name voor de afbraak. De belangrijkste voedselbron voor consumenten als schelpdieren en wormen wordt gevormd door fytoplankton en detritus (dood organisch materiaal). Fosfaatverbindingen worden zowel door biologische processen (algengroei) als door chemisch-fysische processen (adsorptie aan sediment) beïnvloed. Alle biologische transformaties van stikstof verlopen via bacteriën. Stikstof is de limiterende nutriënt voor primaire productie in estuaria (Nienhuis 1993).

In estuaria vindt intensief transformatie, immobilisatie en eliminatie van organisch materiaal en nutriënten plaats (Meire *et al.* 1998). Organisch materiaal dat van de rivieren naar zee stroomt wordt in een estuarium bacterieel afgebroken en omgezet tot nutriënten. Hiervan profiteren de algen, zodat de primaire productie omhoog gaat, Figuur 28. Dit levert vervolgens voedsel voor schelpdieren (Figuur 29) en daarmee vissen en vogels. Er moet wel voldoende licht zijn voor de algen om te kunnen groeien. In de Westerschelde bijvoorbeeld is dit niet het geval.

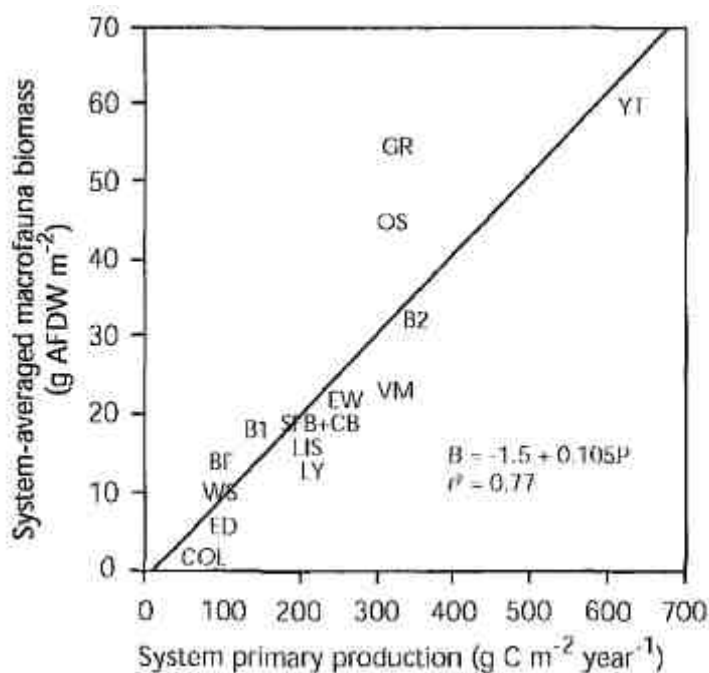


Figuur 28. Verband tussen de primaire productie en de netto import van organisch materiaal voor verschillende estuaria verspreid over de wereld. Uit Meire *et al.* (1998).

Ook de verhouding aan typen nutriënten (opgelost/particulair, N/P ratio) verandert in de loop van een estuarium (in het continuüm van rivier-estuarium-kustzee), mede onder invloed van gradiënten in zout- en zuurstofgehalte, maar ook door interne recycling van nutriënten (opname, afgifte, remineralisatie). Met name de oevers, uiterwaarden en schorren spelen een belangrijke rol bij de interne verwerking van nutriënten. Op deze wijze vervult een estuarium een belangrijke rol als filter dat elementen van terrestrische oorsprong tegenhoudt op weg naar zee.

De filterwerking ontstaat doordat enerzijds bepaalde stoffen kunnen bezinken (bv. afzetting van slib met de daaraan gekoppelde stoffen) maar anderzijds vooral door de genoemde transformatie en eliminatie van stoffen. Het aangevoerde organische materiaal wordt gemineraliseerd waardoor de verschillende elementen (C, N, P...) samen met de aangevoerde nutriënten weer kunnen opgenomen worden in de voedselketen of uit het systeem verdwijnen (bv. in de vorm van CO₂ of N₂ via respiratie of denitrificatie).

Bijzonder belangrijk voor de biologische productie en de filterfunctie is de wisselwerking, de flux van materiaal tussen de verschillende habitats van het estuarium, een flux die gedreven wordt door de getijwerking en de hydrodynamische condities van het estuarium (Meire *et al.* 1997). De continue uitwisseling van materiaal en de opname, omzetting en afgifte van nutriënten (interne recycling) is kenmerkend voor goed functionerende estuaria. Hiervoor is de aanwezigheid van uiterwaarden, intergetijdegebieden en schorren uitermate belangrijk.

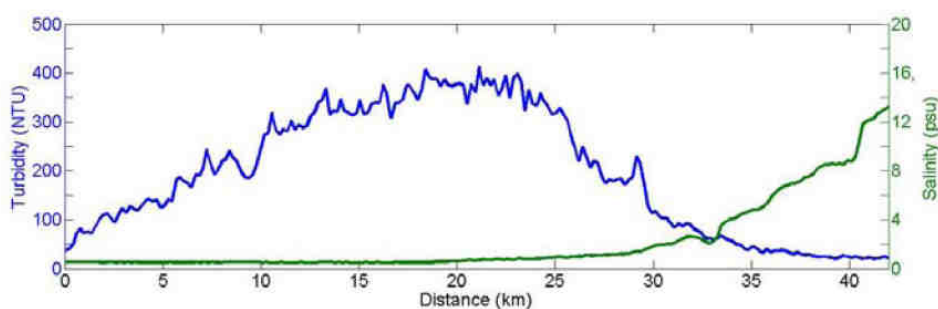


Figuur 29. Verband tussen de gemiddelde macrobenthos biomassa en de primaire productie voor verschillende ondiepe, goed gemengde estuaria (aangegeven met codes, bv. GR = Grevelingen, OS = Oosterschelde). Uit: Herman et al. (1999).

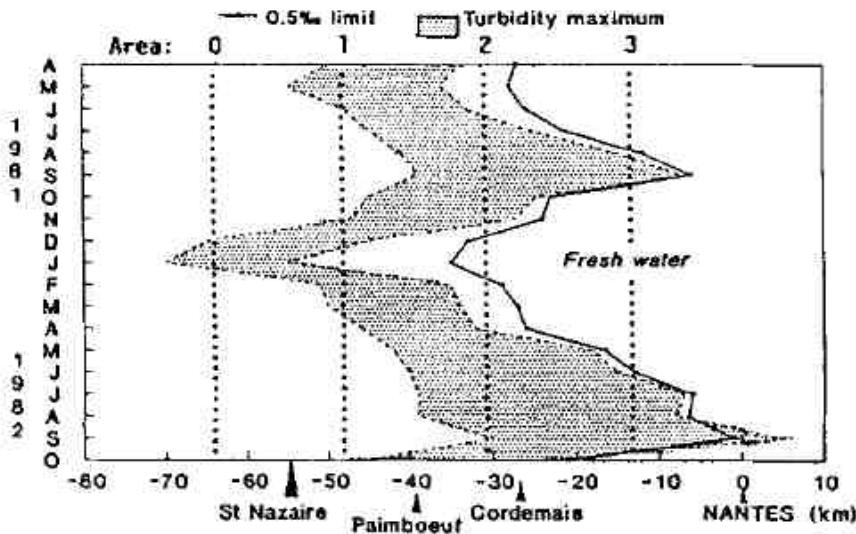
4.8 Troebelheidsmaximum

Een ander belangrijk proces voor estuaria vormt het gedrag van slib. Estuaria kennen een gebied waarin zeer hoge slibconcentraties worden aangetroffen, het 'troebelheidsmaximum'. Hiervoor blijken twee mechanismen verantwoordelijk (Schuttelaars 2002). In het gebied van een zouttong (duidelijke scheiding tussen zwaarder zout water en lichter zoet water) kan een estuaria troebelheidsmaximum optreden als gevolg van het 'gevangen zitten' van slib tussen de landwaarts gedreven dichtheidsstroming van zout water en de zeewaarts gedreven stroming van rivierwater. Dit is de klassieke verklaring voor de hoge troebelheid in bepaalde delen van estuaria. Echter, veel estuaria kennen geen duidelijke zouttong, maar zijn goed gemengd. Ergo, in deze estuaria worden vaak twee troebelheidsmaxima aangetroffen. Dit wordt veroorzaakt door verschillen in stroomsnelheden tussen de eb- en de vloedfase, de getij-asymmetrie, waardoor slib, letterlijk, niet voor- of achteruit kan.

In de Eems wordt een troebelheidsmaximum aangetroffen op de overgang van zoet naar zout water, bij een relatief lage saliniteit rond 0.5‰-1‰. De zone van het troebelheidsmaximum is asymmetrisch (Talke *et al.* 2006). Sediment concentraties nemen snel af in benedenstroomse richting (5-10 km) waar de saliniteit toeneemt, en nemen langzaam af in bovenstroomse richting (10-20 km), Figuur 30. In de Loire wordt een troebelheidsmaximum gevonden ongeveer vanaf de 0.5‰ saliniteitslimiet, dat zich uitstrekt tot in de zone met een saliniteit van 15-20‰, met een breedte van 20-30 km. Deze zone verschuift met de seizoenen, afhankelijk van de rivierafvoer en verschuivende saliniteitsgradienten, Figuur 31 (Marchand 1993).

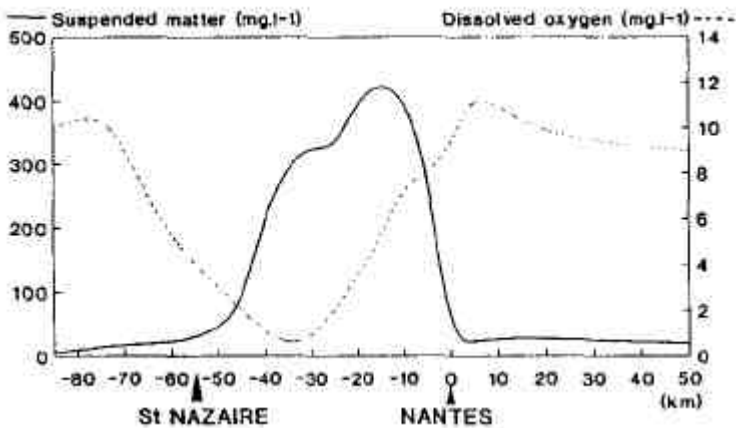


Figuur 30. Troebelheid en saliniteitsgradiënten in het Eems-estuarium in september 2005. Uit: Talke *et al.* (2006).



Figuur 31. Troebelheidsmaximum en 0.5‰ saliniteitslimiet in het Loire estuarium. Uit: Marchand (1993).

Samenhangend met de gradiënt in troebelheid is een andere belangrijke gradiënt die in zuurstofgehalte. Ter plaatse van het troebelheidsmaximum treedt een verlaagd zuurstofgehalte op, Figuur 32. Dit heeft te maken met de afbraak van grote hoeveelheden organisch materiaal dat gevangen zit in het troebelheidsmaximum. Het lagere zuurstofgehalte heeft een belangrijke invloed op vis (Marchand 1993). Het zuurstofgehalte is sterk afhankelijk van de slib- en nutriëntendynamiek en kent een grote variabiliteit als gevolg van andere, niet estuarium-specifieke processen.



Figuur 32. Nutriënten in troebelheid en zuurstofgehalte in het Loire estuarium in juni 1982. Uit: Marchand (1993).

4.9 Hoe wordt estuariene dynamiek bepaald?

Als hoofddoelstelling van beleid in de Delta wordt genoemd: “Herstel van de estuariene dynamiek”. In het rapport De Delta in Zicht; Een Integrale visie op de Deltawateren (DeltaInZicht 2003) wordt het herstel van estuariene dynamiek genoemd als een oplossingsrichting die veel problemen met betrekking tot hoogwaterveiligheid, ecologie, visserij, scheepvaart en recreatie oplost.

Onderdelen uit Delta in Zicht stellen:

'Herstel van de estuariene condities biedt een oplossing voor de ecologische problemen van de Deltawateren, o.m. zandhonger, blauwalgenbloei, overmatige zeeslaontwikkeling. De visserij zal het meest direct profiteren van de ecologische verbetering. Schuttijden worden sterk verkort. Mogelijkheden voor nieuwe recreatieroutes. Het komt de productiviteit van de Noordzee ten goede'.

In de Delta in Zicht studie wordt herstel van estuariene dynamiek uitgelegd als het herstel van het sleutelproces van de tweezijdige werking van getijden vanuit zee in combinatie met de eenzijdige afvoer van rivierwater. Met herstel van dit sleutelproces zullen gradiënten in zoutconcentratie, droogvalduur, temperatuur, organisch materiaal, nutriënten, contaminanten en zuurstof terugkeren. De open verbindingen die hiervoor nodig zijn brengen meer voordelen met zich mee.

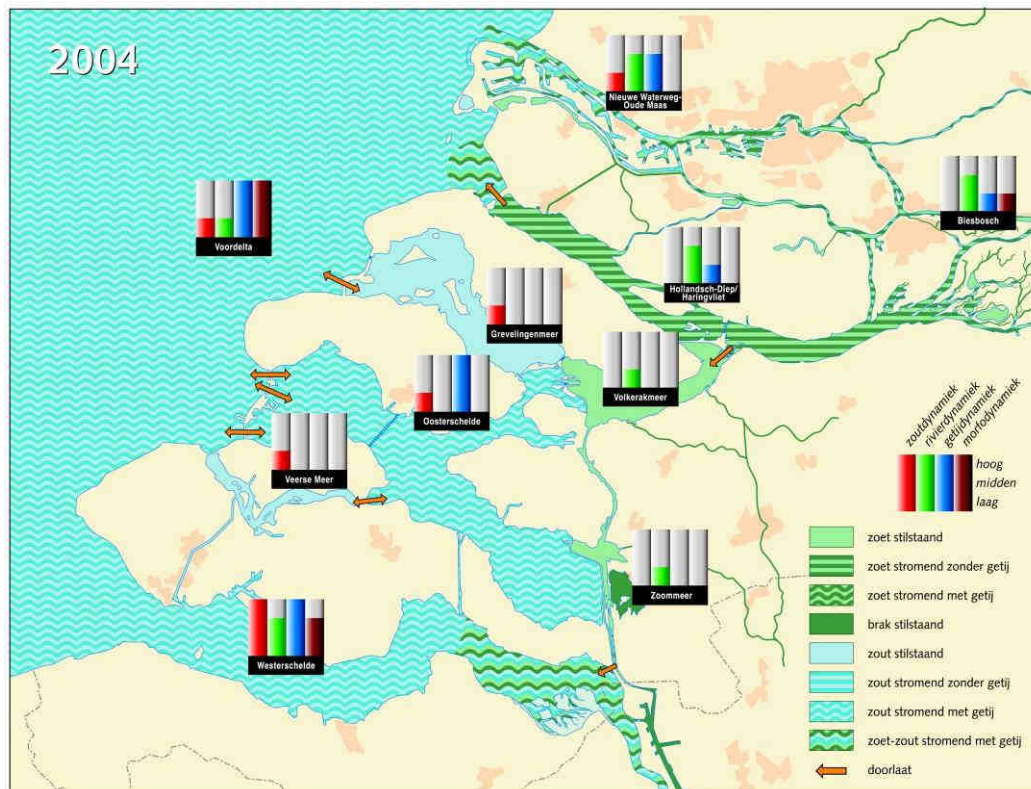
De studie van De Leeuw & Backx (2001) beschrijft de algemene ecologische principes van estuariene gradiënten en estuariene dynamiek. Een uitwerking van herstel van estuariene dynamiek in te meten variabelen is gegeven door Haas & Tosserams (2005). In deze studie is een maatlat ontwikkeld om een beeld te krijgen in welke mate estuariene dynamiek achteruit is gegaan en hoe deze in de toekomst kan verbeteren. Vier bouwstenen voor estuariene dynamiek zijn gegeven:

- (1) zoutdynamiek,**
- (2) rivierdynamiek,**
- (3) getijdynamiek en**
- (4) morfodynamiek,**

Elk van deze bouwstenen kunnen 4 niveaus aannemen (geen, laag, midden, hoog).

Een belangrijk resultaat van de studie van Haas & Tosserams (2005) is een kansenkaart estuariene dynamiek, waarin semi-kwantitatief is aangegeven hoe ieder systeem in de Delta scoort op de vier bouwstenen van dynamiek in 1950, 2004, 2015 en 2030, onder invloed van een aantal scenario's voor herstelmaatregelen. Deze studie geeft ook een aantal belangrijke randvoorwaarden:

1. Veiligheid blijft gehandhaafd of wordt vergroot;
2. De afwatering van West Noord-Brabant moet voldoende zijn;
3. De zoetwatervoorziening voor de landbouw moet voldoende zijn;
4. Er is voldoende rivierwater van goede kwaliteit beschikbaar;
5. De maatregelen mogen niet strijdig zijn met Europese richtlijnen;
6. Waar mogelijk wordt multifunctioneel gebruik van watersystemen nagestreefd.



Figuur 33. Estuariene dynamiek in de huidige situatie (2004). Uit: Haas & Tosserams (2005).

In aanvulling op de vier bouwstenen die Haas & Tosserams (2005) geven is er nog een tweetal andere aspecten van groot belang voor de karakterisering van estuaria. We zouden de processen van omzetting van organisch materiaal in een estuarium en de interne recycling kunnen classificeren als:

(5) nutriëntendynamiek.

En het typische gedrag van slib in estuaria zouden we kunnen classificeren als:

(6) slibdynamiek.

In totaal geeft dit zes kenmerkende dynamiekparameters voor herstel van estuariene dynamiek. De eerste vier zijn al door Haas & Tosserams (2005) gedefinieerd, de laatste twee kunnen worden toegevoegd, zie Tabel 7.

Tabel 7. Dynamiek parameters voor een estuariene maatlat. De bovenste vier komen van Haas & Tosserams (2005), de onderste zijn door de auteur van deze studie toegevoegd.

		Dynamiek			
Abiotisch aspect	Parameters	Geen	Laag	Midden	Hoog
Rivier-dynamiek	Stroomsnelheid (m/s), zoetwater-aanvoer (m ³ /s) en waterstandverschillen (m).	Watersystemen zonder aanvoer van rivierwater, met vast peil	Via spuibeheer Is een beperkte invloed rivierwater	Rivier sterk gekanaliseerd, wisselende waterstanden	Ruimte voor de rivier en sterke verschillen in waterstanden
Getij-dynamiek	Verticale waterstandverschillen (getijslag) a.g.v. getij (m) en getijstroming (m/s).	Geen getijinvloed, watersystemen met vast of onnatuurlijk peil	Lichte Peilschommelingen, getijslag <0,5 m	Gedempt getij, getijslag tussen 0,5 – 2 m	Natuurlijk getij, getijslag > 2 m
Zout-dynamiek	Ruimtelijke en temporele schommelingen in zoet-zoutgradiënten als gevolg van dynamiek in rivierafvoer en getijinvloed (g Cl/l)	Zoetwatersystemen. Geen of beperkte invloed van zoutwater via zoute kwel	Zoutwatersystemen Met hoog zoutgehalte en beperkte schommelingen	Matige zout-schommelingen door beheer nog enigszins gereguleerd	Natuurlijke zoetzoutgradiënten Met sterke schommelingen als gevolg van aanvoer rivierwater en getij
Morfo-dynamiek	Sedimentatie- en erosieprocessen zand en slibtransport. Successie in het morfologisch landschap.	Dynamiek verdwenen. Door (vooroever)-verdediging conservering bestaande oevers en buitendijkse gebieden	Processen deels hersteld, plaatselijk sedimentatie en erosie	Beperkte vorming van platen en slikken	Morfo-dynamiek basis voor Delta-landschap
Nutrien-ten-dynamiek	Transformatie, immobilisatie en eliminatie van organisch materiaal en nutriënten, interne recycling en retentie	Ophoping organisch materiaal en nutriënten; eutrofiering	Af- en uitspoeling nutriënten, lage interne recycling	Beperkte uitspoeling nutriënten, matige interne recycling	Lage uitspoeling nutriënten; hoge interne recycling
Slib-dynamiek	Optreden troebelheidsmaximum en schommelingen als gevolg van dynamiek in rivierafvoer en getijinvloed	Afwezigheid troebelheidsmaximum	Troebelheidsmaximum slechts door uitvloeking op zoet-zoutovergang, geen schommelingen	Troebelheidsmaximum door dichtheidsstroming. Matige schommelingen door rivierafvoer	Volledig troebelheidsmaximum met sterke schommelingen door rivierafvoer, dichtheidsstroming en getij-asymmetrie

5 Natura 2000

5.1 Natura 2000 gebieden

De Delta in zuidwest Nederland bevat Natura 2000 gebieden die onderdeel zijn van drie landschapstypen. Dit zijn het landschap 'Noordzee, Waddenzee en Delta', het landschap 'Duinen' en het landschap 'Rivierengebied' (2006), Figuur 34.

Vier gebieden vallend onder het landschap Duinen bevinden zich in de Delta. Dit zijn: Voornes Duin (100), Duinen Goeree & Kwade Hoek (101), Kop van Schouwen (116) en Manteling van Walcheren (117). Bij herstel van estuariene dynamiek zullen deze gebieden niet betrokken worden; allen bevinden ze zich aan de Noordzeekust in zoute milieus, ze vallen daarom af als interessegebied voor deze studie.

Het landschap Noordzee, Waddenzee en Delta omvat 16 gebieden waaronder de Noordzeekustzone, de Waddenzee en alle wateren in de Delta. Ook zijn er enkele binnendijkse gebieden benoemd. Van de 16 gebieden vallen twee gebieden buiten de Delta af voor deze studie, Waddenzee (1) en Noordzeekustzone (7). Ook kiezen we ervoor vier binnen- en buitendijkse gebieden af te laten vallen die gelieerd zijn aan de Westerschelde, aangezien dit een reeds functionerend estuarium is: Zwin & Kievittepolder (123), Grootte Gat (124), Canisvlietse Kreek (125) en Vogelkreek (126).

Van de overgebleven 9 gebieden zijn er 8 die direct beïnvloed worden door maatregelen gericht op herstel van estuariene dynamiek en dus relevant voor deze studie:

1. 109. Haringvliet
2. 113. Voordelta
3. 114. Krammer-Volkerak
4. 115. Grevelingen
5. 118. Oosterschelde
6. 119. Veerse Meer
7. 120. Zoommeer
8. 127. Markiezaat

Er is één binnendijks gebied, gekoppeld aan de Oosterschelde, dat mogelijk beïnvloed kan worden door estuariene herstelmaatregelen en dus wordt het ook meegenomen in deze studie:

9. 121. Yerseke en Kapelse Moer

Daarnaast zijn er nog drie gebieden die gerekend kunnen worden tot voormalige estuaria, en thans deel uitmaken van het landschapstype Rivierengebied. Omdat herstel van estuariene dynamiek deze gebieden mogelijk kan beïnvloeden, zijn deze ook relevant voor deze studie:

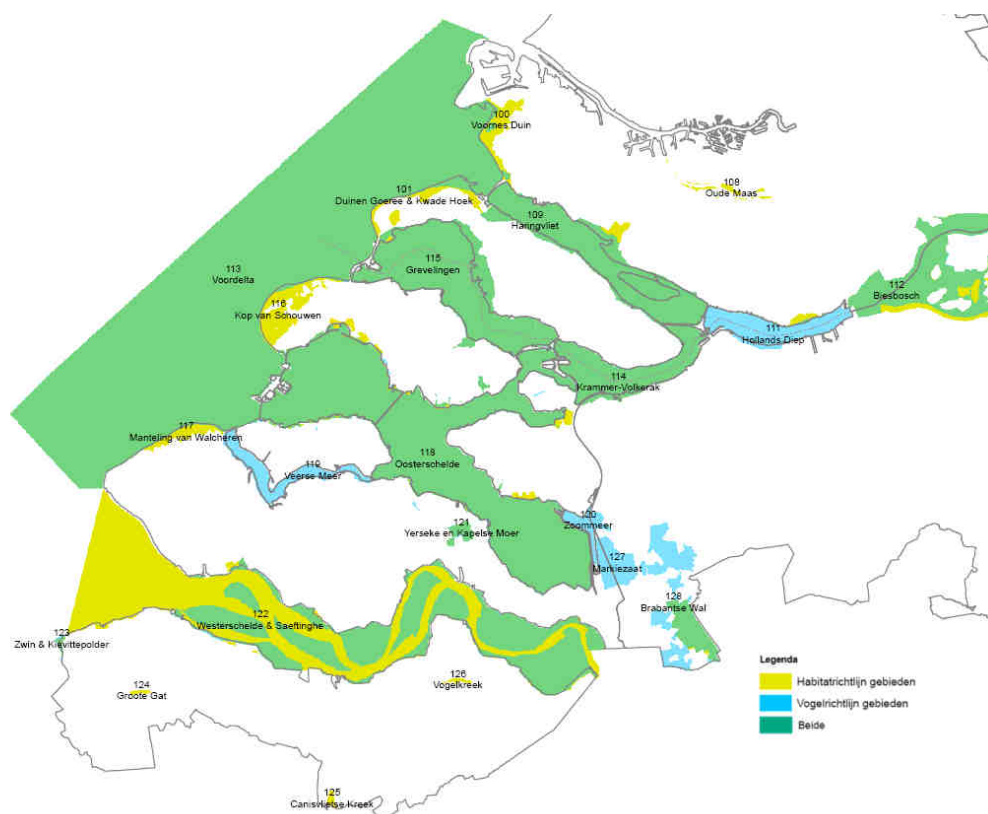
10. 108. Oude Maas
11. 111. Hollandsch Diep
12. 112. Biesbosch

Het habitattype H1130 Estuaria komt niet voor in de voor deze studie geselecteerde Natura 2000 gebieden. Dit type komt alleen voor in de gebieden Westerschelde & Saeftinge (122) en de Waddenzee. Gezien het belang van dit habitattype en de bijbehorende habitatsoorten voor deze studie, wordt dit type wel meegenomen in de analyse. Het oordeel over de staat van instandhouding van Estuaria is overigens 'zeer ongunstig'.

13. 122. Westerschelde

Dit brengt het totale aantal voor deze studie relevante Natura 2000 gebieden op 13 stuks.

N.B. (1) Het enige open water in de Delta dat niet wordt genoemd in Natura 2000 is de Binnenschelde. Omdat het zich niet kwalificeert is dit niet aangemeld (2). Een gebied dat nabij de Delta ligt (zie Figuur 34), maar verder niet beschouwd wordt in deze studie is Brabantse Wal (128).



Figuur 34. Natura 2000 gebieden in de Delta regio.

5.2 Natura 2000 habitattypen

De dertien voor deze studie relevante Natura 2000 gebieden bevatten de volgende achttien habitattypen:

Tabel 8. Habitattypen in de geselecteerde Natura 2000 gebieden.

Habitatype	Subtype	Gebieden
H1110. Permanent overstromde zandbanken	A. getijdengebied B. permanent over-stroomde zandbanken	Voordelta (A&B)
H1130. Estuaria		Westerschelde & Saeftinghe
H1140. Slik- en zandplaten	A. laagdynamische wadplaten B. hoogdynamische zandplaten	Voordelta (A&B)
H1160. Grote baaien		Oosterschelde
H1310. Zilte pionierbegroeiingen	A. zeekraal B. zeevetmuur	Voordelta (A&B) Oosterschelde (A) Krammer-Volkerak (A&B) Grevelingen (A&B) Yerseke en Kapelse Moer (A)
H1320. Slijkgrasvelden		Voordelta Oosterschelde
H1330. Schorren en zilte graslanden (Atlantische schorren)	A. buitendijks B. binnendijks	Voordelta (A) Oosterschelde (A&B) Haringvliet (A) Grevelingen (A&B)

		Krammer-Volkerak (A) Yerseke en Kapelse Moer (B)
H2110. Embryonale duinen		Westerschelde & Saeftinghe
H2120. Witte duinen		Westerschelde & Saeftinghe
H2130. Grijze duinen	A. kalkrijk B. kalkarm C. heischraal	Grevelingen (A&C)
H2160. Duindoornstruwelen		Grevelingen
H2170. Kruipwilgstruwelen		Grevelingen
H2190. Vochtige duinvaleien	A. open water B. kalkrijk C. ontkalkt D. hoge moerasplanten	Grevelingen (B) Krammer-Volkerak (B)
H3270. Slikkige rivieroeveren		Haringvliet Biesbosch Oude Maas
H6430. Ruigten en zomen	A. moerasspirea B. harig wilgenroosje C. droge bosranden	Haringvliet (B) Biesbosch (A&B) Hollandsch Diep (B) Krammer-Volkerak (A&B) Grevelingen (B) Oude Maas (B)
H6510. Glanshaver- en vossestaartheuvels	A. Glanshaver B. Grote vossestaart	Biesbosch (A&B)
H7140. Overgangs- en trilvenen	A. trilvenen B. veenmosrietlanden	Oosterschelde (B)
*H91E0. Vochtige alluviale bossen	A. zachthoutoibossen B. essen-iepenbossen C. beekbegeleidende bossen	Haringvliet (A&B) Biesbosch (A&B) Hollandsch Diep (A&B) Krammer-Volkerak (A&B) Oude Maas (A)

* prioritair habitatype.

Het Veerse Meer, het Zoommeer en het Markiezaat zijn aangewezen als vogelrichtlijngebieden; hiervoor zijn geen habitats aangewezen.

Vooralsnog zijn de Natura 2000 doelen niet gericht op herstel van estuariene dynamiek in de Delta. Echter, er wordt al wel gedeeltelijk voorgesorteerd. Voor Krammer-Volkerak (114) en Zoommeer (120) worden de instandhoudingsdoelen afhankelijk gesteld van de uitkomsten van de inrichtingsvariant zoet of zout. Voor het gebied Haringvliet (109) zijn doelen passend bij de afspraken met betrekking tot de 'kier' gemaakt. Dit betekent dat vooralsnog geen verdergaande zoet-zoutmaatregelen voor Haringvliet (109) en hiermee in relatie staande systemen als Hollandsch Diep (111), Biesbosch (112) en Oude Maas (108) voorzien worden.

5.3 Natura 2000 soorten

De volgende habitatrictlijnsoorten (15) en vogelrichtlijnsoorten (57) bevinden zich in de voor deze studie geselecteerde gebieden:

Tabel 9. Habitatrictlijn- en vogelrichtlijnsoorten in de geselecteerde Natura 2000 gebieden.

Soortcode	Soortnaam	Gebieden
H1014	Nauwe korfslak	122
H1095	Zeeprik	109, 111, 112, 113
H1099	Rivierprik	109, 111, 112, 113
H1102	Elft	109, 111, 112, 113
H1103	Fint	109, 111, 112, 113

H1106	Zalm	109, 111, 112, 113
H1134	Bittervoorn	109, 112, 114
H1145	Grote modderkruiper	112
H1149	Kleine modderkruiper	112, 114
H1163	Rivierdonderpad	109, 112
H1337	Bever	112
H1340	*Noordse woelmuis	108, 109, 111, 112, 114, 115, 118
H1365	Gewone zeehond	113, 118
H1387	Tonghaarmuts	112
H1903	Groenknolorchis	115
A001	Roodkeelduiker - n	113
A004	Dodaars - n	115, 119, 127
A005	Fuut - n	109, 112, 113, 114, 115, 118, 119, 120, 122, 127
A007	Kuifduiker - n	113, 114, 115, 118
A008	Geoorde fuut - n	115, 127
A391/A017	Aalscholver - n Aalscholver - b,n	113, 114, 115, 118, 120, 127 109, 112, 119
A020	Roerdomp - b	112
A026	Kleine zilverreiger - n	109, 114, 115, 118, 119, 120, 122, 127
A034	Lepelaar - b Lepelaar - n Lepelaar - b,n	114 111, 112, 113, 115, 118, 120, 122 109, 119, 127
A037	Kleine zwaan - n	109, 112, 114, 115, 122, 127
A041	Kolgans - n	109, 111, 112, 114, 115, 121, 122
A043	Grauwe gans - n	109, 111, 112, 113, 114, 115, 118, 120, 122, 127
A045	Brandgans - n	109, 111, 112, 114, 115, 118, 119, 120, 127
A046	Rotgans - n	114, 115, 118, 119, 120, 127
A048	Bergeend - n	109, 113, 114, 115, 118, 120, 122, 127
A050	Smient - n	109, 111, 112, 113, 114, 115, 118, 119, 120, 122, 127
A051	Krakeend - n	109, 111, 112, 113, 114, 115, 118, 119, 120, 122, 127
A052	Wintertaling - n	109, 112, 113, 114, 115, 118, 120, 122, 127
A053	Wilde eend - n	111, 115, 119, 122
A054	Pijlstaart - n	109, 112, 113, 114, 115, 118, 119, 120, 122, 127
A056	Slobeend - n	109, 112, 113, 114, 115, 118, 119, 120, 122, 127
A059	Tafeleend - n	112, 114
A061	Kuifeend - n	109, 111, 112, 114, 119, 120
A062	Topper - n	109, 113
A063	Eider - n	113
A065	Zwarte zee-eend - n	113
A067	Brilduiker - n	113, 114, 115, 118, 119
A068	Nonnetje - n	112, 113, 115
A069	Middelste zaagbek - n	113, 114, 115, 118, 119, 122
A070	Grote zaagbek - n	112
A081	Bruine kiekendief - b	109, 112, 114, 115, 118, 122
A094	Visarend - n	109, 112, 114
A103	Slechtvalk - n	109, 114, 115, 118, 119, 122, 127
A119	Porseleinhoen - b	112
A125	Meerkoet - n	109, 112, 114, 115, 118, 119, 120, 127
A130	Scholekster - n	113, 115, 118, 122
A132	Kluut - b,n	109, 113, 114, 115, 118, 119, 120, 122, 127
A137	Bontbekplevier - b,n Bontbekplevier - n Bontbekplevier - b	114, 115, 118, 120, 122 113 127
A138	Strandplevier - b	109, 114, 127

	Strandplevier - n	120
	Strandplevier - b,n	115, 118, 122
A140	Goudplevier - n	109, 115, 118, 119, 122
A141	Zilverplevier - n	113, 115, 118, 122, 127
A142	Kievit - n	109
A143	Kanoet - n	118, 122, 127
A144	Drieteenstrandloper - n	113, 118, 122
A149	Bonte strandloper - n	113, 115, 118, 122, 127
A156	Grutto - n	109, 112, 114
A157	Rosse grutto - n	113, 115, 118, 122
A160	Wulp - n	109, 113, 115, 118, 122, 127
A161	Zwarte ruiter - n	118, 122
A162	Tureluur - n	113, 114, 115, 118, 122
A164	Groenpootruiter - n	113
A169	Steenloper - n	113, 114, 115, 118, 122
A176	Zwartkopmeeuw - b	109, 114, 118, 120, 122
A177	Dwergmeeuw - n	109, 113
A183	Kl. mantelmeeuw - b	114, 118, 119, 122
A191	Grote stern - b	113, 115, 122
A193	Visdief - b	114, 115, 118, 122
	Visdief - n	109, 120
A194	Noordse stern - b	118
A195	Dwergstern - b	109, 114, 115, 118, 122
A229	IJsvogel - b	112
A272	Blauwborst - b	109, 112, 122
A292	Snor - b	112
A295	Rietzanger - b	112

* prioritaire soort

5.4 Typische soorten voor Natura 2000

Behalve beschermde soorten van Natura 2000 bestaan er ook 'typische soorten'. Typische soorten worden gebruikt om aan de Europese Commissie te rapporteren hoe op nationaal niveau de staat van instandhouding van elk habitatype is. Het beoordelen van de staat van instandhouding van een habitatype in een gebied vindt plaats aan de hand van vijf aspecten, waarvan 'typische soorten' er één is (Bal 2007).

- Bij het aspect 'typische soorten' komt één kwalificatie te staan – er wordt dus niet gerapporteerd op soortniveau. De kwalificatie is echter wel gebaseerd op de totale set typische soorten van een habitatype. Het totaal van alle voorkomens van een habitatype (binnen en buiten Natura 2000) moet leiden tot een duurzame populatie van alle typische soorten van dat habitatype.
- Per gebied is een gunstige staat van instandhouding niet afhankelijk van de aanwezigheid van alle typische soorten: slechts een nader te bepalen deel van de typische soorten hoeft aanwezig te zijn.
- Het is belangrijk dat typische soorten ook systematisch worden meegenomen bij het beoordelen van significant negatieve effecten als gevolg van ingrepen (art. 6.3 HR) en bij het formuleren van adequaat beheer (art. 6.1 HR).

Typische soorten voldoen volgens de in Europees verband afgesproken richtlijnen aan de volgende criteria:

- a) de soort is een goede indicator voor de gunstige staat van instandhouding van het habitatype en moet niet-destructief en goedkoop gemeten kunnen worden;
- b) de samenstelling van de lijst van typische soorten per habitatype moet op de (middel)lange termijn stabiel blijven.

In overleg met de Europese Commissie is een uitwerking gemaakt die heeft geleid tot twee categorieën typische soorten:

- *exclusieve* en *karakteristieke* soorten: soorten waarvan de ecologische vereisten alleen (100%), respectievelijk vooral (50%) voorkomen in het betreffende habitatype.

- *constant aanwezige* soorten: soorten die in elk gebied met het betreffende habitatype aanwezig zijn, maar niet tot het habitatype beperkt zijn.

Deze keus is gemaakt vanuit de doelstelling van de Habitatrictlijn (behoud van biodiversiteit d.m.v. behoud van ecosystemen). Het ligt niet voor de hand om alleen te richten op exclusieve soorten. Immers: tal van min of meer bedreigde soorten komen in meer dan één habitatype voor, terwijl dat feit ze niet per definitie minder bedreigd maakt. Ook geredeneerd vanuit de eis van een goede indicatie van een gunstige staat van instandhouding van het habitatype (als leefomgeving van soorten), is het belangrijk om een set typische soorten te hebben die daar een goed onderbouwd beeld van geeft, toepasbaar in elk gebied waarvoor het habitatype is aangewezen. Dit besluit is genomen in december 2006 door het ministerie van LNV (Directies Natuur en Kennis), na overleg met vertegenwoordigers van onderzoek en beheer in het verband van de WOT-IN (Bal 2007).

De typische soorten zijn onderverdeeld in categorieën:

- E-soorten*: de exclusieve soorten die alleen in het habitatype voortplanten.
- K-soorten*: de karakteristieke soorten die zich bij voorkeur in het habitatype voortplanten. Bij voorkeur betekent: meer dan 50% van de Nederlandse populatie maakt gebruik van het habitatype.
- C-soorten*: de constant aanwezige soorten. Hiervoor is een onderscheid in:
 - o *Ca-soorten*: indicatie van een goede abiotische toestand (t.a.v. bodem- en watereigenschappen en minimumoppervlak).
 - o *Cb-soorten*: indicatie van een goede biotische structuur (betreft o.a. horizontale en verticale vegetatiestructuur – al of niet temporeel van aard – en trofische niveaus).

Voor alle habitatypen is een lijst met typische soorten opgesteld en voorgesteld aan de EC. In totaal gaat het om 627 soorten. De lijst van typische soorten voor estuaria is gepresenteerd in Tabel 10.

Tabel 10. Typische soorten voor habitatype H1130 Estuaria.

<i>Nederlandse naam</i>	<i>Wetenschappelijke naam</i>	<i>Soortgroep</i>	<i>Type</i>
Bruinvis	<i>Phocoena phocoena</i>	Zoogdieren	Cb
Kluut	<i>Recurvirostra avosetta</i>	Vogels	Cab
Ansjovis	<i>Engraulis encrasicolus</i>	Vissen	Cab
Bot	<i>Platichthys flesus</i>	Vissen	Cab
Botervis	<i>Pholis gunnulus</i>	Vissen	Cab
Brakwatergrondel	<i>Pomatoschistus microps</i>	Vissen	Cab
Dikkopje	<i>Pomatoschistus minutus</i>	Vissen	Cab
Glasgrondel	<i>Aphia minuta</i>	Vissen	Ca
Grote zeenaald	<i>Syngnathus acus</i>	Vissen	Cab
Harnasmannetje	<i>Agonus cataphractus</i>	Vissen	Cab
Kleine zeenaald	<i>Syngnathus rostellatus</i>	Vissen	Cab
Pijlstaartrog	<i>Dasyatis pastinaca</i>	Vissen	Cab
Puitaal	<i>Zoarces viviparus</i>	Vissen	Ca
Slakdolf	<i>Liparis liparis</i>	Vissen	Ca
Wijting	<i>Merlangius merlangus</i>	Vissen	Cab
Zeedonderpad	<i>Myoxocephalus scorpius</i>	Vissen	Ca
Kniksprietkreeft	<i>Bathyporeia pilosa</i>	Kreeftachtigen	K + Ca
Langspriet	<i>Corophium volutator</i>	Kreeftachtigen	K + Ca
Garnaal	<i>Crangon crangon</i>	Kreeftachtigen	Cab
	<i>Haustorius arenarius</i>	Kreeftachtigen	K + Ca
Zeeduizendpoot	<i>Nereis diversicolor</i>	Borstelwormen	Ca
Nonnetje	<i>Macoma balthica</i>	Weekdieren	Ca
Platte slijkgaper	<i>Scrobicularia plana</i>	Weekdieren	Ca
Groot zeegras	<i>Zostera marina</i>	Vaatplanten	Ca
Klein zeegras	<i>Zostera noltei</i>	Vaatplanten	Ca

6 Mate van herstel van estuariene dynamiek

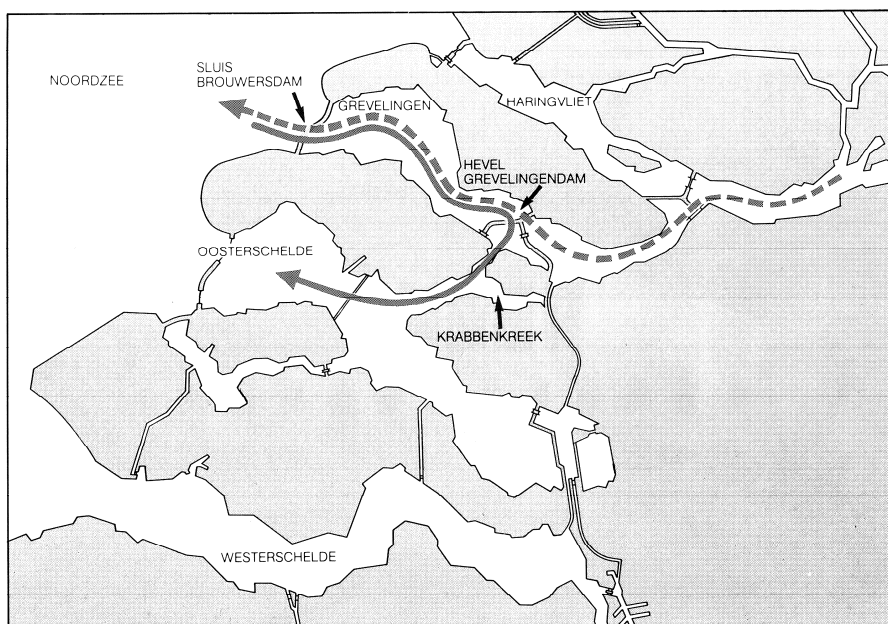
6.1 Mogelijkheden voor herstel van het estuariene karakter van de Delta

Tosserams *et al.* (2001) geven een aantal mogelijkheden voor herstel van het estuariene karakter van de Delta:

1. Versterken van de samenhang tussen watersystemen;
2. Versterking dan wel herstel van dynamiek;
3. Herstel van geleidelijke zout-zoetovergangen;
4. Ruimtelijke samenhang tussen water en land vergroten.

Ad. 1. Het **versterken van de samenhang tussen watersystemen** door het vergroten van de uitwisseling kan bij:

- *Haringvliet met Voordelta*. Dit wordt mogelijk gerealiseerd door het alternatief 'Getemd Getij' (95% van de tijd 1/3 van de sluisen open) volgens de MER Beheer Haringvlietsluizen (RWS-ZH 1998).
- *Hollands-Diep met Volkerak-Zoommeer*. Volgens het doorspoelalternatief 'Rivierdynamiek' kan het Volkerak-Zoommeer worden doorspoeld met water uit het Hollands-Diep. Een MER hiervoor is in voorbereiding (PVZ 2003; PVZ 2004; Verspagen *et al.* 2005).
- *Grevelingenmeer met Oosterschelde*. Een doorlaatmiddel in de Grevelingendam kan de uitwisseling vergroten tussen Oosterschelde en Grevelingen. De Flakkeese Spuisluis in de Grevelingendam kan hiervoor gebruikt worden. Deze kan gemiddeld 80 m³/s spuien, Figuur 35.
- *Volkerak-Zoommeer met Grevelingenmeer*. Een doorlaatmiddel in de Grevelingendam waarmee zoet water wordt aangevoerd zou het estuariene karakter van de Grevelingen kunnen herstellen (Hoeksema 2002; NatuurenrecreatieschapGrevelingen 2006). Een mogelijkheid hiervoor is het doortrekken van de Flakkeese Spuisluis door de Philipsdam, naar het Krammer (VenW 1986).
- *Grevelingenmeer met Noordzee*. Een vergrote uitwisseling met de Noordzee vermindert stratificatie en verbetert migratie van organismen. Ook zijn er kansen om getij terug te brengen op de Grevelingen waarmee intergetijdegebieden terugkomen (NatuurenrecreatieschapGrevelingen 2006).
- *Haringvliet met Grevelingenmeer*. Een verbinding tussen het Grevelingenmeer en het Haringvliet dwars door Goeree-Overflakkee (Plan Scharrezee).
- *Volkerak-Zoommeer met Oosterschelde*. De uitwisseling met de Noordelijke Tak van de Oosterschelde kan bij de Philipsdam vergroot worden door een spuumiddel of een overlaat (Haas & Tosserams 2001; ProjectorganisatieVolkerakZoommeer 2004). Bij de Bergse Diepsluis kan een verbinding worden gemaakt tussen de Oosterschelde en het Zoommeer en/of het Markiezaatsmeer.
- *Volkerak-Zoommeer met Westerschelde*. Zoet-zoutgradiënten kunnen verbeterd worden in de omgeving van de Bathse spuisluis (Tosserams *et al.* 2001).
- *Veerse Meer met Noordzee*. Een verbinding met de Noordzee zou getij kunnen terugbrengen op het Veerse Meer en de ecologische kwaliteit verbeteren (Tosserams *et al.* 2001).
- *Veerse Meer met Oosterschelde*. De Katse Heul, een doorlaatmiddel in de Zandkreekdam, is inmiddels gerealiseerd.



Figuur 35. Gebruik van de Flakkeese Spuisluis (Hevel Grevelingendam) voor doorspoelen met zout (doorgetrokken lijn) of zoet water (stippellijn). Uit: VenW (1986)

Ad. 2. Verscheidene vormen van dynamiek kunnen hersteld dan wel versterkt worden. Getijdynamiek, nodig voor het herstel van schorren en intergetijdegebieden, kan (gedeeltelijk) hersteld worden door de oorspronkelijke verbindingen met de zee (gedeeltelijk) te herstellen. Hiermee kan tevens het zoetwatergetij in de Biesbosch gedeeltelijk teruggebracht worden. Een andere optie is om te sturen met peildynamiek, zodat bijvoorbeeld de natuurwaarden van oevers wordt verbeterd (Tosserams *et al.* 2001).

Ad. 3. Zout-zoetovergangen tussen watersystemen herstellen kan bij:

- Haringvliet – Voordelta – Noordzee. Deze zout-zoetovergang wordt mogelijk gerealiseerd door de Haringvlietsluizen gedeeltelijk, bijna permanent, open te zetten. Er is in de huidige situatie sprake van niet-natuurlijke schommelingen in het zoutgehalte als gevolg van het spuregime van de Haringvlietsluizen.
- Volkerak-Zoommeer – Oosterschelde – Grevelingenmeer. Een mogelijkheid is een eenzijdige uitwisseling door spuien van zoet water uit het Volkerak-Zoommeer naar de Oosterschelde en/of het Grevelingenmeer. Hiermee wordt een brak overgangsgebied in de Oosterschelde gecreëerd. Een andere mogelijkheid is een tweezijdige uitwisseling waarbij een getijdeinvloed op het Volkerak-Zoommeer wordt ingesteld en een brakke overgangszone in zowel de Oosterschelde als het Volkerak-Zoommeer. Dit laatste is het alternatief 'estuariene dynamiek' voor de MER Volkerak-Zoommeer (PVZ 2003; PVZ 2004).
- Zoommeer – Oosterschelde. Verschillende verbindingsmogelijkheden bestaan hier om zout-zoetgradiënten te creëren (Haas & Tosserams 2001).

Ad. 4. De ruimtelijke samenhang tussen water en land ontbreekt als gevolg van harde overgangen. Er is een groot verschil tussen binnendijkse en buitendijkse natuur. In de Delta bestaan verscheidene binnendijkse, brakke gebieden, zogenaamde inlagen en karrevelden (Kuipers & Jacobusse 1998) met een hoge natuurwaarde. Een mogelijkheid is om deze gebieden in een meer fysieke verbinding met buitendijkse natuur te brengen dan alleen via zoute kwel. Een uitwerking hiervan is gegeven door (Löffler *et al.* 2001). Hierbij wordt voorgesteld om doorlaatmiddelen te maken in waterkeringen en te zorgen voor een breed voor- en achterland. Het voorland zou minimaal 150-200 m breed moeten zijn met een hoogte van 4 m +NAP (Löffler *et al.* 2001). Deze hoogte is vereist om golven te dempen onder maatgevende condities (waterstand 5 m + NAP). Dit extreem hoge voorland zal onder normale omstandigheden niet onder getij-Invloed staan en zal hooguit een droge natuur bevatten. Achterlanden bestaan uit een soort inlagen waarin water dat over de dijk slaat kan worden opgevangen. De gebruiksfunctie kan natuur zijn, (zilte) landbouw of recreatie (Löffler *et al.* 2001). De

beste mogelijkheden hiervoor liggen bij de Westerschelde en Oosterschelde (Tosserams *et al.* 2001). Ontwikkeling van nieuwe inlagen op Schouwen-Duiveland is gerealiseerd in Plan Tureluur.

Hiernaast is het ook mogelijk om binnendijks gelegen watergebieden met elkaar te verbinden en op deze wijze een structurele samenhang tussen de verschillende bekkens te realiseren. Op deze wijze kunnen binnendijkse verbindingen worden gemaakt tussen Grevelingenmeer – Haringvliet via Halskanaal, Volkerakmeer – Haringvliet via Hellegatsplaten, Oosterschelde – Grevelingenmeer, Oosterschelde – Volkerakmeer via Krabbekreek, Veerse Meer – Oosterschelde via Noord-Beveland of via de Wester- en Oosterschenge, Westerschelde – Veerse Meer via kanaal door Walcheren of via Sloegebied of via Zuid-Beveland, Westerschelde – Oosterschelde via kanaal door Zuid-Beveland of via Kreekkrak (Tosserams *et al.* 2001).

Een uitwerking van het herstellen van de estuariene dynamiek in het Volkerak-Zoommeer (VZM) en de Oosterschelde is gegeven door Haas & Tosserams (2001). Hierin zijn de alternatieven Estuariene dynamiek en Rivierdynamiek uitgewerkt voor het VZM. Met behulp van een 1-dimensionaal model zijn de toekomstige waterstanden en zoutgradiënten doorgerekend. Er is uitgebreid onderzocht wat de effecten zijn op waterkwaliteit en natuur. Bovendien zijn gevolgen voor gebruiksfuncties en kosten en baten beschouwd.

In de studie van Dankers & Winter (2006) zijn prioriteiten voor beleid en beheer genoemd met betrekking tot zoet-zoutovergangen in Nederland. Met betrekking tot de Delta wordt gevonden dat volledig herstel van estuariene dynamiek (morfologie, getij en zout) alleen mogelijk is in het Haringvliet en wellicht de keten Oosterschelde-Volkerak-Hollandsch Diep. Kwaliteitsverbetering is mogelijk in de Westerschelde. Visintrek is sinds 1 januari 2005 verbeterd in het Haringvliet, maar er bestaan nog talloze belemmeringen (fysiek en chemisch) op vistrekroutes. Gebieden die vallen onder de instandhoudingsdoelen van een estuarium zullen moeten worden hersteld ten aanzien van oppervlakte, soortensamenstelling en structuur & functie. Dit geeft een belangrijke prioriteit aan, maar momenteel is de maatschappelijke en politieke haalbaarheid een punt van zorg.

Een landsbreed overzicht naar het herstel van zout-zoetovergangen geven Lenselink & Gerits (2000). Zij inventariseerden anno 2000 167 projecten waarvan eenderde is uitgevoerd en tweederde in uitvoering is. Iets meer dan de helft (54%) van deze projecten was gericht op herstel van estuariene dynamiek. De rest was voor het merendeel (39%) gericht op herstel van binnendijks gelegen brakke gebieden, het creëren van sluffers (3%) of realiseren van visintrek (4%). De grootte van de projecten betrof 70% klein (0-100 ha), 20% middelgroot (100-250 ha) en 10% groot (>250 ha). Een andere indeling betrof die naar herstel van processen (herstel van getij), herstel van habitats (binnendijkse gebieden, kwelders of schorren, slikken, hoogwatervluchtplaatsen, broedgebieden) en herstel van soorten (meestal vis). Hieruit blijkt dat projecten die enkel zijn gericht op herstel van soorten niet veel voorkomen (4%). De meeste projecten zijn hetzij gericht op herstel van habitats (50%), hetzij gericht op herstel van processen (46%).

Een soortgelijke studie naar inventarisatie van estuariene herstelmaatregelen, maar dan voor internationale projecten is uitgevoerd door Van Oevelen *et al.* (2000). Zij onderscheidden negen hoofdtypen projecten: ontpolderen, instellen van aangepast beheer voor uitwateringssluizen, herstel van natuurlijke overgangen en gradiënten, uitbreiding van het intergetijdegebied, fixatie van het intergetijdegebied, natuurvriendelijke dijkverdediging, maatregelen gericht op vegetatie, maatregelen gericht op vissen en maatregelen gericht op vogels. Gebaseerd op analyse van een groot aantal (66) projecten doen zij een aantal aanbevelingen en geven zinvolle opmerkingen, zoals: *“Herstel van estuariene getijdegebieden duurt decennia, voornamelijk doordat accumulatie van organisch materiaal en nutriënten, alsmede een goede bodemopbouw, een langzaam proces is. Slikken herstellen zich sneller dan hoge schorren. De soortenrijkdom aan vissen, benthische fauna en vogels is in de meeste gevallen lager in vergelijking met een natuurlijk schor”*.

Een gedetailleerde beschrijving van 15 zoet-zouterstelprojecten in de Delta is gegeven door Bouma *et al.* (2002). Recent is een studie verschenen waarin herstelmaatregelen voor zoet-zoutovergangen in Zuid-Nederland zijn geëvalueerd (Schouten & Spier 2006). De evaluatie is gericht op het halen van beleidsdoelen uit de Kaderrichtlijn Water en Natura 2000. In totaal 20 herstelprojecten zijn geselecteerd. Geconcludeerd werd dat verreweg de meeste betrekking hebben op het herstellen/aanleggen van vogelbiotoop. Een beoordeling op ecologische doelen van de KRW en

Natura 2000 bleek op basis van de monitoringsgegevens slechts beperkt mogelijk vanwege gebrek aan waarnemingen na voltooiing van de werkzaamheden (Schouten *et al.* 2006).

Specifieke aandacht voor herstel van vismigratie is gegeven door Hartgers *et al.* (2001). In deze studie zijn de migratieknelpunten voor diadrome vissen (vissen die een estuarium als trekroute gebruiken tussen paai- en opgroeigebied) in de Delta in kaart gebracht. In totaal zijn zo'n 150 barrières geïdentificeerd.

Bij alle oplossingsrichtingen voor herstel estuariene dynamiek moet niet vergeten worden dat hiervoor een aanvoer van zoet water nodig is. Dit water komt uit de benedenrivieren, maar hiervoor is mogelijk een andere afvoerdeling van de bovenrivieren (Waal, IJssel, Nederrijn) nodig.

Effecten Noordzee

Estuaria ontvangen relatief veel nutriënten vanuit de instromende rivieren, die vervolgens in het estuarium worden 'gezuiverd'. Deze zuivering treedt op door sedimentatie van materiaal (bv. gebonden fosfaat), door denitrificatie (omzetting van nitraat in stikstofgas) en door opname door algen. De verblijftijd van een estuarium bepaalt in grote mate de zuiveringscapaciteit. Hoewel de verblijftijd in sommige systemen, zoals het Volkerak-Zoommeer, bij herstel van estuariene dynamiek een stuk korter wordt, wordt verwacht dat de doorspoeling van nutriënten naar de Oosterschelde in dit systeem tot omzetting zal leiden. Verwacht wordt dat herstel van het estuariene karakter van de Delta netto leidt tot minder uitstroom van nutriënten naar de Noordzee (Well 2005).

6.2 Categorieën van maatregelen

In de voorgaande paragraaf is een overzicht gegeven van mogelijke maatregelen in de Delta om estuariene dynamiek te herstellen. Deze maatregelen kunnen worden onderverdeeld in drie categorieën: macroschaal, mesoschaal en microschaal maatregelen.

Macroschaal maatregelen

Macroschaal maatregelen betreffen het verbinden van de grote watersystemen, zoals Haringvliet met Voordelta, Hollands-Diep met Volkerak-Zoommeer, Grevelingenmeer met Oosterschelde, Volkerak-Zoommeer met Grevelingenmeer, Grevelingenmeer met Noordzee, Volkerak-Zoommeer met Oosterschelde, Volkerak-Zoommeer met Westerschelde, Veerse Meer met Noordzee en Veerse Meer met Oosterschelde.

Mesoschaal maatregelen

Mesoschaal maatregelen betreffen het herstellen van estuariene processen en het creëren van habitats in grote (>100 ha) onderdelen van het systeem. Het gaat hierbij bijvoorbeeld om het aanleggen van sluffers, grote aangesloten schorren buitendijks, grote ontpolderingsprojecten (zoals bv. de Braakman), of aanleg van grote zout-brakke inlagen en moerassen binnendijks en buitendijks.

Microschaal maatregelen

Microschaal maatregelen betreffen het herstellen van estuariene processen en het creëren van habitats in kleine (<100 ha) onderdelen van het systeem. Het gaat hierbij bijvoorbeeld om het creëren van kleine zoute/brakke schorren, brakke binnendijkse gebieden, verbeterde vispassages, beheersmaatregelen in de waterhuishouding (nathouden), ander sluisbeheer, duikers plaatsen, etc.

Uitgaande van de zes dynamiekparameters is uit te werken op welke wijzen een bepaalde mate van herstel van estuariene dynamiek mogelijk is in de Delta (Tabel 11).

Herstel van **rivierdynamiek** wordt bereikt wanneer een rivier (nagenoeg) onbelemmerd kan afstromen naar zee, ongehinderd door dammen en stuwen. Hierdoor ontstaan dynamische waterstandsschommelingen door hoge en lage afvoeren en lokale verschillen in stroomsnelheden. Dit is alleen op macroschaal te bereiken. Op micro- en mesoschaal is een gewijzigd spuibehoor mogelijk, of een vrije afvoer van oppervlaktewater, maar dit is niet te klassificeren als rivierdynamiek, dit wordt gescoord als 'laag'.

Herstel van **getijdynamiek** wordt bereikt wanneer eb- en vloed kunnen doordringen tot een estuarium. Hiervoor is in de eerste plaats een macroschaal maatregel nodig: een verbinding maken

met de Noordzee. Op mesoschaal is getij terug te krijgen in relatief grote systemen, zoals het Volkerak-Zoommeer of de Markiezaat. Zelfs op microschaal is getij te herstellen in (voorheen binnendijkse) gebieden. Maar omdat altijd een macroschaal maatregel voorop gaat wordt de mate van herstel voor meso- en microschaal maatregelen gescoord als 'middel'.

Herstel van **zoutdynamiek** hangt in belangrijke mate samen met rivier- en getijdynamiek. Het gaat hierbij om schommelingen in zoutgehalte (zowel in de tijd als over de ruimte) zonder dat deze schommelingen te abrupt zijn, want daar kunnen maar weinig soorten tegen. Graduele overgangen resulteren alleen met macroschaal maatregelen. Op meso- en microschaal is zoutdynamiek te verkrijgen door regenval en/of afstroming, maar dit wordt gescoord als 'middel'.

Herstel van **morfodynamiek** hangt sterk samen met getijdynamiek en is een sterk ruimtelijk gebonden parameter. Grotere eenheden geven meer ruimte voor grootschaliger processen van morfodynamiek op grotere tijdschalen. Herstel is het meest gebaat bij macroschaal maatregelen (bv. vergroten getijdynamiek), in mindere mate bij mesoschaal maatregelen (bv. ontpoldering) en het minst bij microschaalmaatregelen.

Herstel van **nutriëntendynamiek** is een kwestie van verhoudingen. Het gaat om de juiste verhouding van aanvoer van nutriënten (bepaald door debiet en concentratie), door- of overspoeling van begroeide zones en verblijftijd voor omwerking van nutriënten. Juist mesoschaal maatregelen kunnen bijdragen aan het creëren van (intergetijde)gebieden waarin natuurlijke zuivering plaatsvindt door planten en bacteriën. Ook nutriënten die afspoelen van het land kunnen hierin worden omgezet. Maatregelen op microschaal brengen te weinig op, dit scoort 'middel'. Op macroschaal worden grootschalige verbindingen gelegd, maar daarmee is nog geen omzetting van nutriënten gegarandeerd. De nutriënten die het Haringvliet instromen bv., gaan grotendeels onbeïnvloed door naar de Noordzee. Ook dit scoort daarom 'middel'.

Herstel van **slibdynamiek** hangt, net als zoutdynamiek, sterk samen met rivier- en getijdynamiek. Een echt troebelheidsmaximum is een kenmerk van een estuarium met een graduele overgang tussen zoet en brak waarin zowel getij als rivierafvoer de ligging van het maximum bepalen. Alleen grootschalige herstelmaatregelen kunnen dit verwezenlijken. Op lokaal niveau is een minder goed ontwikkeld troebelheidsmaximum door uitvloeking van materiaal te verkrijgen als gevolg van micro- en mesoschaal maatregelen waarbij zoet water afstroomt in zout water, maar dit kwalificeert niet als slibdynamiek.

Tabel 11. Overzicht van mate van herstel van estuariene dynamiek op verschillende schalen.

Abiotisch aspect	Parameters	Herstelmaatregelen estuariene dynamiek			Opmerking
		Micro	Meso	Macro	
Rivier-dynamiek	Stroomsnelheid (m/s), zoetwater-aanvoer (m ³ /s) en waterstandverschillen (m)	Laag	Laag	Hoog	Alleen op macroschaal is ruimte voor de rivier te herstellen. Op micro- en mesoschaal slechts spuibehaar mogelijk.
Getij-dynamiek	Verticale waterstandverschillen (getijslag) a.g.v. getij (m) en getijstroming (m/s)	Midden	Midden	Hoog	Getij kan ook in kleinschalige, buitendijkse gebieden hersteld worden.
Zout-dynamiek	Ruimtelijke en temporele schommelingen in zoet-zout-gradiënten als gevolg van dynamiek in rivierafvoer en getijinvloed (g Cl/l)	Midden	Midden	Hoog	Zoutschommelingen kunnen ook in kleinschalige gebieden aanzienlijk zijn, maar dan voornamelijk door regen i.p.v. rivierafvoer.
Morfo-dynamiek	Sedimentatie- en erosieprocessen zand en slibtransport. Successie in het morfologisch landschap	Laag	Midden	Hoog	Morfodynamiek is een duidelijke ruimtelijke parameter: grotere eenheden geven ruimte voor grotere dynamiek.
Nutrien-ten-dynamiek	Transformatie, immobilisatie en eliminatie van organisch materiaal en nutriënten, interne recycling en retentie	Midden	Hoog	Midden	Een juiste verhouding tussen aanvoer en bewerking van nutriënten is op mesoschaal door een inrichting met veel (intergetijde)vegetatie te bewerkstelligen.
Slib-dynamiek	Optreden troebelheidsmaximum en schommelingen als gevolg van dynamiek in rivierafvoer en getij- invloed	Laag	Laag	Hoog	Een echt estuarien troebelheids-maximum is slechts te bewerkstelligen op grote schaal.

Wat Tabel 11 duidelijk maakt is dat herstel van estuariene dynamiek, afgemeten aan de zes dynamiekparameters, niet volledig is te bereiken met micro- of mesoschaalmaatregelen. Het beste is een hiërarchische benadering, Figuur 36. Macroschaal maatregelen geven de verbindingen tussen de wateren en brengen getij en rivierafvoer. Mesoschaal maatregelen creëren grootschalige intergetijdengebieden en schorren. Microschaal maatregelen zijn heel belangrijk om binnendijks-buitendijks met elkaar te verbinden en goede soortcondities te scheppen.



Figuur 36. Hiërarchische benadering voor herstel van estuariene dynamiek.

7 Effecten van herstel van estuariene dynamiek voor vier macroschaal inrichtingsvarianten

In dit hoofdstuk worden de effecten beschreven van herstel van estuariene dynamiek op natuur- en gebruiksfuncties aan de hand van vier **macroschaal inrichtingsvarianten**. Er is gekozen voor deze grootste schaal omdat hiermee de randvoorwaarden voor herstel kunnen worden verkend. Inrichting van de zuidwestelijke Delta op meso- en zeker op microschaal volgt dan in lokale gebiedsplannen.

Een literatuurstudie van Withagen (2000) geeft een overzicht van de gebruiksfuncties van de deltawateren. Een uitgebreide studie naar de baten van Delta in Zicht is gegeven door Louisse (2005). Mogelijke baten zijn te behalen bij: binnenvaart, schelpdiersector, kottervisserij, zilte aquacultuur, recreatie, wonen, kennisnetwerk en veiligheid. Een globale indicatie van kansen voor gebruikers van de Delta bij het herstel van estuariene dynamiek, toegespitst op de gebruiksfuncties beroeps- en recreatievaart, visserij en scheldiervisserij, zilte aquacultuur en wonen en recreëren, is beschreven door Holzhauer et al. (2006). Als voorbereiding op de bouw van de Delta-verkenner is een inventarisatie uitgevoerd van diverse gebruiksfuncties in de Delta, gekoppeld aan objectieve en kwantificeerbare criteria om het effect van maatregelen (o.a. herstel estuariene dynamiek) inzichtelijk te maken (Meijer & Nolte 2006). De Delta-verkenner is een instrument in aanbouw dat beschikbare informatie moet gaan ontsluiten en voor een groot aantal maatregelen en scenario's de effecten moet gaan presenteren.

In deze studie zijn vier macroschaal inrichtingsvarianten gedefinieerd. Voor iedere variant zijn de *technische uitvoerbaarheid* en de *hydraulische en morfologische effecten* beschreven. Vervolgens zijn de effecten op natuur (Natura 2000) en verschillende gebruiksfuncties beschreven.

7.1 Inrichtingsvarianten

Vier inrichtingsvarianten zijn gedefinieerd voor herstel van estuariene dynamiek waarin in meer of mindere mate een vrije getijbeweging en zoetwaterafvoer zijn gerealiseerd. De verschillen tussen de varianten betreffen de mate van openen van de dammen en keringen aan de zeezijde en de rivierzijde. In hoofdlijnen worden de verschillen tussen de varianten in Tabel 12 weergegeven. Aanpassingen aan de zeezijde betreffen de sluitingswerken van de bekkens. Aanpassingen aan de rivierzijde betreffen de compartimenteringsdammen Oesterdam en Philipsdam (MinVenW 1986), en secundaire dammen Zandkreekdam, Grevelingendam en Volkerakdam.

Tabel 12. Hoofdlijnen van de varianten.

Variant	Zeezijde	Rivierzijde
Doordringbare Delta (DD1)	Doorlaatmiddelen	Doorlaatmiddelen
Rivierwaarts Doorlaatbare Delta (DD2)	Doorlaatmiddelen	Open of bruggen
Zeewaarts Doorlaatbare Delta (DD3)	Stormvloedkeringen	Doorlaatmiddelen
Dynamische Delta (DD4)	Stormvloedkeringen	Open of bruggen

Toelichting:

Doorlaatmiddel: Een doorlaatmiddel is een koker (eigenlijk vaak meerdere kokers) dwars door een dam heen. Er zit er een in de Brouwersdam om het Grevelingenmeer zout te houden. Er is een bestaand doorlaatmiddel in de Grevelingendam, de hevel genoemd. Een relatief nieuwe is die in de Zandkreekdam om zout Oosterschelde water in het Veerse Meer te krijgen, de Katse Heule. Als je over de dam rijdt zie je er eigenlijk niets van. Een dergelijk doorlaatmiddel kan in twee richtingen gebruikt worden en er kan ook een getijbeweging mee worden doorgegeven. Simpel gezegd: de dam blijft (min of meer) intact, er wordt een koker doorheen geschoven.

Stormvloedkering: De Oosterscheludedam is een stormvloedkering: een dam vol gaten, die alleen met een stormvloed dicht gaat. Dus zoveel mogelijk openingen. De Haringvlietluizen kunnen ook als zodanig worden gebruikt.

Open of bruggen: de compartimenteringsdammen en secundaire dammen worden in sommige varianten helemaal verwijderd (Markiezaatskade) of worden gewijzigd in bruggen, want het verkeer moet wel door kunnen. Het effect is een doorgaande verbinding voor het water.

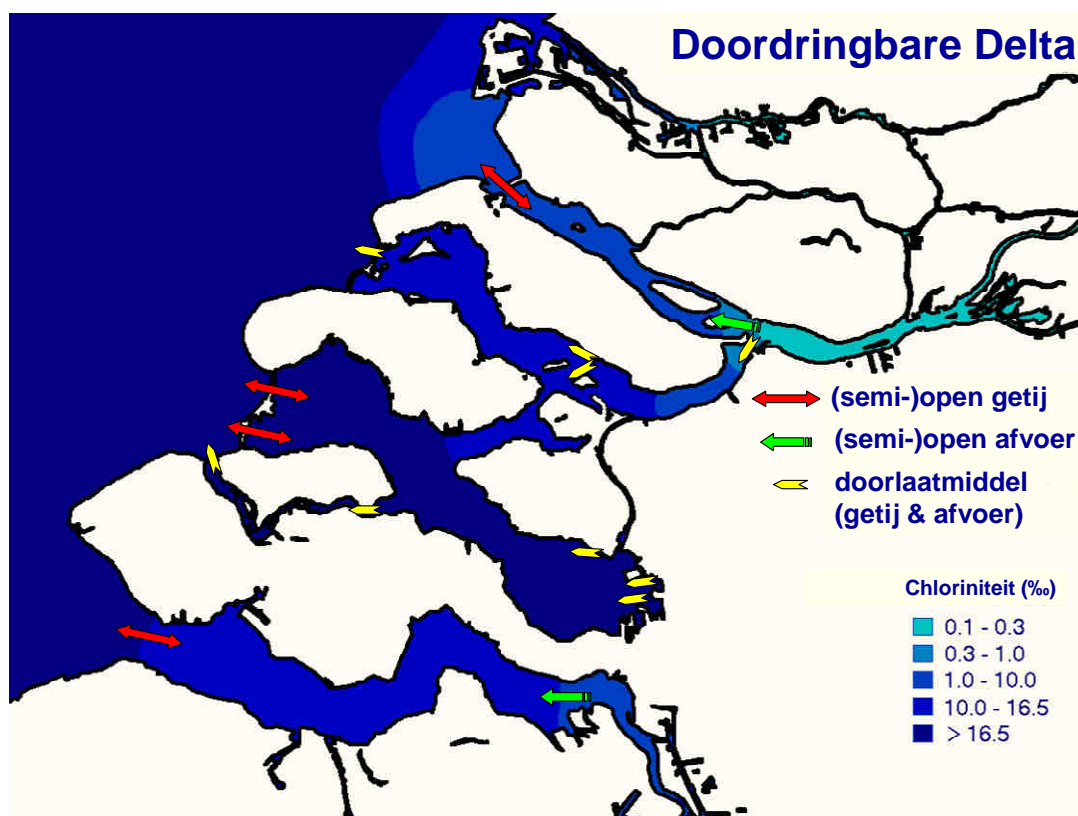
Toelichting bij de kaartbeelden:

(Semi-) open getij: De Westerschelde kent als enige een echt open getij. De stormvloedkering(en) hebben een gedempte variant, semi-open getij dus.

(Semi-) open afvoer: Ook hier heeft de Westerschelde een echt open verbinding en als je een compartimenteringsdam verwijderd is het ook echt open, maar een brug heeft natuurlijk enige weerstand, dus semi-open.

Doorlaatmiddel (getij en afvoer): Een doorlaatmiddel kan twee kanten op water doorlaten, dus zowel een zoute als een zoete stroom, inclusief getij. Het hangt af van de afmetingen. Er zullen natuurlijk ook afsluiters in aangebracht worden, dus er is beheer van afvoer en getij mogelijk. Zo kan ook getij gestapeld worden: bij vloed binnen laten, niet weg laten lopen bij eb en dan bij de volgende vloed nog een beetje extra.

7.1.1 Variant Doordringbare Delta (DD1)



Figuur 37. Inrichtingsvariant DD1, Doordringbare Delta.

Variant Doordringbare Delta (DD1)

- De afsluitingen van de bekkens aan de zeezijde blijven zo veel mogelijk intact, maar er worden verbindingen met de zee gemaakt:
 - ✓ Haringvlietsluizen permanent open (behalve bij stormvloed).
 - ✓ Doorlaatmiddel in de Brouwersdam.
 - ✓ Jacobakanaal van Veerse Gatdam naar Oosterschelde.
 - ✓ Behoud Oosterscheldekering, Maeslantkering, Hartelkering, Hollandse IJsselkering.
 - ✓ Behoud doorlaatmiddel Zandkreekdam (Katse Heul)
- Alle afsluitingen van de bekkens aan de rivierzijde worden voorzien van doorlaatmiddelen voor getij en afvoer:
 - ✓ Nieuw doorlaatmiddel Oesterdam / Markiezaatskade (westelijke en noordelijke) (Oosterschelde-Zoommeer/Markiezaatsmeer/Binnenschelde)
 - ✓ Nieuw doorlaatmiddel Grevelingendam (Grevelingen-Oosterschelde)
 - ✓ Nieuw doorlaatmiddel Philipsdam (Oosterschelde - Volkerak-Zoommeer)

✓ Nieuw doorlaatmiddel Volkerakdam (Volkerak - Hollandsch Diep)

De variant Doordringbare Delta (DD1) heeft de minst vergaande ingrepen in de Delta. Geen van de bestaande (compartimenterings)dammen wordt verwijderd of ingrijpend veranderd.

De afsluitingen van de bekkens aan de zeezijde blijven intact of worden voorzien van doorlaatmiddelen. De Haringvlietsluizen staan in deze variant permanent open, een maatregel die in overweging is (variant Stormvloedkering), maar in de besluitvorming zal voorlopig eerst de Kiervariant worden uitgevoerd.

In de Brouwersdam is in deze variant een extra doorlaatmiddel gecreëerd, in lijn met variant 3 van de Ontwikkelingsschets Zicht op de Grevelingen (NG 2006), dus een vrije opening van 1850 m³.

Ook in de Veerse Gatdam is een doorlaatmiddel gedacht in deze variant, maar dit kan ook worden uitgevoerd als het voorgestelde Jacobakanaal langs de N57.

De afsluitingen van de bekkens aan de rivierzijde worden voorzien van doorlaatmiddelen. In de Oesterdam wordt een nieuw doorlaatmiddel aangebracht voor een verbinding naar het Zoommeer en het Markiezaatsmeer. Ook in de westelijke Markiezaatskade en noordelijke Markiezaatskade (ook wel Waterscheiding genoemd: dam uit 1987 tussen Markiezaatsmeer en Binnenschelde) worden nieuwe doorlaatmiddelen aangebracht.

In deze variant zullen nieuwe doorlaatmiddelen in de Volkerakdam en de Philipsdam gerealiseerd worden om het Volkerak-Zoommeer onder invloed van zout, getij en rivierstroming te brengen. Dit komt redelijk overeen met eindstation E7, een zoet-zout stromend Volkerak-Zoommeer met getij volgens PVZ (2003), hetgeen is uitgewerkt als variant Estuariene Dynamiek. Een extra element is een nieuw doorlaatmiddel in de Grevelingendam, zodat ook het Grevelingenmeer onder invloed komt van brak water.

7.1.1.1 Technische uitvoerbaarheid

Variante DD1 heeft naar verhouding de kleinste ingrepen in de waterbouwkundige infrastructuur van de Delta. Het openstellen van de Haringvlietsluizen is technisch zeer eenvoudig. Het maken van een extra doorlaatmiddel in de Brouwersdam is een technologische uitdaging, maar goed uitvoerbaar. Het maken van een doorlaatmiddel in de Veerse Gatdam is ook uitvoerbaar, maar de variant van het Jacobakanaal langs de N57 is een alternatieve mogelijkheid. De aanleg van doorlaatmiddelen in de compartimenteringswerken is technisch minder moeilijk dan in de afsluitende dammen.

7.1.1.2 Hydraulische en morfologische effecten

Variante DD1 heeft grote hydraulische effecten als gevolg van het verbeterd doorstromen van zoet en zout water en door de getijdoordringing in de Delta, maar de morfologische gevolgen zijn over het algemeen beperkt, met uitzondering van het Haringvliet-estuarium.

Grote veranderingen treden op in het Haringvliet-estuarium (Haringvliet / Hollandsch Diep / Biesbosch) waar de waterbeweging onder invloed komt van zout en zoet getij. De getijgeulen in de monding zullen eroderen, aangezien ze na de afsluiting kleiner zijn geworden (Van Vessem 1998). Een afname van het intergetijdegebied in de Haringvliet monding van 11 km² naar 7 km² wordt verwacht. De getijdynamiek zal tot ver in het estuarium doordringen, met 90 cm getij in het Haringvliet bij Middelharnis, 110 cm bij Moerdijk en 130 cm in de Biesbosch (RWS-ZH 1998a). Ook zal hierdoor de morfodynamiek in het Haringvliet-estuarium toenemen.

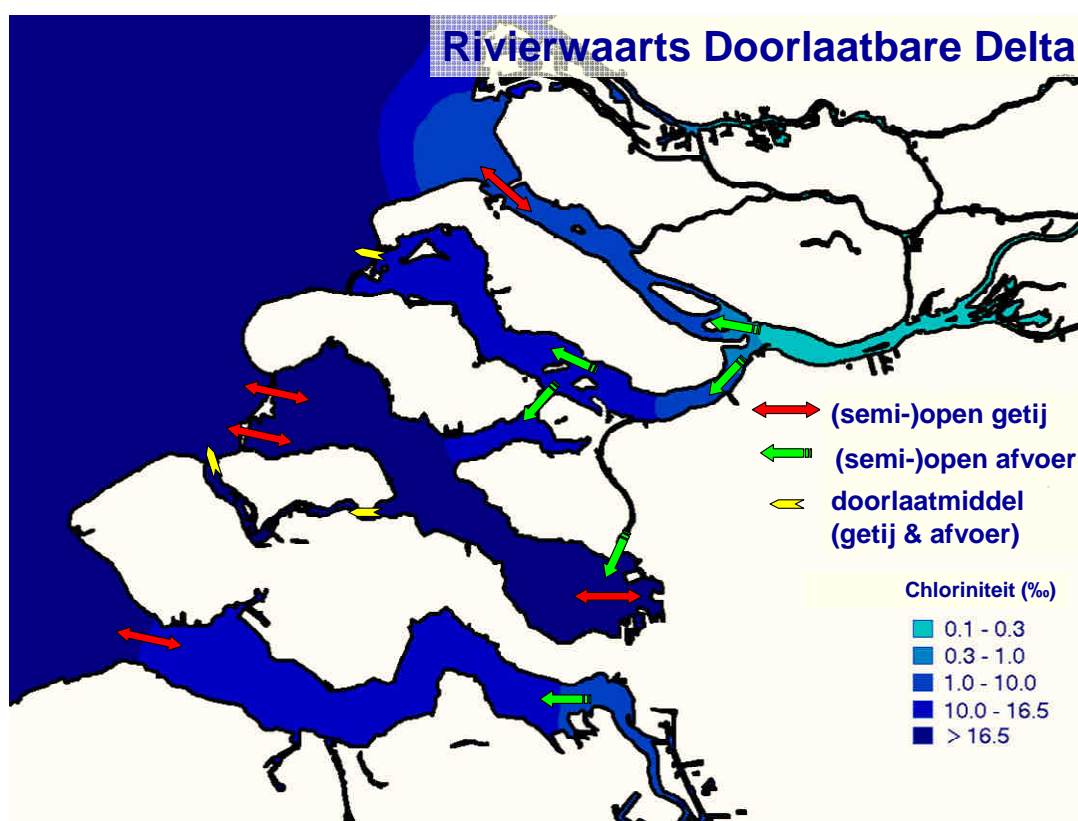
In het Grevelingenmeer zal de getijslag 95 cm in het westelijke deel en 110 cm in het oostelijke deel bedragen (NG 2006). In deze variant zal de morfodynamiek toenemen, maar aangezien het oorspronkelijke getijvolume nog niet gehaald wordt is deze dynamiek nog lang niet zo groot als oorspronkelijk. Door de toenemende stroomsnelheden en getijslag zullen de nieuw ontstane intergetijdegebieden eroderen om de zandhonger van de geulen te stillen. Ook zullen er morfologische effecten optreden in de Voordelta (NG 2006). Aan de oostzijde zorgt de combinatie van getij en zoetwaterafvoer voor een estuarien karakter.

De aansluiting van het Veerse Meer met de Oosterschelde via het Jacobakanaal zal de doorstroming vergroten. In de huidige situatie stroomt het water in en uit aan de oostzijde via de Katse Heule. Bij de situatie met een Jacobakanaal zal het water ook via de westzijde in en uit stromen en zal ten oosten van het midden van het Veerse Meer een wantij ontstaan. Door de vergrote getijslag in het westen zullen onderdelen van de oevers intergetijdegebied worden.

In deze variant zal een getijverschil van 100-150 cm optreden op het Volkerak-Zoommeer in combinatie met een zoetwaterafvoer van gemiddeld 50 m³/s. In deze studie is aangenomen dat een te bouwen doorlaatmiddel in de Philipsdam in staat is de zoutgradiënt continue te laten voortzetten. Dit vereist een capaciteit van minimaal 270 m³/s.

Het Markiezaat en de Binnenschelde komen ook onder invloed van getij met een naar verwachting ongeveer even grote getijslag als in het Volkerak-Zoommeer. De kleine rivieren die hierin afwateren zorgen voor micro estuariene gradiënten.

7.1.2 Variant Rivierwaarts Doorlaatbare Delta (DD2)



Figuur 38. Inrichtingsvariant DD2, Rivierwaarts Doorlaatbare Delta.

Variant Rivierwaarts Doorlaatbare Delta (DD2)

- De afsluitingen van de bekkens aan de zeezijde blijven zo veel mogelijk intact, maar er worden verbindingen met de zee gemaakt:
 - ✓ Haringvlietsluizen permanent open (behalve bij stormvloed).
 - ✓ Doorlaatmiddel in de Brouwersdam.
 - ✓ Jacobakanaal van Veerse Gatdam naar Oosterschelde.
 - ✓ Behoud Oosterscheldekering, Maeslantkering, Hartelkering, Hollandse IJsselkering.
 - ✓ Behoud doorlaatmiddel Zandkreekdam (Katse Heul)
- Alle afsluitingen van de bekkens aan de rivierzijde worden verwijderd of permanent open gemaakt (bv. veranderd in bruggen):
 - ✓ Verwijdering Oesterdam / Markiezaatskade
 - ✓ Grevelingenbrug en Philipsbrug
 - ✓ Volkerakbrug

De variant Rivierwaarts Doorlaatbare Delta (DD2) vereist grootschalige ingrepen aan de compartimenteringswerken in de Delta, en ook kleine aanpassingen aan de afsluitingen van de bekkens.

De Katse Heul blijft gehandhaafd, maar in deze variant komt er een doorlaatmiddel in de Veerse Gatdam, of wordt het Jacobakanaal aangelegd.

In deze variant zullen de Oesterdam, Markiezaatskade en Waterscheiding verwijderd worden zodat de Binnenschelde en het Markiezaatsmeer weer onder invloed van het Oosterschelde-getij komen, alsmede invloed ondervinden van rivierafvoer via de Volkerak-Zoom. In dit gebied wordt de estuariene dynamiek van voorheen teruggebracht, toen de Schelde hier de Noordzee ontmoette. De verandering is dat er nu Rijn en Maas water doorheen stroomt in plaats van Schelde water.

De Volkerakdam wordt gewijzigd in een Volkerakbrug. Zoet water uit de Rijn-Maas kan ongehinderd doorstromen door het Volkerakmeer. Ook zullen de Grevelingendam en Philipsdam worden gewijzigd in bruggen voor een onbelemmerde uitstroom in de Oosterschelde en de Grevelingen. Aan de zeezijde van de Oosterschelde is verder geen aanpassing nodig, maar in de Brouwersdam moet een doorlaatmiddel met een grotere capaciteit worden gemaakt om enerzijds het zoete water af te kunnen voeren en anderzijds zout water met getij aan te voeren.

7.1.2.1 Technische uitvoerbaarheid

In deze variant worden de compartimenteringsdammen en secundaire dammen verwijderd of gewijzigd in een brug. Dit vereist grootschalige technische ingrepen. In sommige gevallen is het beter om eerst een brug te bouwen parallel aan een dam en vervolgens de dam te verwijderen. Bij het verwijderen van de Oesterdam, Markiezaatskade en Waterscheiding moet rekening worden gehouden met het tij in de Oosterschelde; het is beter de Oesterdam als laatste te verwijderen.

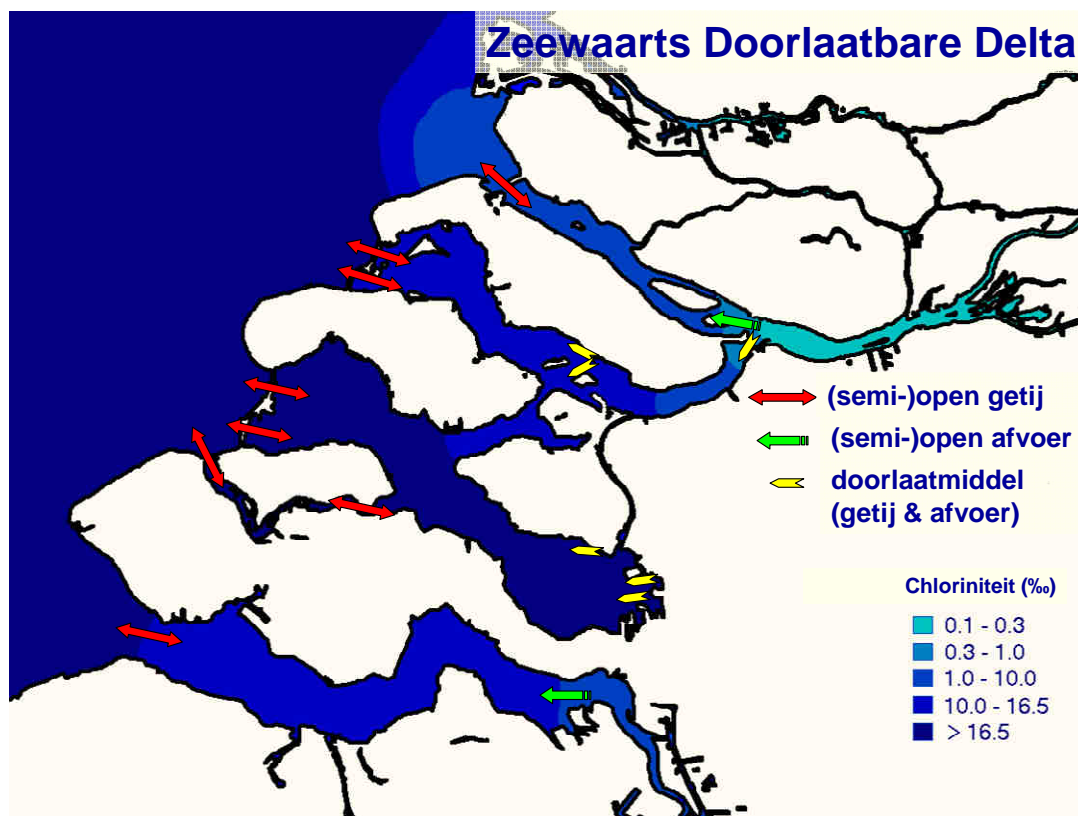
7.1.2.2 Hydraulische en morfologische effecten

Grote effecten treden op achterin de Oosterschelde waar de stagnante meren (Zoommeer, Markiezaatsmeer en Binnenschelde) onder invloed komen van getij en rivierafvoer. De getijslag is zo'n 3,5 meter. Dit getij zal zich deels kunnen voortplanten op de Eendracht richting Volkerakmeer.

Doordat de Philipsdam een brug wordt kan het getij (getijslag 3,5 m) van de Oosterschelde doordringen op het Volkerakmeer en verder naar het Hollandsch Diep. Samen met de rivierafvoer onderdoor de Volkerakbrug wordt de estuariene dynamiek in het Krammer-Volkerak grotendeels hersteld. Het areaal intergetijdegebied zal in eerste instantie fors toenemen in vergelijking met de huidige situatie, maar mogelijk dat op termijn ook zandhonger optreedt in het Krammer-Volkerak. Voor de effecten op de Oosterschelde, zie paragraaf 7.1.4.2.

Doordat ook de Grevelingendam een brug wordt in variant DD2 kan het Oosterschelde-tij achterlangs doordringen in de Grevelingen. Een mogelijk probleem is de nauwe doorgang bij Zijpe. Aangezien er in de nieuwe situatie een groot kombergingsgebied aan de Oosterschelde wordt toegevoegd (Volkerak plus Grevelingen) zal een grote hoeveelheid water tweemaal daags door Zijpe worden geperst. Dit kan tot flinke erosie lijden. Een mogelijke oplossing is wanneer het getij op de Grevelingen middels het doorlaatmiddel wordt ontworpen zodanig dat het voormalige wantij op de Grevelingen wordt hersteld nabij Bruinisse. Dit zorgt dat de getij-stroomsnelheid door het Zijpe niet te groot wordt.

7.1.3 Variant Zeewaarts Doorlaatbare Delta (DD3)



Figuur 39. Inrichtingsvariant DD3, Zeewaarts Doorlaatbare Delta.

Variant Zeewaarts Doorlaatbare Delta (DD3)

- Alle afsluitingen van de bekkens aan de zeezijde worden stormvloedkeringen:
 - ✓ Haringvlietsluizen permanent open (behalve bij stormvloed).
 - ✓ Stormvloedkering in de Brouwersdam.
 - ✓ Stormvloedkering in de Veerse Gatdam.
 - ✓ Behoud Oosterscheldekering, Maeslantkering, Hartelkering, Hollandse IJsselkering.
 - ✓ Brug over de Zandkreek.
- Alle afsluitingen van de bekkens aan de rivierzijde worden voorzien van doorlaatmiddelen:
 - ✓ Nieuw doorlaatmiddel Oesterdam / Markiezaatskade (westelijke en noordelijke) (Oosterschelde-Zoommeer/Markiezaatsmeer/Binnenschelde)
 - ✓ Nieuw doorlaatmiddel Grevelingendam (Grevelingen-Oosterschelde)
 - ✓ Nieuw doorlaatmiddel Philipsdam (Oosterschelde - Volkerak-Zoommeer)
 - ✓ Nieuw doorlaatmiddel Volkerakdam (Volkerak - Hollandsch Diep)

In deze variant wordt het getij op het Veerse Meer aanzienlijk vergroot door het veranderen van de Veerse Gatdam in een stormvloedkering en het maken van een brug over de Zandkreek. Wanneer namelijk de fase en amplitude van het getij op het Veerse Meer door een gericht ontwerp van de Veerse Gatkering kan worden afgestemd op het Oosterschelde-tij, dan is de Zandkreekdam als secundaire dam overbodig geworden. Ten behoeve van het wegverkeer kan deze veranderd worden in een brug.

De Brouwersdam wordt in deze variant gewijzigd in een stormvloedkering, zodat getij wordt hersteld op de Grevelingen. Het getij zal worden gestopt bij de Grevelingendam, waarin de Flakkeese Spuisluis blijft behouden. De Haringvlietsluizen worden als stormvloedkering gebruikt.

Aan de rivierzijde worden doorlaatmiddelen aangebracht als in variant DD1.

7.1.3.1 Technische uitvoerbaarheid

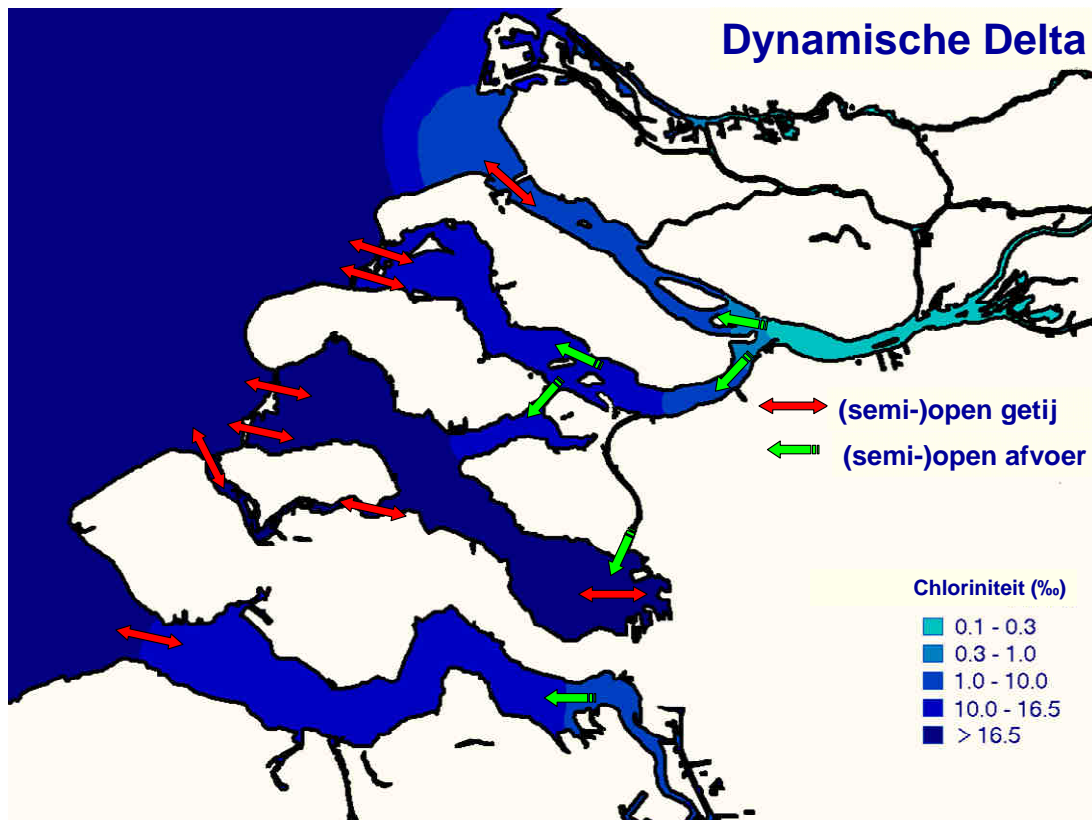
Deze variant vergt zeer ingrijpende maatregelen aan twee belangrijke sluitingswerken, de Veerse Gatdam en de Brouwersdam. Het vereist niet alleen aanpassingen aan de dam (openingen maken, schuiven/kleppen of andere werken installeren), maar ook aan de ondergrond en de fundering van de dammen.

7.1.3.2 *Hydraulische en morfologische effecten*

Het Veerse Meer komt onder invloed te staan van getij met een getijslag van zo'n 2 – 3 m (aan de westzijde). Een optimaal ontwerp van de Veerse Gatkering zal resulteren in een wantij nabij de Zandkreek. Door de vergrote getijdynamiek in het Veerse Meer zal de morfodynamiek aanzienlijk vergroot worden.

De Grevelingen zal in variant DD3 een grotere getijslag van zo'n 2 m hebben aan de westzijde. Hierdoor zal de morfodynamiek ook toenemen.

7.1.4 Variant Dynamische Delta (DD4)



Figuur 40. Inrichtingsvariant DD4, Dynamische Delta.

Variant Dynamische Delta (DD4)

- Alle afsluitingen van de bekkens aan de zeezijde worden stormvloedkeringen:
 - ✓ Haringvlietsluizen permanent open (behalve bij stormvloed).
 - ✓ Stormvloedkering in de Brouwersdam.
 - ✓ Stormvloedkering in de Veerse Gatdam.
 - ✓ Behoud Oosterscheldekering, Maeslantkering, Hartelkering, Hollandse IJsselkering.
 - ✓ Brug over de Zandkreek.
- Alle afsluitingen van de bekkens aan de rivierzijde worden verwijderd of permanent open gemaakt (bv. veranderd in bruggen):
 - ✓ Verwijdering Oosterdam / Markiezaatskade
 - ✓ Grevelingenbrug en Philipsbrug
 - ✓ Volkerakbrug

In de variant Dynamische Delta (DD4) wordt de estuariene dynamiek zoveel mogelijk toegelaten in een zo open mogelijk systeem. Een belangrijk uitgangspunt is dat de hoogwaterveiligheid gewaarborgd blijft. Dit betekent dat de kustlijn (de grens met de zee) zo kort mogelijk blijft; dit heeft grote beheersvoordelen. De afsluitingen van de bekkens blijven bestaan in de vorm van stormvloedkeringen. De Maeslantkering, Hartelkering, Hollandse IJsselkering en Oosterscheldekering blijven intact. De Veerse Gatdam en de Brouwersdam worden aangepast tot een stormvloedkering. De Haringvlietsluizen staan bijna permanent open; deze worden als stormvloedsluizen beheerd.

Wanneer de fase en amplitude van het getij op het Veerse Meer door een gericht ontwerp van de Veerse Gatkering kan worden afgestemd op het Oosterschelde-tij, dan is de Zandkreekdam als compartimenteringswerk overbodig geworden. Ten behoeve van het wegverkeer kan deze veranderd worden in een brug.

Achterin het Oosterschelde-bekken kan de getijdynamiek hersteld worden op het Zoommeer, het Markiezaatsmeer en de Binnenschelde door het verwijderen van de Oesterdam, de Markiezaatskade en de Waterscheiding. Deze wateren ondervinden dan een invloed van rivierafvoer via de Volkerak-Zoom. Achterin de Oosterschelde wordt de estuariene dynamiek van voorheen teruggebracht, toen de Schelde hier de Noordzee ontmoette. De verandering is dat er nu Rijn en Maas water doorheen stroomt in plaats van Schelde water. De voormalige getijdenatuur wordt (deels) hersteld.

Wanneer ook het getij op de Grevelingen wordt teruggebracht in een zodanig ontwerp dat het is afgestemd op het Oosterschelde-tij kan het voormalige wantij op de Grevelingen worden hersteld nabij Bruinisse. Dit betekent dat de getij-stroomsnelheid door het Zijpe niet te groot wordt en hiermee is de functie van de Grevelingendam als compartimenteringswerk vanuit dit oogpunt vervallen. De Grevelingen en de Oosterschelde kunnen dan met elkaar in open verbinding worden gebracht en de Grevelingendam kan een Grevelingenbrug worden bij Bruinisse.

Van groot belang voor herstel van de estuariene dynamiek is de aanvoer van zoet water naar de Oosterschelde en Grevelingen. In de variant DD4 is de Philipsdam overbodig en kan een open verbinding worden hersteld tussen Oosterschelde-Krammer en Grevelingen-Krammer met een Philipsbrug. De aanvoer van zoet water vindt plaats door een brak Krammer-Volkerak, komende vanuit het Hollandsch Diep. Hiertussen ligt een Volkerakbrug voor een onbelemmerde doorvoer.

7.1.4.1 Technische uitvoerbaarheid

De variant DD4 vereist grote aanpassingen aan de waterbouwkundige infrastructuur in de Delta. Het realiseren van een Veerse Gatkering en een Brouwerskering is technisch uitvoerbaar. Een uitvoeringswijze is eerst aanleggen van een secundaire dijk aan de binnendijkse zijde zo dicht mogelijk bij de dam. Deze dijk zal vanwege de veiligheid op Delta-hoogte gebouwd moeten worden. Vervolgens worden gaten gemaakt in de dam waarin de keerdeuren worden geplaatst en wordt de secundaire dijk verwijderd.

De grootte van het doorstroomoppervlak door de keringen moet dusdanig worden ontworpen dat de getij-stroomsnelheden in de Zandkreek, respectievelijk het Zijpe niet te hoog worden. Aangezien in de variant DD4 de compartimenteringswerken worden verwijderd of gewijzigd in bruggen, is een gedetailleerde hydraulische uitwerking op zijn plaats, maar dit is geen doelstelling van deze studie.

De Zandkreekdam, Grevelingendam en Philipsdam worden in deze variant gewijzigd in bruggen. Om te voorkomen dat de stroomsnelheden in de eerst gemaakte opening in een dam te hoog worden is het aan te bevelen eerst de bruggen te realiseren en pas daarna de stormvloedkeringen. De Oesterdam en de Markiezaatskade worden in deze variant verwijderd.

7.1.4.2 Hydraulische en morfologische effecten

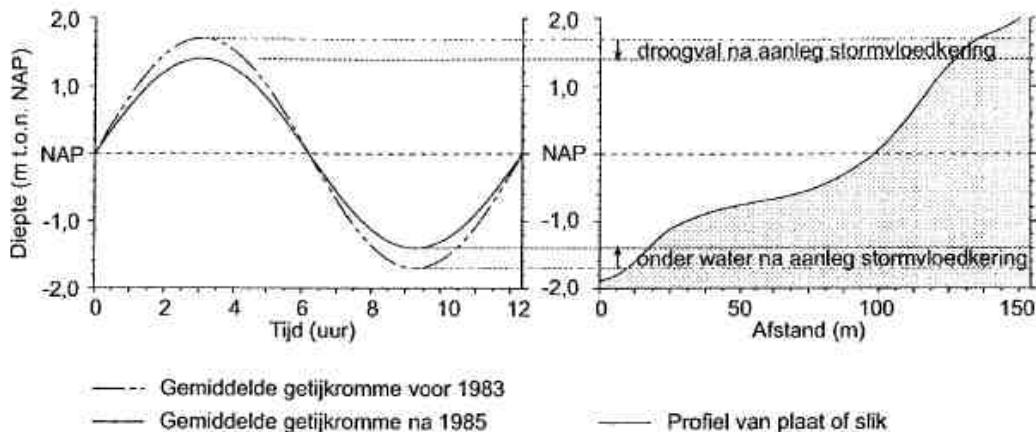
In de variant DD4 is er maximale ruimte voor estuariene dynamiek, onder de randvoorwaarde van hoogwaterveiligheid. De Rijn/Maas afvoer kan nagenoeg ongestoord afstromen richting zee en zal een drietal estuaria voeden. Het Haringvliet wordt een langgerekt brakwaterestuarium onder invloed van getij. De Grevelingen zal een graduele overgang van brak naar zout water kennen. In de noordtak van de Oosterschelde vindt ook een overgang van brak naar zout water plaats.

Het gevolg van het verwijderen van de compartimenteringsdammen in de Delta is tweeledig. Positief tegen de zandhonger is dat het getijvolume wordt vergroot. Als gevolg van de Deltawerken werd het getijvolume 30% kleiner. Hiervan is 25% veroorzaakt door de kleinere doorstroomopening van de

kering en 5% door de aanleg van de compartimenteringswerken (Vroon 1994). Wanneer deze werken worden verwijderd is er maar een geringe (5%) vergroting van het getijvolume te verwachten. De bijbehorende vergroting van de stroomsnelheid is niet groot genoeg om de zandhonger te stillen, zie Tabel 13.

Het Oosterscheldesysteem streeft naar een stroomsnelheid van zo'n 0,9 m/s en dat wordt niet gehaald. Hierbij speelt een rol dat bodemtransport van zand proportioneel is met de stroomsnelheid tot de vierde macht. Met andere woorden, wanneer de stroomsnelheid 80% bedraagt van de streefsnelheid (0,72 m/s in plaats van 0,90 m/s) dan is het zandtransport bijna 2,5 keer kleiner dan de streefwaarde. Dit is nog lang niet genoeg.

Een ander effect van het verwijderen van de compartimenteringsdammen is dat de getijslag in het estuarium vermindert, zie Tabel 13. De compartimenteringswerken waren juist aangelegd om de vermindering van de getijslag deels te compenseren in de situatie met een stormvloedkering. Maar de reductie in getijslag die is opgetreden na 1985 zal alleen maar groter worden. Wanneer het verschil tussen hoog- en laagwaters kleiner wordt heeft dit als consequentie dat de laagwaterstanden relatief hoger worden en de hoogwaterstanden relatief lager. Hierdoor wordt het areaal intergetijdegebied veel kleiner. Hooggelegen plaatgebieden komen niet meer onder water, terwijl laag gelegen plaatgebieden permanent onder water komen, Figuur 41. Dit versterkt de trend van de afgelopen decennia, waarin periodiek droogvallende delen afnemen en ondiep water gebieden toenemen. Sinds 1986 verdwijnt er gemiddeld 63 ha intergetijdegebied per jaar (Hesselink *et al.* 2003).



Figuur 41. De gemiddelde getijslag nabij Yerseke voor en na de aanleg van de stormvloedkering (Hesselink *et al.* 2003).

De kleinere getijslag werkt bevorderend voor plaaterosie. Erosie vindt voornamelijk plaats door golfwerking. Enerzijds door brekende golven op een plaat en anderzijds door opwerveling van zand als gevolg van door golven opgewekte stromingen. Een kleinere getijslag geeft een langere duur van de golfaanval op dezelfde plek. De golfrosie gaat door totdat de plaat zo diep ligt dat het buiten het bereik van de golfwerking ligt bij laag water. Een toename van de laagwaterstanden werkt op deze wijze juist in gunstige richting; de dieper gelegen delen komen buiten bereik.

Een bijkomend effect kan zijn dat de gemiddelde diepte van het estuarium kleiner wil worden. Dit is te verwachten wanneer het verticale getij afneemt (H wordt kleiner) en het horizontale getij toeneemt (E wordt groter). Momenteel is de gemiddelde diepte van de Oosterschelde zo'n 9 m. Een verondieping van het systeem kan alleen worden bereikt door zand van de platen naar de geulen te vervoeren: de zandhonger wordt versterkt.

Het netto resultaat van variant DD4 voor de Oosterschelde is dat het getijvolume weliswaar toeneemt, maar dat hiermee de zandhonger niet tot stilstand wordt gebracht en wellicht zelfs de afname van plaatareaal wordt versneld.

Tabel 13. Kentallen voor het getij in de Oosterschelde, voor 1980 en 1990 gebaseerd op literatuur en geschat voor variant DD4.

	1980	1990	Variant DD4
Dwarsdoorsnede monding A_0 (m ²)*	93.000	89.000	89.000
Getijvolume P_t (Mm ³)**	1190	880	924
Oppervlakte getijbekken O (km ²)**	452	351	452
Peilverschil kentering H' (m)***	2,6	2,5	2,0
Getijweg E (km)***	12,8	9,9	10,4
Max. getijsnelheid v (m/s)***	0,91	0,70	0,73

* (Mulder *et al.* 1994)

** (Vroon 1994)

*** Berekening, zie Box.

Het probleem van de zandhonger zal zich in variant DD4 zelfs kunnen uitbreiden. Aangezien het Veerse Meer, de Grevelingen en het Krammer-Volkerak de morfologie hebben van voormalige estuaria (diepe getijgeulen) en in deze variant onder invloed komen van een gereduceerd getijvolume vergeleken met de oorspronkelijke situatie (vóór de Deltawerken), zal zandhonger in deze systemen optreden. Net als in de Oosterschelde kan de gereduceerde getijstroomsnelheid het zandtransport in de geulen niet groot genoeg maken om de geulen op diepte te houden.

In het Haringvliet-Hollandsch Diep heeft de afsluiting van het Haringvliet geleid tot een sterke sedimentatie van rivierzand in het Hollandsch Diep en in mindere mate het Haringvliet. Metingen uit 1987 lieten zien dat de sedimentatie van zand in het Hollandsch Diep 1600 kton/jaar bedroeg en dat er in het Haringvliet 200 kton/jaar slib sedimenteerde (Bijlsma *et al.* 1989). Het is daarom te verwachten dat hier geen zandhonger op zal treden, maar een tegenovergesteld effect: het (verontreinigde) sediment zal uitschuren.

Wellicht dat in de variant DD4 sediment kan worden aangevoerd naar het Volkerak vanuit het Hollands-Diep en dat hiermee de zandhonger (gedeeltelijk) wordt gestild. Het rivierdebiet door het Volkerak bedroeg oorspronkelijk (1964) zo'n 65 m³/s (Haas *et al.* 2001). Wanneer dit wordt hersteld (in de variant DD3 door de Volkerakdam in een brug te wijzigen) kan de sediment transport capaciteit op gang komen. De Biesbosch en het Hollands-Diep zijn de afgelopen decennia belangrijke sedimentatiegebieden geweest. Zoals boven gesteld kan de vergrote getijdynamiek leiden tot erosie van het Hollands-Diep. Het is wellicht mogelijk dat een deel van dit sediment naar het Volkerak wordt vervoerd. Nog mooier zou het zijn wanneer het zelfs in de Oosterschelde terecht komt. Maar veel kan er niet van verwacht worden. Het zandhonger probleem is erg groot. Er is een zandtekort in de Oosterschelde ter grootte van 400 miljoen m³. Het jaarlijkse sediment transport van de Rijn bedraagt 300.000-400.000 m³ per jaar (Baptist & Mosselman 2002). Zelfs als dit in zijn geheel wordt benut (wat praktisch gezien onmogelijk is) is nog steeds 1000 jaar nodig om de benodigde 400 miljoen m³ bij elkaar te krijgen.

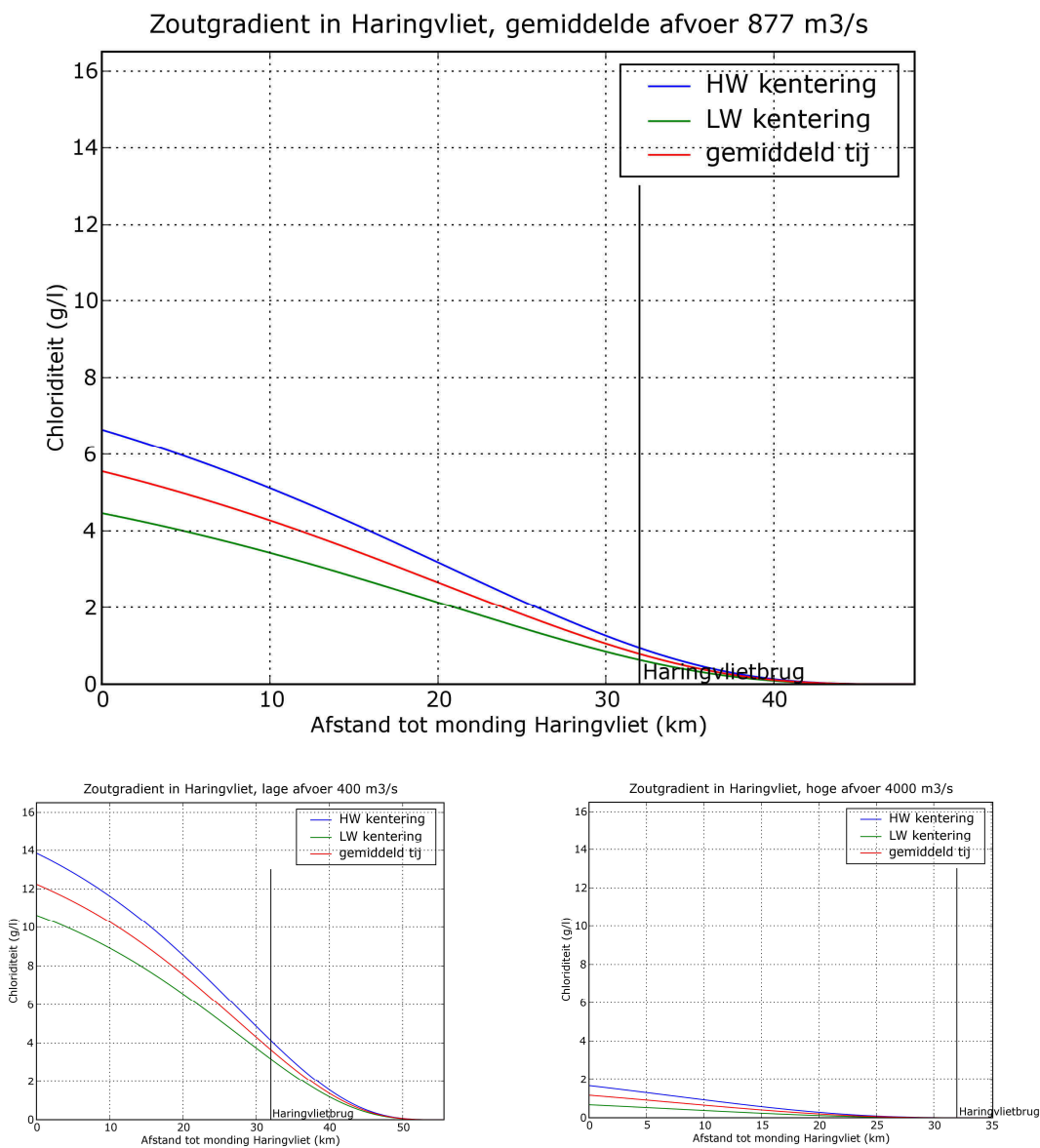
7.2 Effecten op zoutgradiënten

De zoutgradiënten in de estuaria zijn berekend met de methode van Savenije (2005). Deze analytische methode is het meest geschikt voor volledig open estuaria. Dammen met doorlaatmiddelen geven een discontinuïteit in de zoutgradiënt, die met deze methode moeilijk berekend kan worden.

Figuur 42, Figuur 43 en Figuur 44 geven de zoutgradiënten in de estuaria voor de meest open variant DD4. Realistisch gemiddelde afvoeren zijn gekozen en een verhouding tussen een lage en een hoge afvoer van een factor 10 is genomen. Dit zijn extreme afvoeren die relatief vaak (jaarlijks tot tweejaarlijks) voorkomen. De gekozen waarden van 10, 50 en 100 m³/s komen overeen met de keuze van Haas en Tosserams (2001) voor een lage, gemiddelde en hoge afvoer door de Volkeraksluizen naar het Krammer-Volkerak. In het verleden stroomde circa 10% van de Rijnafvoer via het Krammer-Volkerak naar de zuidelijke Delta (Haas, pers. med.).

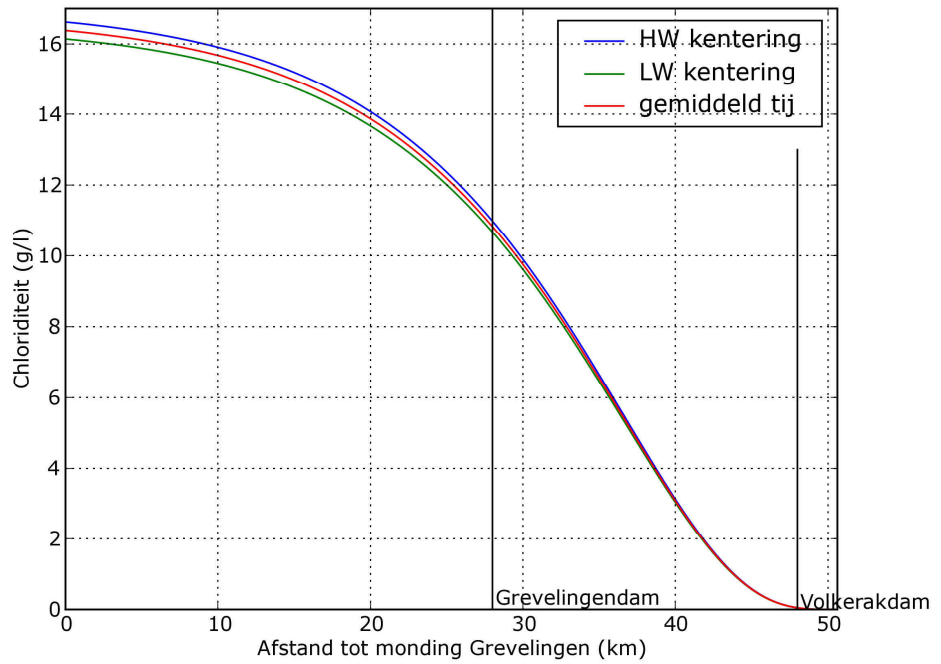
Voor het Haringvliet geldt voor alle vier de varianten een stormvloedkering aan de zeezijde en de huidige, ongestoorde, afvoer aan de rivierzijde. De zoutgradiënt is gegeven door Figuur 42. Voor het Grevelingenmeer is in de variant DD4 een stormvloedkering gepland aan de zeezijde en bruggen voor een ongestoorde afvoer aan de rivierzijde. Dit leidt tot de zoutgradiënt van Figuur 43. In de variant DD3 is dezelfde stormvloedkering gepland, maar aan de rivierzijde is een doorlaatmiddel in de Grevelingendam voor getij en afvoer gepland. Een modelaannname voor dit doorlaatmiddel is dat het de zoutgradiënt nagenoeg ongestoord kan doorlaten; hier komt in deze modeluitkomsten dus geen discontinuïteit. Voor de varianten DD1 en DD2 geldt een doorlaatmiddel-variant voor getij en afvoer aan de zeezijde. Onder dezelfde aanname van nagenoeg continue overgangen aan de rivierzijde is de zoutgradiënt gegeven door Figuur 45. Het verschil is het kleinere getijvolume van de Grevelingen.

Voor de Oosterschelde geldt voor alle vier de varianten een stormvloedkering aan de zeezijde. Voor de varianten DD1 en DD3 is een doorlaatmiddel aan de rivierzijde gepland in plaats van een brug. Onder de aanname van nagenoeg continue zoutgradiënt geeft Figuur 44 de zoutgradiënten voor de drie afvoerscenarios, identiek voor alle vier de varianten.

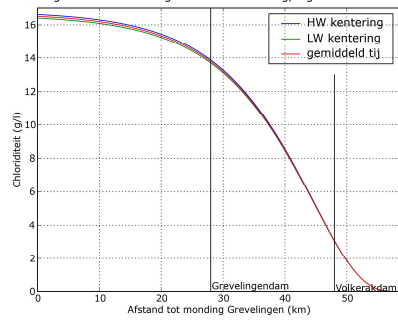


Figuur 42. Saliniteitsgradiënten in Haringvliet voor de variant stormvloedkering, voor een gemiddelde, lage en hoge afvoer.

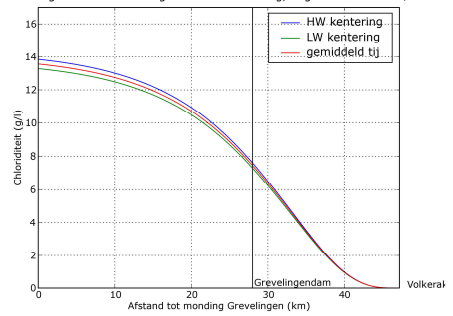
Zoutgradient in Grevelingen Stormvloedkering, gemiddelde afvoer 50 m³/s



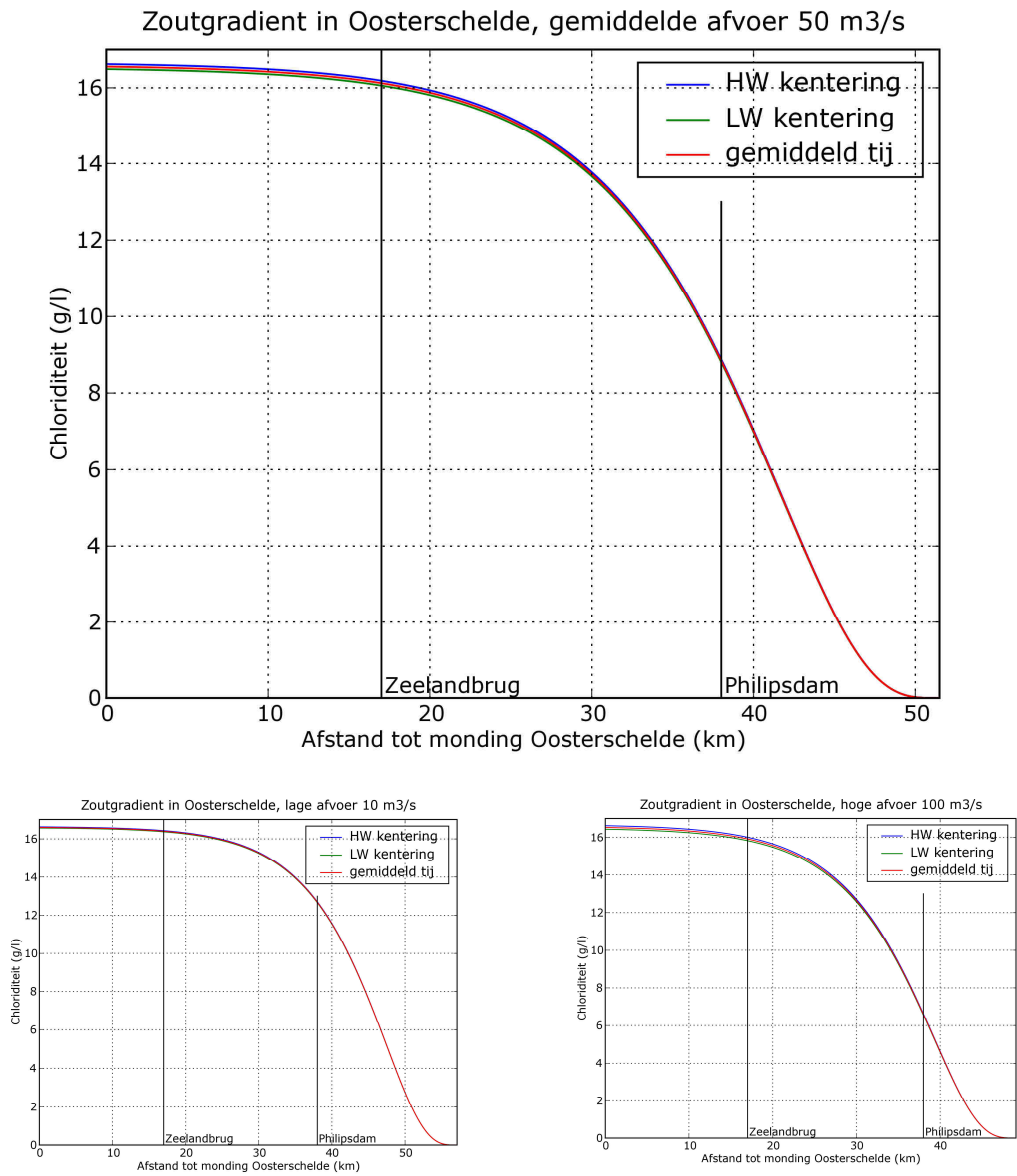
Zoutgradient in Grevelingen Stormvloedkering, lage afvoer 10 m³/s



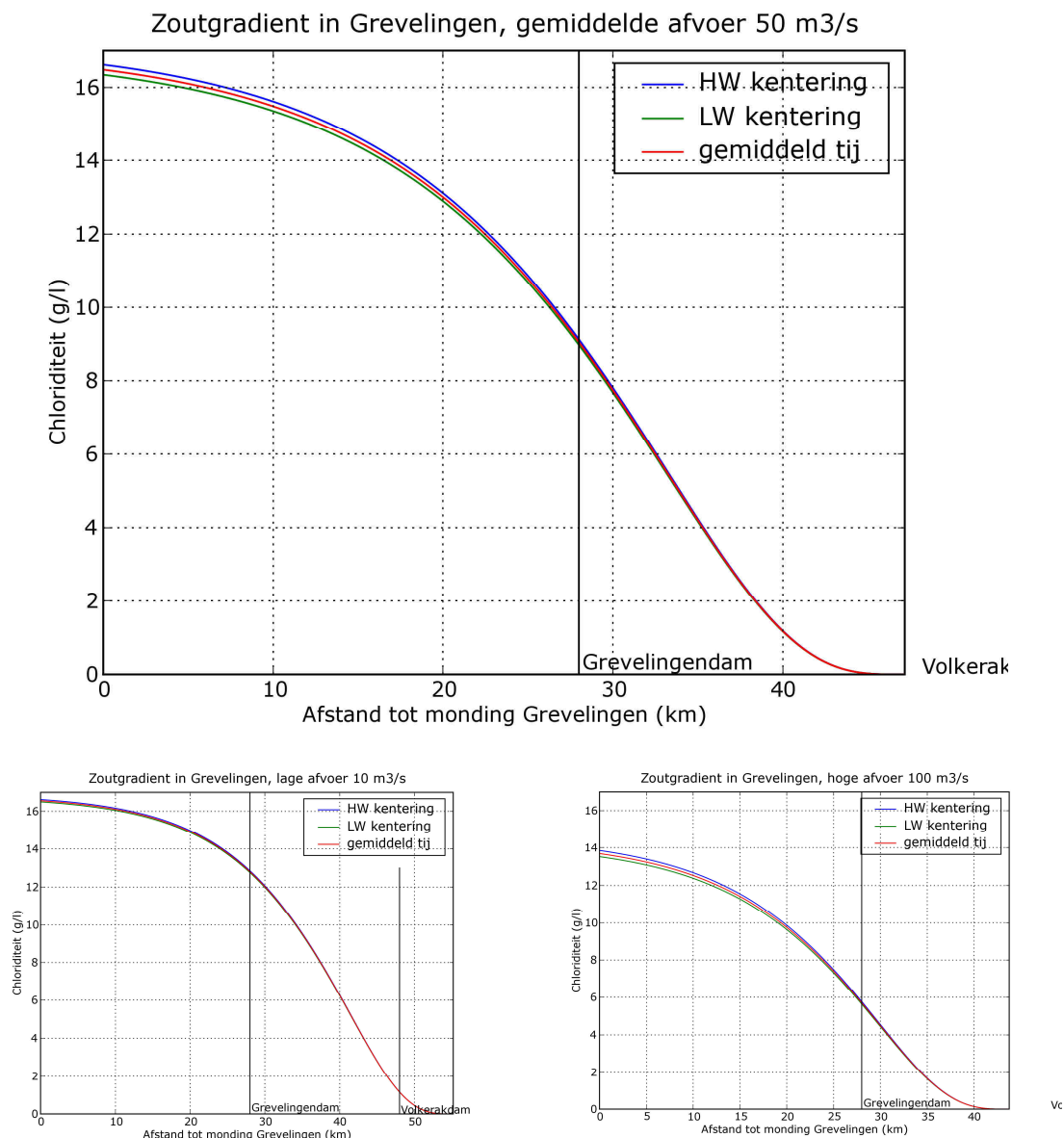
Zoutgradient in Grevelingen Stormvloedkering, hoge afvoer 100 m³/s



Figuur 43. Saliniteitsgradiënten in Grevelingen voor de variant stormvloedkering, voor een gemiddelde, lage en hoge afvoer.



Figuur 44. Saliniteitsgradiënten in Oosterschelde voor de variant stormvloedkering, voor een gemiddelde, lage en hoge afvoer.



Figuur 45. Saliniteitsgradiënten in Grevelingen voor de variant doorlaatmiddel, voor een gemiddelde, lage en hoge afvoer.

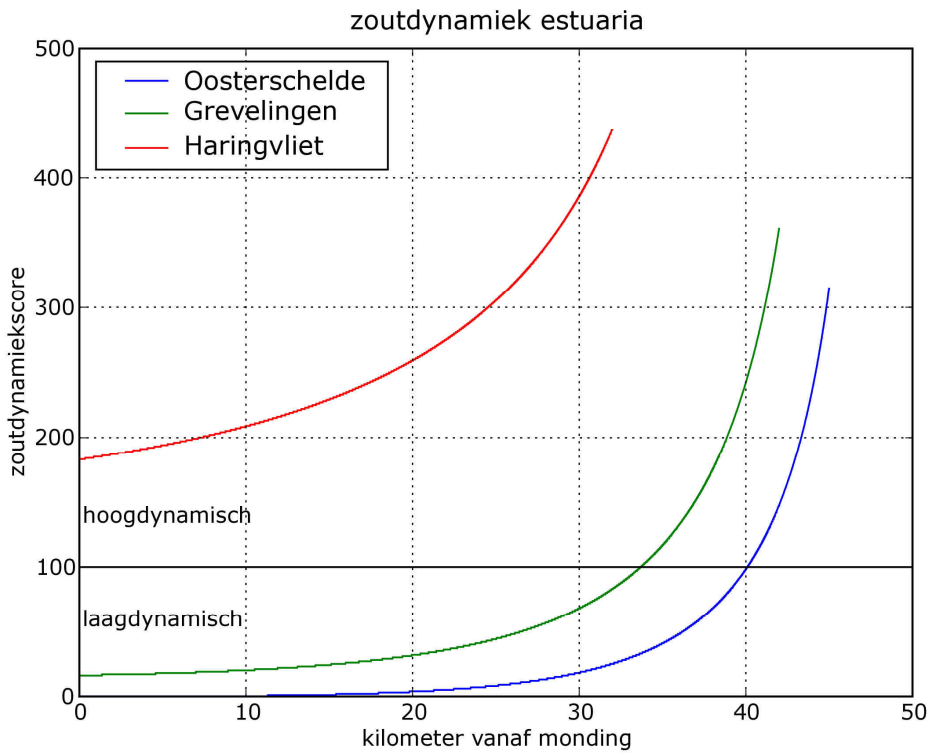
De zoutdynamiek, de veranderingen in zoutgehalte over de tijd op een bepaalde plaats, is een belangrijke variabele voor veel organismen. Uit de bovenstaande figuren is af te lezen dat de zoutdynamiek over een getijcyclus over het algemeen niet zo groot is, alleen in het Haringvliet is het verschil zo'n 2 g Cl/l aan de monding. De zoutdynamiek over de seizoenen, als gevolg van veranderingen in de rivierafvoer is veel groter.

In het rapport van Bouma et al. (2005), waarin het Zoute Ecotopen Stelsel staat beschreven, is een rekenmethode gegeven om de zoutdynamiek in één getal uit te drukken. Ze gebruiken hiervoor (zie p. 33):

$$\text{Zoutvariatie} = [(\text{SituatieMax} - \text{SituatieMin}) / \text{Situatie Gemiddeld}] \times 100\%$$

Als het verschil tussen maximaal en minimaal zoutgehalte (max-min) groter is dan het gemiddelde dan is er sprake van grote zoutvariatie (scores groter dan 100%). Indien het gemiddelde groter is dan het verschil tussen maximaal en minimaal zoutgehalte is er weinig zoutvariatie (scores kleiner dan 100%).

Een nadeel aan deze methode is dat wanneer het gemiddelde zoutgehalte minder dan 1 g/l bedraagt dit resulteert in hoge scores voor de zoutvariatie. Met andere woorden, achterin estuaria waar het water af en toe zouter wordt resulteren zeer hoge scores voor de zoutvariatie. Voor deze studie is daarom de zoutvariatie over de lengte-as van de estuaria afgebroken zodat realistische waarden overblijven. Dit resulteert in Figuur 46. Voor de Grevelingen is de stormvloedkeringvariant gebruikt.



Figuur 46. De seizoenale zoutdynamiek in de estuaria.

De seizoenale zoutdynamiek in het Haringvliet is altijd groter dan 100%, dus altijd hoogdynamisch. Daar staat de Oosterschelde tegenover die over de eerste 10 kilometer geen zoutdynamiek kent (altijd zout) en pas vanaf 40 km hoogdynamisch scoort. De Grevelingen heeft een soort tussenpositie en kent relatief kleine schommelingen vanaf de monding en is vanaf 33 km hoogdynamisch. Bij de variant Grevelingen doorlaatmiddel is de overgang te vinden bij een kilometer of 30.

7.3 Mate van herstel van estuariene dynamiek

De mate van herstel van estuariene dynamiek voor de vier inrichtingsvarianten is af te meten aan de zes dynamiekparameters, zie paragraaf 4.9. De verzameltabel, Tabel 14, geeft de classificatie voor alle vier de inrichtingsvarianten. In appendix III is een nadere uitwerking gegeven voor ieder van de vier varianten afzonderlijk.

De **rivierdynamiek** in het Haringvliet is bij alle varianten hoog. Er zijn grote verschillen in afvoeren leidend tot dynamische verschillen in waterstanden en stroomsnelheden. Desalniettemin wordt geen volledig onbelemmerde afvoer nagestreefd, want bij stormvloed van zee zal de kering sluiten. In het huidige operationele regime worden de sluisen ook gesloten bij een lage rivierafvoer (ten behoeve van een afvoer van 900 m³/s door de Nieuwe Waterweg). Sluiting treedt op bij een Rijnafvoer lager dan 1500 m³/s en dit komt 25% van de tijd voor. Maar bij het alternatief Stormvloedkering staan de sluisen in principe altijd open (RWS-ZH 1998a). Voor het Grevelingenmeer en de Oosterschelde is de rivierdynamiek hoog bij varianten DD2 en DD4. In deze varianten is er een (nagenoeg) onbelemmerde afvoer door het Kramer-Volkerak naar de Grevelingen. Bij varianten DD1 en DD3 is de rivierafvoer gereguleerd door middel van doorlaatmiddelen. Hoewel er een redelijke mate van dynamiek is te creëren scoort dit middelmatig.

De **getijdynamiek** in het Haringvliet wordt niet zo hoog als in de oorspronkelijke situatie, maar blijft beperkt tot zo'n 50% daarvan bij Hellevoetsluis (voorheen 180 cm) en bij Moerdijk (voorheen 220 cm). Vergeleken met de oorspronkelijke situatie is dit een flinke reductie van het getij en het scoort daarom 'middel'. In het Grevelingenmeer wordt in de varianten DD1 en DD2 getij toegelaten door middel van een doorlaatmiddel van 1850 m². Hoewel hiermee een flinke getijslag kan worden opgewekt van 95-110 cm is dit slechts zo'n derde deel van de oorspronkelijke maximale getijslag en scoort daarom 'middel'. In de varianten DD3 en DD4 wordt een stormvloedkering gerealiseerd, wat resulteert in een getijslag van om en nabij 2 m, vergelijkbaar met de Oosterschelde. In de Oosterschelde heeft een reductie van het getij plaatsgevonden, maar de getijdynamiek is 'hoog'.

De **zoutdynamiek** in het Haringvliet, Grevelingenmeer en Oosterschelde scoort in alle gevallen hoog. Het gebruik van doorlaatmiddelen van voldoende capaciteit kan een voldoende grote menging van zoet en zout opleveren door zowel getij als rivierafvoer toe te staan. Ter plaatse van dammen met doorlaatmiddelen kan een sprong in zoutgehalte ontstaan, maar dit soort sprongen zijn niet vergelijkbaar met bijv. de Afsluitdijk.

De **morfodynamiek** in het Haringvliet wordt bepaald door de combinatie van rivierafvoer en getijvolume. In alle varianten wordt het getijvolume flink vergroot naar 70% van de oorspronkelijke situatie. Dit is vergelijkbaar met de Oosterschelde en scoort 'hoog'. In het Grevelingenmeer wordt de morfodynamiek bepaald door het getijvolume. In de varianten DD1 en DD2 is het getijvolume slechts 35% van het oorspronkelijke volume. De morfodynamiek wordt weliswaar groter dan in de huidige situatie, maar scoort 'middel'. In de varianten DD3 en DD4 wordt het getijvolume zo'n 70% van het oorspronkelijke en de morfodynamiek wordt hiermee flink vergroot. De morfodynamiek wordt weliswaar vergroot, maar in Grevelingen, Volkerak-Zoommeer en Veerse Meer zal zandhonger optreden. Dit betekent dat op de lange termijn (tientallen jaren) intergetijdegebieden kunnen verdwijnen.

De **nutriëntendynamiek** in het Haringvliet scoort 'laag'. Dit is te wijten aan de gemiddeld hoge afvoer en lage verblijftijd. Nutriënten die worden aangevoerd naar het Haringvliet spoelen door naar de Noordzee. In het Grevelingenmeer is de verblijftijd in de huidige situatie groot, zo'n 200 dagen. De verblijftijd zal in deze inrichtingsvarianten afnemen, misschien wel naar de oorspronkelijke situatie van zo'n 35 dagen. Dit geldt ook voor het gebied achterin de Grevelingen: het Krammer Volkerak (nu Volkerakmeer met een grote verblijftijd). Verkorting van de verblijftijd is in principe ongunstig voor de omzetting en afbraak van nutriënten, omdat daarvoor minder tijd beschikbaar is. Anderzijds zal als gevolg van de maatregelen het areaal intergetijdegebied en schorren toenemen. Hierdoor komt er veel meer oppervlakte beschikbaar waarin nutriënten kunnen worden benut en bacterieel afgebroken. Bij de varianten DD3 en DD4 is de getijslag groter en is er een groter intergetijdegebied. Er is voor gekozen om respectievelijk 'middel' en 'hoog' te scoren, maar het scoren van nutriëntendynamiek vereist een additionele waterkwaliteitsstudie. In de Oosterschelde zal meer intergetijdegebied vrijkomen en er zullen meer nutriënten worden aangevoerd. De nutriëntendynamiek scoort 'hoog'.

De **slibdynamiek** in het Haringvliet scoort 'hoog' aangezien er een graduele overgang is tussen zout en zoet water waarin een troebelheidsmaximum kan ontstaan. Voor het Grevelingenmeer en de Oosterschelde geldt voor varianten DD1 en DD3 dat er geen vrij afvoer is van rivierwater. Dit is niet gunstig voor de slibdynamiek en scoort 'middel'. In de variant DD2 is er geen vrije getijdoorgang, maar dit is voor de slibdynamiek minder kritisch. Samen met variant DD4 scoren deze 'hoog'.

Tabel 14. Mate van herstel van estuariene dynamiek voor de vier inrichtingsvarianten. H is Haringvliet, G is Grevelingenmeer, O is Oosterschelde.

Abiotisch aspect	Parameters	DD1 Doordringbare Delta	DD2 Rivierwaarts doorlaatbare Delta	DD3 Zeewaarts doorlaatbare Delta	DD4 Dynamische Delta
Rivierdynamiek	Stroomsnelheid (m/s), zoetwateraanvoer (m ³ /s) en waterstandverschillen (m)	H: Hoog G: Midden O: Midden	H: Hoog G: Hoog O: Hoog	H: Hoog G: Midden O: Midden	H: Hoog G: Hoog O: Hoog
Getijdynamiek	Verticale waterstandverschillen (getijslag) a.g.v. getij (m) en getijstroming (m/s)	H: Midden G: Midden O: Hoog	H: Midden G: Midden O: Hoog	H: Midden G: Hoog O: Hoog	H: Midden G: Hoog O: Hoog
Zoutdynamiek	Ruimtelijke en Temporele schommelingen in zoet-zout-gradiënten als gevolg van dynamiek in rivierafvoer en getijinvloed (g Cl/l)	H: Hoog G: Hoog O: Hoog	H: Hoog G: Hoog O: Hoog	H: Hoog G: Hoog O: Hoog	H: Hoog G: Hoog O: Hoog
Morfodynamiek	Sedimentatie- en erosieprocessen zand en slibtransport. Successie in het morfologisch landschap	H: Hoog G: Midden O: Hoog	H: Hoog G: Midden O: Hoog	H: Hoog G: Hoog O: Hoog	H: Hoog G: Hoog O: Hoog
Nutriëntendynamiek	Transformatie, immobilisatie en eliminatie van organisch materiaal en nutriënten, interne recycling en retentie	H: Laag G: Midden O: Hoog	H: Laag G: Midden O: Hoog	H: Laag G: Hoog O: Hoog	H: Laag G: Hoog O: Hoog
Slibdynamiek	Optreden troebelheidsmaximum en schommelingen als gevolg van dynamiek in rivierafvoer en getijinvloed	H: Hoog G: Midden O: Midden	H: Hoog G: Hoog O: Hoog	H: Hoog G: Midden O: Midden	H: Hoog G: Hoog O: Hoog

7.4 Effecten op Natura 2000 habitattypen

Tijdens het schrijven van dit rapport ontbreken GIS-kaarten van de exacte ligging van de habitattypen binnen de Natura 2000 gebieden. Concept aanwijzingsbesluiten zijn gemaakt en hierin zijn kwalificerende habitattypen aangewezen, maar deze zijn nog niet gekarteerd.

Om toch een inschatting te kunnen maken van de gevolgen van de inrichtingsvarianten voor habitattypen is gezocht naar beschikbaar alternatief materiaal. Het beste hiervoor is de ecotopenkartering van Rijkswaterstaat. Dit heeft het volgende opgeleverd:

- Het Haringvliet / Hollands Diep / Biesbosch is gekarteerd in 1997/98 in het Benedenrivieren-Ecotopen-Stelsel (BES) en het voorlopige Zilte-Ecotopen-Stelsel (ZES).
- Het Volkerak-Zoommeer is gekarteerd in het Meren-Ecotopen-Stelsel (MES) in 1997 en daarna nog in het Rijkswateren-Ecotopen-Stelsel (RWES) in 2005.
- De Oosterschelde is gekarteerd in het Zoute-Ecotopen-Stelsel (ZES) in 2005. Dit betreft niet de voormalige delen in het Markiezaat en de Binnenschelde.
- Geen ecotopenkartering bestaat voor Veerse Meer, Grevelingen, Voordelta, Markiezaatsmeer en Binnenschelde.
- Rijkswaterstaat werkt momenteel aan de realisatie van de ecotopen van het Grevelingenmeer.

De inrichtingsvarianten zullen tot grote veranderingen leiden in de abiotische randvoorwaarden in het Haringvliet, in het Volkerak-Zoommeer, in het Markiezaat / Binnenschelde en in het Grevelingenmeer (in de Oosterschelde zal niet veel wijzigen; er komt alleen een beetje meer zoete invloed in het

Mastgat). Van deze gebieden zijn ecotopenkaarten uit 1997 beschikbaar van Haringvliet, Hollands Diep, Biesbosch en Volkerak-Zoommeer.

Een vertaaltabel is gemaakt waarin de RWS-ecotopen zijn vertaald naar habitattypen. Deze omrekening is zonder nauwkeurige veldinventarisaties eigenlijk niet correct uit te voeren. Om een voorbeeld te geven: in de laag-gelegen kale gebieden van het Volkerak-Zoommeer komt plaatselijk nog zeekraal voor, habitatype H1310A (dit komt door de overgebleven zoute invloed). Echter, wanneer het ecotoop "laag-gelegen kale gebieden" wordt vertaald naar H1310A lijkt het net of er nog vele hectares zeekraal in het meer staan en dat is niet het geval. Evenzo is niet duidelijk of het ecotoop "gorsruigte" in het Haringvliet wel volledig klassificeert als H6430 Ruigten en zomen, hoewel het wel waarschijnlijk is dat delen ervan als zodanig kwalificeren.

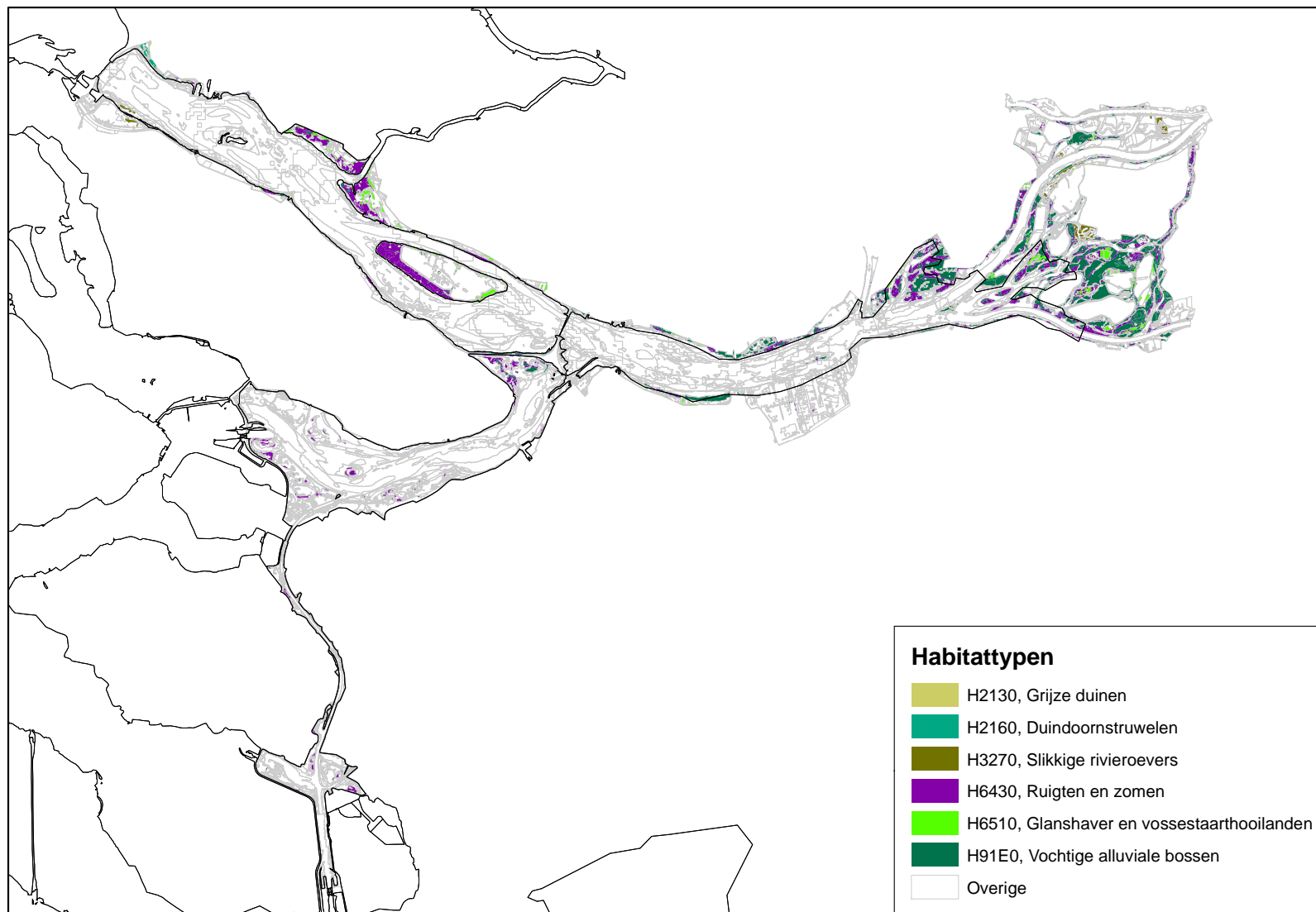
Tabel 15 geeft de vertaaltabel voor de RWS-ecotopen die zijn vertaald naar habitattypen. Het resultaat **geeft aan dat in bepaalde gebieden de potentie is voor het vinden van genoemde habitattypen. De resulterende kaart, Figuur 47, is geenszins een officiële habitatype-kaart voor deze delen van de Delta.**

Tabel 15. Vertaaltabel van RWS ecotopen naar potentiële habitattypen voor de huidige situatie.

<i>Ecotoop</i>	<i>Omschrijving</i>	<i>Habitatype</i>	<i>Omschrijving</i>
ZDb-2	Duindoornstruweel	H2160	Duindoornstruwelen
ZDg-1	Soortenrijk duingrasland	H2130	Grijze duinen
BSn-4	Zand- of slikplaat met pioniervegetatie / biezen	H3270	Slikkige rivieroeveren
BSs-4	Slikplaat met pioniervegetatie / biezen	H3270	Slikkige rivieroeveren
MLr-2	Laag gelegen moerasruigte	H6430	Ruigten en zomen
BKr-1	Structuurrijke gorsruigte	H6430	Ruigten en zomen
BGr-1	Gorsruigte	H6430	Ruigten en zomen
MHg-2	Hoog gelegen hooiland	H6510	Glanshaver- en vossestaart-hooilanden
BKg-1	Overstromingsgrasland	H6510	Glanshaver- en vossestaart-hooilanden
MLb-2	Laag gelegen natuurlijk bos	H91E0	Vochtige alluviale bossen
BKb-2	Getijdebos & struweel	H91E0	Vochtige alluviale bossen
BKb-6	Getijdgriend	H91E0	Vochtige alluviale bossen
BGb-3	Overstromingsarm vloedbos & struweel	H91E0	Vochtige alluviale bossen
BGb-6	Griend / productiebos	H91E0	Vochtige alluviale bossen

Toelichting op de tabel

- De bestaande ecotopen 'duindoornstruweel' en 'soortenrijk duingrasland' worden rechtstreeks vertaald naar H2160 en H2130. Deze worden alleen aangetroffen in de uiterste noordwest-hoek van het Haringvliet in het Quackgors.
- Rivierecotopen die bestaan uit zand en/of slikplaten met pioniervegetatie worden vertaald naar H3270. Kale zand en/of slikplaten kwalificeren niet.
- Laag gelegen ecotopen die moerasruigte en/of gorsruigten bevatten worden vertaald naar H6430. Rietgorzen, akkergorzen, biezen- en onbegroeide gorzen kwalificeren niet.
- Hooilanden en structuurrijke overstromingsgraslanden worden vertaald naar H6510. Productiegraslanden kwalificeren niet.
- Laag gelegen natuurlijke bossen, getijdebossen, getijdgrienden en hoger gelegen typen als overstromingsarme vloedbossen en grienden worden vertaald naar H91E0. Het is op basis van de beschikbare informatie niet duidelijk of het wilgenbossen of essen-iepenbossen betreft.



Figuur 47. Potentiële habitattypen in Haringvliet, Hollands Diep, Biesbosch en Volkerak-Zoommeer voor de huidige situatie.

Een volgende stap is om de verwachte veranderingen in habitattypen aan te geven wanneer de estuariene dynamiek hersteld wordt. Om een goede effectvoorspelling te maken kan het beste worden uitgegaan van de volgende (a)biotische basisgegevens: bodemhoogteligging, grondwaterstanden, bodemsamenstelling, zoutgehaltes in opp. en grondwater, inundatieduur en – frequentie, nutriëntengehaltes en de huidige vegetatiesamenstelling. Bij gebrek aan deze basisgegevens is gebruik gemaakt van de ecotopenklassificatie.

De belangrijkste veranderingen betreffen het zoutgehalte en de getijslag en de verschillen tussen de vier inrichtingsvarianten zijn hiervoor niet groot; het enige verschil wordt gemaakt op het Volkerak dat onder invloed staat van een stormvloedkering in de Brouwersdam of een doorlaatmiddel in de Brouwersdam. In beide gevallen wordt een estuariene gradiënt met getij hersteld. Daarom wordt hier één eindresultaat gepresenteerd.

De grens tussen zoet en brak water (3 g Cl/l) komt bij lage afvoer in het Haringvliet ongeveer tot de Haringvlietbrug (Figuur 42). Deze grens komt bij lage afvoer in het Volkerak-Zoommeer ongeveer tot de Volkerakdam (Figuur 43). Duidelijk is dat deze grens niet stabiel is en dat de soortensamenstelling van macrofauna en vegetatie in deze overgangszone niet scherp is aan te geven. Er is toch voor gekozen om de overgang tussen brakke en zoete typen bij de Haringvlietbrug en Volkerakdam weer te geven.

De getijdynamiek in het Haringvliet bedraagt voor de Stormvloedkering-variant 90 cm bij Middelharnis, 110 cm bij Moerdijk en 130 cm in de Biesbosch, vergeleken met 30 cm in de huidige situatie (RWS-ZH 1998a). Zonder gedetailleerde bodemhoogtekaart in combinatie met getij en afvoerverdeling is het niet goed mogelijk om de precieze grenzen van de veranderende habitattypen aan te geven. Het is bijvoorbeeld zeer belangrijk om de overstromingsfrequentie (in aantal dagen per jaar) te kennen om aan te geven wat voor vegetatie ergens gaat groeien. Een voorbeeld: de klassegrenzen tussen de RWS-ecotopen komt niet overeen met de verwachte getijslag. Zo zijn er bijvoorbeeld in het Meren-Ecotopen-Stelsel de categorieën *ondiep water* (-2 tot 0 m NAP), *laag gelegen terreinen* (0 tot 1 m NAP) en *hooggelegen terreinen* (>1 m NAP) geklassificeerd in het Volkerak-Zoommeer. Bij een verwachte getijslag van bijvoorbeeld 120 cm (van -60 cm NAP tot +60 cm NAP) komen de toekomstige grenzen voor pioniervegetatie H1310 en schorren H1330 niet overeen met de gekarteerde klasse-indeling. Ook is het niet mogelijk om de veranderingen in arealen in de Biesbosch bij toenemend getij goed in te schatten.

In de hier gekozen aanpak is een tweede vertaaltabel gemaakt van de huidige RWS-ecotopen naar de potentie voor habitattypen bij herstel van estuariene dynamiek, Tabel 16. Dit geeft geen gedetailleerde weergave van de ligging van de habitattypen.

Tabel 16. Vertaaltabel van RWS ecotopen naar potentiële habitattypen bij herstel van estuariene dynamiek.

<i>Ecotoop</i>	<i>Omschrijving</i>	<i>Habitatype</i>	Omschrijving
MZ*	Zeer diep open water	H1110	Overstroomde zandbanken
MD*	Diep open water	H1110	Overstroomde zandbanken
MM*	Matig diep open water	H1110	Overstroomde zandbanken
MO*	Ondiep open water	H1110	Overstroomde zandbanken
MN*	Open water zonder diepte-informatie	H1110	Overstroomde zandbanken
BZ*	Zeer diepe zoete getijwateren	H1110	Overstroomde zandbanken
BD*	Diepe zoete getijwateren	H1110	Overstroomde zandbanken
BM*	Matig diepe zoete getijwateren	H1110	Overstroomde zandbanken
BO*	Ondiepe zoete getijwateren	H1110	Overstroomde zandbanken
MLk-1	Laag gelegen kaal terrein	H1140	Slik- en zandplaten
BSz-1	Zandplaat	H1140	Slik- en zandplaten
BSn-1	Zand- of slikplaat	H1140	Slik- en zandplaten
BSs-1	Slikplaat	H1140	Slik- en zandplaten
BSn-4	Zand- of slikplaat met pioniervegetatie / biezen	H1310	Zilte pionierbegroeiingen
BSs-4	Slikplaat met pioniervegetatie / biezen	H1310	Zilte pionierbegroeiingen
BGk-1	Onbegroeid gors	H1310	Zilte pionierbegroeiingen

MLr-*	Laag gelegen ruigtes	H1330	Schorren en zilte graslanden
MLg-*	Laag gelegen graslanden	H1330	Schorren en zilte graslanden
MLb-*	Laag gelegen bossen	H1330	Schorren en zilte graslanden
BGr-1	Gorsruigte	H1330	Schorren en zilte graslanden
BGg-*	Grasgorzen	H1330	Schorren en zilte graslanden
ZDg-1	Soortenrijk duingrasland	H2130	Grijze duinen
ZDb-2	Duindoornstruweel	H2160	Duindoornstruwelen
MHr-*	Hoog gelegen ruigte	H6430	Ruigten en zomen
MHg-*	Hoog gelegen graslanden	H6430	Ruigten en zomen
MHr-*	Hoog gelegen bossen	H6430	Ruigten en zomen

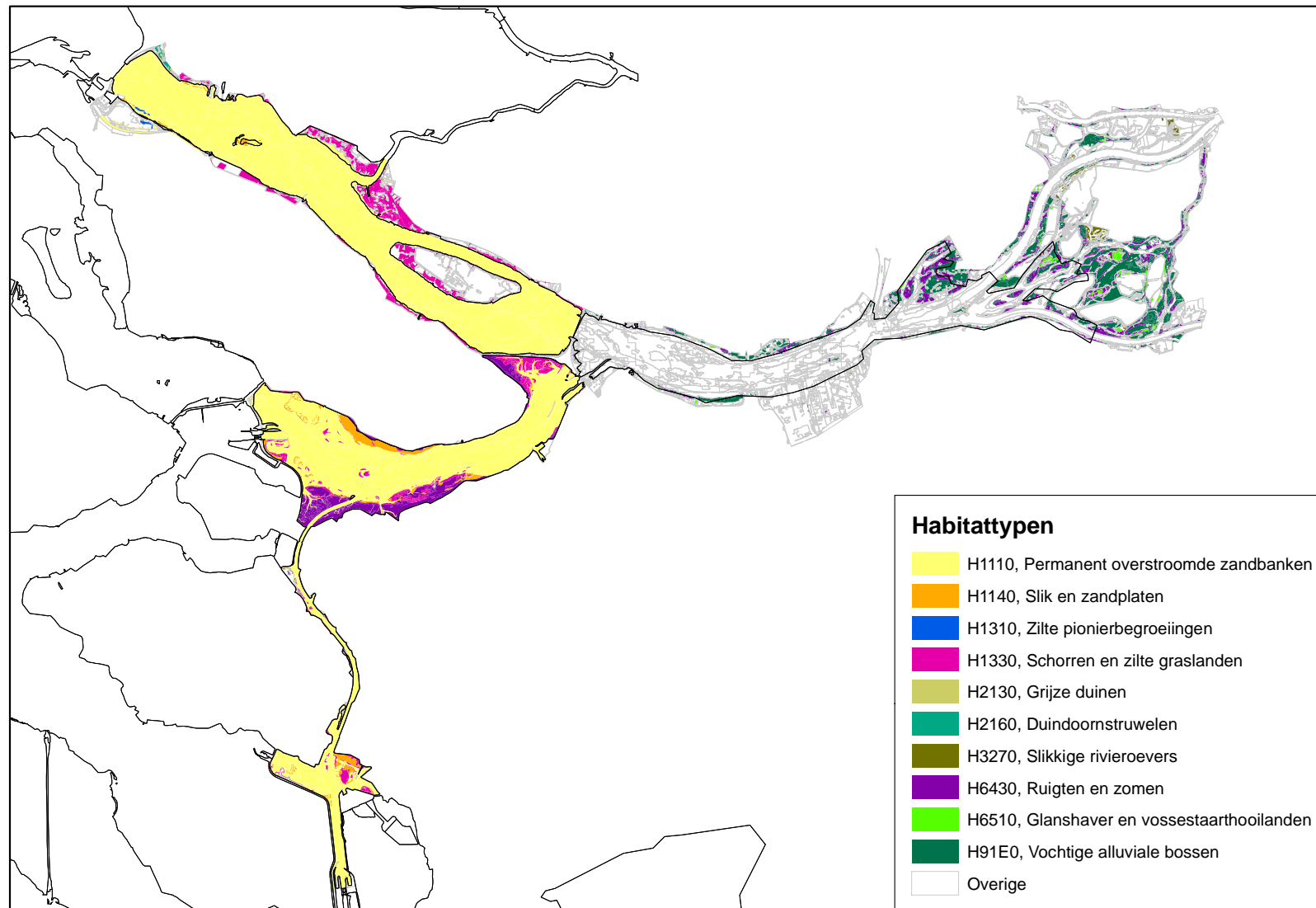
Toelichting op de tabel

In principe kan na het herstel van de estuariene dynamiek op het Haringvliet en Volkerak-Zoommeer (in combinatie met het Grevelingenmeer) gesproken worden van een zeer groot habitatype H1130 Estuaria. Dit type wordt beschreven als landschapstype op een hoger aggregatieniveau. Wanneer permanent overstroomde zandbanken (van habitatype H1110) en slik- en zandplaten (H1140) in een estuarium voorkomen, zijn ze niet als een afzonderlijk habitatype (dus als H1110 of H1140) aangemeld, maar als onderdeel van het habitatype H1130. Dit is gedaan in navolging van de handleiding van de Europese Commissie voor de interpretatie van habitattypen. De verschillende deelecosystemen van het estuarium worden namelijk als kenmerkende onderdelen van de structuur en functie van de ecologische eenheid beschouwd. Estuaria kunnen grenzen aan verschillende niet permanent overstroomde gebieden die zijn beschreven als zelfstandige habitattypen. Dat zijn bijvoorbeeld zilte pionierbegroeiingen (H1310), slijkgrasvelden (H1320), schorren en zilte graslanden (H1330), embryonale duinen (H2110) en witte duinen (H2120). Deze habitattypen zijn ten behoeve van de doelstellingen voor instandhouding apart beschreven en worden in de Europese handleiding dus niet tot het habitatype H1130 Estuaria gerekend.

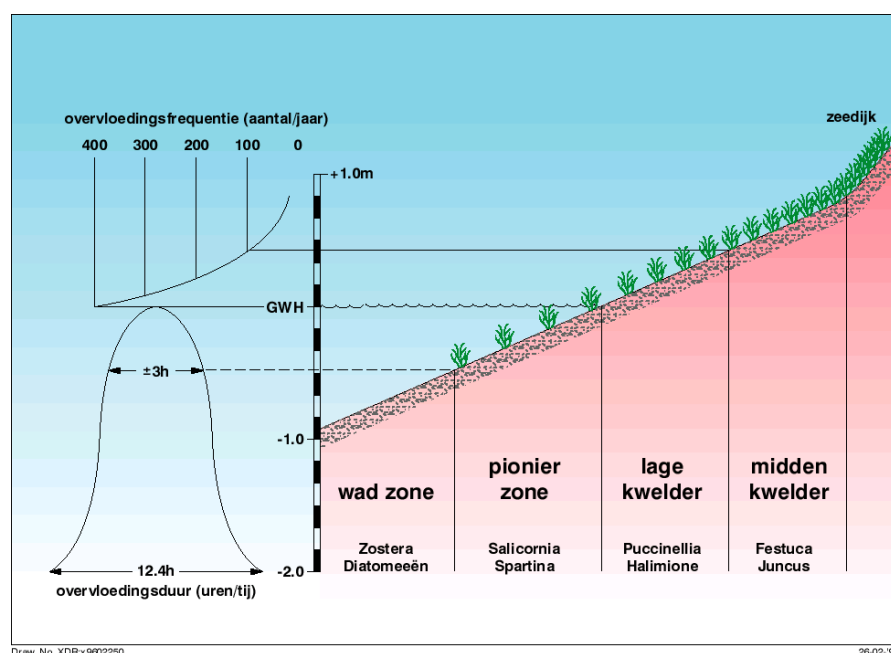
De riviergrens van een estuarium wordt in het profielfeld H1130 gelegd bij de verste invloed van zout water en is in het veld af te lezen aan de hand van plantengroei of bodemfauna. Dit criterium is lastig te hanteren om voorspellingen te doen van de grens van het habitatype in geval de estuariene dynamiek wordt hersteld. **Een meer kwantitatief criterium, zoals de bovenste grens van brak water met een chloriniteit van 3 g/l, of zoet water met een chloriniteit van 0,3 g/l zou duidelijker zijn.**

Vanwege de heersende onduidelijkheid in de definitie van de grens van H1130 is er voor gekozen om dit type niet toe te kennen in de vertaaltabel, maar om de types H1110 en H1140 afzonderlijk te benoemen. Echter, dit stuit ook op definitieproblemen. Habitatype H1110 betreft zandbanken in ondiepe delen van de zee die voortdurend onder water staan. Daarbij is de waterkolom zelden meer dan 20 meter diep. Habitatype H1140 betreft ondiepe gebieden die door de werking van eb en vloed gedurende elke getijcyclus droogvallen en weer onder water komen te staan. Deze habitattypen zijn doorgaans onbegroeid, maar plaatselijk kunnen algengemeenschappen of begroeiingen met zee gras of ruppia voorkomen. Gebruikelijk is om deze typen toe te kennen in kustsystemen met een hoog zoutgehalte (Voordelta, Waddenzee). Maar er is geen ondergrens voor het zoutgehalte gegeven. Aangezien zee gras en ruppia als kenmerkende vegetatie wordt genoemd en deze soorten ook in brakke condities voorkomen, is een brak zoutgehalte kennelijk ook kwalificerend. **Er is in deze studie voor gekozen om de grens van 3 g Cl/l als ondergrens te gebruiken voor voorkomen van H1110 en H1140.** Alle open water ecotopen ten westen van de Haringvlietbrug en de Volkerakdam worden H1110. Alle laag gelegen kale terreinen en zand en/of slikplaten worden H1140.

De huidige zand en/of slikplaten met pioniervegetatie komen onder een zoute invloed en zullen dagelijks overstroomd worden. Dit ecotoop verandert in H1310. Laag gelegen ruigtes, gorzen en graslanden zullen deels onder invloed van dagelijks getij komen en deels een aantal malen per jaar overspoeld worden. In deze zone kan een schorontwikkeling gaan plaatsvinden en zullen verschillende schorzones kunnen ontstaan, Figuur 49. Deze ecotopen veranderen in H1330. Duindoorn en duingrasland typen blijven intact H2130 en H2160. Hoog gelegen ruigtes, graslanden en bossen zullen een aantal maal per jaar overstroomd worden. Bomen zullen sterven en de vegetatie zal verruigen: H6430.



Figuur 48. Potentiële habitattypen in Haringvliet, Hollands Diep, Biesbosch en Volkerak-Zoommeer voor de situatie met herstel van estuariene dynamiek.



Figuur 49. Kwelderzones en overvloedingsduur en -frequentie. Bron: Kees Dijkema.

De arealen aan potentiële habitattypen voor de huidige situatie en voor de situatie met herstel van estuariene dynamiek zijn geven in Tabel 17 en Tabel 18. Er is een uitsplitsing gemaakt voor het westelijke deel (feitelijk Haringvliet en Volkerak-Zoommeer), dat brak wordt bij herstel van estuariene dynamiek en het oostelijke deel (Hollandsch Diep en Biesbosch), dat zoet blijft.

Het areaal aan Grijs duinen en Duindoornstruwelen dat is gelegen aan het Quackgors, blijft intact. Het areaal aan Slikkige rivieroeveren in het Haringvliet verdwijnt (15 ha., 15% van totaal), maar wordt gewijzigd in Zilte pionierbegroeiingen. Het areaal Ruigten en Zomen neemt met 17% toe in het westelijke deel. Er vindt een verschuiving plaats van Ruigten en Zomen in het Haringvliet naar Ruigten en Zomen in het Volkerak-Zoommeer. De Glanshaver en vossenaarthooilanden in het westelijke deel gaan verdwijnen (115 ha., 43% van totaal). **Een betere analyse van het exacte voorkomen van dit habitatype is absoluut noodzakelijk.** De alluviale bossen in het westelijke deel gaan verdwijnen (81 ha., 4% van totaal). In het westelijke deel komen nieuwe habitattypen, vooral veel zandbanken en –platen. Ook komt er veel potentie voor schorren en zilte graslanden.

Tabel 17. Arealen aan potentiële habitattypen in Haringvliet, Hollandsch Diep, Biesbosch en Volkerak-Zoommeer in huidige situatie.

Habitatype	Omschrijving	Tot. (ha.)	West (ha.)	Oost (ha.)
H2130	Grijze duinen	7	7	0
H2160	Duindoornstruwelen	31	31	0
H3270	Slikkige rivieroeveren	102	15	87
H6430	Ruigten en zomen	1595	702	893
H6510	Glanshaver en vossenaarthooilanden	265	115	150
H91E0	Vochtige alluviale bossen	1959	81	1878
Overig		34556	18544	16011

Tabel 18. Arealen aan potentiële habitattypen in Haringvliet, Hollandsch Diep, Biesbosch en Volkerak-Zoommeer bij herstel estuariene dynamiek.

Habitatype	Omschrijving	Tot. (ha.)	West (ha.)	Oost (ha.)
H1110	Permanent overstroomde zandbanken	14205	14205	0
H1140	Slik en zandplaten	448	448	0
H1310	Zilte pionierbegroeiingen	15	15	0
H1330	Schorren en zilte graslanden	1500	1500	0
H2130	Grijze duinen	7	7	0
H2160	Duindoornstruwelen	31	31	0
H6430	Ruigten en zomen	1658	819	893
H3270	Slikkige rivieroever	87	0	87
H6510	Glanshaver en vossestaartheooilanden	150	0	150
H91E0	Vochtige alluviale bossen	1878	0	1878
Overig		18480	2469	16011

De bovenstaande analyse geeft een ruw idee van de veranderingen die zullen optreden in Haringvliet en Volkerak-Zoommeer. In de Oosterschelde verandert nauwelijks iets. Een analyse kon niet gemaakt worden van het Grevelingenmeer, waar veranderingen zullen optreden door de getij-involed. Ook kon geen analyse gemaakt worden van het Markiezaatsmeer en de Binnenschelde (geen Natura2000 gebied), gebieden die zoet stagnant zijn en zout met getij worden.

Ontwikkeling van intergetijdegebieden

In alle vier de varianten zullen grote delen van voormalig zoute platen en slikken opnieuw onder invloed van het getij komen te staan. Dit geldt vooral voor de gebieden in de kom van de Oosterschelde, voor het Krammer-Volkerak en het Grevelingenmeer. In het getijbekken van de Oosterschelde, inclusief Krammer-Volkerak, is als gevolg van de Deltawerken zo'n 65 km² voormalig intergetijdegebied verloren gegaan (Nienhuis & Smaal 1994). Het Grevelingenmeer bevat momenteel zo'n 30 km² permanent drooggevalen gebied (NG 2006) dat weer onder getij-involed kan komen. Echter, of de totale toename aan intergetijdegebied 95 km² bedraagt zal nadere GIS-analyse moeten uitwijzen. In de Oosterschelde is al zo'n 10 km² door de zandhonger verdwenen. Bovendien zal een deel geen intergetijdegebied worden vanwege de reductie in getijslag vergeleken met de oorspronkelijke situatie. Desalniettemin zal de (initiële) toename aan intergetijdezone aanzienlijk zijn.

De te ontwikkelen intergetijdegebieden zijn in eerste instantie geen platen, slikken en schorren zoals we die kennen in de Oosterschelde. De huidige zoetwatersystemen (Volkerak-Zoommeer, Markiezaat, Binnenschelde) hebben zich in de afgelopen decennia ontwikkeld tot ruigtes, struwelen en bossen. Ook de hoger gelegen delen van het Grevelingenmeer zijn verruigd en verbost, mede afhankelijk van de vorm van beheer. Voor deze systemen betekent het toelaten van zout getij een enorme ecologische verandering. **De zoetwatersoorten zullen verdwijnen. Sommige hooggelegen delen komen buiten invloed van het getij, maar wel onder stresscondities van periodieke overstroming en saltspray zodat hier een ruigte vegetatie ontwikkelt. De in gang gezette verbossing zal stoppen, bomen zullen afsterven en in de eerste jaren zal een enorme hoeveelheid dood organisch materiaal verzamelen.** Er is een aardige opslag aan hout ontstaan en veel ervan zal afsterven, op de grond vallen en wegrotten. Dit kan mogelijk zelfs implicaties hebben voor de waterkwaliteit, omdat de afbraak van dit materiaal een groot zuurstofvermogen vergt.

7.5 Effecten op Natura 2000 soorten

In paragraaf 5.3 zijn de Natura 2000 soorten benoemd die in de geselecteerde gebieden in de Zuidwestelijke Delta voorkomen. Onderstaand is beschreven wat het mogelijke effect is van het herstel van estuariene dynamiek op hun voorkomen. Voor alle vier de inrichtingsvarianten, die op macroschaal estuariene dynamiek herstellen, is het effect op de Natura 2000 soorten nagenoeg gelijk. Voor de trekvis is variant DD4 het meest gunstig, omdat dit vrije migratieroutes zonder doorlaatmiddelen kent. Maar ook met doorlaatmiddelen, eventueel in combinatie met vispassages, is een verbetering voor trekvis te bereiken. Een onderscheid in effecten op

soorten is beter te maken vanuit het perspectief van micro-, meso- en macroschaalmaatregelen, omdat soortgericht beheer meer effect sorteert.

Trekvissen

In totaal 5 trekvissen uit de habitatrichtlijn komen voor in de gebieden Voordelta (113), Haringvliet (109), Hollandsch Diep (111) en Biesbosch (112).

De *Zeeprík* is een anadrome trekvis (trekt stroomopwaarts naar paaigebieden). Het paait in snelstromende grindrivieren, bijvoorbeeld bovenstrooms in de Maas of Rijn. De larven groeien op in slibrijke rivierbodems. De volwassen fase wordt in de mariene zone doorgebracht in het Noord Atlantische gebied (Hartgers *et al.* 2001). De Voordelta speelt waarschijnlijk een rol als (tijdelijke) verblijfplaats van volwassen dieren (20-30 maanden oud) die de rivieren op willen trekken. Het Haringvliet, het Hollandsch Diep en de Biesbosch worden hierbij gebruikt als trekroute. Het Hollandsch Diep kan verder ook een rol spelen als opgroeigebied voor larven. **Een open Delta (en het elders verbeteren van de trekroutes) is bevorderend voor het verdere herstel van de Zeeprík.**

De *Rivierprík* heeft een soortgelijke levenscyclus als de Zeeprík. Het is een anadrome trekvis die paait in de midden- en bovenlopen van rivieren en de adulten leven 2 zomers in het mariene systeem. De Rivierprík is hierbij meer een kustgebonden en estuariene soort dan de Zeeprík (Hartgers *et al.* 2001). De Voordelta is waarschijnlijk een belangrijk verblijfsgebied voor adulten. Het Haringvliet, Hollandsch Diep en de Biesbosch zijn doortrekgebieden. **Een open Delta (en het elders verbeteren van de trekroutes) is bevorderend voor het verdere herstel van de Rivierprík.**

De *Elft* is een haringachtige anadrome trekvis die in Nederland is uitgestorven. Het heeft zijn paaigebieden in bovenstroomse, snelstromende grindrivieren, waarbij het ook paait in de hoofdloop. In Nederland waren geen paaigebieden. Het heeft belangrijke opgroeigebieden in estuaria. Jonge vissen verblijven dicht aan de kust, ouderen trekken zeewaarts (Hartgers *et al.* 2001). **De Voordelta kan fungeren als verblijfsgebied, het Haringvliet kan een functie vervullen als opgroeigebied. Dan dient wel de estuariene dynamiek hersteld te worden (inclusief getij).** Hollandsch Diep en Biesbosch zijn doortrekgebieden.

De *Fint* is nauw verwant aan de Elft. Hybride vormen kwamen dan ook veel voor. Fint is een anadrome haringachtige trekvis, maar had zijn paaigebieden veel meer in benedenstroomse delen van rivieren dan de Elft (Hartgers *et al.* 2001). Volwassen Finten paaien in zoetwatergetijdegebieden, daar waar ongeveer de getijgrens ligt (Jager *et al.* 2004). Jonge exemplaren trekken naar de estuaria en ondiepe kustzone om op te groeien en om daarna naar zee te trekken. De Voordelta is een verblijfsgebied voor jonge Fint, het Haringvliet en Hollandsch Diep zijn een doortrekgebied en opgroeigebied en de Biesbosch is (was) een zeer belangrijk paaigebied. **Herstellen van de estuariene dynamiek in de riviertak Haringvliet - Hollandsch Diep - Biesbosch, zodat het weer een getijderivier wordt geeft kans op herstel van de populatie Fint en het voormalig grootste paaigebied in de Biesbosch.**

De *Zalm* is een anadrome trekvis die zijn levenscyclus vervult in een zeer langgerekt gebied van bergbeken tot de oceaan. De paai vindt plaats in koele en snelstromende bergbeken. De Zalm groeit 2-3 jaar op in de rivier en trekt dan naar zee. Op zee vindt een snelle groei plaats en hier is zijn verspreidingsgebied tot aan Groenland toe. Na minimaal één winter trekt de Zalm de rivier weer op om terug te keren naar zijn geboorteplaats. Wilde Zalm is in Nederland verdwenen en keert langzaam terug door uitzetprojecten (Hartgers *et al.* 2001). De Voordelta, het Haringvliet, het Hollandsch Diep en de Biesbosch fungeerden als doortrekgebied. **Een open Delta (en het elders verbeteren van de trekroutes) is bevorderend voor het verdere herstel van de Zalm.**

Zoetwatervissen

Vier zoetwatervissen uit de habitatrichtlijn komen voor in de geselecteerde Natura 2000 gebieden, dit zijn de Bittervoorn, de Grote en de Kleine modderkruiper en de Rivierdonderpad. Alle vier de soorten worden genoemd voor de Biesbosch, Bittervoorn en Kleine modderkruiper worden ook genoemd voor het Krammer-Volkerak en Rivierdonderpad wordt ook genoemd voor het Haringvliet.

De *Bittervoorn* is een kleine karperachtige die voorkomt in Laag-Nederland: poldersloten in het laagveengebied, zoetwatergetijdegebied, zeekleigebied en rivierengebied. Het huidige voorkomen is talrijk; waarschijnlijk bevindt slechts 10% zich in Natura 2000 gebieden. **De soort is afhankelijk van grote zoetwatermosselen voor de**

eiafzet. Het westelijk rivierengebied, inclusief Krammer-Volkerak en Biesbosch geldt als een van de vier kerngebieden. De Bittervoorn is een zoetwatervis en heeft waarschijnlijk een lage zouttolerantie. In 1921 is waargenomen dat de soort verdween uit de polder Geesterambacht waar verzilting optrad. Ook komt het niet voor in polders met zoute kwel. Bittervoorns worden in zowel stilstaand als langzaam stromend water aangetroffen (De Lange & Emmerik 2006). **Wanneer het Krammer-Volkerak estuarien wordt gemaakt zal de soort zich hier niet kunnen handhaven. Dit is niet problematisch voor de instandhouding van de soort, gezien zijn grote verspreidingsgebied.**

De *Grote modderkruiper* is een lange, slanke bodembewonende vis. Hij is goed aangepast aan schommelingen in zuurstofgehalte. De Grote modderkruiper kent een riviergebonden verspreiding, waarbij vooral de kleinere wateren en sloten worden bewoond. De soort is het meest talrijk in stilstaande wateren, maar hij wordt ook gevonden in stromende wateren. De aanwezigheid van vegetatie is belangrijk. Hij is met name talrijk op overgangen tussen klei en zand waar veenvorming plaatsvindt (Van Eekelen & Berg 2006). De killen aan de oostkant van de Biesbosch vormen een kerngebied van hun verspreiding. **Het is onduidelijk of het versterken van de getijdynamiek in de Biesbosch de soortverspreiding beïnvloedt.**

De *Kleine modderkruiper* is vergelijkbaar met de Grote modderkruiper. Zijn verspreidingsbeeld is talrijker. De Veluwerandmeren vormen een grote bijdrage in Nederland, en verder wordt hij in hoge dichtheden gevonden in beekdalen in Noord-Limburg en Oost Noord-Brabant, in het Kromme-Rijng gebied, in het veenweidegebied en in de komgronden van de rivieren. **Wanneer het Krammer-Volkerak estuarien wordt gemaakt zal de soort zich hier niet kunnen handhaven. Dit is niet problematisch voor de instandhouding van de soort, gezien zijn grote verspreidingsgebied.**

De *Rivierdonderpad* is een stroomminnende soort die vooral op stenig of zandig substraat voorkomt. Schuilgelegenheid is belangrijk. De Rivierdonderpad is zeer honkvast en zal zich niet ver van zijn schuilplaats begeven. Van oorsprong was hij te vinden in beekdalen, maar hij heeft zich gaandeweg verspreid op allerlei kunstmatige harde substraten van de grote wateren. Het Haringvliet en (relatief in mindere mate) de Biesbosch bevatten deelpopulaties. **Wanneer de estuariene dynamiek in het Haringvliet wordt hersteld gaat dit ten koste van de lokale populatie. Dit is niet van essentieel belang voor de instandhouding van de soort.**

Zoogdieren

Drie soorten zoogdieren vallend onder de habitatrichtlijn bevinden zich in de geselecteerde Natura 2000 gebieden.

De *Bever* is een groot knaagdier. De in Nederland levende bevers bouwen geen dammen, maar burchten met een ingang onder water. De Biesbosch (112) is belangrijk voor de verspreiding van de soort. **Herstel van het zoetwatergetij betekent dat een aanpassing van de Bevers van hun burchten nodig is. Anderzijds is een te verwachten verjonging van de wilgenvegetatie gunstig voor de voedselkwaliteit** (o.a. door het hoge fosforgehalte van de bladeren dat nodig is voor zwangere vrouwtjes).

De *Noordse woelmuis* is een op een hamster gelijkende, vrij forse muis kenmerkend voor natte riet- en ruigtevegetaties in laagveen en kleigebieden. **De ondersoort *Microtus oeconomus arenicola* is het enige endemische zoogdier van Nederland** en heeft daarom een speciale beschermingsstatus. Het Deltagebied is een van de vijf regio's waar de Noordse woelmuis voorkomt. Met name het Grevelingenmeer (115) is hierbij van groot belang en verder de Oude Maas (108), het Haringvliet (109), het Hollandsch Diep (111), de Biesbosch (112), het Krammer-Volkerak (114) en de Oosterschelde (118). De belangrijkste bedreiging voor het habitat van de Noordse woelmuis is vegetatiesuccessie naar houtige vegetaties en bossen. **Dit kan worden tegengegaan door actief bosbeheer, of door herstel van estuariene dynamiek.** Een andere bedreiging is concurrentie met de Veldmuis en de Aardmuis. Hiervoor zijn de habitatcondities maatgevend. De Veldmuis beperkt zich tot droge, korte grasvegetaties, de Aardmuis tot iets verdrogende riet- en ruigtevegetaties en de Noordse woelmuis tot echt natte en/of periodiek overstromende riet- en ruigtevegetaties en graslanden. Er zijn waarnemingen dat op plaatsen waar een wisselend peil stabiel wordt de Aardmuis dominant wordt, terwijl daar waar de peilen fluctueren de Noordse woelmuis dominant is. **Het herstellen van getij en peilwisselingen in combinatie met brak tot zout water levert de gewenste ruige vegetatie op voor de Noordse woelmuis.**

De *Gewone zeehond* is een van de twee soorten zeehonden die in Nederland voorkomt. De kern van zijn verspreidingsgebied ligt in de Waddenzee en slechts een kleine deelpopulatie (zo'n 100 stuks) bevindt zich in de Delta. Hier is de reproductie te laag voor een stabiele populatie en is het voortbestaan afhankelijk van immigratie uit de Waddenzee. Van de geselecteerde gebieden komt de Gewone zeehond voor in de Voordelta (113) en de Oosterschelde (118). **De Voordelta zou een betere geschiktheid kunnen krijgen wanneer er meer hoge zandplaten zijn.**

Planten

Twee plantensoorten komen voor in de geselecteerde Natura 2000 gebieden, een mossoort en een hogere plant, een orchidee.

Tonghaarmuts is een bladmos van ongeveer 1 cm lang. Zijn grootste verspreiding heeft het in jonge wilgenbossen in het rivierengebied, maar het wordt ook gevonden langs enkele beken en zelfs in een jong eikenbos. Tonghaarmuts vertoont nomadisch gedrag: het is slechts een korte periode aanwezig op dezelfde plek en produceert dan veel sporen. De Biesbosch is van groot nationaal belang voor de soort. Een bedreiging hier vormt de toenemende veroudering en het uniforme karakter van de wilgenbossen. **Waarschijnlijk dat een vergroting van de getijdynamiek kan bijdragen aan verjonging van het bosbestand zodat er meer vestigingsplaatsen voor Tonghaarmuts komen.**

De *Groenknolorchis* is een orchidee van natte en schrale duinvalleien. Verdroging en verruiging met Duinriet en Duindoorn bedreigen zijn habitat. Van de geselecteerde gebieden in de Delta is alleen het Grevelingenmeer aangemeld. **Effecten van herstel estuariene dynamiek op de Groenknolorchis zijn niet groot en verbetering is vooral op microschaal te realiseren door vegetatiebeheer gericht op verschraling.**

Nauwe korfslak

De *Nauwe korfslak* is een klein landslakje met een linksgewonden huisje van 1,9 mm hoog en 1,0 mm breed. Het leeft van detritus, organisch materiaal en schimmels in en onder bodemstrooisel en tussen begroeiing in vochtige, kalkrijke duingebieden van zuid- en midden-Nederland. Het is aangetroffen in het duingebied van west Zeeuws-Vlaanderen. De Nauwe korfslak is niet specifiek voor Estuaria, maar wordt genoemd als habitatrictlijnsoort voor Westerschelde en Saeftinghe. **Effecten van herstel estuariene dynamiek op de Nauwe Korfslak zijn niet groot, verbetering is vooral op microschaal te realiseren.**

Vogels

In totaal 57 soorten vogels van de vogelrichtlijn bevinden zich in de geselecteerde Natura 2000 gebieden. Voor een afweging van de gevolgen van herstel van estuariene dynamiek is het van belang om integraal naar de Delta te kijken. Concreet is het bijvoorbeeld een mogelijkheid voor steltlopers uit de Oosterschelde om uit te wijken naar een brak/zout Volkerak wanneer de zandhonger voortzet. Aan de andere kant zullen zoetwatergebonden vogels uit het Volkerakmeer in de estuariene variant binnen de Delta uitwijkmogelijkheden hebben naar Hollandsch Diep en Biesbosch. Een dergelijke analyse kan gemaakt worden aan de hand van de voedsel- en habitatvoorkeur van de vogelsoorten en de draagkracht van de verschillende deelgebieden.

Algemeen gesteld is de tendens van de huidige, concrete plannen voor herstel van estuariene dynamiek dat zoet water zouter wordt gemaakt. Dit geldt voor het Haringvliet en voor het Volkerak-Zoommeer. Een relatief klein oppervlakte van de Oosterschelde wordt zoeter gemaakt in deze plannen. Op de langere termijn zijn er plannen om meer zoet water in het Grevelingenmeer in te laten. Echter, dit levert hooguit brak water op in het Grevelingenmeer; de overgang naar zoet zal in het Hollandsch Diep liggen bij de verwachte zoetwaterafvoer. Ook binnendijks is de hoofdrichting het verzilten van de natuur. **Voor de zoetwatervogels betekent dit alles een flinke achteruitgang in geschiktheid. Een eerste inschatting is dat dit met name geldt voor de Krakeend, Kuifeend, Visarend en Grutto.** Maar een betere en veel uitgebreidere analyse is hier op zijn plaats.

Samenvatting

Voor de Nauwe korfslak en de Groenknolorchis zijn vooral microschaal beheermaatregelen van belang. Voor de Noordse woelmuis is het herstel van getij en peilwisselingen op mesoschaal het meest veelbelovend. Voor de trekvis en grote zoogdieren zijn macroschaalmaatregelen het gunstigst, Tabel 19.

Herstelmaatregelen voor estuariene dynamiek zijn ongunstig voor de Bittervoorn, Grote en Kleine modderkruiper en Rivierdonderpad, maar dit is niet problematisch voor de instandhouding van deze soorten.

Tabel 19. Overzicht van meest kansrijke herstelmaatregelen voor Natura 2000 soorten.

		Herstelmaatregelen estuariene dynamiek			
Biotisch aspect	Parameters	Micro	Meso	Macro	Ongunstig
Natura 2000	Schaal waarop maatregelen voor instandhoudingsdoelen van Natura 2000 soorten het meeste effect sorteren	Groenknolorchis Nauwe korfslak	Noordse woelmuis	Zeeprík Rivierprík Elft Fint Zalm Bever Gewone Zeehond Tonghaarmuts	Bittervoorn Grote en kleine modderkruiper Rivierdonderpad

7.6 Effecten op visserij

7.6.1 Inleiding

Het herstel van zoet-zout gradiënten en/of getijwerking zal zonder twijfel een impact hebben op de vispopulaties en dus de visserij. Vooral het verzoeten of verzouten van systemen zal een verschuiving in soortensamenstelling teweeg brengen naar soorten met andere zouttoleranties en/of preferenties die beter zijn aangepast aan het systeem. Het creëren en herstellen van overgangen zal in het algemeen de migratie van vissoorten bevorderen. In hoeverre ze de visserij zullen beïnvloeden hangt af van de mogelijkheid van (commerciële) soorten om tot exploitatiebare bestanden te komen. Als voorwaarde voor de ontwikkeling van een rendabele visstand geldt voor de meeste soorten dat een zo stabiel mogelijke zoet-zout gradiënt moet ontstaan, en dat onverwachte zoet- of zoutpieken in de waterkolom zoveel mogelijk moeten worden vermeden. Bij een te geringe zoetwaterinput in zoutwater bestaat het risico dat er stratificatie zal optreden, hetgeen zuurstofloosheid op de bodem en in de onderste waterlagen kan veroorzaken. Verder speelt ook de kwaliteit van het zoetwater dat in zoute systemen wordt ingelaten een belangrijke rol in de ontwikkeling van visbare bestanden. In zoetwaterbodems zitten meestal hoge concentraties aan PCB's en andere verontreinigende stoffen afkomstig van de industriële activiteiten stroomopwaarts langs de rivieren. Er moet worden voorkomen dat deze verontreiniging zich verder zou uitbreiden over het oppervlaktewater, temeer omdat de mobiliteit van dergelijke stoffen beïnvloed kan worden door zoutgehalte en zuurstofconcentratie.

De herintroductie van zoet-zoutgradiënten kan een positief effect hebben op de schelpdiervisserij. Enerzijds blijkt zaadval succesvoller te zijn in gebieden met een beperkte zoetwatertoevoer dan in zoutwatersystemen. Een wetenschappelijke verklaring hiervoor is er nog niet, maar het fenomeen werd wel verschillende keren geobserveerd (Van Stralen M, pers. comm.). Anderzijds is zoet rivierwater vaak rijk aan voedingsstoffen door afvloeien van nutriënten van land. De aanvoer van dit voedselrijk water kan zorgen voor een toename van de primaire productie, waardoor de draagkracht van het systeem toeneemt. Dit kan positief uitpakken voor schelpdieren, maar ook vispopulaties kunnen er voordeel uithalen. Naast de schelpdieren voedt ook het zooplankton zich met fytoplankton, waardoor het voedselaanbod voor juveniele vis groter wordt.

De intergetijdengebieden in brak en zout water, die ontstaan door het (gedeeltelijk) openen van de verbinding met de zee, kunnen zich ontwikkelen tot waardevolle kraamkamers voor juveniele vis. Deze vissen zullen als adult meestal de open zee intrekken waardoor ze positief bijdragen tot visbestanden in de Voordelta. Verder kunnen de juvenielen ook een belangrijke voedselbron worden voor de lokale vispopulaties.

Aan de hand van een literatuurstudie wordt nagegaan hoe het herstel van zoet-zout gradiënten, en getijdenwerking de visserij zou kunnen beïnvloeden in de verschillende deelgebieden van de Delta. Er wordt een overzicht gegeven van de huidige visserij en de veranderingen die kunnen optreden bij de verschillende beheersvarianten.

7.6.2 Huidige situatie voor de visserij

Haringvliet

Beroepvisserij

Momenteel heeft de beroepvisserij vrijwel alleen de rechten op aalvisserij. Er wordt jaarrond gevist met fuiken in het hele gebied; schietfuiken en kubben worden gebruikt voor aalvisserij in de diepste geulen en putten. Daarnaast zijn er ook beperkte rechten voor de bevissing van pootvissen, voornamelijk brasem en blankvoorn. Aan de zeezijde wordt gevist op schaal- en schelpdieren (kokkels, *Spisula*, garnalen) en vissen (onder andere tong en schol). Er worden ook incidenteel aanzienlijke hoeveelheden zoetwatervis gevangen aan de zeezijde van de Haringvlietssluisen. Bij sterke zoetwaterafvoer kan de monding van het Haringvliet aan de zeezijde sterk verzoeten en wordt zoetwatervis de rivier uitgespoeld. Door het sluiten van de sluisen bij vloed, kunnen deze vissen de rivier niet terug opzwemmen. Snoekbaars die op deze manier gevangen wordt kan verhandeld worden.

Sportvisserij

Het Haringvliet is een aantrekkelijk sportvisgebied omdat er gemiddeld 2 tot 3 keer zoveel vissen per uur worden gevangen dan het landelijk gemiddelde. Het beste sportviswater is het (door een sluis van het Haringvliet gescheiden) Kanaal door Voorne; hier worden regelmatig viswedstrijden gehouden. Brasem en Blankvoorn worden het meest gevangen. Op afstand volgen: Ruisvoorn, Snoekbaars, Winde, Paling, Kolblei, Baars, Karper, Snoek en Alver. In het mondingsgebied van het Haringvliet (het zeegedeelte ten westen van de Haringvlietdam) wordt relatief vaak op Zeeforel gevist.

De sportvisserij huurt de schubvis rechten in vrijwel het gehele gebied. Het Haringvliet en Hollandsch Diep worden zowel vanaf de oevers als vanuit bootjes bevist (LNV 1997).

Volkerak Zoommeer

Beroepvisserij

Het visbestand in het Volkerak-Zoommeer bestaat voornamelijk uit brasem en snoekbaars en er is intrek van glasaal vanuit de Oosterschelde (Philipsdam en Bergse Diep sluisen) en de Westerschelde. Volgens plaatselijke vissers is er een paaigebied voor snoekbaars aanwezig in het noordwesten van het gebied (Schneider *et al.* 2006). De visserij beperkt zich momenteel tot snoekbaars, brasem en aal. Vijf vissers hebben de nodige vergunning (Haas *et al.* 2001).

Sportvisserij

Het Volkerak Zoommeer is als één van de grootste zoetwaterbekkens van Nederland een erg geliefd gebied voor de sportvissers. Momenteel worden vooral snoekbaars, snoek, brasem en voorn gevangen (www.snoekbaarsvissers.nl).

Oosterschelde

Beroepvisserij

De Oosterschelde is van groot commercieel belang voor Zeeland (Van Berchum & Wattel 1997). Vooral de schelpdiercultuur is er een bloeiende activiteit, met op kop de kweek van mosselen. Door de beperkte zaadval wordt mosselzaad opgevisst in de Waddenzee en uitgezaaid over percelen in de Oosterschelde.

De kweek van de inheemse platte oester is verdwenen en vervangen door de Japanse oester, die in 1964 is geïntroduceerd en nu de bestanden domineert.

De dichtheid aan kokkels varieert sterk van jaar tot jaar (Haas 1998). Voor de kokkelvisserij is een duurzaam visserijplan uitgewerkt, waarbij jaarlijks wordt geëvalueerd of de kokkelbestanden groot genoeg zijn om Scholeksters van voedsel te voorzien (Steenbergen 2003). Een uitspraak van de Raad van State d.d. 24 oktober 2007 heeft echter bepaald dat de mechanische kokkelvisserij in 2006 in strijd was met de natuurbeschermingswet (RvS 2007).

Het afsluiten van de zoetwatertoevoer naar de Oosterschelde had een positief effect op de ontwikkeling van de kreeftpopulatie (Steenbergen 2003). Vooral juveniele kreeften vereisen een hoge saliniteit (Schuiling *et al.* 1998), en hun ontwikkeling kan verhinderd worden door de input van zoet water. De harde substraten van de dijkglooiingen, maar ook de oesterriffen vormen een geschikt habitat voor de kreeften. Er zijn een aantal kreeftenvissers actief van april tot half juli.

Palingvisserij komt voor gedurende een aantal maanden per jaar (<http://www.deltawerken.com/Visserij/>). Er is ook beperkte visserij met sleepnetten waarbij vooral tong, schol, zeebaars, soms garnalen, maar ook paling en kreeft gevangen wordt (www.npoosterschelde.nl).

Sportvisserij

Tong, bot, schar, paling, wijting, makreel, zeebaars en geep zijn enkele van de eetbare soorten die door de sportvissers in de Oosterschelde worden gevangen (www.npoosterschelde.nl).

Grevelingenmeer

Beroepvisserij

De voornaamste inkomsten voor de beroepvisserij worden gehaald uit de vangst van aal, kreeft en oesters. Momenteel zijn 7 bedrijven hierbij commercieel actief. De kweek van de oorspronkelijke Zeeuwse platte oester (*Ostrea edulis*) beperkt zich tot het Grevelingenmeer (Louisse 2005). In andere delen van de Delta wordt hun habitat bijna volledig ingenomen door de Japanse oester. Ongeveer 16 oestervissers halen hun inkomsten uit de visserij op het Grevelingenmeer (NG 2006). De oestervissers kregen al meerdere keren te maken met massale oestersterfte ten gevolge van een tekort aan zuurstof bij de bodem. Vooral in 2006 werden grote verliezen genoteerd toen sommige percelen volledig vernield werden na de warme maand juli. Ook vissen en kreeften werden toen het slachtoffer van het zuurstoftekort. Sinds kort wordt er aan de hand van experimentele opstellingen geprobeerd mosselzaad in te vangen in het Grevelingenmeer.

Sportvisserij

In het Grevelingenmeer wordt vanaf de oever en vanaf bootjes gevist op allerhande zoutwatervis, zoals wijting, schol, bot, schar en tarbot. Ook paling wordt er opgevist. De sportvisserij is er de laatste jaren sterk teruggelopen, vooral omdat de platvisbestanden sterk zijn achteruitgegaan, niet alleen door bevissing en natuurlijke sterfte, maar ook omdat migratie vanuit zee maar beperkt mogelijk is (Hoeksema 2002).

Veerse Meer

Beroepvisserij

Vóór het herstel van de verbinding met de Oosterschelde waren drie beroepsvissers actief op aalvisserij op het Veerse Meer. Door de stratificatie kon echter de totale productiecapaciteit van het meer niet optimaal benut worden. Ook was er kans dat de aal het gebied zou wegtrekken doordat de wisseling van zomer- naar winterpeil gebeurde op het moment van de schieraaltrek, alhoewel er wel rekening werd gehouden met de aalvisserij bij het spuien (RWS-Zeeland 1989). Sinds de installatie van het doorlaatmiddel in de zandkreekdam wordt naast de aalvisserij door de visserijsector de mogelijkheid gezien om mosselzaad in te vangen in het Veerse Meer. Gezien de beschikbaarheid van mosselzaad sterk is afgenomen, is dit een commercieel interessante ontwikkeling. Verder ziet de sector ook mogelijkheden in kreeftenvangst, maar de kreeften zijn nu nog klein en worden daarom nog niet bevestigd (www.visserijnieuws.punt.nl). Ook openen zich mogelijkheden voor de kweek van de platte oester of van sint-jakobsschelpen. Tegelijkertijd dreigt echter ook het gevaar dat de Japanse oester massaal het Veerse Meer zal koloniseren via de verbinding met de Oosterschelde, zoals dat reeds in andere delen van de Delta gebeurde.

Sportvisserij

Elk voorjaar worden in het Veerse Meer regenboogforel en, in mindere mate, beekforel uitgezet. Sinds de ingebruikname van de sluizen lijkt de forelstand achteruit te gaan. Het is niet duidelijk of de forellen via de sluizen het Veerse Meer uittrekken, of zich verplaatst hebben naar de diepere delen, waar ze nu ook kunnen overleven sinds de verbetering van de waterkwaliteit. Naast deze uitgezette soorten wordt ook gevist op aal, en in beperkte mate ook schol en bot (Rijkswaterstaat Directie Zeeland, 1990).

7.6.3 Ontwikkeling visserij voor de vier varianten voor estuariene dynamiek

Haringvliet

De te verwachten impact op de visserij is dezelfde onder elk van de besproken inrichtingsvarianten, gezien telkens wordt voorzien dat de sluisen worden opengezet, behalve bij stormvloed.

Beroepvisserij

Door de instroom van zout water zal het westelijk deel van het Haringvliet brak worden waardoor een deel van het habitat voor zoetwatervissen verloren zal gaan. **De visserij op snoekbaars en baars zal naar verwachting mogelijk blijven in het oostelijk deel van het Haringvliet.** De rechten voor de zoetwatervisserij liggen echter momenteel bij de sportvisserij (Beek & Meijer 1997).

De westelijke zone zal worden ingenomen door - potentieel bevisbare - brakwatersoorten. **Zo wordt verwacht dat de trek van spiering in het Haringvliet sterk zal toenemen.** Vóór het plaatsen van de sluisen was de spieringtrek massaal in het Haringvliet en was commerciële visserij mogelijk. Het valt dus nog af te wachten of er opnieuw een rendabele spieringstand zal ontwikkelen onder het alternatief stormvloedkering (Beek *et al.* 1997; RWS-ZH 1998a), maar de kans op succes is groter dan bij een Kiervariant. **De brakwaterzone zou een belangrijke habitat kunnen vormen voor (bepaalde levensfasen van) platvis.** Bot zou zich er terug kunnen ontwikkelen, mogelijk tot een commercieel bevisbaar bestand (Beek *et al.* 1997; RWS-ZH 1998a). Verder kunnen door het openstellen van de sluisen eieren en larven van andere platvissen – zoals schol en tong - binnenstromen, waar ze vervolgens kunnen opgroeien tot juvenielen. **Volwassen dieren zullen echter de brakwaterzone verlaten omdat zij – in tegenstelling tot de jonge stadia – niet tolerant zijn voor lage zoutgehalten. Bevissing van deze soorten in het Haringvliet is daardoor geen optie, maar als kinderkamer zou het kunnen bijdragen tot de totale visbestanden in de Voordelta. Ook voor andere typisch mariene soorten zal het Haringvliet geen geschikte habitat bieden omdat de saliniteit er te laag en te onstabiel zal zijn.**

De meer geleidelijke overgang van zout naar zoet kan een positief effect hebben op de zaadval en groei van tweekleppigen, zoals de kokkel en *Spisula*. Toch lijkt een rendabele visserij onwaarschijnlijk want de onstabiele zoutgehalten kunnen een limiterende factor zijn (Beek *et al.* 1997). Het opvissen van het kokkelzaad zou echter wel een optie kunnen zijn, indien dit gebeurt vóór de periode van sterke zoetwater afvoer (Craeymeersch, pers. comm.).

De opbrengst van de palingvangst zal waarschijnlijk geen grote veranderingen ondervinden. **De paling vertoont een brede zouttolerantie en wordt verwacht stabiele populaties op te kunnen bouwen in de brakwaterzone.** Mogelijk zal een aanpassing van de vistuigen nodig zijn om te vissen bij de hogere stroomsnelheden nabij de sluisen (Beek *et al.* 1997). Bij het alternatief stormvloedkering zal het probleem van de nu optredende zuurstofloosheid (zo goed als) onbestaand zijn door de grote dynamiek die in het Haringvliet zal voorkomen. **De mogelijkheid bestaat dat schieraal sneller zal wegtrekken uit het Haringvliet, met een afname van de vangst tot gevolg; anderzijds zal de glasaal vermoedelijk betere intrekmogelijkheden hebben, waardoor deze verliezen (gedeeltelijk) gecompenseerd kunnen worden** (RWS-ZH 1998a). De glasaal intrek heeft de voorbije jaren sterke fluctuaties gekend, waardoor een voorspelling van de opbrengst – ook zonder aanpassing van het sluisbeheer – heel moeilijk is (Beek *et al.* 1997).

Voor de visserij op zoutwaterorganismen (vis, tweekleppigen, schaaldieren) aan de zeezijde van de sluisen worden geen negatieve effecten verwacht van de alternatieve beheersvormen. **Wel zal de vangst van de uitgespoelde zoetwatervis daar afnemen.**

Bij het alternatief stormvloedkering wordt verwacht dat na een aantal jaar een stabiele situatie kan ontstaan voor ontwikkeling van stabiele en commercieel exploitatieerbare populaties (LNV, 1997). **Toch zal ook hier de frequentie van verzoeting van het systeem bij extreme rivierafvoer (zie paragraaf 7.2) het succes van de visserij mee helpen bepalen.** De gemeenschappen die zich zullen vestigen moeten in staat zijn zich aan deze omstandigheden aan te passen of mee te bewegen met de brakke zone die zich kan verplaatsen tot buiten het Haringvliet.

Sportvisserij

Doordat het westelijk deel van het Haringvliet brak zal worden, zal de **diversiteit voor het gebied als geheel toenemen,** hetgeen als positief beschouwd wordt door de sportvisserij (Beek *et al.* 1997).

De hoge visstand in het voor sportvissers belangrijke Kanaal door Voorne is waarschijnlijk te danken aan de overwinteringsmogelijkheden van de zoetwatervissen in het diepere water van het nu nog zoete Haringvliet (Beek *et al.* 1997; RWS-ZH 1998a). Door de verzilting van het westelijke deel van het Haringvliet zou een groot deel van dit overwinteringsgebied kunnen verdwijnen, met negatieve gevolgen voor de zoetwaterbestanden in het Kanaal

door Voorne. **Dit zou het einde kunnen betekenen voor het Kanaal door Voorne als wedstrijdwater**, tenzij de nodige compensatiemaatregelen kunnen getroffen worden. Zo zou een verbinding met het Brielse Meer toegang tot een geschikt overwinteringsgebied kunnen genereren, of zouden de overwinteringsmogelijkheden in het Kanaal zelf kunnen worden verbeterd. Deze maatregelen zijn pas nodig indien blijkt dat de visstand effectief achteruit gaat.

Een aantal oeverlocaties wordt minder bruikbaar door de verhoogde golfslag en de verzilting. Er kunnen echter wel nieuwe locaties, in overleg met de sportvisserij worden gezocht.

Volkerak Zoommeer

Onder elk van de vier inrichtingsvarianten treedt verzilting van het Volkerak-Zoommeer op en wordt er een getijdenwerking geïntroduceerd. De mogelijke impact op de visserij zal bijgevolg bij elke variant sterk gelijklopend zijn. Wel kan een verschil in trekmogelijkheden voor vis worden verwacht. De installatie van doorlaatmiddelen, zoals bij variant DD1 en DD3, zal een positief effect hebben op de uitwisseling van vissen met aangrenzende wateren, **maar toch zullen niet alle soorten hiervan even succesvol gebruik kunnen maken en blijft er een zekere barrière bestaan.** Bij het vervangen van dammen door bruggen, zoals bij DD2 en DD4, worden alle obstakels verwijderd en kan een **ongehinderde vistrek- en migratie plaatsvinden, wat een positieve impact zal hebben op de ontwikkeling van stabiele populaties.** Wanneer de omstandigheden suboptimaal worden in een bepaald gebied, kunnen vissen zich makkelijker verplaatsen naar geschikte aangrenzende zones. Zuurstofloosheid in de onderste waterlagen kan zware gevolgen hebben voor benthische vispopulaties. Het risico op zuurstofloosheid is voor geen van de inrichtingsvarianten groot. Daarenboven geldt het voordeel van betere migratiemogelijkheden, waardoor vissen eventuele zuurstofloze gebieden kunnen vermijden.

De gevolgen van de input van nutriëntenarm water vanuit de Oosterschelde en het Grevelingenmeer zijn op dit moment moeilijk in te schatten. Enerzijds zou hierdoor de algemene productiviteit naar beneden gehaald kunnen worden (Schneider *et al.* 2006), anderzijds zouden de nutriënten beter kunnen worden gerecycled, met een beter functionerend systeem met hoge productiviteit tot gevolg.

Beroepsvisserij

Door het verzilten van het water zal brasem en snoekbaars teruggedreven worden. Onder gemiddelde condities zou het zich nog kunnen handhaven in het noordoosten van het Volkerak-Zoommeer. Vooral in periodes van lage zoetwaterafvoer bestaat de kans op volledige verzilting van het Volkerak Zoommeer. **Ook de paaigronden voor snoekbaars worden bedreigd** (Schneider *et al.* 2006). Visserij op deze soorten zal hierdoor vrijwel zeker onmogelijk worden.

Het verdere succes voor de ontwikkeling van palingpopulaties zal sterk afhangen van heersende stroming, de waterkwaliteit en de toegankelijkheid van het gebied voor de glasaal. Eb- enloedstroom is heel belangrijk voor de intrek van paling, net als de zoetwater lokstroom. Deze elementen zullen bij alle vier de inrichtingsvarianten worden hersteld in het Volkerak-Zoommeer. **In hoeverre het geschikt zal worden voor paling is op dit moment moeilijk in te schatten.**

Het is heel waarschijnlijk dat mariene soorten het gebied zullen intrekken, gezien verwacht wordt dat de kritische drempelwaarde van 5-10 ppt (2.8 – 5.6 g Cl/l) voor de overleving van veel zoutwater organismen in een groot deel van het Volkerak-Zoommeer gehaald wordt. Het valt echter af te wachten of deze ook in staat zullen zijn tot stabiele en bevisbare populaties uit te groeien. Commercieel interessante vissoorten, zoals bot, schar, jonge haring en tong die nu heel algemeen zijn in de Oosterschelde zullen naar alle verwachting ook in het Volkerak-Zoommeer voorkomen, **maar ontwikkeling tot rendabele bestanden lijkt onwaarschijnlijk**, gezien dit in vergelijkbare gebieden - zoals de Oosterschelde - ook niet het geval is (Schneider *et al.* 2006).

De nieuwe intergetijdengebieden kunnen als kraamkamer voor verschillende soorten platvis dienen, waardoor het totale bestand van deze soorten in de Delta verder kan toenemen.

Juveniele kreeften vereisen een minimale saliniteit van 27 ppt (15 g Cl/l) voor de groei en ontwikkeling (Schuiling *et al.* 1998). **Deze hoge zoutgehalten zullen in het Volkerak-Zoommeer niet worden bereikt. De verwachte zoutgehalten zouden wel gunstig kunnen zijn voor de groei en de kweek van tweekleppigen, zoals hang- en bodemculturen van mosselen of de ontwikkeling van kokkelbanken.** Vóór de afsluiting van het gebied (1987) vond er schelpdiervisserij en -cultuur plaats. Door de lage stroomsnelheden vormde het gebied een goede bescherming tegen stormen, maar was de voedselaanvoer eerder laag. Daarom werd het vooral gebruikt als opslag van halfwasmosselen, die tot consumptieformaat werden opgekweekt in het westelijk deel van de Oosterschelde. Het succes zal echter sterk afhangen van de

voedselkwaliteit en kwantiteit die in het gebied zal voorkomen. Periodes van zuurstofloosheid bij de bodem zouden vooral voor de kokkel nadelig kunnen zijn, maar worden niet verwacht. Voor er vergunningen voor aquacultuur kunnen worden uitgereikt, zal moeten worden nagegaan in hoeverre dit verenigbaar is met de natuurwaarden van het Volkerak-Zoommeer. Het gebied is momenteel een beschermd natuurgebied (Natura 2000).

Sportvisserij

De zoetwatervissen die nu worden gevangen door de sportvissers zullen zo goed als verdwijnen bij verzilting van het Volkerak-Zoommeer. De zoutgehaltes zullen er te hoog zijn voor een succesvolle voltooiing van hun levenscyclus. Door de intrek van brakwater en mariene soorten zullen zich nieuwe vispopulaties ontwikkelen, maar op dit moment is moeilijk in te schatten welke soorten zich tot bevisbare populaties gaan ontwikkelen. Dit zal sterk afhangen van de stabiliteit van het zoutgehalte en de trek- en migratiemogelijkheden ter hoogte van de doorlaatsystemen (www.sportvisserijbelangen.nl).

Oosterschelde

De grootste verandering binnen elk van de voorgestelde inrichtingsvarianten is het ontstaan van een gradiënt van zout naar brak in de noordelijke tak van de Oosterschelde door de aanvoer van nutriëntenrijk zoetwater uit het Volkerak Zoommeer. De grote veranderingen die inrichtingsvariant DD2 en DD4 met zich meebrengt in het Markiezaat zal geen directe gevolgen hebben voor de visserij, gezien zowel beroeps- als sportvisserij er momenteel van weinig belang is.

Beroepsvisserij

De input van zoet water in de Oosterschelde wordt verwacht een positieve impact te hebben op de schelpdiervisserij (Haas *et al.* 2001). Er wordt ten eerste een verhoogde zaadval verwacht. Hierop zou kunnen worden ingespeeld door het plaatsen van mosselzaadinvanginstallaties (MZI's), zodat een maximale hoeveelheid mosselzaad kan geoogst worden en verzaaid naar percelen die beter geschikt zijn voor de kweek van mosselen. Zo kan de mosselkweek minder afhankelijk worden van de zaadvisserij op de Waddenzee. Door de toename aan nutriënten, en bijgevolg ook van de primaire productie, verhoogt de draagkracht van het systeem en zal er meer voedsel beschikbaar komen voor filterfeeders, waaronder de schelpdieren en het zooplankton (Haas 1998). Dergelijke toename van de zooplankton productie zou tot een verhoging van het voedselaanbod voor de juveniele vis kunnen leiden, wat een **positief effect kan hebben op de kraamkamerfunctie van de Oosterschelde** (Haas 1998). De zoetwatervissen die nu in de Oosterschelde aanwezig zijn gaan verdwijnen uit de brakke zone, en zich terugtrekken in het zoute gebied. Verwacht wordt dat het voorkomen en de voortplanting van deze soorten in de Oosterschelde niet sterk zal beïnvloed worden, gezien de brakwaterzone relatief gering is (zie paragraaf 7.2). In het brakwater zouden de zoetwatervissen vervangen worden door brakwatersoorten, hetgeen de totale biodiversiteit van de Oosterschelde ten goede komt.

Er worden geen grote veranderingen ten opzichte van de huidige situatie verwacht voor de oesterteelt en de kokkelvisserij.

Door de hoge gevoeligheid van juveniele kreeften voor verlaagde zoutgehalten (Schuiling *et al.* 1998) zal **ter hoogte van de zoetwater inlaat en in de brakwaterzone geen visserij op kreeft meer mogelijk zijn.** Zoals eerder reeds vermeld echter, zal het brakwaterareaal beperkt zijn.

Sportvisserij

Er wordt weinig verandering voor de sportvisserij verwacht in de Oosterschelde. Door de creatie van een, weliswaar beperkte, brakwaterzone zouden eventueel een aantal nieuwe soorten kunnen voorkomen.

Grevelingenmeer

Onder elke inrichtingsvariant zal een areaal aan intergetijdengebied ontstaan in de Grevelingen. Door de aanpassing van het doorlaatmiddel in de Grevelingendam (variant DD1 en DD3), of door de dam te vervangen door een brug (DD2 en DD4), zal vooral het oostelijke deel van het Grevelingenmeer verzoeten. In combinatie met een doorlaatmiddel (DD1 en DD2) of stormvloedkering (DD3 en DD4) in de Brouwersdam wordt het middenste deel van de Grevelingen brak tot zout. Onder elke variant zal een toevoer van nutriëntenrijk zoet water aanwezig zijn.

Net als bij het Volkerak Zoommeer zal ook hier de ontwikkeling van vispopulaties sterk afhangen van de migratiemogelijkheden, voornamelijk tussen de Grevelingen en de Noordzee. **De beste mogelijkheden hiervoor ontwikkelen zich onder het alternatief van de stormvloedkering.**

Beroepsvisserij

Er worden geen negatieve effecten voor de visserij verwacht door het herstel van de connectie van het Grevelingenmeer met de Noordzee. Door de uitwisseling van zeewater met de Noordzee zal het systeem zelfs robuuster, en dus stabiel, worden. Door de verhoogde dynamiek zal de kans op zuurstofloosheid afnemen, waarmee ook het risico voor een massale sterfte in en op de bodem, zoals in het verleden is opgetreden, kleiner wordt. **Nieuwe – potentieel bevisbare – soorten kunnen de Grevelingen opnieuw binnentrekken. De herintroductie van de getijden zou de kraamkamerfunctie kunnen herstellen, hetgeen de totale vispopulatie in de Voordelta ten goede kan komen. Toch bestaat de angst bij de vissers dat de schieraal de Gevelingen zou kunnen uittrekken, waardoor de vangsten zouden kunnen afnemen** (Wijsman, pers. comm.).

De inlaat van zoet water zou ook hier de zaadval van schelpdieren ten goede kunnen komen. Ook hier kunnen de mogelijkheden voor het invangen en/of opvissen van het broed om uit te zaaien op kweekpercelen verder onderzocht worden. Verder kan een toename van de draagkracht van de Grevelingen worden verwacht door de toevoer van het voedselrijke water, hetgeen mogelijkheden opent voor schelpdierkweek. Ook vissen zouden van deze hogere voedselconcentraties kunnen profiteren.

Sportvisserij

Door de mogelijke toename van migratie van allerhande vissen tussen de Noordzee en de Grevelingen, zouden de visbestanden **gunstig kunnen evolueren voor de sportvissers.**

Veerse Meer

De voorgestelde veranderingen aan de Veerse Gatdam en de Zandkreekdam hebben enkel impact op de getijslag op het Veerse Meer. Onder alle varianten neemt het areaal aan intergetijdengebied toe. Het getijdenverschil wordt het grootst onder de stormvloedkeringsvarianten DD3 en DD4.

Beroepsvisserij

De ontwikkelingen in de vis-, schelp- en schaaldierstand die zijn ingezet na het openen van de sluis in Zandkreekdam (Craeymeersch *et al.* 2007) zullen zich naar alle waarschijnlijkheid verder doorzetten. De verbinding met de Noordzee (varianten DD3 en DD4) of met de Oosterschelde (DD1 en DD2) openen migratiemogelijkheden voor vissen. **Het valt nog af te wachten of dit zal leiden tot nieuwe commercieel bevisbare populaties.**

Sportvisserij

Het risico dat de uitgezette forellen wegtrekken wordt onder de alternatieve beheersvormen nog groter door de aanleg van een potentiële migratieroute naar de Oosterschelde of de Noordzee. Het lijkt dan ook aannemelijk dat het uitzetten van forellen niet meer zal gebeuren. Anderzijds kunnen de toegenomen intrekmoegelijkheden vanuit de Noordzee leiden tot een meer diverse visstand wat dan weer voordelig kan zijn voor de sportvisserij.

7.6.4 Conclusies

Beroepsvisserij

Voor de beroepsvisserij zijn er positieve effecten: de kraamkamerfunctie van ondiepe, estuariene gedeelten wordt verbeterd, hetgeen positief is voor de platvispopulatie in de Noordzee. Ook wordt de zaadval van tweekleppigen verbeterd. Mogelijkheden ontstaan voor bevissing van Bot in het Haringvliet, meer succesvolle mosselzaadinvanginstallaties in de Oosterschelde en kweek van tweekleppigen in grotere gedeelten van de Delta. Vooral in varianten DD2 en DD4 zijn de migratiemogelijkheden van trekvisserij sterk verbeterd. Negatieve effecten zijn te verwachten voor visserij op snoekbaars en baars die uitspoelen uit het Haringvliet en de visserij op snoekbaars en brasem in het Volkerak-Zoommeer. Ook is er kans op het wegtrekken van schieraal uit Haringvliet en Grevelingen.

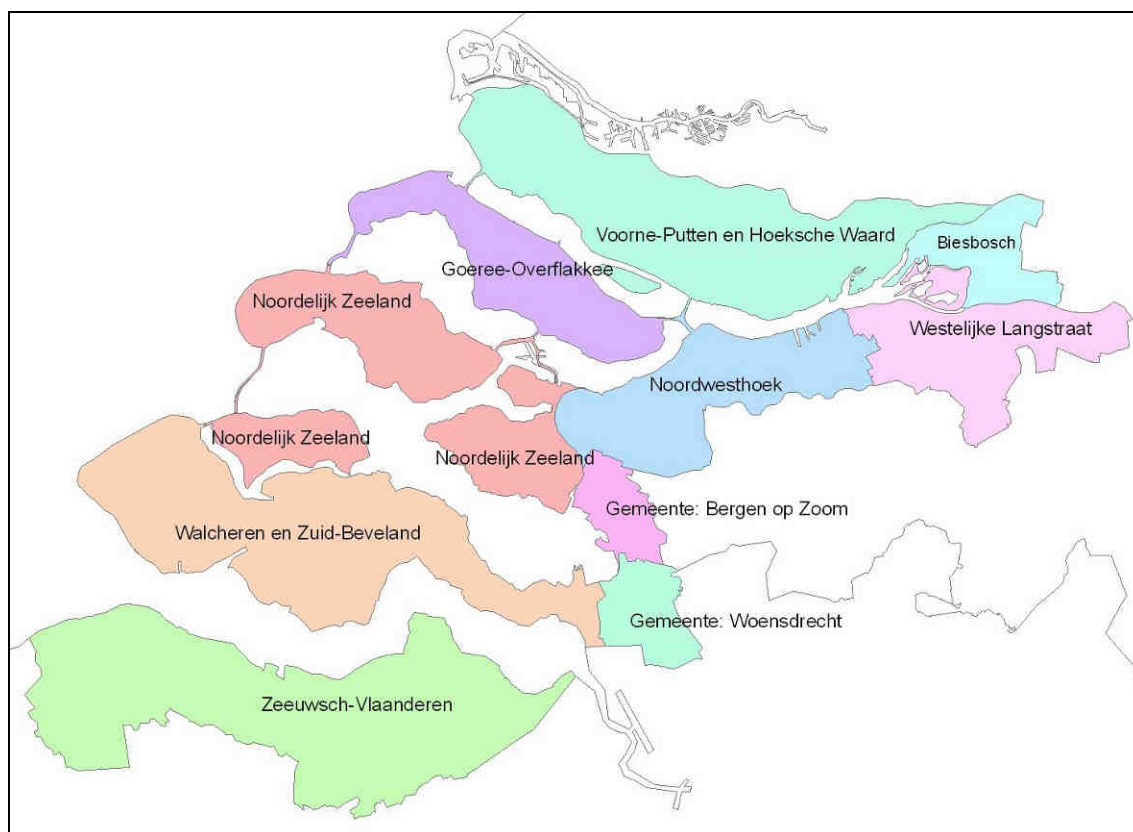
Sportvisserij

Voor de sportvisserij is een positief effect dat de diversiteit aan vis in de Delta zal toenemen. Negatief is dat het Kanaal door Voorne niet langer gebruikt kan worden als wedstrijdwater. Ook zal de huidige visserij op snoekbaars en brasem in het Volkerak-Zoommeer verdwijnen, maar er komen andere soorten voor terug. De visserij op forel in het Veerse Meer is waarschijnlijk niet meer te handhaven.

7.7 Effecten op landbouw

In de Zuidwestelijke Delta (de Zuid-Hollandse en Zeeuwse eilanden en westelijk Noord-Brabant) is landbouw de dominante grondgebruiksvorm. Van de 176 000 ha binnendijkse oppervlakte van de provincie Zeeland is ruim 80% in gebruik voor landbouw, met name akkerbouw. In 2000 was de verdeling over de voornaamste landbouwgebruiksvormen bij benadering als volgt: akkerbouw 95 000 ha, grasland 29 000 ha, fruit en tuinbouw 8 000 ha en overige teelten 10 000 ha. Slechts 2% van het binnendijkse landoppervlak wordt ingenomen door oppervlaktewater (PZ 2001b). In bepaalde regio's in de Delta heeft een verschuiving plaatsgevonden van traditionele, 'Zeeuwse' gewassen (zoals aardappelen, bieten, granen) naar meer zoetwaterbehoefte gewassen als bloembollen en vollegrondstuinbouw. De eisen die aan het chloridegehalte van landbouwwater worden gesteld zijn daarmee hoger geworden.

Voor het beantwoorden van de vraag in hoeverre het herstel van estuariene dynamiek in de deltawateren effect zal hebben op de gebruiksfunctie landbouw de Zuidwestelijke Delta moet eerst worden vastgesteld welke regio's voor hun landbouwwater zijn aangewezen op Rijkswateren waar estuariene dynamiek zal worden geïntroduceerd.



Figuur 50. De Zuidwestelijke Delta van Nederland met daarin de onderscheiden deelgebieden. 'Noordelijk Zeeland' omvat Schouwen-Duiveland, Noord-Beveland, Tholen en St Philipsland (bron: LEI).

In de Delta (Figuur 50) is in geografische zin sprake van een sterk gedifferentieerde schaarste aan zoetwater. Het 'landbouwwater' kent diverse, aan de deelgebieden gekoppelde verschijningsvormen.

1. Langs de *noordrand* (Voorne-Putten, Hoekse Waard en Goeree-Overflakkee) zijn er wat betreft kwantiteit en kwaliteit momenteel weinig problemen. De nabijheid van de grote rivieren betekent dat de zoetwatervoorziening van de landbouw, ook tijdens perioden met lage rivierafvoeren, gewaarborgd lijkt. Waterbeheerders hebben de afgelopen jaren geanticipeerd op de mogelijke gevolgen van verzilting door het Kierbesluit en maatregelen getroffen, onder meer verplaatsing van inlaatpunten. Eventueel nadelige effecten van het HOP (=Haringvliet Operationeel Programma) en klimaatverandering kunnen volgens waterbeheerders met de voorgenomen compensatiemaatregelen zonder al te veel problemen worden opgevangen. **Dit betekent echter niet automatisch dat dit voor de stormvloedkering variant ook zo zal zijn.** Zoetwaterinnamepunten zullen dan moeten worden verplaatst.
2. Ook langs de *zuidrand* van de Delta, Zeeuws-Vlaanderen, is voor agrarische bedrijven in verreweg de meeste gevallen voldoende zoetwater van goede kwaliteit beschikbaar. Zeeuws Vlaanderen kan tot in het begin van het groeiseizoen beschikken over zogenoemd Vlaams water dat tijdens het winterhalfjaar in het grondwatersysteem is geborgen. Als deze voorraad is opgebruikt is men afhankelijk van neerslag; wateraanvoer van elders is niet mogelijk.
3. In het *centrale deel* van de Delta, op Schouwen-Duiveland, Walcheren en Noord- en Zuid-Beveland (met uitzondering van het oostelijke gedeelte) is zoetwateraanvoer onmogelijk, afgezien van bijzondere voorzieningen zoals de landbouwwaterleiding ten behoeve van intensieve teelten, waaronder boom- en fruitteelt. Geringe hoeveelheden zoetwater zijn beschikbaar in duinregio's en op kreekruggronden. In het grootste deel van deze regio wordt de traditionele 'Zeeuwse' landbouw bedreven: men maakt gebruik van zoet neerslagwater dat zich op landbouwpercelen manifesteert als 'zoetwaterbellen' die 'drijven' op het dieper gelegen, brakke grondwater. Aanvoer van zoetwater voor akkerbouwgewassen is geen optie. Diverse meer oostelijk gelegen regio's zijn ten behoeve van specialistische teelten voor zoetwater aangewezen op het Volkerak-Zoommeer: het oostelijk gedeelte van Zuid-Beveland, Tholen, St Philipsland en westelijk Noord-Brabant.

Alvorens verwachtingen worden uitgesproken over mogelijke effecten van diverse opties voor herintroductie van estuariene dynamiek in de Deltawateren op de gebruiksfunctie landbouw wordt de huidige zoetwatervoorziening in de Delta in beknopte termen behandeld. De besproken regio's zijn Voorne-Putten, Goeree-Overflakkee, Schouwen-Duiveland, Noord-Beveland, Walcheren, Zuid-Beveland, Tholen en St Philipsland, Zeeuws-Vlaanderen, De Noordwesthoek van Noord Brabant.

Voorne-Putten

Voorne-Putten beschikt over één zoetwaterboezem met één peil, zonder kunstwerken. Deze boezem heeft een aantal punten waarmee uitwisseling met het buitenwater mogelijk is. In principe kan overal genoeg zoetwater worden aangevoerd. Veruit het belangrijkste inlaatpunt (huidige situatie) is vanuit het Spui naar de Bernisse, met een waterhoeveelheid van 23 m³/s. Dit water wordt als volgt verdeeld: voor Voorne-Putten maximaal 7 m³/s, voor het Hoogheemraadschap van Delfland 4 m³/s; hiertoe loopt vanuit het Brielse meer een pijpleiding, onder de Nieuwe Waterweg door, naar het Westland. Voor de industrie in de Europoort en de Botlek is dit respectievelijk 11 m³/s (naar behoefte) en 1 m³/s. De kustlijnen van het eiland zijn zoet: daarom is daar geen sprake van infiltratie van zoutwater. Zoute kwel treedt vooral op in de polder Nieuw Helvoet, ten noordwesten van Hellevoetsluis, een wat lagergelegen polder, tot 1,5 m - NAP. Verder zijn er in de kop van Voorne een aantal kleine natuurgebiedjes waar zoute kwel naar boven komt. Voorne-Putten heeft ook te maken met diffuse kwel: dit kwelwater treedt uit in de sloten. Er zijn echter nogal wat agrariërs die met dat water beregenen; het is kennelijk niet al te zout.

Goeree-Overflakkee

Goeree-Overflakkee wordt omringd door een zout Grevelingen, een zoet Haringvliet en een redelijk zoet Volkerak-Zoommeer. Vrijwel het gehele eiland heeft te maken met zoute kwel. Ruilverkaveling de Stelle, ten noorden van Dirksland, was gebaseerd op ideeën van de jaren 60, en is uitgevoerd rond 1980. Daarbij is geanticipeerd op de beschikbaarheid van zoetwater in het Haringvliet na het gereedkomen van de Deltawerken. Na de afsluiting van het Haringvliet (1970) ontstond immers de mogelijkheid om zoetwater aan te voeren. In de Deltawerken is ook de Zuiderdiepboezem ontstaan: een voormalig buitendijks gebied dat voorzien werd van een waterkering en nu de grootste boezem van Goeree-Overflakkee is.

Het watersysteem op Goeree-Overflakkee is geleidelijk aangepast om zoetwater in te kunnen laten ten behoeve van de landbouw. Van het totale areaal van 18 000 ha wordt 17 000 ha van zoetwater voorzien. Water wordt onder vrij verval via 14 inlaatmiddelen ingelaten vanuit de Zuiderdiepboezem, het Haringvliet en het Volkerak-Zoommeer. Voor het polderwater wordt gestreefd naar een maximaal chloridegehalte van 600 mg/l. Naast de verzilting in de watergangen is het bij het uitslagpunt haalbare chloridegehalte sterk afhankelijk van het chloridegehalte van het beschikbare water bij het inlaatmiddel. In de praktijk is gebleken dat dit gehalte hier niet hoger mag zijn dan 120 tot 150 mg/l. Hogere waarden houden in dat de streefwaarde van maximaal 600 mg/l bij de uitslagpunten niet of slechts met zeer veel moeite gehaald kan worden.

Op vele locaties op Goeree-Overflakkee moet de zoute kwel actief worden bestreden. Hiertoe zijn, al dan niet in ruilverkavelingsverband, ingenieuze oplossingen bedacht en geïmplementeerd. Een aantal problemen, zoals de zoutbelasting bij gemaal Smits/Dirksland, is ondervangen door zoveel mogelijk zoetwater uit de noordrand van het eiland naar de zuidrand te transporteren. In enkele zoute hoeken zijn zoet-zoutscheidingen gecreëerd in de vorm van stuwen, die 's zomers omhoog gezet worden waardoor zoutwater wordt 'teruggedrukt'.

Het beheersgebied van waterschap Zeeuwse Eilanden

Het beheersgebied van waterschap Zeeuwse Eilanden bestaat uit de zes schiereilanden van Zeeland: Schouwen-Duiveland, Noord-Beveland, Tholen, St Philipsland, Walcheren en Zuid-Beveland. Er zijn geen boezems; het Veerse Meer is een buitenwater. Tot 1987 waren de meeste gebieden in het beheersgebied brak (>1000 mg/l). Aanvoer van zoet oppervlaktewater was beperkt; het werd in geringe mate aangevoerd uit de Brabantse Wal en uit België. De vorming van een zoet Volkerak-Zoommeer in 1987 schiep extra mogelijkheden voor de zoetwatervoorziening van de aanliggende regio's, te weten Tholen, St Philipsland en de Reigersbergsche polder. Agrariërs die niet kunnen beschikken over zoetwateraanvoer aangewezen op neerslag (*'rain fed agriculture'*). Vergroten van de berging (waterconservering) om de voorraad zoetwater te vergroten is volgens het waterschap geen optie: er is te weinig capaciteit en de sloten zijn brak. Zoete boezemwateren zijn er niet en grootschalige zoetwaterreservoirs zijn economisch niet rendabel.

Conform het provinciale waterhuishoudingsplan is het beheersgebied onderverdeeld in zoete gebieden, brakke gebieden met 'zoetwaterbellen', en brakke gebieden. Verreweg de meeste gebieden zijn brak. De zoete gebieden komen vooral voor in en langs de duinen (beperkte hoeveelheden afstromend duinwater) en op kreekruggen: de hogergelegen zandige regio's in het landschap. Circa 200 agrariërs met bedrijven op en rond kreekruggen en langs de duinen (voornamelijk op Zuid-Beveland en Schouwen) hebben een vergunning om grondwater te onttrekken. Op kreekruggen waar zoet grondwater kan worden aangesproken komt veel fruitteelt voor. De provincie Zeeland schrijft voor hoeveel water mag worden gewonnen. De norm is dat landbouwwater minder dan 600 mg/l chloride moet bevatten om het goed te kunnen benutten. Dit criterium wordt rond de kreekruggen gerealiseerd, maar het betreft kleine hoeveelheden. Er zijn ook kavelsloten die zoetwater voeren (maaiveld boven NAP), maar de hoeveelheden zoetwater zijn bijzonder klein; 's zomers staan deze sloten droog.

Schouwen-Duiveland

Voor de levering van zoetwater bestaan in beginsel twee mogelijkheden: opvang, in waterbassins, van het neerslagoverschot in najaar en winterperiode, en aanvoer van zoetwater uit het Volkerak-Zoommeer. In Duiveland is de belangstelling voor aanvoer van zoetwater het grootst, met name bij de glastuinbouw. Een alternatief voor de landbouwwaterleiding is het gebruik van hemelwater dat via afkoppeling van het riool beschikbaar kan komen. Hiervan zijn nog geen voorbeelden beschikbaar. Een andere optie is om water met voldoende kwaliteit, bijvoorbeeld industriewater uit de Biesbosch, naar Duiveland te transporteren; hemelwateropvang vergt immers veel ruimte. Aansluiten op de landbouwwaterleiding vanuit de Biesbosch zou volgens agrariërs ideaal zijn, maar is te duur.

Noord-Beveland

Op Noord-Beveland is zoetwater schaars, maar voor de fruit- en tuinbouwbedrijven van groot belang. Mogelijkheden om de beschikbaarheid te vergroten moeten lokaal worden gezocht: afkoppeling van regenwater bij nieuwe bebouwing, opvang en gebruik van het effluent van rioolwaterzuiveringsinstallaties, aanleg van waterbekkens voor opslag van het neerslagoverschot. Naast de opvang van regenwater zijn er wellicht mogelijkheden om in de tuinbouw effluent van rioolwaterzuiveringsinstallaties te benutten. Een andere optie die incidenteel wordt genoemd is het doortrekken van zoetwaterleiding vanuit Zuid-Beveland (Maatschap Wilhelminapolder). Momenteel worden er op Walcheren en Schouwen-Duiveland proeven gedaan met

druppelbevloeiing met brakwater in koolteelt. De koolteelt kan een hoger zoutgehalte in watertoevoer verdragen dan andere gewassen.

Walcheren

De beschikbaarheid van zoet grondwater is ook op Walcheren gering. Op de hogergelegen kreekkruggen en in duinrandgebieden is op sommige plaatsen voldoende zoetwater aanwezig voor onttrekking voor landbouwkundige doeleinden. Onttrekkingen van grondwater zijn gereguleerd via een vergunningensysteem van de provincie. In principe is voor onttrekkingen beneden 10 m³/uur geen vergunning vereist. In kwetsbare gebieden is echter altijd een vergunning vereist, onafhankelijk van de te onttrekken hoeveelheid. Voor grondwateronttrekking ten behoeve van landbouwkundige doeleinden kan worden volstaan met een registratieplicht. Een belangrijke voorwaarde voor zoetwateronttrekking is dat de te onttrekken hoeveelheid niet groter mag zijn dan de natuurlijke jaarlijks aanwas van de betreffende zoetwaterbel.

Zuid-Beveland

In de Reigersbergse polder is in 1992 vóórgestemd over een plan om vanuit het Volkerak-Zoommeer zoetwater aan te voeren. In de deze polder en in een deel van de Eerste Bathpolder (1000 ha landbouwgrond) wordt vanaf 1994 zoetwater ingelaten en doorgespoeld ten behoeve van de zoetwatervoorziening van de landbouw. De inlaat is, evenals op Tholen, op 21 juni 2003 gestopt wegens de slechte kwaliteit van het aanvoerwater uit het Volkerak-Zoommeer.

De N.V. Delta Nutsbedrijven hebben circa 12 jaar geleden een landbouwwaterleiding aangelegd, voornamelijk ten behoeve van de fruitteelt. Het innamepunt ligt in de Biesbosch en de leiding loopt via de fruitteeltgebieden van Zuid-Beveland tot aan Sint Joosland. Er zitten een paar honderd afnemers op, die het water gebruiken voor druppelbevloeiing van boomgaarden. Agrariërs die meer water nodig hebben, hebben bufferbassins aangelegd waarmee ze water uit de pijplijn bufferen, bijvoorbeeld voor nachtvorstbestrijding. De landbouwwaterleiding in Zuid-Beveland is voor het nutsbedrijf geen succes wegens de geringe afname. Wellicht hierom ontwikkelt het waterbedrijf Evides geen nieuwe plannen voor waterlevering via een buisleiding. Op de kreekkruggen en in de duinrandgebieden zijn maatregelen genomen om nog zorgvuldiger met het schaarse zoetwater om te gaan. Er wordt water geconserveerd met meer stuwen, in kleinere peilgebieden. Fruittelers beschikken over bassins waarmee zij water bufferen voor nachtvorstbestrijding. Op kreekkruggen worden horizontale grondwaterbronnen aangelegd.

Tholen en St Philipsland

Op Tholen en Philipsland (13 000 ha) wordt vanaf de jaren 90 van de vorige eeuw zoetwater ingelaten voor peilbeheer. In 2003 werd voor het eerst op Tholen een gebied van 800 ha doorgespoeld. Uit waterbalans voor Tholen, St Philipsland en de Reigersbergse Polder voor 2000-2003 van het waterschap Zeeuwse Eilanden blijkt dat de inname van zoetwater en beregening betrekkelijk kleine posten zijn.

Zeeuws-Vlaanderen

Op de hogere delen van Zeeuws-Vlaanderen kan - in beperkte mate - worden beschikt over lokale voorraden zoet grondwater; zogenoemd 'Vlaams water': dit is eigen water; geen gebiedsvreemd water. Dit water is doorgaans beschikbaar tot eind april. Men is gewend om in droge tijden geen aanvoer te hebben. Als er voldoende zoet grondwater is (dekzandgebieden) mag er beregend worden. Het enige probleem dat de landbouw met de zoetwatervoorziening ondervindt is dat de peilen tijdens het groeiseizoen gaandeweg zakken; als dit te lang duurt treedt aanzienlijke droogteschade op. In 2003 bleef de gewasproductie om deze reden sterk achter bij gebruikelijke cijfers. De agrariërs in Zeeuws Vlaanderen hebben met de verzilting geen ernstige problemen; verzilting is hier immers altijd geweest. Het zout zit 'van onderen', de zoetwaterbel drijft hierop. Naast de kuststrook veroorzaakt het circa 12 m diepe kanaal Gent-Terneuzen ook verzilting. Deze komt terug in het oppervlaktewater, afhankelijk van de neerslaghoeveelheden en water dat afkomstig is van hogere gronden.

De Noordwesthoek

In sommige polders in westelijk Noord-Brabant komen gebieden voor met brak grondwater. Gegevens over brak grondwater zijn schaars (HHWB 2001). De verhoogde chloridegehalten in de Oude Prinslandse polder en langs de west- en noordrand van de Noordwesthoek vallen op. Langs de westrand van West-Brabant overtreft de zoutbelasting door kwel naar het oppervlaktewater ruimschoots die in het Westland en het Groene Hart.

Gemeenten Bergen op Zoom en Woensdrecht

In de Brabantse Delta moet wat betreft de beschikbaarheid van zoetwater onderscheid worden gemaakt tussen een relatief hooggelegen zandgebied en een laaggelegen kleigebied. Alles ten zuiden van 'De naad van Brabant', die ongeveer begrensd wordt door Tilburg, Breda, Roosendaal en Bergen op Zoom, is afhankelijk van neerslag. Als deze in de zomer langdurig wegblijft, daalt de waterstand in de veelal gestuwde beken en wordt op een bepaald moment een verbod uitgevaardigd om dit water te gebruiken voor beregening. De kwaliteit van dat water is voor de landbouw doorgaans geen probleem.

Het Volkerak-Zoommeer

Het Volkerak-Zoommeer is voor de omliggende deelgebieden nog steeds een belangrijke zoetwaterbron. De mogelijkheden tot peilhandhaving zijn afhankelijk van de beschikbare hoeveelheid water. Veel zomerpeilen kunnen alleen gerealiseerd worden als uit het Volkerak-Zoommeer voldoende zoetwater geleverd kan worden. Na de afsluiting in 1987 werd het meer doorgespoeld met water uit het Hollandsch Diep; na een jaar was het Volkerak-Zoommeer zoet. De eerste jaren was het water uitzonderlijk helder maar vanaf 1992 werd het doorzicht steeds minder door de toename van blauwalgen en de laatste jaren zijn drijfslagen van blauwalgen een terugkerend en steeds erger wordend verschijnsel. Gegevens omtrent de regio's die voor hun zoetwatervoorziening afhankelijk zijn van aanvoer via het Volkerak-Zoommeer zijn ondergebracht in Tabel 1.

Tabel 20. Regio's die voor hun zoetwatervoorziening afhankelijk zijn van aanvoer via het Volkerak-Zoommeer.

Voorzieningsgebied		Zoetwatervraag (max.)	Inlaatpunt(en)
1	Tholen	9200 ha, 1,5 mm/d	4 × Eendracht
2	St Philipsland	1900 ha, 1,5 mm/d	1 × Eendracht
3	Reigersbergse Polder	1000 ha, 3,3 mm/d	1 × Bathse Spuikanaal
4	Oost-Flakkee	3000 ha, 3 mm/d	3 × Volkerak-Zoommeer 1 × Haringvliet
5	Polders Nieuw-Vossemeer en Auvergne	8000 ha, 3 mm/d	3 × Eendracht

De afwatering naar het Volkerak-Zoommeer is afkomstig uit de volgende bronnen: Goeree-Overflakkee 5 320 ha (3,4%), West-Brabant 104 300 ha (65,4%), België 44 300 ha (27,8%), en Tholen 5 395 ha (3,4%). De totale afwaterende oppervlakte bedraagt 159 500 ha.

Het beheer van het Volkerak-Zoommeer bestaat uit een peilbeheer en een doorspoelbeheer. Het peilbeheer is erop gericht om het waterpeil van het Volkerak-Zoommeer tussen 10 cm -NAP en 15 cm +NAP te houden, exclusief op- en afwaaiing. Het doorspoelbeheer is erop gericht om de chloridenorm van 450 mg/l op het Volkerak-Zoommeer niet te overschrijden. Vooral in droge periodes, wanneer de Dintel en de Steenbergse Vliet weinig water afvoeren, wordt er extra water uit het Hollands Diep ingelaten.

Klimaatverandering

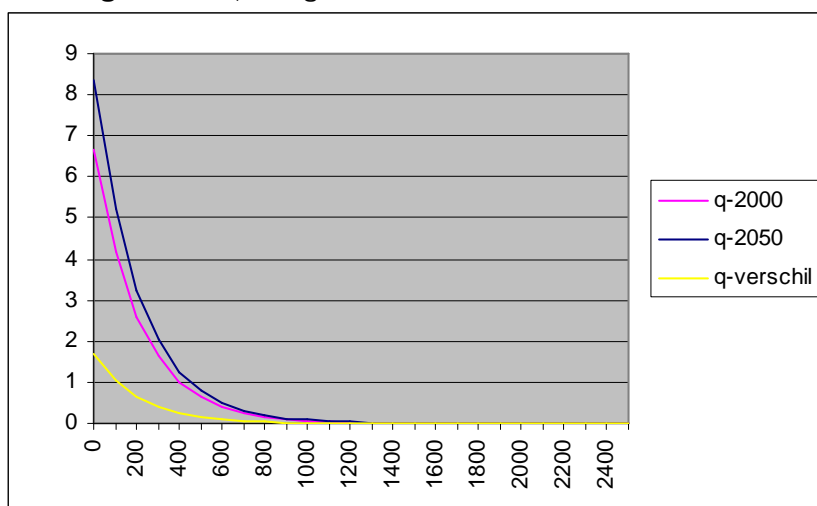
Naast de voorgenomen herintroductie van estuariene dynamiek zal ook de verwachte verandering van het klimaat doorwerken in de beschikbaarheid van zoetwater voor de landbouw. De hoeveelheid en de intensiteit van de neerslag zullen veranderen, afhankelijk van het gehanteerde KNMI'06-scenario. Enkele landelijke cijfers: in 2050 zal de gemiddelde zomerneerslag in het W-scenario met 5,5% zijn toegenomen, maar in het W⁺-scenario met 19% zijn gedaald. De winterneerslagen stijgen in deze scenario's met 7,3% respectievelijk 14,2%. Het jaarlijkse neerslagoverschot dat nu ca. 220 mm bedraagt, stijgt in 2050 in het W-scenario tot 275 mm, maar daalt in het W⁺-scenario tot 160 mm (KNMI 2006). Hierdoor neemt de beschikbare hoeveelheid zoetwater af.

De toekomstige beschikbaarheid van zoetwater voor de landbouw in de Delta wordt, naast estuariene dynamiek, ook structureel beïnvloed door zeespiegelstijging. Beide fenomenen kunnen leiden tot een toename van de intensiteit van zoute kwel op landbouwpercelen in de kuststroken. **Lage rivierafvoeren leiden, in combinatie met een stijgende zeespiegel, tot een sterkere achterwaartse verzilting van buitenwateren (bv. Hollandse IJssel), waardoor de bruikbaarheid van de huidige inlaatpunten voor zoetwater zal**

afnemen. Harde uitspraken over de toekomstige beschikbaarheid van zoetwater voor de landbouw in de Delta kunnen echter niet worden gedaan omdat onduidelijk is welk KNMI'06-scenario uiteindelijk 'de overhand krijgt'. Duidelijk is echter wel dat droge periodes langer zullen worden waardoor tekorten in het bodemvocht toenemen en de vraag naar water voor beregening in het groeiseizoen zal stijgen. Hierdoor wordt ook verdelingsvraagstuk voor zoetwater in de toekomst ingewikkelder en kan de drinkwatervoorziening in de knel komen. Dit is onderwerp van lopende studies door DG Water (Baten van Zoet Water) en de Waterdienst en het vervolg op de Droogtestudie en wordt daarom buiten behandeling van dit rapport gelaten.

Toename zoute kwel in kustzones

Naast de effecten van lage zomerafvoeren op de zoetwatervoorziening van de landbouw kan estuariene dynamiek een nadelige invloed hebben op het chloridegehalte van het bodemwater op kustnabije landbouwpercelen (Stuyt *et al.* 2006). Voor het doen van kwalitatieve uitspraken omtrent mogelijke effecten van zeespiegelstijging op zoute kwel in kustgebieden die in contact staan met open zee is het noodzakelijk om over informatie te beschikken over het uitstralings-effect van zeespiegelstijging in landwaartse richting langs kustzones. Dit effect is bij op 1000 m vanaf de kustlijn nagenoeg verdwenen. **Toegenomen grondwaterpotentialen - en dus kwelintensiteiten - die het gevolg zijn van zeespiegelstijging hebben buiten 1000 m brede kuststroken dan ook geen effect;** zie Figuur 51.



Figuur 51. Kwelintensiteit (verticale schaal, mm) in relatie tot de afstand vanaf de kust (horizontale schaal, m), in 2000 en 2050 en het verschil tussen beide situaties, bij hydrologische parameters C (=verticale stromingsweerstand) = 300 dagen en kD (horizontale transmissiviteit) = 150 m²/d.

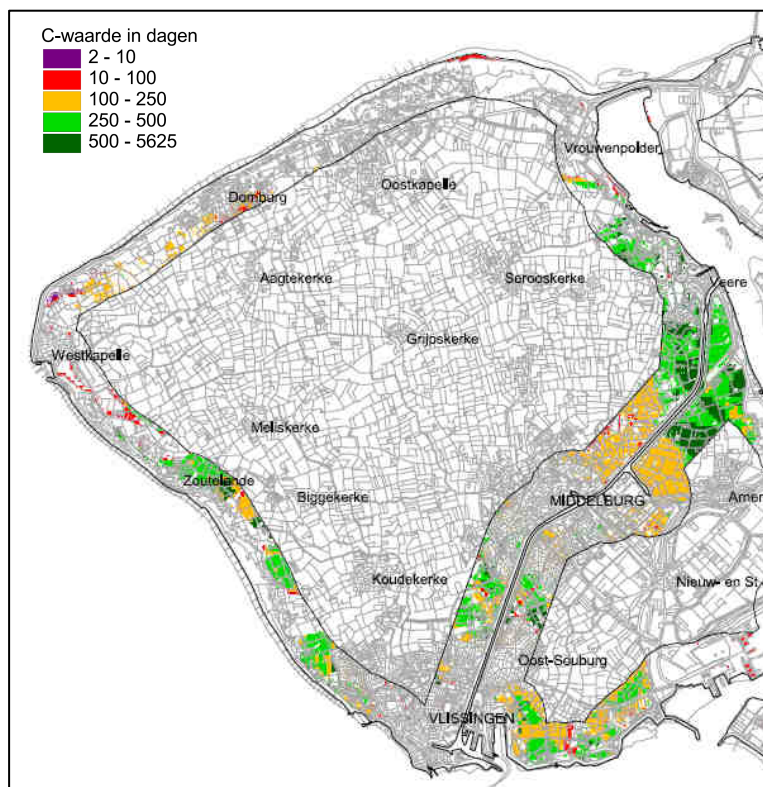
De gevoeligheid van kuststroken voor verzilting ten gevolge van zeespiegelstijging wordt vastgesteld op grond van de volgende criteria:

- de landinwaartse breedte van de geanalyseerde kuststroken bedraagt 1000 m;
- in zones met maaiveldhoogten boven 0,5 m -NAP die nu zoet zijn en onder invloed van zeespiegelstijging niet kunnen verzilten zal de situatie niet of nauwelijks verslechteren;
- in zones met maaiveldhoogten tussen 0,5 m +NAP en 1,0 m -NAP die nu zoet zijn zal onder invloed van zeespiegelstijging sprake zijn van structurele verzilting;
- in zones met maaiveldhoogten beneden 1,0 m -NAP die nu al verzilt zijn en onder invloed van zeespiegelstijging nog zouter worden zal de situatie niet of nauwelijks verslechteren.

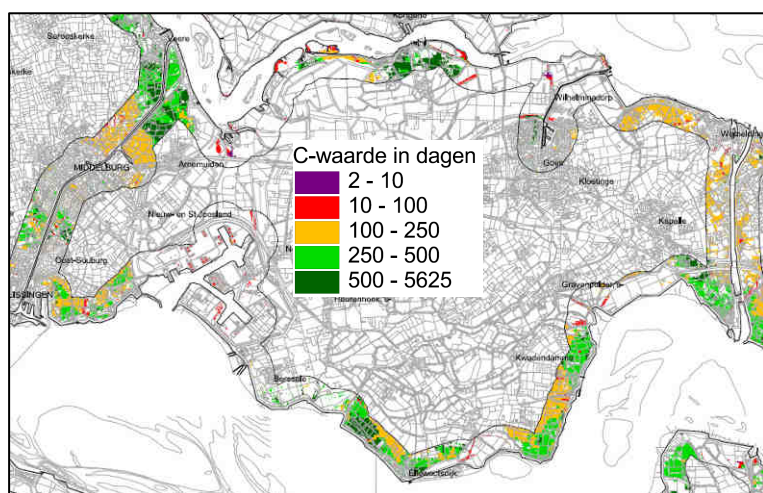
Op grond van deze uitgangspunten zijn kaarten gemaakt van alle **Zeeuwse gebieden** met maaiveldhoogten, gelegen tussen 0,5 m +NAP en 1,0 m -NAP waar de verticale stromingsweerstand C lager is dan 500 dagen. Deze gebieden zijn het meest kwetsbaar voor verzilting (hoe lager de C -waarde, hoe kwetsbaarder) ten gevolge van zeespiegelstijging. De kaarten moeten worden geïnterpreteerd als indicatieve kanskaarten. **Het aantal locaties in Zeeland dat onder invloed van zeespiegelstijging als kwetsbaar kan worden geclassificeerd is beperkt.** Dit resultaat is in overeenstemming met de opinies en verwachtingen van deskundigen.

De kaarten konden niet worden gemaakt voor de Zuid-Hollandse eilanden, het zuidelijk deel van het vasteland van Zuid-Holland en het uiterste noordwesten van Noord-Brabant. Een aanbeveling is om deze gebieden in een volgende studie te onderzoeken.

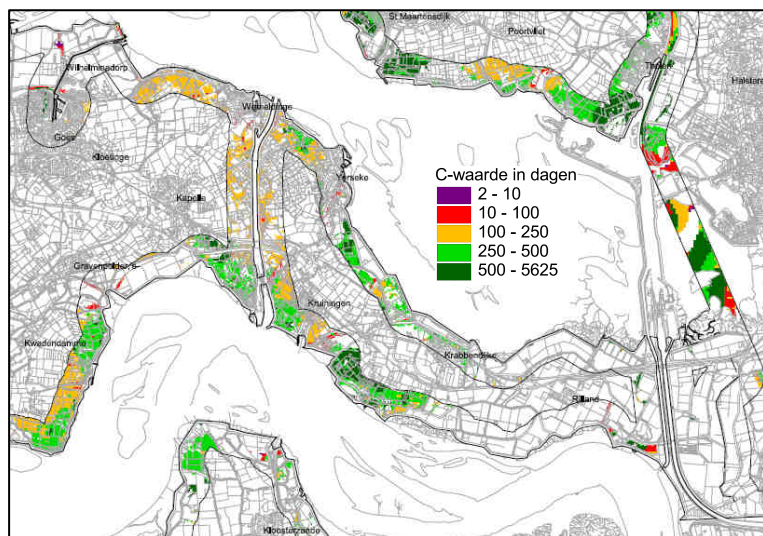
Onderstaande kaarten geven slechts ruwe indicaties. Het feit dat een kustgebied op de kaart is ingekleurd als zijnde 'gevoelig voor verzilting' betekent niet automatisch dat deze gebieden bij stijging van de zeespiegel daadwerkelijk zullen verzilten. Evenmin betekent het dat verzilting in andere gebieden onder toekomstige omstandigheden kan worden uitgesloten. Nadere precisering van 'kwelgevoelige' gebieden is wellicht mogelijk met behulp van lokale gebiedskennis.



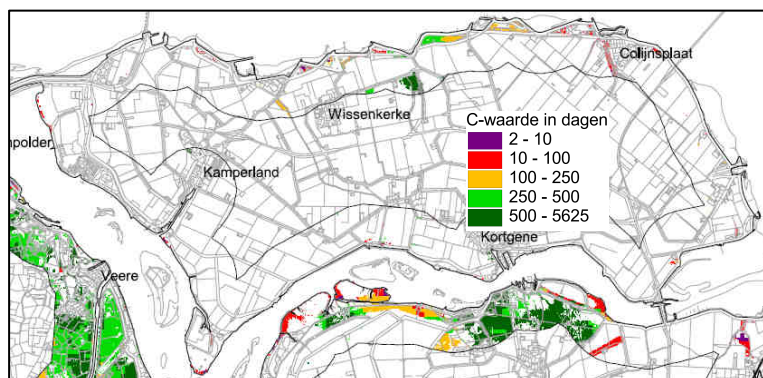
Figuur 52. Randzones van Walcheren die gevoelig zijn voor verzilting bij zeespiegelstijging.



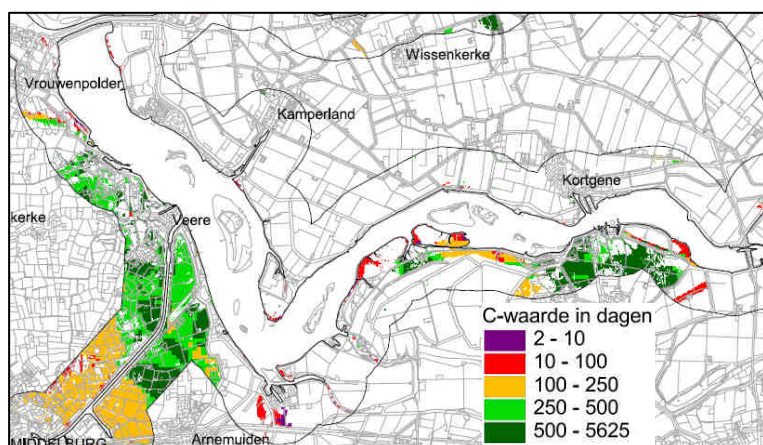
Figuur 53. Randzones van centraal Zuid-Beveland die gevoelig zijn voor verzilting bij zeespiegelstijging.



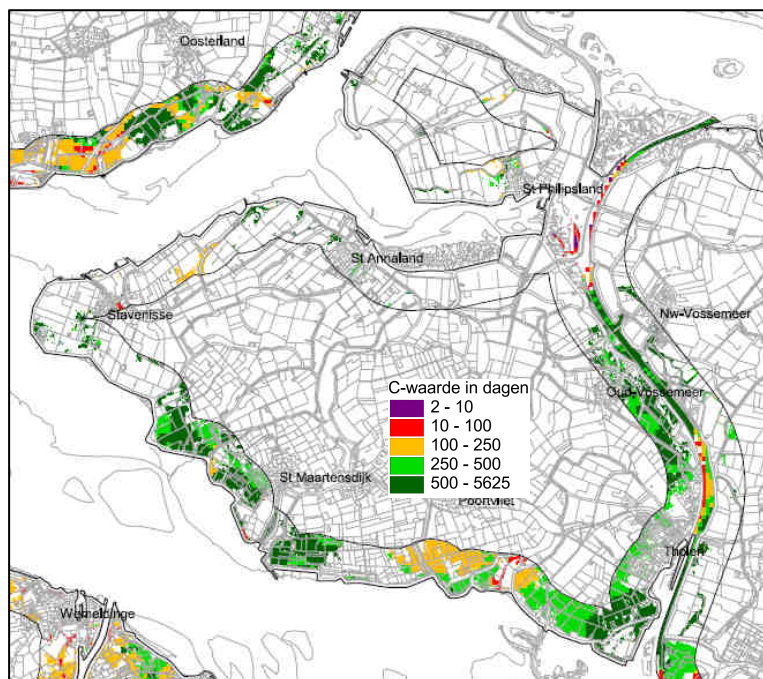
Figuur 54. Randzones van oostelijk Zuid-Beveland die gevoelig zijn voor verzilting bij zeespiegelstijging.



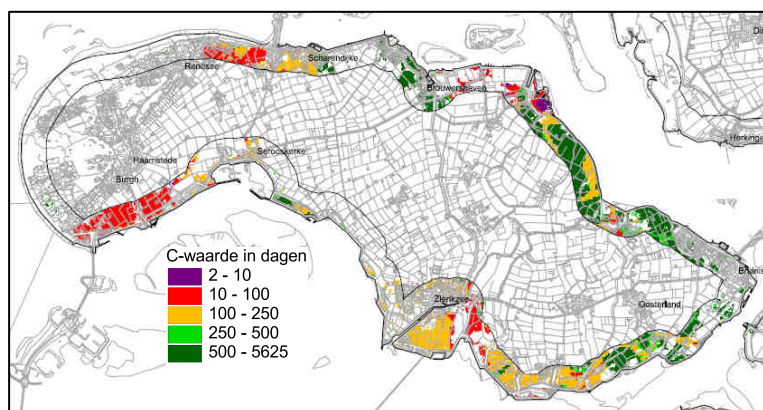
Figuur 55. Randzones van Noord-Beveland die gevoelig zijn voor verzilting bij zeespiegelstijging.



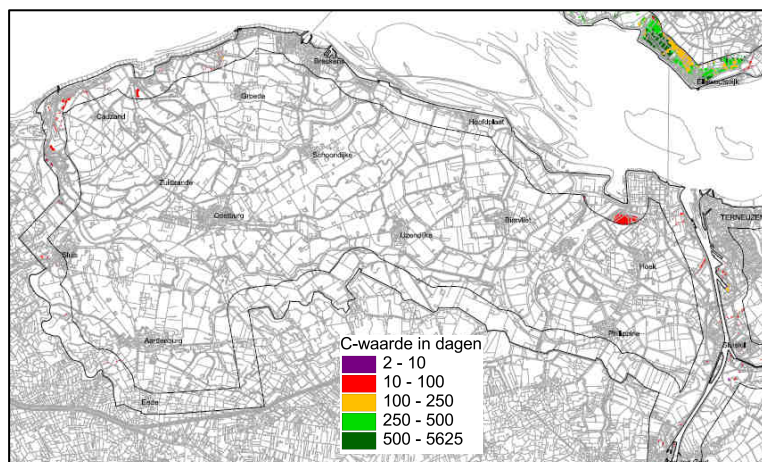
Figuur 56. Randzones rond het Veerse Meer die gevoelig zijn voor verzilting bij zeespiegelstijging.



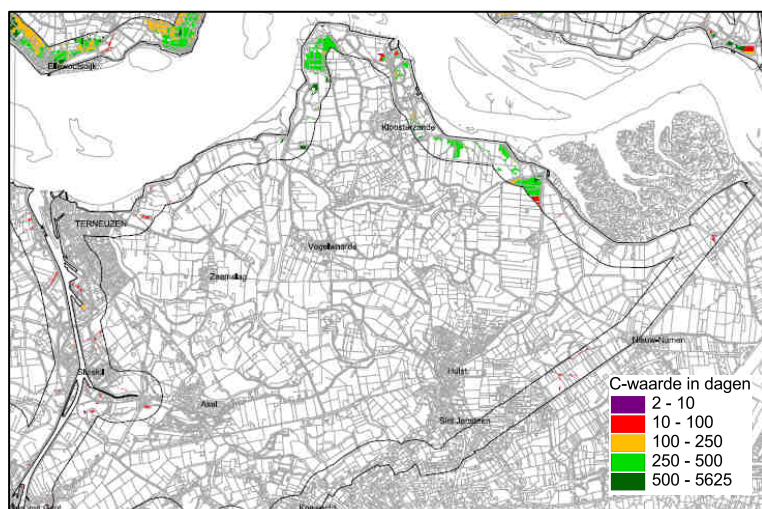
Figuur 57. Randzones van St Philipsland en Tholen die gevoelig zijn voor verzilting bij zeespiegelstijging.



Figuur 58. Randzones van Schouwen-Duiveland die gevoelig zijn voor verzilting bij zeespiegelstijging.



Figuur 59. Randzones van Zeeuws-Vlaanderen (west) die gevoelig zijn voor verzilting bij zeespiegelstijging.



Figuur 60. Randzones van Zeeuws-Vlaanderen (oost) die gevoelig zijn voor verzilting bij zeespiegelstijging.

Conclusies

Qua zoetwatervoorziening is de Zuidwestelijke Delta onder te verdelen in drie regio's: noord, midden en zuid. De noordelijke regio betreft aanzienlijke hoeveelheden zoetwater voor de landbouw uit de nabijgelegen Rijkswateren. Deze bron wordt bij de diverse varianten van estuariene dynamiek bedreigd; zoetwaterinnamepunten zullen moeten worden verlegd. De vier varianten zijn in dit verband ten aanzien van de landbouw niet onderscheidend. De regio's midden en zuid betrekken in geringe mate water vanuit het Volkerak-Zoommeer. Deze bron verdwijnt indien dit open water verzilt; alternatieve bronnen zijn in diverse studies inmiddels op een rij gezet. Het overgrote deel van deze regio's is qua landbouwwatervoorziening echter onafhankelijk van Rijkswateren en zal daarom niet worden beïnvloed door de herintroductie van estuariene dynamiek, ongeacht welke inrichtingsvariant. Voor alle regio's in Zeeland geldt dat een toenemende verzilting van de Deltawateren ten gevolge van estuariene dynamiek, met uitzondering van enkele locaties op Schouwen-Duiveland, op kustnabije landbouwpercelen nauwelijks tot verzilting van bodemwater zal leiden. **Samengevat kan de conclusie worden getrokken dat de gevolgen van de herintroductie van estuariene dynamiek in de Deltawateren het grootst zijn wat betreft de watervoorziening vanuit het Volkerak-Zoommeer en het Haringvliet/Spui/Hollandsch Diep.**

7.8 Effecten op recreatie

De Delta bestaat uit grote zoute en zoete wateren, stromend getijdenwater, grote meren, kanalen en rivieren. De Delta heeft als vaargebied vooral bekendheid voor de (veelal routegebonden) grote watersport met (zeegaande) motorboten, zeiljachten en ook wel charterschepen. Echter, praktisch alle vormen van (veelal gebiedsgebonden) kleine watersport kunnen eveneens worden beoefend, zoals het varen met kleine zeil- en motorboten, snelvaren (bv. jetski), kanovaren, surfen, sportvissen, sportduiken en zwemmen.

De grote wateren zoals de Westerschelde, Oosterschelde, Volkerak-Zoommeer, Hollands Diep, het Haringvliet en de Voordelta zijn vanwege golfslag en druk scheepvaartverkeer vooral geschikt voor de grote watersport. Op de Ooster- en Westerschelde en in de Voordelta moet bovendien met stroming worden gerekend. Het Veerse Meer en de Grevelingen zijn beschut vaarwater en daardoor ook meer geschikt voor de kleinere watersport.

De verschillende belangenorganisaties (BOD 2004) zijn het erover eens dat het **herstel van de estuariene dynamiek in zijn algemeenheid een positieve weerslag kan hebben op de recreatiewaarde**. Als de verbindingen tussen de Deltawateren ook bevaarbaar zijn voor de recreatievaart opent dit mogelijkheden voor nieuwe routes, een lang gekoesterde wens van de recreatiesector. Ook kan dan een scheiding tussen beroeps- en recreatievaart gerealiseerd worden. Herstel van de estuariene dynamiek zal de belevingswaarde van het gebied versterken, aangezien de ecologische verbetering een positief effect heeft op de recreatie. Door terugkeer van de getijdenwerking wordt bijvoorbeeld het kanovaren in de zeearmen spannender. In dat verband wordt een (gedeeltelijk) herstel van het getij in de Grevelingen en het Veerse Meer voorgestaan (BOD 2004).






De recreatieve gebruiksmogelijkheden van met name het Volkerak-Zoommeer en het Veerse Meer zullen door de afwezigheid van resp. blauwalgbloei en rottende zeesla en een betere bacteriologische kwaliteit sterk vergroot worden. Zeker bij recreatievormen die fysiek contact hebben met het water.

Voor de onderwatersport is een zo min mogelijke vermenging van zout en zoet water gunstig. Bij vermenging van zoet met zout water kan het zicht onder water afnemen, waardoor het sportduiken onaantrekkelijk c.q. onmogelijk wordt. Echter, een gewijzigd waterbeheer biedt goede mogelijkheden om nieuwe duiklocaties te ontwikkelen in de nabijheid van de instroompunten van zout water. In dat verband wordt een (gedeeltelijk) herstel van het getij in de Grevelingen en het Veerse Meer voorgestaan (BOD 2004).

De in potentie sterk verbeterde recreatiemogelijkheden bieden eveneens meer ruimte voor spreiding en zonerings van recreatie (DeltaInZicht 2003).

In onderstaande paragrafen zal per Deltawater (met uitzondering van de Westerschelde, want die wordt in deze studie niet behandeld) kwalitatief het huidige gebruik door recreatie worden benoemd (beperkt, voldoende, goed). Dit gebruik is het resultaat van een combinatie van o.a. de fysieke gebruiksmogelijkheden, het voorzieningenniveau en zonerings-maatregelen.

Het herstel van de estuariene dynamiek zal in eerste instantie vooral effect gaan hebben op de fysieke gebruiksmogelijkheden. Per scenario zal op kwalitatieve wijze en in gradaties worden aangegeven of er naar verwachting sprake is van een toename of een afname van de gebruiksmogelijkheden t.o.v. de huidige situatie. Niet alle vormen van recreatie zijn in ieder deelgebied (in de huidige situatie) van toepassing, dit is aangegeven met n.v.t., en niet van alle vormen van recreatie is informatie bekend, dit wordt aangegeven met een vraagteken. De volgende kleurenmarkering wordt gebruikt:

Verwachting	Kleurcode
Sterke afname	
Afname	
Gelijk blijvend	
Toename	
Sterke toename	

Veerse Meer

Het Veerse Meer heeft een oppervlakte van 2150 ha en is belangrijk voor natuur en recreatie en in mindere mate voor beroepsscheepvaart en beroepsvisserij. Er varen vooral veel zeilschepen en motorjachten. Een deel van de natuur aan het Veerse Meer is voor de recreatie aangelegd o.a. liggen er zestien (voornamelijk opgespoten recreatie)eilanden. Het gebied is internationaal bekend bij watersporters, kampeerders en dagrecreanten en het

vervult een belangrijke recreatieve functie. Gerelateerd aan de totale toeristisch-recreatieve capaciteit in Zeeland neemt het gebied 15% voor zijn rekening (Withagen 2000).

Het Veerse Meer is geschikt voor zeilers, motorbootvaarders, surfers, kanoers, waterskiërs en sportvissers. Aantrekkelijk voor de sportvisserij zijn de grote aantallen forellen in het Veerse Meer. Voor snelvaren en waterskiën zijn er twee gebieden aangewezen. Het meer vormt voor de recreatievaart een doorvaart van de Wester- naar de Oosterschelde. Na ingebruikname van de Katse Heule zijn de gebruiksmogelijkheden voor waterrecreatie, vooral zwemmen en sportduiken, toegenomen.

Behalve effecten op de recreatie zelf moet niet worden vergeten dat er effecten zijn op ondersteunende functies als steigers, campings, etc. bij een grotere getijslag op het Veerse Meer. Vooral in de varianten DD3 en DD4 neemt de getijslag fors toe tot 2,5 m aan de westzijde. Gezien de aanpassingen die gedaan moeten worden voor het peilbesluit Veerse Meer (RVM 2007b) kan worden voorgesteld dat er vergaande maatregelen nodig zijn bij herstel van dit getij.

Tabel 21. Gebruiksmogelijkheden Veerse Meer voor de verschillende vormen van watergebonden en landgebonden recreatie binnen de vier scenario's, t.o.v. het huidig gebruik.

Veerse Meer		Scenario				
		Huidig gebruik	DD1	DD2	DD3	DD4
Watergebonden recreatie						
Zeilen	Grote watersport	Goed				
	Kleine watersport	Goed				
Motorbootvaren	Grote watersport	Goed				
	Kleine watersport	Goed				
Snelvaren	Jetski	Beperkt				
	Speedboot	Beperkt				
	Waterskiën	Beperkt				
Kanoën/roeien	Wildwaterkajak	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
	Zeekano	Goed				
	Vlakwaterkano	Goed				
	Roeien	Goed				
Surfen	Brandingsurfen	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
	Windsurfen	Goed				
Zwemmen		Beperkt				
Sportduiken		Beperkt				
Landgebonden recreatie						
Wandelen (natuurbeleving)		Voldoende				
Fietsen (natuurbeleving)		Voldoende				

Oosterschelde

De Oosterschelde heeft een oppervlak van 35.000 ha. De Oosterschelde vormt een aantrekkelijk recreatiegebied. De Oosterschelde is geschikt voor zeilers, motorboten, surfers en sportvissers die ervaring hebben met stromend water. Het gebied is aantrekkelijk voor zeilers omdat er naar verhouding weinig andere gebruiksvormen zijn. Daarnaast biedt het heldere water mogelijkheden voor duikers (ca. 600.000 duiken per jaar), dankzij het heldere water en de interessante onderwaterflora en -fauna. Sportvissers beoefenen hun sport zowel vanaf bootjes als vanuit sportvisbootjes.

Het water is schoon en voldoet aan de normen voor zwemwater. Toch zijn er voor zwemmers, zonnebaders en andere strandbezoekers duidelijk minder mogelijkheden.

De Oosterschelde vormt een schakel tussen het Veerse Meer, de Noordzee, Grevelingen en Krammer-Volkerak. In het kader van de toegankelijkheidsregeling wordt terughoudendheid t.a.v. jachthavenontwikkeling nagestreefd. Snelvaren is overdag toegestaan tussen de Krammersluizen en Wemeldinge. Waterscooters en waterskiën zijn in de gehele Oosterschelde verboden. Het gebied rond Neeltje Jans heeft een natuur-educatieve functie gekregen.

Tabel 22. Gebruiksmogelijkheden Oosterschelde voor de verschillende vormen van watergebonden en landgebonden recreatie binnen de vier scenario's, t.o.v. het huidig gebruik.

Oosterschelde		Scenario				
		Huidig gebruik	DD1	DD2	DD3	DD4
Watergebonden recreatie						
Zeilen	Grote watersport	Goed				
	Kleine watersport	Voldoende				
Motorbootvaren	Grote watersport	Goed				
	Kleine watersport	Voldoende				
Snelvaren	Jetski	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
	Speedboot	Beperkt				
	Waterskiën	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
Kanoën/roeien	Wildwaterkajak	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
	Zeekano	Goed				
	Vlakwaterkano	Voldoende				
	Roeien	Beperkt				
Surfen	Brandingsurfen	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
	Windsurfen	Goed				
Zwemmen		Voldoende				
Sportduiken		Goed				
Landgebonden recreatie						
Wandelen (natuurbeleving)		Voldoende				
Fietsen (natuurbeleving)		Voldoende				

Grevelingenmeer

Het Grevelingenmeer heeft een oppervlak van 11.000 ha waarvan 7000 ha bevaarbaar. Het Grevelingenmeer is een veelzijdig recreatiegebied en kent jaarlijks ca. 2 miljoen dagbezoekers.

Er zijn acht jachthavens met in totaal ca. 4000 ligplaatsen. Er zijn ± 600 openbare aanlegplaatsen verspreid over het meer, in eigendom en beheer van het Natuur- en Recreatieschap de Grevelingen. Er zijn aanlegsteigers en drie speciaal aangelegde watersporteilanden (Mosselbank, Ossehoek en Archipel). Aan de Brouwersdam bij Haven Springersdiep en Middelpaathaven en aan de Grevelingendam zijn trailerhellingen te vinden. Op een topdag varen er ruim 5000 boten op het meer (website www.delta-wateren.nl).

Er zijn twee waterskibanen en een speciale baan voor waterscooters. Elders geldt een maximum snelheid van 15 km/uur.

Bij de dammen wordt gezwommen en ook plankzeilen is populair. Kitesurfen is in de surf(oefen)plassen verboden om de andere surfers niet in gevaar te brengen.

Vanwege het zoutgehalte en de helderheid is het meer jaarrond interessant voor sportduikers. Het meer is ook uitwijkpunt indien door forse ZW wind de Oosterschelde niet of slecht beduikbaar is. Voor de handhaving van de veiligheid van het duikgebied is het belangrijk dat het waterpeil constant blijft (Houtekamer 1999).

Sinds 1999 staat de Brouwerssluis het hele jaar open waardoor vis beter kan uitwisselen met de Noordzee. Toch is de visstand nog bescheiden te noemen. In de omgeving van Scharendijke en de Brouwerssluis wordt vooral in de winter gevestigd vanaf boten.

Er zijn verschillende binnendijkse verblijfs- en recreatieobjecten aangelegd. Er is een voorlichtingscentrum van het Natuur- en Recreatieschap en er worden natuurexcursies georganiseerd. De omliggende gemeentes hebben de laatste jaren diverse fietsroutes aangelegd en er wordt gewerkt aan een aaneensluitende reeks fietspaden rond het hele meer. Vanaf 1998 is er een fiets-voetveer tussen Brouwershaven en de Slikken van Flakkee.

Voor het Grevelingenmeer geldt, net als voor het Veerse Meer, dat er aanpassingen nodig zijn aan recreatieve voorzieningen als steigers als gevolg van het terugbrengen van het getij. Dit brengt extra kosten met zich mee.

Tabel 23. Gebruiksmogelijkheden Grevelingenmeer voor de verschillende vormen van watergebonden en landgebonden recreatie binnen de vier scenario's, t.o.v. het huidig gebruik.

Grevelingenmeer		Huidig gebruik	DD1	DD2	DD3	DD4
Watergebonden recreatie						
Zeilen	Grote watersport	Goed				
	Kleine watersport	Goed				
Motorbootvaren	Grote watersport	Goed				
	Kleine watersport	Goed				
Snelvaren	Jetski	Beperkt				
	Speedboot	Beperkt				
	Waterskiën	Beperkt				
Kanoën/roeien	Wildwaterkajak	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
	Zeekano	Goed				
	Vlakwaterkano	Beperkt				
	Roeien	Beperkt				
Surfen	Brandingsurfen	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
	Windsurfen	Goed				
Zwemmen		Goed				
Sportduiken		Goed				
Landgebonden recreatie						
Wandelen (natuurbeleving)		Voldoende				
Fietsen (natuurbeleving)		Voldoende				

Markiezaat-Binnenschelde

Het Markiezaatsmeer heeft na afsplitsing van de Oosterschelde een functie als natuurgebied gekregen. Het meer heeft echter problemen met de waterkwaliteit vanwege een teveel aan nutriënten met als gevolg een verminderd doorzicht, algenbloei en vermindering van het zuurstofgehalte in het water. De slechte waterkwaliteit heeft relatief weinig invloed op de recreatie, aangezien deze vooral is gericht op educatie. Voor overige vormen van recreatie zoals zwemmen, plankzeilen, surfen e.d. moet de recreant naar de Binnenschelde waarmee het Markiezaatsmeer in verbinding staat.

Om de recreatiedruk van het natuurgebied rond het Markiezaatsmeer af te leiden heeft de Binnenschelde een recreatieve bestemming gekregen met een functie als zwemwater. Het meer ligt bij Bergen op Zoom en grenst direct aan woonwijken. Er is een strandzone aangelegd met diverse faciliteiten en er zijn aanlegsteigerijtjes. Ook de brakke Binnenschelde heeft echter een waterkwaliteitsprobleem gekend. O.a. troebel water maar vooral ook heeft het meer last van de alg *Prymnesium*, een plaagalg die goed groeit in brak water en die in 2000 massale vissterfte heeft veroorzaakt. Ook de blauwalg, afkomstig uit het Zoommeer, bloeit in de Binnenschelde bij warm en windstil weer. Vanaf 2001 zijn de problemen met vissterfte en blauwalgen niet meer voorgekomen en is er geen zwemverbod geweest. Er is dan ook geen water uit het Volkerak-Zoommeer meer ingelaten om het waterpeil te handhaven.

Tabel 24. Gebruiksmogelijkheden Binnenschelde voor de verschillende vormen van watergebonden en landgebonden recreatie binnen de vier scenario's, t.o.v. het huidig gebruik (het Markiezaat is enkel voor natuureducatie en maakt geen deel uit van deze tabel).

Binnenschelde		Scenario				
		Huidig gebruik	DD1	DD2	DD3	DD4
Watergebonden recreatie						
Zeilen	Grote watersport	n.v.t.	n.v.t.		n.v.t.	
	Kleine watersport	Beperkt				
Motorbootvaren	Grote watersport	n.v.t.	n.v.t.		n.v.t.	
	Kleine watersport	Goed				
Snelvaren	Jetski	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
	Speedboot	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
	Waterskiën	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
Kanoën/roeien	Wildwaterkajak	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
	Zeekano	Beperkt				
	Vlakwaterkano	Beperkt				
	Roeien	Voldoende				
Surfen	Brandingsurfen	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
	Windsurfen	Beperkt				
Zwemmen		Voldoende				
Sportduiken		n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
Landgebonden recreatie						
Wandelen (natuurbeleving)		Beperkt				
Fietsen (natuurbeleving)		Beperkt				

Volkerak-Zoommeer

Het Volkerak-Zoommeer had vroeger een getijverschil van 3,5 meter (BOD 2004). Het gebied heeft een oppervlak van 7580 hectare en grote en kleine watersport vormen een van de hoofdfuncties van het gebied (BOD 2004). In het Volkerak zijn 10 jachthavens. Het meer is vooral geschikt voor zeilers, motorboten, kanoers, surfers en sportvissers. De (zwem)waterkwaliteit in Volkerak-Zoommeer laat te wensen over door de aanwezigheid van blauwalg.

Vanaf 1994 kampt het meer met een blauwalgenprobleem, waardoor er vooral in zomer en najaar niet meer gezwommen kan worden (BOD 2004).

Een deel van het gebied is bestemd voor natuureducatie. Rond het gebied is een fietspad aangelegd.

Tabel 25. Gebruiksmogelijkheden Volkerak-Zoommeer voor de verschillende vormen van watergebonden en landgebonden recreatie binnen de vier scenario's, t.o.v. het huidig gebruik.

Volkerak-Zoommeer		Scenario				
		Huidig gebruik	DD1	DD2	DD3	DD4
Watergebonden recreatie						
Zeilen	Grote watersport	Goed				
	Kleine watersport	Voldoende				
Motorbootvaren	Grote watersport	Goed				
	Kleine watersport	Voldoende				
Snelvaren	Jetski	?	?	?	?	?
	Speedboot	?	?	?	?	?
	Waterskiën	?	?	?	?	?
Kanoën/roeien	Wildwaterkajak	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
	Zeekano	Voldoende				
	Vlakwaterkano	Beperkt				
	Roeien	Beperkt				
Surfen	Brandingsurfen	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
	Windsurfen	Goed				
Zwemmen		Beperkt				
Sportduiken		Beperkt				
Landgebonden recreatie						
Wandelen (natuurbeleving)		Beperkt				
Fietsen (natuurbeleving)		Goed				

Haringvliet en Hollandsch Diep

Het Haringvliet heeft een oppervlak van 7300 ha, waarvan ca. 6000 ha bevaarbaar (>1m diep). Er staat weinig stroming. Het Haringvliet is een gebied waar veel watersporters graag komen. Het blijkt vooral een prima zeilgebied te zijn: 75% van de boten op het Haringvliet is zeilboot. Het mondingsgebied wordt door de recreatievaart voornamelijk gebruikt als doorvaart naar de open zee. Er vaart maar ongeveer een tiende deel van alle schepen op het Haringvliet de zee op omdat er in het mondingsgebied platen liggen die het varen bemoeilijken.

Het Haringvliet is minder geschikt voor kleine zeilboten en beginnende waterrecreanten omdat de mogelijkheden om aan te leggen relatief beperkt zijn. Daarnaast is een groot deel van de oevers niet toegankelijk en het aantal vaardoelen beperkt. Het gebied trekt veel watersporters uit de Randstad. In Hellevoetsluis ligt de belangrijkste jachthaven. Op de zandstranden bij de opritten van de Haringvlietbrug komt oeverrecreatie voor. Bij de Haringvlietdam en de stranden wordt veel gesurft en je kunt er terecht om te catamaranzeilen. Voorts zijn er op het Haringvliet ankerboeien geplaatst die intensief worden gebruikt. Rond het eiland Tiengemetten worden regelmatig catamaranraces gehouden. Ook wordt er in het Haringvliet gedoken.

De natuurterreinen langs het Haringvliet zijn over het algemeen niet vrij toegankelijk. Beperkt recreatief medegebruik is toegestaan op de Korendeelse Slikken en het Spuigors.

Het Hollandsch Diep heeft een oppervlak van 4000 ha, waarvan ca. 2500 ha bevaarbaar (> 1 m diep). In het Hollandsch Diep is een doorvaarroute voor de waterrecreatie en er zijn enkele havens langs het water (Willemstad, Moerdijk, Strijensas en Numansdorp). Het Hollandsch Diep is vooral populair bij de grotere kajuitzeiljachten en in mindere mate bij motorboten. Overige recreatiemogelijkheden worden beperkt door de beroepsvaart.

In de huidige situatie komen de recreatiemogelijkheden in het binnengebied niet tot ontplooiing. Het zou zich kunnen ontplooiën tot groot, ruig dynamisch vaarwater bij een ander beheer van de Haringvlietluizen. Als het water dan tot het eiland Tiengemetten toegang krijgt, ontstaat daar een meer natuurlijke, voor natuurliefhebbers aantrekkelijkere situatie.

De recreant heeft zich ingesteld op het getijvrije water, waarmee het Haringvliet, maar ook de Biesbosch toegankelijk zijn geworden voor de kleine recreatievaart (BOD 2004).

De toenemende getijslag zal nadelige gevolgen hebben voor de huidige recreatie: er zullen verschillende aanpassingen moeten worden uitgevoerd (diepte jachthavens, trailerhellingen, bootliften en vaste steigers). Voor de recreatie kan een ander sluisbeheer echter ook een impuls tot vernieuwing zijn (BOD 2004).

Tabel 26. Gebruiksmogelijkheden Haringvliet en Hollandsch Diep voor de verschillende vormen van watergebonden en landgebonden recreatie binnen de vier scenario's, t.o.v. het huidige gebruik.

Haringvliet en Hollandsch Diep		Scenario				
		Huidig gebruik	DD1	DD2	DD3	DD4
Watergebonden recreatie						
Zeilen	Grote watersport	Goed				
	Kleine watersport	Voldoende				
Motorbootvaren	Grote watersport	Goed				
	Kleine watersport	Voldoende				
Snelvaren	Jetski	?	?	?	?	?
	Speedboot	?	?	?	?	?
	Waterskiën	?	?	?	?	?
Kanoën/roeien	Wildwaterkajak	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
	Zeekano	Goed				
	Vlakwaterkano	Beperkt				
	Roeien	Beperkt				
Surfen	Brandingsurfen	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
	Windsurfen	Voldoende				
Zwemmen		Beperkt				
Sportduiken		Beperkt				
Landgebonden recreatie						
Wandelen (natuurbeleving)		Voldoende				
Fietsen (natuurbeleving)		Voldoende				

Voordelta

De geulen vanaf de Oosterscheldekering in (noord)westelijke richting vormen een nevenvaartroute voor de recreatievaart. Het gebied is aantrekkelijk voor zeewaardige zeiljachten.

Er wordt veel sportvisserij beoefend bij de Westkappelse Zeedijk, de dammen en de Oosterscheldekering en met kleine motorbootjes op de Noordzee.

Ook surfen is populair met zo'n 7000 surfers op topdagen, met name nabij de Brouwersdam.

Tabel 27. Gebruiksmogelijkheden Voordelta voor de verschillende vormen van watergebonden en landgebonden recreatie binnen de vier scenario's, t.o.v. het huidig gebruik.

Voordelta		Scenario				
		Huidig gebruik	DD1	DD2	DD3	DD4
Watergebonden recreatie						
Zeilen	Grote watersport	Goed				
	Kleine watersport	Beperkt				
Motorbootvaren	Grote watersport	Goed				
	Kleine watersport	Beperkt				
Snelvaren	Jetski	?	?	?	?	?
	Speedboot	?	?	?	?	?
	Waterskiën	?	?	?	?	?
Kanoën/roeien	Wildwaterkajak	Voldoende				
	Zeekano	Voldoende				
	Vlakwaterkano	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
	Roeien	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
Surfen	Brandingsurfen	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
	Windsurfen	Voldoende				
Zwemmen		Goed				
Sportduiken		n.v.t.				
Landgebonden recreatie						
Wandelen (natuurbeleving)		Beperkt				
Fietsen (natuurbeleving)		n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.

Conclusies

Door een verbeterde natuurkwaliteit neemt de natuurbeleving toe. De effecten op landgebonden recreatie zijn hierdoor over het algemeen neutraal tot licht positief. De varianten DD2 en DD4 scoren hierbij iets hoger.

De effecten op watergebonden recreatie zijn zeer gedifferentieerd naar type recreatie en deelgebied. Varianten DD3 en DD4 die gunstige condities scheppen voor de Grote watersport in Grevelingenmeer en Volkerak-Zoommeer gaan ten koste van de Kleine watersport. Grote negatieve gevolgen treden op in de Binnenschelde voor varianten DD2 en DD4, omdat hierin een grote getijslag wordt aangebracht (anderzijds levert dit meer spannende zeekano-recreatie op). Ook leidt een verbeterde zwemwaterkwaliteit, in sommige gevallen, in combinatie met een vergrote dynamiek van getij en stroomsnelheden, tot een netto negatief effect op zwemmen.

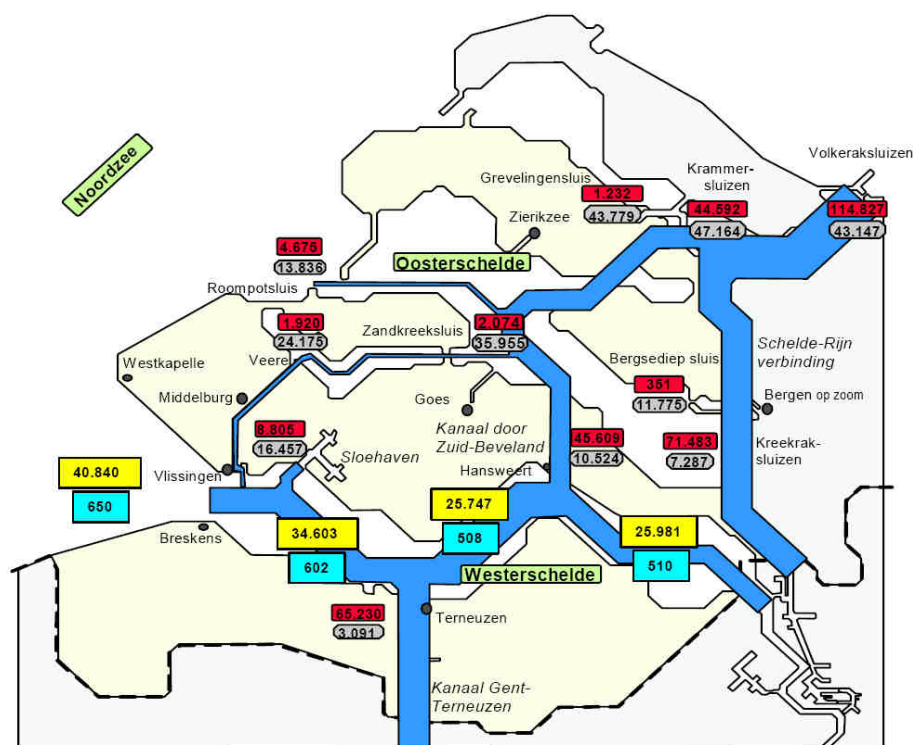
Gemiddeld kent variant DD1 een netto voordeel van de verbeterde waterkwaliteit en scoren de andere varianten netto neutraal, omdat dit voordeel wordt gecompenseerd door de nadelen van de vergrote dynamiek.

7.9 Effecten op scheepvaart

De gebruiksfunctie scheepvaart in de Delta is uitgebreid beschreven in Brolsma (2000). Deze studie beschrijft veel aspecten van de vaarwegen en transporthoeveelheden in de Delta en bevat onder andere een lijst van wenselijke verbeterpunten voor de recreatievaart.

In de zuidwestelijke delta lopen veel en belangrijke (hoofd)vaarwegen, waarbij als belangrijkste routes die van Gent en Antwerpen naar Rotterdam kunnen worden aangemerkt. Deze routes zijn onderdeel van het net van Europese vaarwegen. Daarnaast zijn overige vaarwegen te benoemen zoals Haringvliet, Grevelingenmeer, Veerse Meer en Kanaal door Walcheren, die vooral door de recreatievaart worden gebruikt.

Het grootste vervoerstype voor de binnenvaart in de Zuidwestelijke Delta is het containervervoer. Door de Volkeraksluizen passeren meer dan 1 miljoen TEU (Twenty feet Equivalent Unit) per jaar. De nieuwe terminals in Antwerpen, Gent, Terneuzen en Vlissingen zullen zonder twijfel bijdragen aan verdere groei, hoewel het aantal passerende schepen maar betrekkelijk weinig toeneemt. Als er van een groei van het vervoer over water wordt uitgegaan, zijn op lange termijn capaciteitsproblemen te verwachten bij Volkerak- en Kreekraksluizen. Ook kan het bij Hansweert tot problemen komen, zeker als de containerterminal in Vlissingen goed gaat draaien (AVIV 2006).



toelichting

- 45.609 **Beroepsvaart (zee en binnenvaart)**, aantal geschutte schepen (45.609)
- 13.836 **Recreatievaart**, aantal geschutte schepen (13.836)
- 40.840 **Zeevaart (vracht en tankvaart)** aantal scheepsbewegingen op vaarweg (40.840)
- 650 **Zeevaart laadvermogen** in miljoenen tonnen (650)

Figuur 61. Scheepvaartbewegingen in de Zuidwestelijke Delta in 2005. Bron RWS.

Het Schelde-Rijn kanaal loopt van Antwerpen naar het Volkerak en is onderdeel van de Schelde-Rijnverbinding, de vaarroute die Antwerpen met Rotterdam en de Nederlandse grote rivieren verbindt. Het is de belangrijkste vaarweg in de Zuidwestelijke Delta.

Het kanaal begint in de haven van Antwerpen. Vervolgens loopt het door Zuid-Beveland, vlak langs de grens met Noord-Brabant. Aan de noordkant van Zuid-Beveland wordt dit 'Antwerpse' deel van het kanaal afgesloten door de Kreekraksluizen. Daarna loopt het kanaal tussen de Oesterdam en de Markiezaatskade, door het Zoommeer. De haven van Bergen op Zoom staat hier via een korte vaarroute in verbinding met het Schelde-Rijnkanaal. Het kanaal vervolgt zijn route over de voormalige Eendracht tussen het eiland Tholen en het vasteland van Noord-Brabant. Daarna passeert het Sint-Philipsland en komt het uit in het Volkerak. Via de Volkeraksluizen en de Dordtse Kil kunnen schepen verder varen naar Rotterdam.

Over het Schelde-Rijnkanaal ligt een aantal bruggen (van noord naar zuid):

- de Sint-Philipslandse brug (tussen Steenberg en Sint-Philipsland, N257)
- de Vossemeerse brug (tussen Oud- en Nieuw-Vossemeer)
- de Tholense brug (tussen Tholen en Halsteren).
- bij de Kreekraksluizen:
 - de N289 (tussen Rilland en Hoogerheide)
 - spoorbrug van de Zeeuwse Lijn
 - bruggen van de A58 (tussen knooppunt Markiezaat en afslag Rilland)
- brug bij Bath

- de Noordlandbrug in Zandvliet, België (tegen de grens) naast de afslag 11 van de A12 (is de A4 in Nederland)

De vaste bruggen hebben een doorvaarthoogte van 9,10 meter boven kanaalpeil (Brolsma 2000), zodat de scheepvaart geen stremmingen kent.

Het Schelde-Rijn-Verdrag van 13 mei 1963, dat bij wet van 10 februari 1965, Staatsblad 59, werd goedgekeurd, maakte een einde aan het eeuwenlange geschil tussen Nederland en België over de verbinding van de haven van Antwerpen met de Rijn over de Westerschelde. **Een vrije doorgang werd gegarandeerd**, waarbij rekening werd gehouden met een vaste waterstand, die zou worden bereikt als in 1978 de Oosterschelde zou zijn afgesloten met een vaste dam. Met het gereedkomen van de compartimenteringsdammen in de Oosterschelde en Grevelingen werd de Schelde-Rijn verbinding gerealiseerd. Voor alle duidelijkheid: de route hoeft niet getijvrij te zijn, wel moeten de vaste bruggen een minimale doorvaarthoogte hebben.

Bij het terugbrengen van getij op deze belangrijke scheepvaartroute zullen maatregelen moeten worden genomen om de bevaarbaarheid te garanderen. In de varianten DD1 en DD3 is het getijverschil niet al te groot (max. 1,5 m). Maar in de varianten DD2 en DD4 is het getijverschil maximaal 3,5 meter. **Het terugbrengen van getij op het Volkerak-Zoommeer en/of de kom van de Oosterschelde, en hiermee op het Schelde-Rijn kanaal, zal op weerstand stuiten vanuit de functie scheepvaart.**

Anderzijds is een positief effect van varianten DD2 en DD4 dat er minder sluisen nodig zijn. De Krammersluis, de Grevelingensluis en de Volkeraksluis zullen verdwijnen, hetgeen scheelt in de reistijd. De Kreekraksluis zullen moeten blijven om het waterpeil in de haven van Antwerpen te reguleren.

Een ander effect van herstel van estuariene dynamiek is dat de waterverdeling in de benedenrivieren wijzigt waardoor de waterdiepte bij lage rivierafvoeren sneller ontoereikend wordt dan in de huidige situatie. Meer water naar het Volkerak-Zoommeer betekent bijvoorbeeld dat er minder water over de drukbevaren Boven-Merwede gaat (RIZA 2005).

7.10 Effecten op wonen

Markiezaatsmeer

Het Markiezaatsmeer is aangelegd met als (neven)doel het ontwikkelen van recreatie en stadsuitbreiding van Bergen op Zoom. Mede voor het laatste doel is in het Markiezaatsmeer een landtong van ongeveer 160 ha opgespoten met zand dat vrijkwam bij het graven van het Bathse spuikanaal. De woonwijk die erop is gebouwd, de Bergse Plaat, is officieel gereedgekomen op 4 april 2007. Er zijn 5.163 woningen gebouwd (Rijdsdijk 2004).

De maaiveldhoogte varieert tussen N.A.P. +1,80 m in het westen tot N.A.P. +3,25 m in het zuidoosten. Het waterpeil van de Binnenschelde en Markiezaatsmeer is N.A.P. +0,9 m (Rijdsdijk 2004). De waterkwaliteit van de meren is niet erg goed, vooral de Binnenschelde heeft te leiden onder eutrofiëring door nalevering uit de bodem van fosfaat. Dit is typisch voor voormalig zoute bodems en vindt ook plaats in het Volkerak-Zoommeer.

In varianten DD1 en DD3 worden de Binnenschelde en de Markiezaat met de Oosterschelde en het Zoommeer verbonden door middel van een doorlaatmiddel. Hiermee worden zout en getij teruggebracht in de meren en hiermee wordt ook een estuariene overgang in de kom van de Oosterschelde gecreëerd. Dit zal de waterkwaliteit ten goede komen en Bergen op Zoom wordt hiermee weer een stad aan 'zee'. **Dit heeft positieve gevolgen voor de woonkwaliteit.**

De getijslag zal zo'n 1,0 – 1,5 m bedragen. Wanneer op de Binnenschelde en Markiezaat een dergelijke getijslag wordt gezet zal de Bergse Plaat niet overstromen bij gemiddeld hoogwater. Bovendien blijft de plaat goed beschermd tegen stormvloed en omdat dan de doorlaatmiddelen kunnen worden afgesloten en de compartimenteringsdammen veiligheid bieden. **De lokale afwatering, drainage en riolering zullen moeten worden aangepast aan de veranderde omstandigheden. De aanwezige parkvegetatie en de bomen op de boulevard zullen moeten worden verwijderd of gewijzigd. De tuinbeplanting van de bewoners zal mogelijk leiden onder de 'saltspray'.**

In de varianten DD2 en DD4 wordt de kom van de Oosterschelde weer geheel geopend door het verwijderen van de Markiezaatskade en de Oesterdam. Hiermee wordt een getijslag van 3,5 m in de kom gebracht. Bergen op

Zoom ligt dan weer echt aan zee en de estuariene overgangen zijn compleet. Maar hierop is de woonwijk van de Bergse Plaat niet berekend. Bij stormvloed zal de sluiting van de Oosterscheldestormvloedkering (en voor variant DD4 ook de Brouwerskering) veiligheid bieden aan het achterland, maar windopzet kan tot een flinke verhoging leiden. Daarbovenop kan de rivierafvoer van de Rijn/Maas via het Krammer-Volkerak het waterpeil verhogen. **Aanvullende waterkerende dijken op Deltahoogte zijn nodig om de wijk te beschermen.** Ook in deze varianten zal de wijk zich moeten aanpassen aan de zoute getij-invloed.

Bergen op Zoom heeft inmiddels plannen om een tweede wijk te ontwikkelen aan het water van de Binnenschelde, het plan Bergse Haven. Dit wordt een echte waterwijk met woningen op eilanden in het water. De Gemeente Bergen op Zoom heeft een plan klaarliggen om zout water uit de Oosterschelde door middel van een pijpleiding in de Binnenschelde te pompen. Dit zou het blauwalgenprobleem verhelpen. **Het is in dit planstadium niet duidelijk of er ook rekening wordt gehouden met een getijslag van 1,0 tot 1,5 m.**

Volkerakmeer

Bewoners van dorpen aan het Volkerakmeer (Oude Tonge, Ooltgensplaat, Dinteloord) ondervinden positieve gevolgen van een verbeterde waterkwaliteit van het meer. **De afwezigheid van 'de groene soep' en de verbeterde recreatiemogelijkheden verhogen mogelijk de waarde van hun woningen. Ook ontstaan er meer mogelijkheden voor de ontwikkeling van 'recreatieve woonmilieus'**, de combinatie van permanente bewoning van een wijk of buurt met recreatieve voorzieningen. Voorbeelden hiervan zijn Parc Sandur in Emmen, Flevo Golf Resort in Lelystad, Haverleij in 's Hertogenbosch, De Blauwe Stad in het Groningse Oldambt, de Golfresidentie in Dronten en het Zwanenwoud in Heerenveen (Marissing & Dieleman 2003). In de zuidwestelijke Delta is zo iets nog niet gerealiseerd, terwijl de nabije ligging van de Randstad (Rotterdam) hiervoor zeker potentie biedt.

7.11 Klimaatbestendigheid van de zuidwestelijke Delta

De relatieve zeespiegelrijzing zal ons wellicht nopen tot het aanpassen van de sluitingswerken in de Delta. **Dit geeft een kans om de nieuwe stormvloedkeringen die zijn voorzien in de inrichtingsvarianten DD3 en DD4 alvast hierop voor te bereiden.** De nieuwe Veerse Gatkering en Grevelingenkering worden klimaatbestendig gemaakt, de bestaande Oosterscheldekering en de Haringvlietsluizen zullen apart moeten worden aangepast.

Een meer frequent voorkomen van droogte en bijbehorende lage afvoeren is een beperkt risico voor het herstel van estuariene dynamiek. In principe is een lage rivierafvoer een natuurlijk fenomeen dat past bij natuurlijke estuariene processen en zijn estuaria veerkrachtig. De meeste estuariene soorten zijn aangepast aan zoutschommelingen. Ook is gebleken dat een extreem lage waterstand leidt tot kieming van zaadbanken die droog komen te staan, waardoor de vegetatiesamenstelling wordt verrijkt. Juist door de mens beïnvloede stagnante wateren als het Volkerak-Zoommeer krijgen te leiden onder zuurstofloosheid en blauwalgenbloei. De Nationale droogtestudie concludeert dan ook (RIZA 2005): *"een tekort aan water van de juiste kwaliteit is vooral schadelijk voor de natuur doordat de mens de natuur kwetsbaar heeft gemaakt. In een natuurlijke situatie horen de gevolgen van extreme droogte bij het natuurlijk systeem en zullen deze gevolgen minder zijn dan in de huidige door de mens gecreëerde situatie."*

In tijden van lage afvoeren dienen er verschillende belangen te worden gediend in de nationale waterhuishouding. Voor de zuidwestelijke Delta geldt dat er voldoende zoetwatertoevoer moet zijn om de verzilting van het benedenrivierengebied tegen te gaan. Er wordt naar gestreefd om te allen tijde een afvoer van 450 m³/s door de Oude Maas en 450 m³/s door de Nieuwe Maas te hebben om verzilting tegen te gaan. Dit is belangrijk voor de zoetwaterinname punten in het Spui (aanvoer naar de Bernisse, Europoort en Delfland) en de Hollandse IJssel (aanvoer naar Rijnland en het Groene Hart). Bij lage rivierafvoeren is het al snel nodig om de Haringvlietsluizen te sluiten, om hiermee de afvoer richting de Nieuwe Waterweg te dwingen. **Dit is echter niet de bedoeling in de variant Stormvloedkering en zou ook niet bevorderlijk zijn voor de estuariene dynamiek.** Mede in het licht van de klimaatverandering en de toenemende kans op lage afvoeren zullen de zoetwaterinnamepunten moeten worden verlegd. Ook zullen andere maatregelen in de waterhuishouding moeten worden genomen, bijvoorbeeld het doorspoelen van Zuid-Holland met water uit het IJsselmeer, zoals in de zomer van 2003 gebeurde.

Als gevolg van de klimaatverandering zal de Rijn/Maas moeilijker toenemende afvoeren naar de Noordzee kunnen afvoeren als de zeespiegel gaat stijgen. Er moet daarom voldoende ruimte worden gereserveerd voor waterafvoer en -berging in het rivierengebied, het IJsselmeer en de Delta. **De nadelen van compartimentering doen zich nu gelden.** Het water kan zich niet verdelen over de gehele Delta wat leidt tot relatief snelle stijging van de waterstanden op het Hollandsch Diep, het Haringvliet, het Spui en andere wateren (MinVenW 2005b). In de plannen van Ruimte voor de Rivier wordt al rekening gehouden met waterberging op het Volkerak-Zoommeer. In de variant DD4 kunnen drie grote bekkens ingezet worden als tijdelijke waterberging; de Oosterschelde, de Grevelingen en het Haringvliet. Het rivierwater kan onder de bruggen door met een groot debiet afstromen en door het sluiten van de keringen kan het water worden vastgehouden. Een groot voordeel is dat wanneer het waterpeil in een bekken te hoog dreigt te worden, de stormvloedkering (gedeeltelijk) open gezet kan worden om water af te voeren naar zee. Vanwege het peilverschil tussen zee en bekken is dit mogelijk onder vrij verval, zeker onder laag water omstandigheden.

Een ander effect van klimaatverandering is een hogere frequentie van zwaardere stormen. De waterkeringen in Nederland zullen vaker door hogere golven worden aangevallen. In plaats van het verhogen van waterkeringen is een alternatief concept het benutten van voorlanden, zoals schorren, die golfdempend werken (Löffler *et al.* 2001). In Zeeland worden dit 'schorbuffers' genoemd. Een bijkomend voordeel is dat een voorland het kwelbezwaar in het achterliggende land vermindert, omdat er een bredere zone voor de dijk ligt. Nog een bijkomend voordeel is dat schorren meegroeien met de zeespiegelstijging. De Waddenzee bijvoorbeeld is een excellent voorbeeld van een sedimenterend gebied dat is meegegroeid met de Holocene zeespiegelstijging. In alle vier de inrichtingsvarianten komt meer intergetijdegebied beschikbaar waarin schorren tot ontwikkeling kunnen komen. Echter, op de loer ligt het gevaar van zandhonger in het Volkerak en de Grevelingen, gebieden waarin bij varianten DD3 en DD4 een gereduceerd getij wordt hersteld terwijl de geulen zijn overgedimensioneerd. **Dit kan de groei van schorren op de lange termijn doen voorkomen.** Met andere woorden: op korte termijn is veel areaalwinst aan slikken en schorren te boeken, maar er moet rekening worden gehouden met verlies hiervan op de langere termijn (orde grootte 50 – 100 jaar). Wellicht dat er in de toekomst afdoende technieken zijn ontwikkeld om plaat- en schorerosie te stoppen of dat er geschikte technieken zijn ontwikkeld om zand in het systeem te brengen.

7.12 Samenvatting effecten op gebruiksfuncties

Voor verschillende natuur- en gebruiksfuncties zijn enkele samenvattende variabelen genoemd en is gescoord wat de effecten zijn voor de verschillende inrichtingsvarianten (Tabel 28).

Tabel 28. Samenvattende tabel van effecten op gebruiksfuncties.

	DD1 Doordring- bare Delta	DD2 Rivierwaarts Doorlaatbare Delta	DD3 Zeewaarts Doorlaatbare Delta	DD4 Dynamische Delta
Natuur:				
- Natura 2000 soorten	+ netto positief	+ netto positief	+ netto positief	+ netto positief
- Natura 2000 habitats	+ meer habitattypes	+ meer habitattypes	+ meer habitattypes	+ meer habitattypes
- Migratie van vis	+ doorlaatmiddelen	+ doorlaatmiddelen	+ doorlaatmiddelen	++ open estuaria
Visserij:				
- Duurzame populaties commerciële vissoorten	+ kraamkamer- functie versterkt	+ kraamkamer- functie versterkt	+ kraamkamer- functie versterkt	+ kraamkamer- functie versterkt
- Schelpdierproductie	+ betere zaadval	+ betere zaadval	+ betere zaadval	+ betere zaadval
- Sportvisserij	+ meer soorten	+ meer soorten	+ meer soorten	+ meer soorten
Landbouw:				
- Watervoorziening Delta-landbouw	0 grotendeels onafhankelijk van deltawateren	0 grotendeels onafhankelijk van deltawateren	0 grotendeels onafhankelijk van deltawateren	0 grotendeels onafhankelijk van deltawateren
- Watervoorziening uit Volkerak-Zoommeer	- minder zoet water	- minder zoet water	- minder zoet water	- minder zoet water
- Zoute kwelbezwaar	0 nauwelijks extra verziltzing	0 nauwelijks extra verziltzing	0 nauwelijks extra verziltzing	0 nauwelijks extra verziltzing
Recreatie:				
- Watergebonden recreatie	+ verbeterde waterkwaliteit	0 verbeterde waterkwaliteit, maar hoge dynamiek	0 verbeterde waterkwaliteit, maar hoge dynamiek	0 verbeterde waterkwaliteit, maar hoge dynamiek
- Landgebonden recreatie	+ verbeterde natuurbeleving	+ verbeterde natuurbeleving	+ verbeterde natuurbeleving	+ verbeterde natuurbeleving
Scheepvaart:				
- Voldoende diepgang en brughoogte	0 beperkt getij op Schelde-Rijn	- groot getij op Schelde-Rijn	0 beperkt getij op Schelde-Rijn	- groot getij op Schelde-Rijn
- Korte wachttijd bij sluizen	0 geen verandering in sluizen	+ minder sluizen	0 geen verandering in sluizen	+ minder sluizen
Wonen:				
- Wonen en woonkwaliteit	+ verbetering woonkwaliteit	- getijprobleem bij Markiezaat	+ verbetering woonkwaliteit	- getijprobleem bij Markiezaat
Klimaatbestendigheid:				
- Voldoende capaciteit voor het afvoeren en bergen van hoogwater- afvoergolven	0 afhankelijk van dimensies doorlaatmiddelen	+ vrije afvoer, geen bergings in Grevelingen	0 afhankelijk van dimensies doorlaatmiddelen	++ vrije afvoer, grote bergings
- Lange termijn bescherming tegen stormvloed van zee	+ bestaande keringen	+ bestaande keringen	++ aan te passen keringen	++ aan te passen keringen
- Met zeespiegel meegroeïende schorren	+ in Haringvliet, Grevelingen en Volkerak	+ in Haringvliet, Grevelingen en Volkerak	0 zandhonger in Grevelingen	- zandhonger in Grevelingen en Volkerak

8 Discussie

De gekozen oplossingsrichting van herstel van estuariene dynamiek is gedurfd; het betekent dat vele ingrepen aan de Deltawerken gedaan moeten worden. Maar deze oplossingsrichting is erg gericht op herstel van de oorspronkelijke situatie. Het leidt mogelijk zelfs tot eenzijdigheid: een Delta met voornamelijk brakke/zoute getijdenatuur. Wanneer de Delta wordt gezien vanuit een breder scala aan functies, zoals veiligheid, toegankelijkheid, natuurlijkheid, verzilting, zoetwatervoorziening en economische ontwikkeling zijn andere oplossingsrichtingen ook opportuun.

Een **alternatieve strategie** voor de Delta kan volgen uit het motto: “maak van je probleem een kans”. Sommige gestuurd-natuurlijke processen in de Delta die door een bepaalde gebruikersgroep als een probleem worden gezien kunnen juist een kans worden voor een andere gebruikersgroep. In plaats van proberen het proces bij te sturen of er tegenin te gaan, is het beter te proberen om het gebruik te wijzigen en met het proces mee te gaan. In deze strategie worden de locaties van de huidige gebruiksfuncties in de zuidwestelijke Delta heroverwogen. Het doel is te proberen om in probleemgebieden alternatieve en innovatieve gebruiksfuncties in te passen. Probeer hierbij niet teveel gebruiksfuncties in ieder kleinschalig gebied te combineren (én natuur én recreatie én industrie), maar maak een integrale functiecombinatie voor het gehele plangebied. Het streven is een duurzame inrichting en gebruik van het gehele zuidwestelijke watersysteem voor verschillende gebruiksfuncties: veiligheid, natuur, visserij, landbouw, recreatie, scheepvaart, watervoorziening, energiewinning, werkgelegenheid.

In deze alternatieve strategie kan worden onderzocht hoe de gestuurd-natuurlijke processen in de Delta verlopen en waar ze toe leiden. Hieropvolgend kan gekomen worden tot een integrale inrichting van de zuidwestelijke Delta, waarbij tot een optimale verdeling van gebruiksfuncties gekomen wordt door waar mogelijk mee te gaan met de processen.

De denkrichting is de volgende:

Probleem: Door de zandhonger in de Oosterschelde verdwijnen intergetijdegebieden. Dit is een proces dat volgt op het verkleinen van het getijvolume van een estuarium en is moeilijk te stoppen.

Gevolg: De Oosterschelde verandert in een baai zonder droogvallende delen. De functie als foerageergebied voor steltlopers en als rustgebied voor zeehonden gaat verloren.

Kans: Een ondiepe, zoute baai met getij is gunstig voor de kweek van schelpdieren. Door meer nutriënten af te leiden naar de Oosterschelde is de productiviteit te verhogen.

Oplossing: Versterk de schelpdierproductie in de Oosterschelde. Zorg voor compensatie van het verloren gegane intergetijdengebied elders in de Delta of de Voordelta, bijvoorbeeld in Haringvliet, Volkerak-Zoommeer of Grevelingenmeer.

Probleem: Door de eutrofiering van het zoete Volkerak-Zoommeer treden blauwalgenbloei op. Nutriëntenreductie uit de Brabantse rivieren is een lange termijn proces. Herstel van de estuariene dynamiek voorkomt blauwalgenbloei.

Gevolg: De zoete natuur aan de randen van het Volkerak-Zoommeer zullen afsterven en veranderen in de slikken die er in 1987 nog lagen. De functie als zoetwaterbekken in Zeeland gaat verloren.

Kans: Kweek van algen heeft vele toepassingen: visvoer, plantaardige Omega-3 vetzuren, bio-energie en het gebeurt CO₂ neutraal.

Oplossing: Benut het Volkerak-Zoommeer voor de kweek van nuttige algen.

Probleem: De zeespiegel stijgt, de bodem klinkt in en de zoute kwel neemt alsmaar toe. Het verhelpen van dit probleem aan de bron is nagenoeg onmogelijk.

Gevolg: De sloten in de polders worden zouter, landbouwgewassen hebben er onder te leiden.

Kans: De vraag naar duurzaam geproduceerde en streekeigen landbouwproducten neemt toe.

Oplossing: Een gedeeltelijke transitie naar teelt van zilte gewassen als lamsoor en zeekraal en naar zilte aquacultuur.

Deze strategie is in deze studie niet verder uitgewerkt, maar wordt hier in het kort als discussiestuk gepresenteerd.

9 Conclusies

De Deltawerken hebben geleid tot ecologische achteruitgang in de Delta. Door de bouw van verschillende dammen ontstonden bekkens met een zeer eigen karakter. Helaas vertonen deze bekkens ecologische problemen. De zoete stagnante systemen leiden aan eutrofiering, de zoute stagnante systemen hebben een verhoogd risico op stratificatie, alle stagnante systemen vertonen erosie van oevers en/of schorren, harde overgangen vormen barrières voor migrerende organismen, de Oosterschelde leidt aan zandhonger waardoor platen en slikken verdwijnen en verstoring door recreatie en gebrek aan ruimtelijke samenhang tussen de bekkens is een algemeen optredend probleem.

De ecologische problemen in de Delta hebben, mede gevoed door nationale en internationale beleidsontwikkelingen, geleid tot het formuleren van een concept Deltaprogramma. In dit programma wordt een zoekrichting beschreven voor de oplossing van de problemen die op de Deltawateren af komen. De zoekrichting voor ecologisch herstel is "herstel van estuariene dynamiek". Daarnaast zal de veiligheid tegen overstromen gewaarborgd moeten blijven en zal de economische ontwikkeling een impuls moeten krijgen.

In deze studie is onderzocht wat de mogelijkheden en effecten zijn van vier integrale inrichtingsvarianten voor de zuidwestelijke Delta voor het jaar 2100. De inrichtingsvarianten streven allen herstel van estuariene dynamiek na door grootschalig herstel van getij en rivierafvoer in de voormalige estuaria Haringvliet, Grevelingen en Oosterschelde. De varianten verschillen van elkaar in de technische uitvoering. De variant Doorlaatbare Delta (DD1) is beperkt tot het aanleggen van extra doorlaatmiddelen in de dammen en het gebruik van de Haringvlietsluizen als stormvloedkering. In de variant Rivierwaarts Doorlaatbare Delta (DD2) is extra ten opzichte van DD1 de aanpassing van de compartimenteringsdammen en secundaire dammen. Deze worden verwijderd of gewijzigd in bruggen, zodat rivieren weer vrijelijk kunnen afstromen. In de variant Zeewaarts Doorlaatbare Delta (DD3) is extra ten opzichte van DD1 de aanleg van een Brouwers-stormvloedkering en een Veerse Gat-stormvloedkering. De variant Dynamische Delta (DD4) combineert stormvloedkeringen met bruggen.

Herstel van estuariene dynamiek kan gedeeltelijk bereikt worden door het aanleggen van doorlaatmiddelen (DD1). Een groot doorlaatmiddel in de Brouwersdam is in staat om een redelijke getijslag (33% van oorspronkelijk) terug te brengen op het Grevelingenmeer. Doorlaatmiddelen in de Grevelingendam, Philipsdam en Volkerakdam zorgen voor een zoete rivieraanvoer en zo ontstaat een estuariene gradiënt op de noordelijke tak van de Oosterschelde, het Grevelingenmeer en het Volkerak-Zoommeer. Het Haringvliet komt onder invloed van brak getij bij de Stormvloedkeringvariant (50% van oorspronkelijk) en het Veerse Meer krijgt een grotere getij-invloed. Veel van de huidige problemen in de Delta kunnen hiermee worden verminderd. De waterkwaliteit in de systemen verbetert (stratificatie, blauwalgenbloei en zuurstofloosheid verdwijnen, realisatie van KRW-doelen), intergetijdegebieden en brakke ecotopen worden hersteld en de oevererosie door golfslag in de (huidige) stagnante systemen wordt verminderd. De diversiteit en totaal areaal aan Natura 2000 habitattypen neemt toe. Het aanleggen van doorlaatmiddelen zal ook ten goede komen aan migrerende vissoorten, zeker in combinatie met vispassages, maar deze zijn nog beter geholpen met geheel open verbindingen.

De uitwisseling van getij en rivierafvoer op de estuariene overgangen (DD2) kan worden versterkt door het wijzigen van de compartimenteringsdammen in bruggen. Achterin de kom van de Oosterschelde kan zout getij worden teruggebracht door het verwijderen van de Oesterdam en Markiezaatskade. De getijslag die hiermee wordt hersteld is aanzienlijk (3,5 m) en dit zal complicaties hebben voor de functies wonen en scheepvaart.

Door het wijzigen van de Brouwersdam en de Veerse Gatdam in stormvloedkeringen (DD3) zal er een getij worden gecreëerd op het Grevelingenmeer (70% van oorspronkelijk) en het Veerse Meer (70% van oorspronkelijk). Hiermee zal ook de morfodynamiek toenemen en het areaal aan intergetijdegebieden neemt initieel toe. Een negatief effect is dat er zandhonger kan optreden in het Grevelingenmeer, en mogelijk ook Veerse Meer, omdat net als bij de Oosterschelde de geulen te ruim zijn vergeleken met het getijvolume. In deze varianten zal een grote getijslag worden gecreëerd. Er zullen aanpassingen aan de lokale infrastructuur moeten worden gemaakt om deze getijslag te accommoderen.

De meest vergaande inrichtingsvariant (DD4) combineert stormvloedkeringen aan de zeezijde en open verbindingen aan de rivierzijde. De overall conclusie is dat de estuariene dynamiek bijna volledig wordt hersteld. De open verbindingen zijn gunstig voor trekvis (belangrijke Natura 2000 soorten) en voor het bereiken van stabiele vispopulaties. De ontstane estuaria fungeren als kraamkamer voor platvis en de zaadval en productie van schelpdieren wordt verhoogd. De waterkwaliteit in alle systemen wordt sterk verbeterd. De effecten op de landbouw laten zich vooral gelden in gebieden waarin de zoetwateraanvoer wordt beperkt. Problematisch is dat de zandhonger in de Oosterschelde niet verdwijnt, maar zelfs wordt uitgebreid naar de Grevelingen, het Volkerak-Zoommeer en mogelijk ook het Veerse Meer. Het herstellen van de oorspronkelijke hydromorfologische evenwichtsituatie is zeer moeilijk, zodat oevererosie en erosie van intergetijdegebieden (platen, slikken en schorren) een probleem zal blijven. Beheermaatregelen zullen noodzakelijk blijven. Tot slot zullen de gebruiksfuncties wonen, recreatie en scheepvaart ernstige hinder ondervinden van het getij op Veerse Meer, Markiezaat, Binnenschelde en Schelde-Rijn verbinding.

10 Referenties

- AVIV (2006). Risico-inventarisatie transport gevaarlijke stoffen over water Zeeland. Enschede, Adviesgroep AVIV BV, Project 05822.
- Bal, D. (2007). Selectie van Typische soorten voor Habitattypen. Wageningen, Alterra, memo 16 mei 2007: 6 p.
- Baptist, H.J.M., F. Colijn, E.C.L. Martijn, P.L. Meininger, P.M. Meire & F. Twisk (1988). Gevleugeld onderzoek; watervogels in veranderende watersystemen. Middelburg, Rijkswaterstaat Dienst Getijdewateren: 23 p.
- Baptist, M.J. & E. Mosselman (2002). Biogeomorphological modelling of secondary channels in the Waal River. River Flow 2002, Proceedings of the International Conference on Fluvial Hydraulics, Louvain-la-Neuve, Balkema.
- Beek, G.C.W. van & A.J.M. Meijer (1997). MER Beheer Haringvlietsluizen achtergrondstudie: Vis en bodemfauna. Culemborg, Bureau Waardenburg BV, Rapport nr. 96.036: 98 p.
- Berchum, A.M. van & G. Wattel (1997). De Oosterschelde, van estuarium naar zeearm. Bekkenrapportage 1991-1996. Middelburg, RIKZ, Rapport RIKZ 97.034.
- Bijlsma, L. & J.W.M. Kuipers (1989). River water and the quality of the Delta waters. Hydro-ecological relations in the Delta Waters of the South-West Netherlands. J. C. Hooghart and C. W. S. Posthumus. The Hague, TNO Committee on Hydrological Research, Proceedings and information No. **41**: 3-26.
- Bisseling, C.M., L.J. Draaijer, M. Klein & H. Nijkamp (1994). Ecosysteemvisie Delta. Wageningen, Informatie- en KennisCentrum Natuurbeheer: 191 p.
- BOD (2004). Watersport in het Deltagebied; Integrale recreatievisie Deltawateren, Breed Overleg Deltawateren: 58 p.
- Bouma, H., D.J. de Jong, F. Twisk & K. Wolfstein (2005). Zoute wateren EcotopenStelsel (ZES.1); Voor het in kaart brengen van het potentiële voorkomen van levensgemeenschappen in zoute en brakke rijkswateren. Middelburg, RIKZ, Rapport RIKZ/2005.024: 156 p.
- Bouma, S., S.M. Veen & G.H. Bonhof (2002). Proefgebieden herstel zoet-zout overgangen in het Deltagebied; Een beschrijving van 15 projecten. Culemborg, Bureau Waardenburg: 103 p.
- Brolsma, J.U. (2000). Scheepvaart in de Blauwe Delta. Rotterdam, Rijkswaterstaat, Adviesdienst Verkeer en Vervoer: 41 p.
- Camphuysen, K. & G. Peet (2006). Whales and Dolphins of the North Sea. 's-Graveland, Fontaine Uitgevers bv.
- Craeymeersch, J. (2007). Gezondheidsindicatoren voor het Schelde-estuarium; Een inventarisatie en evaluatie van biologische indicatoren voorgesteld in nationale en internationale kaders, toegepast op het Nederlandse deel van het Schelde-estuarium. Yerseke, Wageningen IMARES.
- Craeymeersch, J., I. de Vries & L. Withagen (2007). Waterkwaliteit en ecologie Veerse Meer: het tij is gekeerd; Eerste evaluatie van de veranderingen na de ingebruikname van de 'Katse Heule' op basis van waarnemingen 2004-2006. Middelburg, RIKZ, Rapportnummer RIKZ/2007-008: 86 p.
- Dankers, N. & E. Winter (2006). Zoet-Zout overgangen in het Nederlandse Kustgebied: Prioriteiten voor beleid en beheer, IMARES, Rapport IMARES-Textel 439.61034.01, IMARES-IJmuiden 323.12570.11: 23 p.
- Deegan, L. A. & B. A. Thompson (1985). The ecology of fish communities in the Mississippi River deltaic plain. *Fish Community Ecology in Estuaries and Coastal Lagoons: Towards an Ecosystem Integration*. 35-56.
- DEFRA (2006). Shoreline management plan guidance: Volume 2. London, Department for Environment, Food and Rural Affairs: 84 p. + annexes.
- DeltaInZicht (2001). Toekomstbeeld; Een gedroomd Deltagebied. Middelburg, Provincie Zeeland: 19 p.
- DeltaInZicht (2003). De Delta in Zicht; Een integrale visie op de Deltawateren. Middelburg, Provincie Zeeland: 44 p.
- DeltaInZicht (2006). Kracht van de Delta; De Agende voor een Deltaprogramma. Middelburg, Provincies Zeeland, Noord-Brabant en Zuid-Holland: 48 p.
- DeltaRaad (2004). Deltawerken is een werkwoord; Werkplan van de Deltaraad (i.o.).
- DeltaRaad (2004b). Deltamemorandum.
- Dorsman, L. (1937). Langs strand en dijken. Amsterdam, Schelten & Giltay.
- Eekelen, R. van & A. van der Berg (2006). De Grote modderkruiper in het rivierengebied. *De Levende Natuur* **107**(5): 202-207.
- Eertman, R. & A.C. Smaal (1997). De ecologische functies van geleidelijke zoet-zoutovergangen in estuaria en kustwateren. Middelburg/Yerseke, RIKZ/NIOO-CEMO, NIOO Rapporten 1997-02/Werkdocument RIKZ/OS-97.803x.
- Fairbridge, R.W. (1980). The estuary: its definition and geochemical role. Chemistry and biogeochemistry of estuaries. E. Olausson and I. Cato. New York, Wiley: 1-35.
- Fischer, H.B., E.J. List, R.C.Y. Koh, J. Imberger & N.H. Brooks (1979). Mixing in inland and coastal waters. New York, Academic Press.
- Geurts van Kessel, A.J.M. (2004). Verlopend tij; Oosterschelde, een veranderend natuurmonument. Den Haag, RIKZ: 80 p.

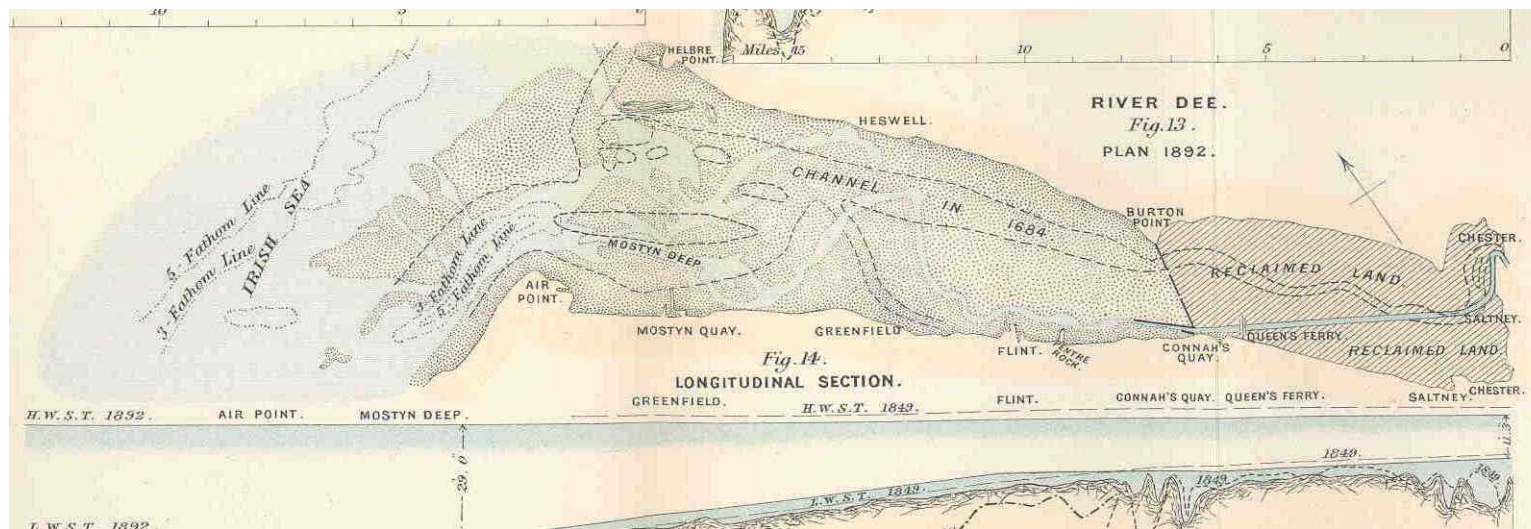
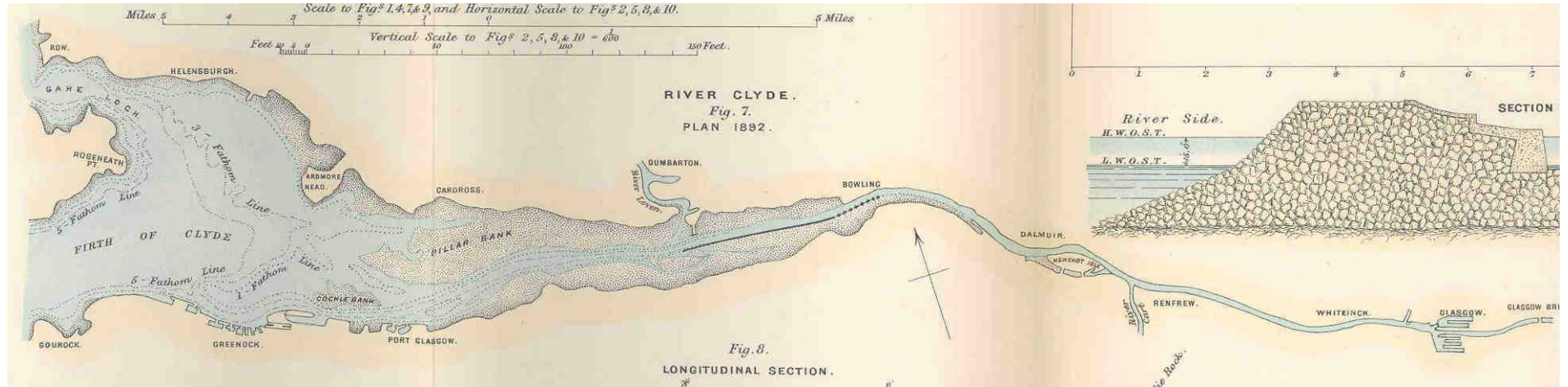
- Groot, K. de, M. de Boer & D. Waardenburg (2002). Overlegstructuur Deltawateren; inventarisatie overlegorganen. Delft, Resource Analysis, rapport RA/02-560: 34 p.
- Haas, H.A. (1998). Zoet water naar de Oosterschelde: een verkenning naar de effecten op natuur en visserij. Middelburg, RIKZ, RIKZ rapportnr 98.036
- Haas, H.A. & M. Tosserams (2001). Balanceren tussen zoet en zout. Middelburg, RIKZ, rapport RIKZ-2001.18 / RIZA-2001.014: 115 p.
- Haas, H.A. & M. Tosserams (2005). Achtergronddocument Kanskaart Estuariene Dynamiek in de Delta. Middelburg, RIKZ, rapport RIKZ/ZDO/2005.800w: 37 p.
- Hartgers, E.M., J.J.G.M. Backx & T. Walhout (2001). Vis intrek in de Delta. Middelburg / Lelystad, RIKZ / RIZA, rapport RIKZ-2001.049 / RIZA 2001.057: 68 p.
- Herman, P.M.J., J.J. Middelburg, J. van de Koppel & C.H.R. Heip (1999). Ecology of estuarine macrobenthos. *Estuaries: advances in ecological research*. D. B. Nedwell and D. G. Raffaelli. London, UK, Academic Press. **29**.
- Hesselink, A.W., D.C. van Maldegem, K. van der Male & B. Schouwenaar (2003). Verandering van de morfologie van de Oosterschelde door de aanleg van de stormvloedkering. Middelburg, RIKZ, Werkdocument RIKZ/OS/2003.810x: 34 p.
- HHWB (1999). Integraal Waterbeheersplan West-Brabant 2 (IWBB-2), Hoogheemraadschap van West-Brabant: 68 p.
- HHWB (2001). De staat van ons Water 2000,2001. Breda, Hoogheemraadschap van West-Brabant.
- Hoeksema, H.J. (2002). Grevelingenmeer van kwetsbaar naar weerbaar?; Een beschrijving van de ontwikkelingen van 1996 tot 2001 en een toetsing aan het beleid. Middelburg, RIKZ, rapport RIKZ/2002.033: 60 p.
- Holland, A.M.B.M. (2004). Veerse Meer aan de Oosterschelde; Toestand ecosysteem Veerse Meer vóór ingebruikname doorlaatmiddel. Middelburg, RIKZ, rapport RIKZ/2004.007: 72 p.
- Holzhauser, H., H.A. Haas & M. Tosserams (2006). Kansen in de Delta; Globale indicatie van kansen voor gebruikers van de Delta bij het herstel van estuariene dynamiek. Den Haag, Rijkswaterstaat RIKZ, Werkdocument RIKZ/ZDA/2006.806.w: 72 p.
- Houtekamer, N. (1999). Waterbeheersplan Grevelingenmeer 1999-2003. Middelburg, Rijkswaterstaat Directie Zeeland.
- Hovenkamp, F. & H.P. van der Veer (1993). De visfauna van de Nederlandse estuaria: Een vergelijkend onderzoek. Den Burg, NIOZ: 121 p.
- Jager, Z., J. Kranenburg & D. Vethaak (2004). Vissen tussen zoet en zout. *De Levende Natuur* **105**(5): 204-208.
- Janssen, G. (2000). Herstel van estuariene gradienten in het waddengebied. Haren, RIKZ, rapport RIKZ/2000.021: 32 p.
- Jong, D.J. de, M.M. van Katwijk & Z. Jager (2004). Zeegras in Nederland. *De Levende Natuur* **105**(5): 209-211.
- KNMI (2006). KNMI Climate Change Scenarios 2006 for the Netherlands. De Bilt, KNMI, Scientific Report WR 2006-01.
- Kohsiek, L.H.M., J.P.M. Mulder, T. Louters & F. Berben (1987). De Oosterschelde naar een nieuw onderwaterlandschap. Middelburg, RWS Dienst Getijdewateren, Eindrapport Project Geomor Nota DGW.AO 87.029: 48 p.
- Koopman, A.D.G., J.A. Inberg & H.A.M. Prinsen (2006). Betekenis Veerse Meer voor beschermde soorten in relatie tot peilbeheer; Effectenbeoordelingen in het kader van de Flora- en faunawet naar aanleiding van vier mogelijke peil-alternatieven. Culemborg, Bureau Waardenburg BV, rapport nr. 05-243: 90 p.
- Kuipers, J.J.B. & C. Jacobusse (1998). *Het Zeeuwse monument; Inlagen en karrevelden*. Goes, De Koperen Tuin.
- Lange, M.C. de & W.A.M. van Emmerik (2006). Kennisdocument bittervoorn *Rhodeus amarus* (Bloch, 1782). Bilthoven, Sportvisserij Nederland, Kennisdocument 15: 50 p.
- Leeuw, C.C. de & J.J.G.M. Backx (2001). Naar een herstel van estuariene gradiënten in Nederland; Een literatuurstudie naar de algemene ecologische principes van estuariene gradiënten, ten behoeve van herstelmaatregelen langs de Nederlandse kust. Den Haag, Lelystad, RIKZ, RIZA, RIKZ rapport 2000.044, RIZA rapport 2000.034: 169 p.
- Lenselink, G. & R. Gerits (2000). Kansen voor herstel van zout-zoet overgangen in Nederland. Lelystad, RIZA, rapport 2000.032.
- LNV (1997). MER Beheer Haringvlietsluizen; Achtergrondstudie: vis en bodemfauna.
- Löffler, M., B. Lassing, K. Poot & A. de Leeuw (2001). Omgaan met veiligheid in de toekomst; Deelproject van het onderzoeksspoor Blauwe Delta Bouwsteen voor de Integrale Visie Deltawateren. Delft, RWS-DWW, Rapport W-DWW-2001-025: 62 p.
- Louisse (2005). Indicatie baten Delta in Zicht; Een verkenning van de economische baten van natuurlijker Deltawateren in opdracht van de Deltaraad/Provincie Zeeland. Goes, LOUISSE Consulting: 66 p.
- Maldegem, D. van (2004). "Oplossingsrichtingen" maatregelen voor reductie- en compensatie effecten zandhonger Oosterschelde. Middelburg, RIKZ: 22 p.
- Marchand, J. (1993). The influence of seasonal salinity and turbidity maximum variations on the nursery function of the Loire estuary (France). *Netherlands journal of aquatic ecology* **27**(2-4): 427-436.
- Maris, A.G., J. van Veen, J.W. de Vries & H.A.M. Dibbits (1956). Het Deltaplan en zijn verschillende facetten. *De Ingenieur* **1956**(no.'s 14, 20, 21, 23, 24 en 28).

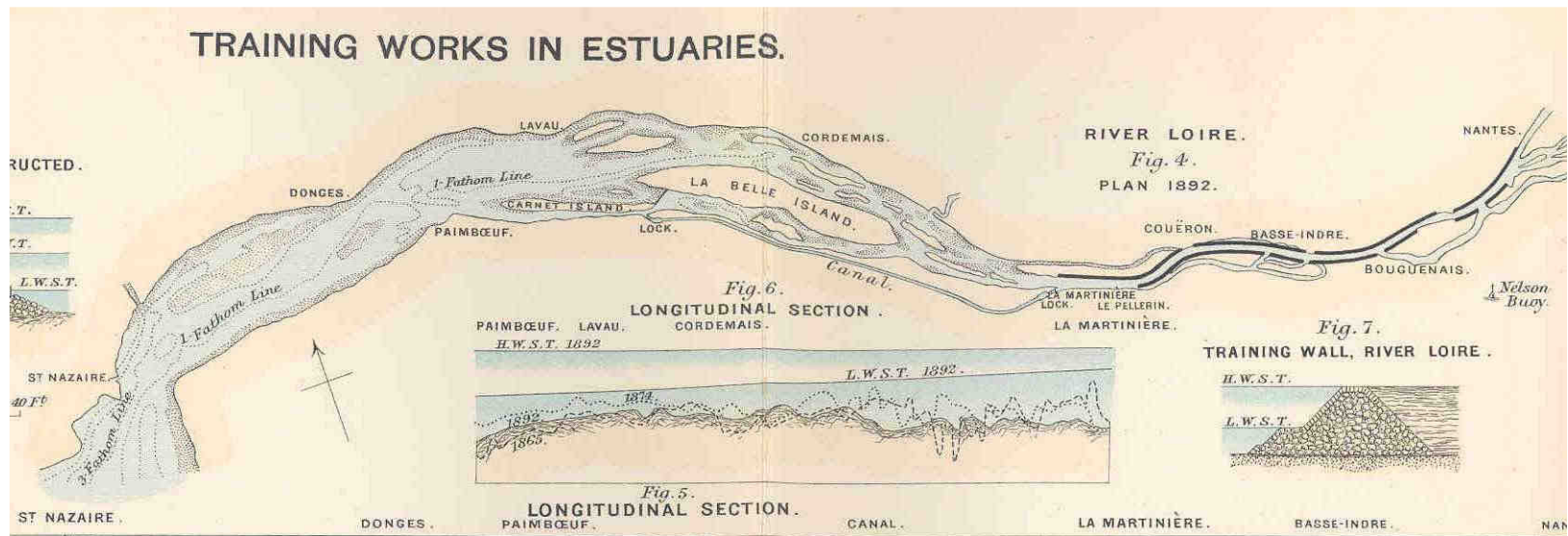
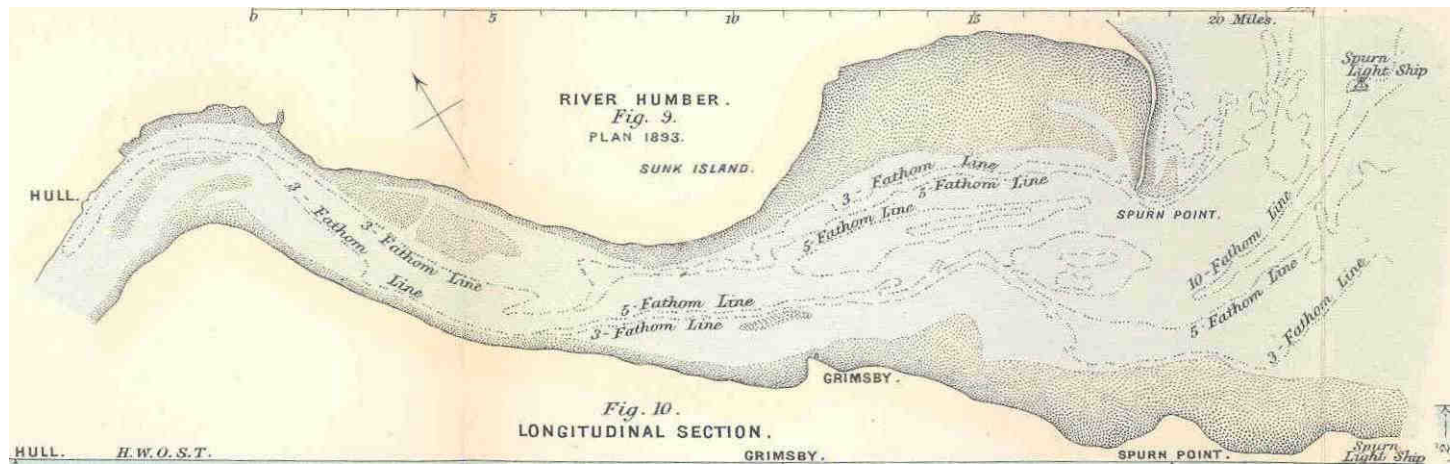
- Marissing, E. van & F. Dieleman (2003). Permanent vakantiegevoel in recreatieve woonmilieus. *Tijdschrift voor de Volkshuisvesting* **4**: 21-25.
- McLaren, P. (1982). Hydraulic control of grain-size distributions in a macrotidal estuary. *Sedimentology* **29**: 437-439.
- McLusky, D.S. (1993). Marine and estuarine gradients; An overview. *Netherlands journal of aquatic ecology* **27**(2-4): 489-493.
- Meij, V. van der, C.M. Bisseling & J.J.G.M. Backx (2001). De Grenzen Verleggen?; Een Quick Scan ter actualisatie en verbreding van de Ecosysteemvisie Delta. Wageningen, Expertisecentrum LNV: 49 p.
- Meij, V. van der, A.C.C.M. Boomaerts & C.M. Bisseling (2003). Op weg naar een meer natuurlijke delta; opties voor de Deltawateren in het kader van Delta InZicht nader bekeken voor LNV-beleidsvelden. Ede/Wageningen, Expertisecentrum LNV, rapport EC-LNV 2003/192: 111 p.
- Meijer, K. & A. Nolte (2006). Effect van maatregelen op gebruiksfuncties in de zuidwestelijke Delta; Fase 1: Inventarisatie van gebruiksfuncties en criteria. Delft, WL I Delft Hydraulics, Rapport Q4314.
- Meire, P., P.M.J. Herman & L.L.P.A. Santbergen (1998). Ecologische structuren binnen het Schelde stroomgebied: een essentiële voorwaarde voor het ecologisch herstel en de veerkracht van het systeem. 4de Schelde Symposium, Vlissingen, 26-27 februari 1998.
- Meire, P., M. Starink & M. Hoffmann (1997). Integratie van ecologie en waterbouwkunde in de Zeeschelde: aanleiding tot en situering van het onderzoek milieueffecten Sigmaplan (OMES). *Water* **95**(juli/augustus): 147-165.
- MinLNV (2006). Natura 2000 doelendocument; Duidelijkheid bieden, richting geven en ruimte laten. Den Haag, Ministerie van LNV, Rapport versie 23-10-2006: 228 p.
- MinVenW (1986). De compartimenteringswerken in de Oosterschelde; voor milieu, waterhuishouding en scheepvaart. Den Haag, Ministerie van Verkeer en Waterstaat: 32 p.
- MinVenW (2005). Beheerplan voor de Rijkswateren 2005-2008; Balanceren tussen ambities en middelen. Den Haag, Ministerie van Verkeer en Waterstaat, rapport DWW-2005-008: 79 p.
- MinVenW (2005b). Regioadvies Nederlands Rivierengebied: Toekomstig veilig en aantrekkelijk. Den Haag, Ministerie van Verkeer en Waterstaat, Stuurgroep Benedenrivieren, Stuurgroep Bovenrivieren: 52 p.
- MinVenW (2007). Peilbesluit Veerse Meer. Den Haag, Ministerie van Verkeer en Waterstaat: 3 p.
- Mulder, J.P.M. & T. Louters (1994). Changes in basin geomorphology after implementation of the Oosterschelde estuary project. *Hydrobiologia* **282/283**: 29-39.
- NatuurenrecreatieschapGrevelingen (2006). Ontwikkelingsschets Zicht op de Grevelingen. Zonnemaire, Natuur- en Recreatieschap De Grevelingen: 104 p.
- NG (2006). Ontwikkelingsschets Zicht op de Grevelingen. Zonnemaire, Natuur- en Recreatieschap De Grevelingen: 104 p.
- Nienhuis, P.H. (1993). Nutrient cycling and foodwebs in Dutch estuaries. *Hydrobiologia* **265**: 15-44.
- Nienhuis, P.H. & A.C. Smaal (1994). The Oosterschelde estuary, a case-study of a changing ecosystem: an introduction. *Hydrobiologia* **282/283**: 1-14.
- Oevelen, D. van, E. van den Bergh, T. Ysebaert & P. Meire (2000). Literatuuronderzoek naar estuariene herstelmaatregelen. Brussel, Instituut voor Natuurbehoud, Rapport IN.R.2000.4: 55 p.
- ONPO (2001). Van de parels en het slik; Beheers- en inrichtingsplan Nationaal Park Oosterschelde. Middelburg, Overlegorgaan Nationaal Park Oosterschelde: 124 p.
- Peelen, R. (1967). Isohalines in the Delta area of the rivers Rhine, Meuse and Scheldt; classification of waters in the Delta area according to their chlorinity and the changes in these waters caused by hydro-technical constructions. *Netherlands Journal of Sea Research* **3**(4): 575-597.
- Peelen, R. (1970). Changes in salinity in the Delta area of the rivers Rhine and Meuse resulting from the construction of a number of enclosing dams. *Netherlands Journal of Sea Research* **5**(1): 1-19.
- PNB (2005). Gebiedsplan Brabantse Delta, Provincie Noord-Brabant: 208 p.
- Poot, M.J.M., P. Schouten, L. Hoogestein, H.H. Schoten & A. den Held (2007). Passende beoordeling huidig en toekomstig gebruik in Natura 2000-gebied Voordelta; Basis document voor maatregelen pakket beheerplan. Culemborg & Deventer, Bureau Waardenburg & Witteveen + Bos: 220 p.
- Prinsen, H.A.M., P. Schouten & T.J. Boudewijn (2006). Haalbaarheid VHR/KRW doelstellingen bij verschillende peilalternatieven voor Veerse Meer. Culemborg, Bureau Waardenburg BV, rapport nr. 05-237: 80 p.
- Pritchard, W.D. (1967). What is an estuary: physical viewpoint. *Estuaries* **8**3: 3-5.
- ProjectorganisatieVolkerakZoommeer (2004). Waterkwaliteit Volkerak-Zoommeer; Startnotitie in het kader van de procedure voor de milieueffectrapportage. Middelburg, Rijkswaterstaat Directie Zeeland: 27 p.
- ProvincieZeeland (2001). Nota Soortenbeleid; Flora en fauna van Zeeland. Middelburg, Provincie Zeeland: 55 p.
- ProvincieZeeland (2002). Samen omgaan met (grond)water; Grondwaterbeheersplan 2002-2007. Middelburg, Provincie Zeeland: 40 p.
- ProvincieZeeland (2006). Omgevingsplan Zeeland 2006-2012. Middelburg, Provincie Zeeland: 255 p.

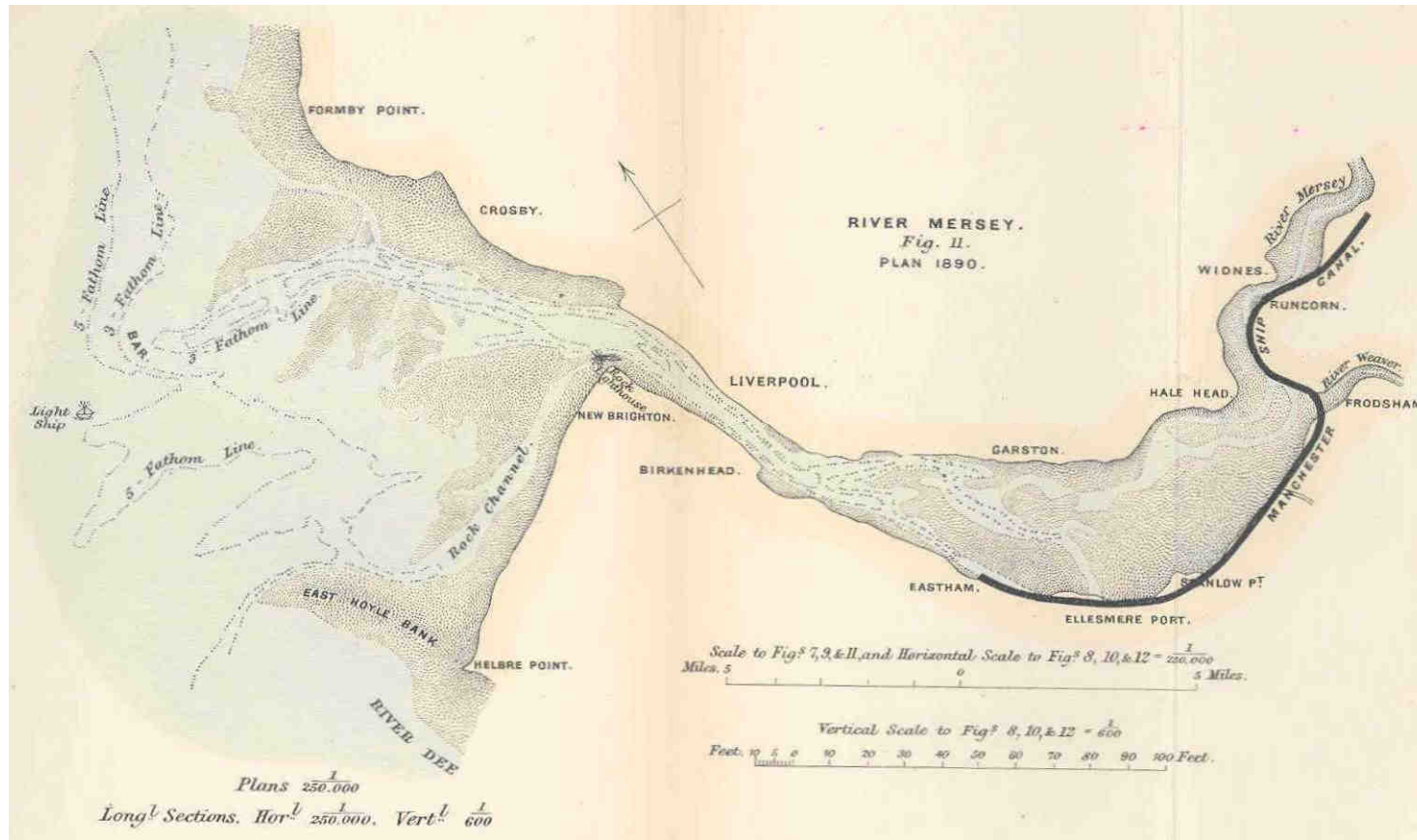
- PVZ (2003). Verkenning oplossingsrichtingen Volkerak-Zoommeer, Projectorganisatie waterkwaliteit Volkerak-Zoommeer: 43 p.
- PVZ (2004). Waterkwaliteit Volkerak-Zoommeer; Startnotitie in het kader van de procedure voor de milieueffectrapportage, Projectorganisatie waterkwaliteit Volkerak-Zoommeer: 27 p.
- PVZ (2007). Waterkwaliteit Volkerak-Zoommeer; Aanvullende Startnotitie in het kader van de procedure voor de milieueffectrapportage, Projectorganisatie waterkwaliteit Volkerak-Zoommeer: 11 p.
- PZ (2001b). Samen slim met water; Waterhuishoudingsplan 2001-2006. Middelburg, Provincie Zeeland.
- PZH (2006). Beleidsplan Groen, Water en Milieu 2006 – 2010. Den Haag, Provincie Zuid-Holland: 261 p.
- Remane, A. (1934). Die Brackwasserfauna. *Verh. Deutsch. Zool. Ges.* **36**: 34-74.
- Rijsdijk, M. (2004). Herziening rioleringsplan Bergse Plaat, Gemeente Bergen op Zoom, projectnr. 0141465: 67 p.
- RIZA (2005). Watertekortopgave; Eindrapport Droogtestudie Nederland. Lelystad, Rijkswaterstaat RIZA, , RIZA-rapport 2005.015: 68 p.
- RondomVeerseMeer (2004a). Werken aan waterkwaliteit Veerse Meer; Eerste gebruikersonderzoek na aanleg Katse Heule. Middelburg, Provincie Zeeland: 59 p.
- RondomVeerseMeer (2004b). Gebiedsvisie Rondom het Veerse Meer, Stuurgroep Rondom het Veerse Meer: 103 p.
- RondomVeerseMeer (2005). Startnotitie MER/Peilbesluit Veerse Meer, Projectgroep MER/Peilbesluit Veerse Meer: 34 p.
- RVM (2007a). Toelichting bij Ontwerp Peilbesluit Veerse Meer, Werkgroep Peilbesluit Veerse Meer, 110502/WA7/53/201240/001: 16 p.
- RVM (2007b). MER Peilbesluit Veerse Meer; Effecten van een hoger winterpeil, Projectgroep MER Peilbesluit Veerse Meer: 165 p.
- RvS (2007). Zaaknummer: 200700603/1, publicatiedatum woensdag 24 oktober 2007, Afdeling bestuursrechtspraak Raad van State: 8 p.
- RWS-Zeeland (1989). Waterbeheer Veerse Meer. Middelburg, Rijkswaterstaat Directie Zeeland, Nota nr EXW 89.051.
- RWS-ZH (1998). Haringvliet in het kort; Over de grens van zout en zoet, MER Beheer Haringvlietsluizen. Rotterdam, Rijkswaterstaat Directie Zuid-Holland.
- RWS-ZH (1998a). MER Beheer Haringvlietsluizen. Rotterdam, Rijkswaterstaat Directie Zuid-Holland, APV nummer 98.186.
- RWS-ZH (1998b). MER Beheer Haringvlietsluizen, deelrapport Morfologie en kwaliteit, Morfologie monding Haringvliet. Rotterdam, Rijkswaterstaat Directie Zuid-Holland, APV nummer 98/100.
- Saeijs, H.L.F. (1975). Oosterschelde, Mens en Milieu. *Otar* **60**(10): 310-316.
- Saeijs, H.L.F. (1982). Changing estuaries; A review and new strategy for management and design in coastal engineering. Leiden, Rijksuniversiteit Leiden, Wiskunde en Natuurwetenschappen. Ph.D. thesis: 411 p.
- Savenije, H.H.G. (2005). *Salinity and Tides in Alluvial Estuaries*. Amsterdam, Elsevier BV.
- Schneider, O., J. Wijsman, J. Steenbergen & A.C. Smaal (2006). Vissen in het zout; Een quickscan naar de gevolgen van het alternatief "zout" voor de visserij en schelpdiercultuur in het Volkerak Zoommeer. Yerseke, IMARES, Rapport nr. C069/06: 26 p.
- Schouten, P. & J.L. Spier (2006). Evaluatie herstelmaatregelen zoet-zoutovergangen in Zuid-Nederland; Herstelmaatregelen zoet-zoutovergangen in het licht van de Kaderrichtlijn Water en Natura2000. Culemborg, Bureau Waardenburg, rapport 06-006: 28 p.
- Schuilings, E. & A.C. Smaal (1998). Het zoet in de pap. Yerseke, RIVO-DLO, RIVO-DLO rapport nr C041/98.
- Schuttelaars, H.M. (2002). Vorming van Estuariene Troebelheidsmaxima in Gedeeltelijk Gemengde Estuaria. Utrecht, Universiteit Utrecht, Projectnummer DG-543: 33 p.
- Smaal, A.C. & R.C. Boeije (1991). Veilig Getij, de effecten van de bouwkundige werken op het getijdemilieu van de Oosterschelde. Middelburg, Rijkswaterstaat dienst Getijdewateren / Directie Zeeland, nota GWW 91.088.
- Steenbergen, J. (2003). Herstel van estuariene gradiënten in de Nederlandse Delta; implicaties voor schelpdieren, vissen en visserij. State of the Art.
- Steenbergen, J. (2004). Het effect van sterk wisselende zoutgehalten op het benthos in de Westerschelde en de Haringvlietmonding. Yerseke, RIVO, rapport C075/04: 39 p.
- Stuvel, H.J. (1962). *Het Deltaplan*. Amsterdam, Scheltema & Holkema N.V.
- Stuyt, L.C.P.M., P.J.T. van Bakel, J.G. Kroes, E.J. Bos, M. van der Elst, B. Pronk, P.J. Rijk, O.A. Clevering, A.J.G. Dekking, M.P.J. van der Voort, M. de Wolf & W.A. Brandenburg (2006). Transitie en toekomst van Deltalandbouw; indicatoren voor de ontwikkeling van de land- en tuinbouw in de Zuidwestelijke Delta van Nederland. Wageningen, Alterra, Rapport 1132.
- Talke, S.A., H.E. de Swart & H.M. Schuttelaars (2006). *Feedback between residual circulations and sediment distribution in highly turbid estuaries: an analytical model*. PECS 2006, Astoria, OR, USA.
- THDelft (1972). Zeeuws Meer? Eindrapport van de Stedebouwkundige Studiegroep "Zeeuws Meer?", betreffende de afsluiting van de Oosterschelde; mogelijkheden van een stormvloedkering, compartimentering en milieu. Delft, Technische Hogeschool Delft, Afdeling Bouwkunde.

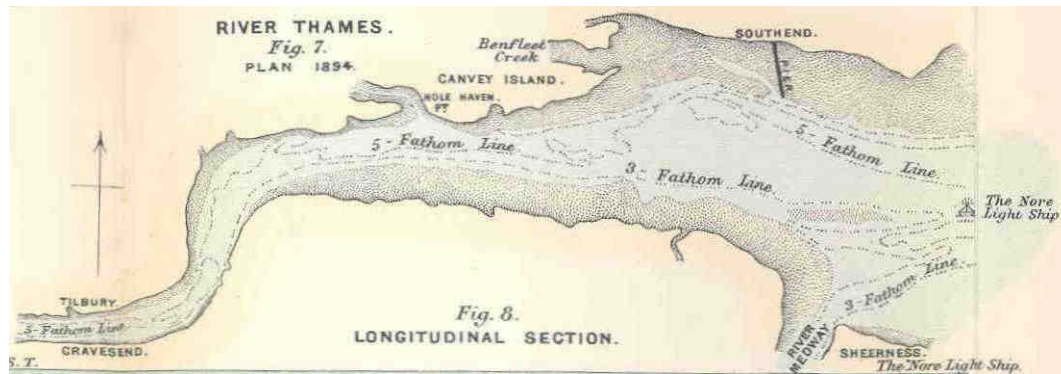
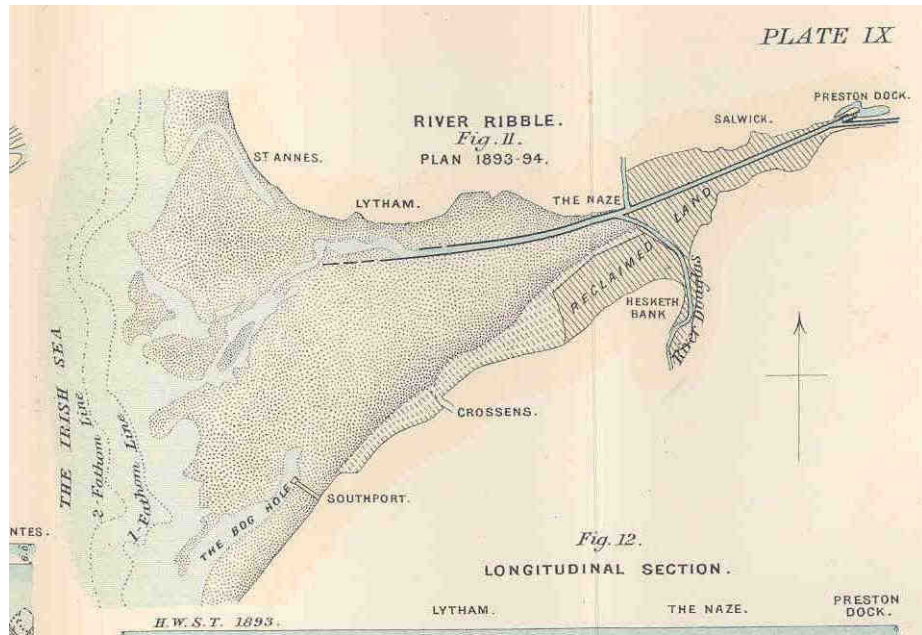
- Toffolon, M. & A. Crosato (2007). Developing Macroscale Indicators for Estuarine Morphology: The Case of the Scheldt Estuary. *Journal of Coastal Research* **23**(1): 195-212. DOI:10.2112/03-0133.1.
- Tosserams, M., E.H.R.R. Lammens & M. Platteeuw (2000). Het Volkerak-Zoommeer; De ecologische ontwikkeling van een afgesloten zeearm. Lelystad, RIZA, RIZA rapport 2000.024: 166 p.
- Tosserams, M., V. van der Meij, C. Dijkers, H. Slager & J.J.G.M. Backx (2001). De Delta Natuurlijk; Deelproject van het onderzoeksspoor Blauwe Delta Bouwsteen voor de Integrale Visie Deltawateren. Lelystad, RIZA, rapport RIZA/2001.016: 81 p.
- Van Vesseem, P. (1998). Morfologie Monding Haringvliet; Veranderingen van een dynamisch onderwaterlandschap. Den Haag, RIKZ, Rapport RIKZ-98.016: 86 p.
- VenW (1986). De compartimenteringswerken in de Oosterschelde; voor milieu waterhuishouding en scheepvaart. Den Haag, Voorlichting Verkeer en Waterstaat: 32 p.
- Verlaan, P. (1998). Mixing of marine and fluvial particles in the Scheldt estuary. Delft, Technische Universiteit Delft, Faculteit Civiele Techniek. PhD.-thesis: 205 p.
- Vernon-Harcourt, L.F. (1896). *Rivers and Canals; The flow, control, and improvement of rivers and the design, construction, and development of canals, both for navigation and irrigation* Oxford, Clarendon Press.
- Verspagen, J.M.H., P. Boers, H.J. Laanbroek & J. Huisman (2005). Doorspoelen of opzouten?; Bestrijding van blauwalgen in het Volkerak-Zoommeer. Amsterdam, Universiteit van Amsterdam, Aquatische Microbiologie: 21 p.
- Villars, M.T. & G.A.L. Delvigne (2001). Estuarine processes. Delft, WL I Delft Hydraulics, Report Z2725: 103 p.
- VROM (2006). Nota Ruimte; Ruimte voor ontwikkeling, deel 4: tekst na parlementaire instemming. Den Haag, Ministeries van VROM, LNV, VenW en EZ: 200 p.
- Vroon, J. (1994). Hydrodynamic characteristics of the Oosterschelde in recent decades. *Hydrobiologia* **282/283**: 17-27.
- Wal, D. van der, K. Pye & A. Neal (2002). Long-term morphological change in the Ribble Estuary, northwest England. *Marine Geology* **189**: 249-266.
- Well, E. van (2005). De waterstaatkundige indeling van Nederland en de gevolgen daarvan voor de Noordzee; Een discussienotitie over de effecten van het verdwijnen van zoet-zoutovergangen in Nederland. Utrecht, Stichting De Noordzee: 26 p.
- WiBo (2007). plan-MER Beheerplan Voordelta. Deventer, Witteveen+Bos: 44 p.
- Winter, E. (2007). A fish-eye view on fishways. Wageningen, Wageningen University. PhD. thesis: 190 p.
- Withagen, L. (2000). Delta 2000; Inventarisatie huidige situatie Deltawateren. Middelburg, RIKZ, rapport RIKZ/2000.047: 144 p.
- 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. Leiden, Rijksmuseum van Natuurlijke Historie, Communication nr. 106 of the Delta Institute for Hydrobiological Research: 242 p.
- Wolff, W.J. (1999). Exotic invaders of the meso-oligohaline zone of estuaries in the Netherlands: why are there so many? *Helgoländer Meeresuntersuchungen* **52**: 393-400.
- Wolff, W.J. (2004). Zoet-zoutovergangen: waarom eigenlijk? *De Levende Natuur* **105**(5): 213.
- Ybema, M.S. & J.J.G.M. Backx (2001). Kansen voor estuariene vissen in het Haringvliet door gewijzigd sluisbeheer. Wageningen, Wageningen Universiteit, Leerstoelgroep Aquatische Oecologie & Waterkwaliteitsbeheer. MSc. thesis: 81 p.

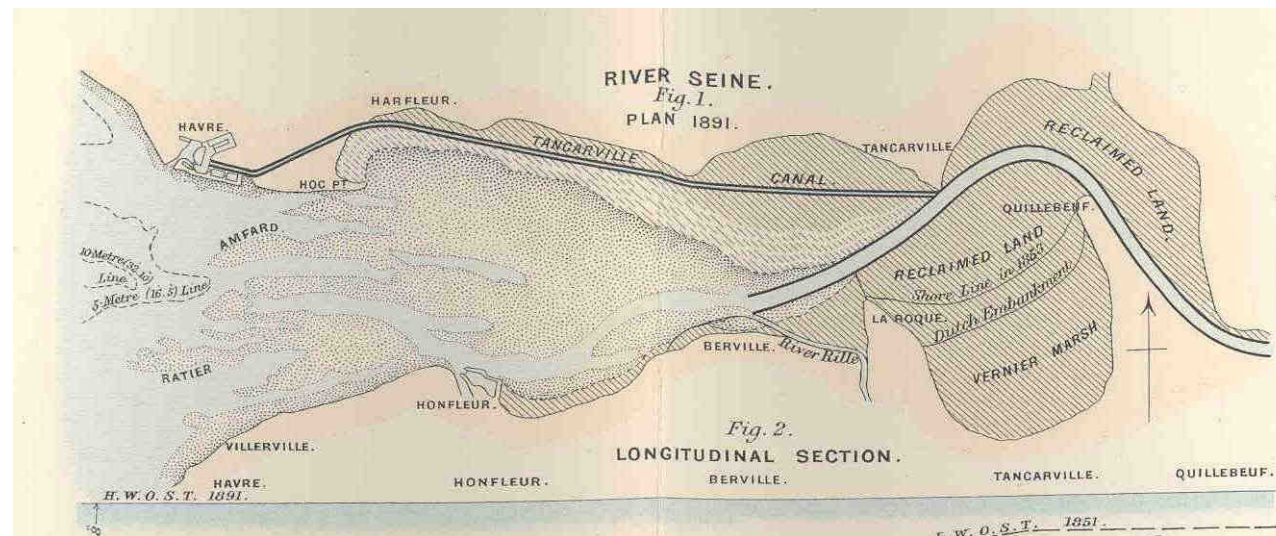
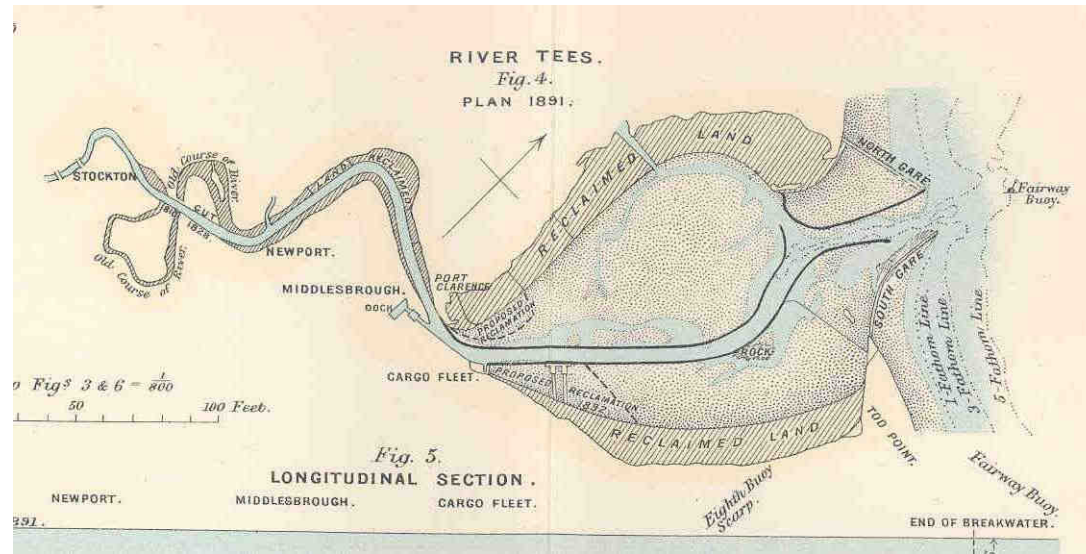
Appendix I. 19^e eeuwse kaarten van estuaria

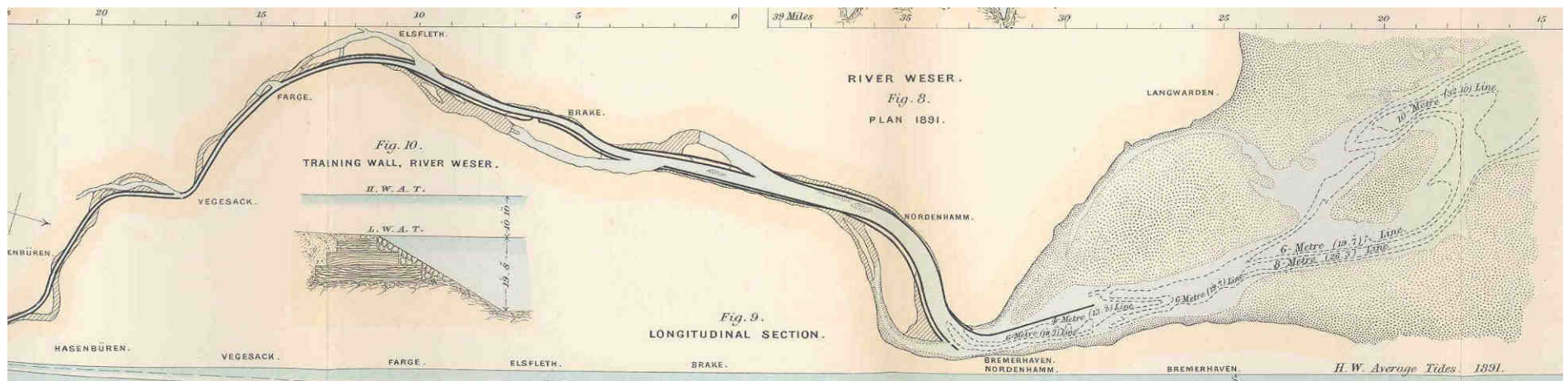
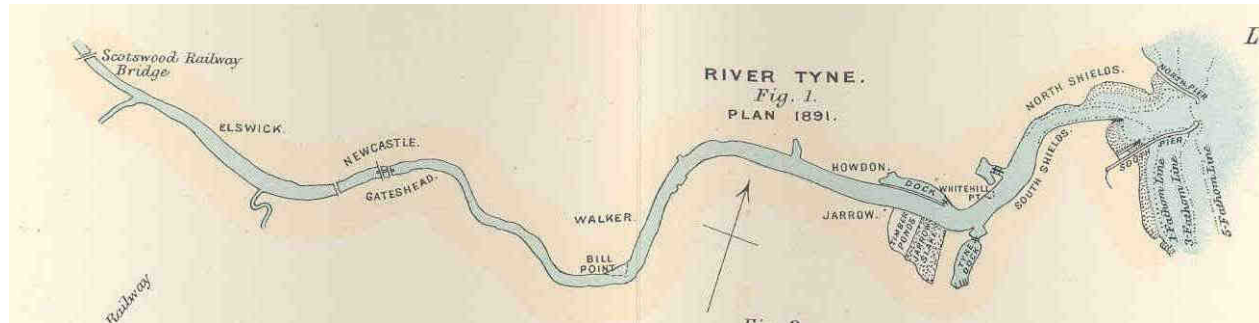




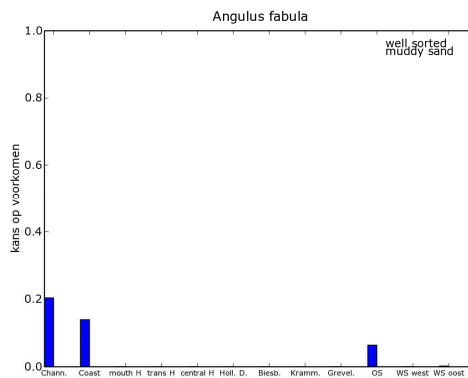
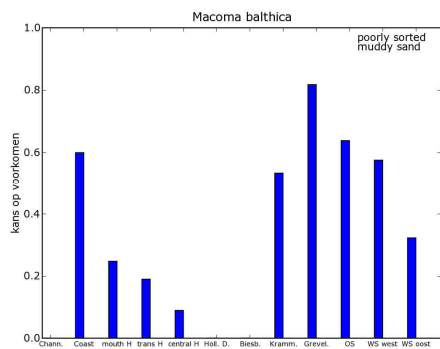
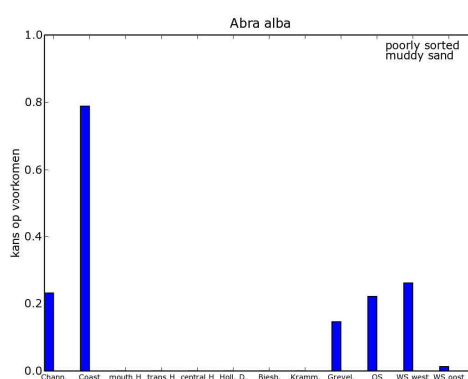
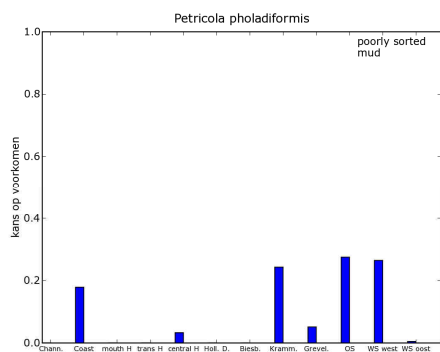
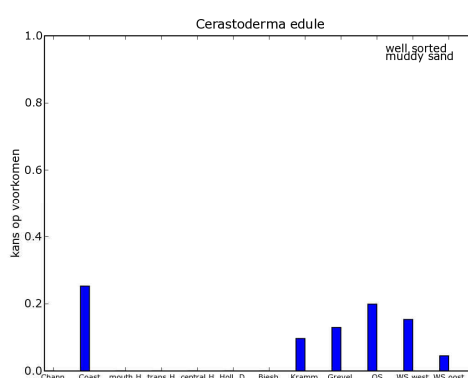
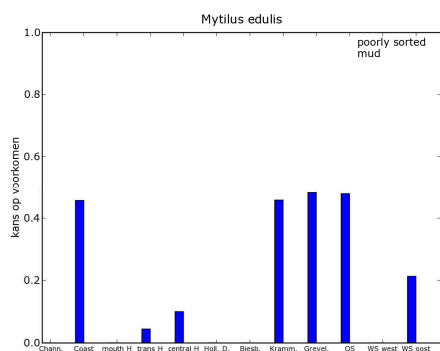
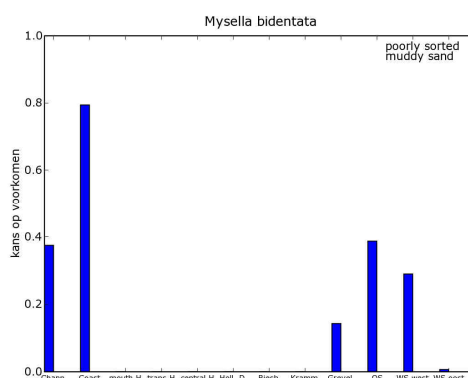
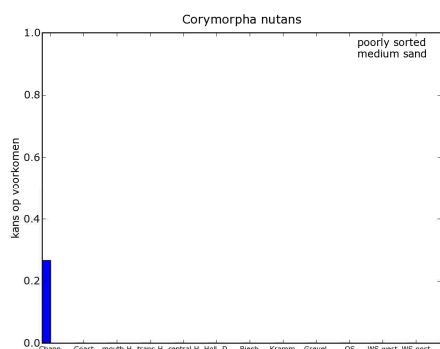


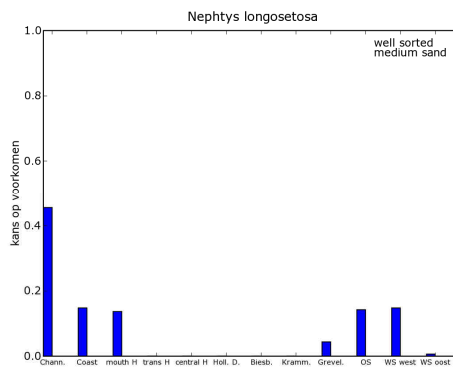
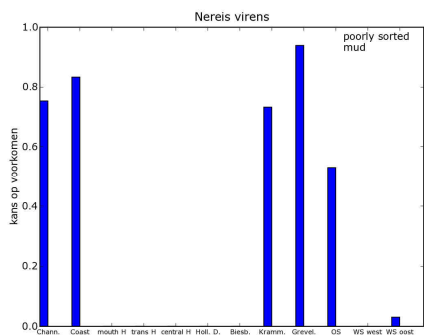
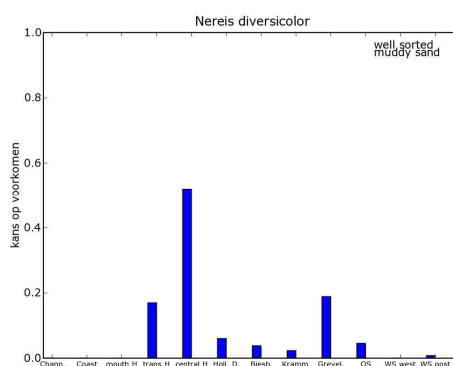
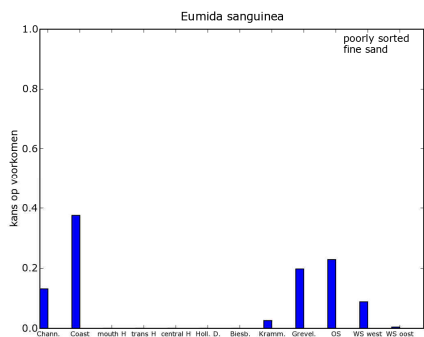
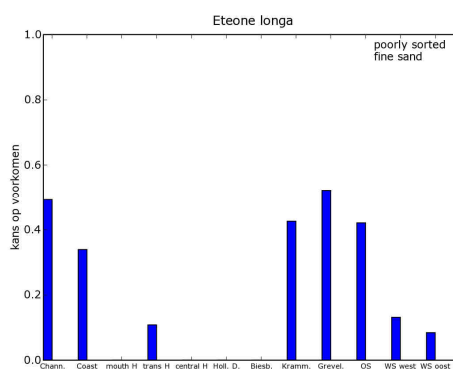
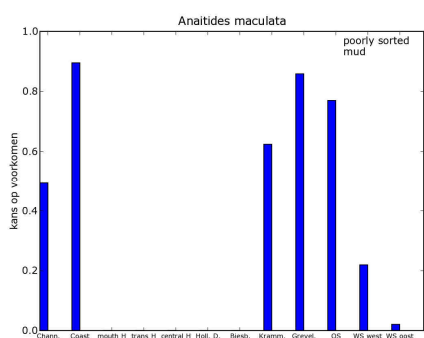
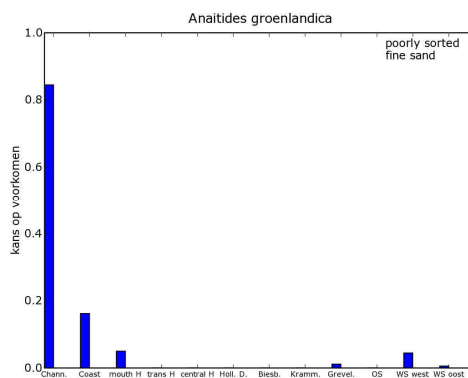
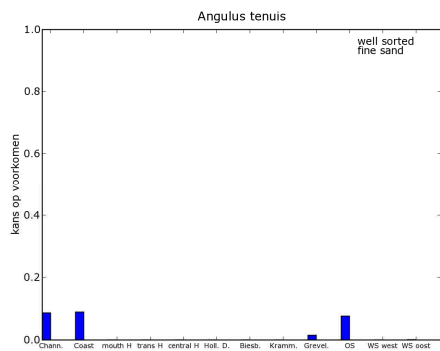


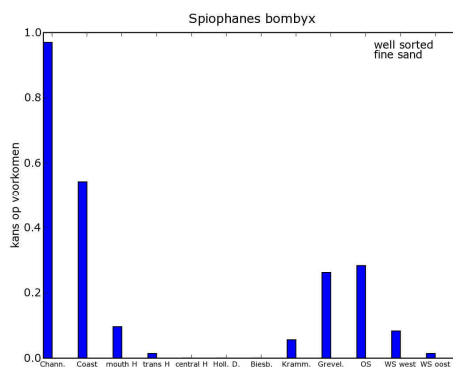
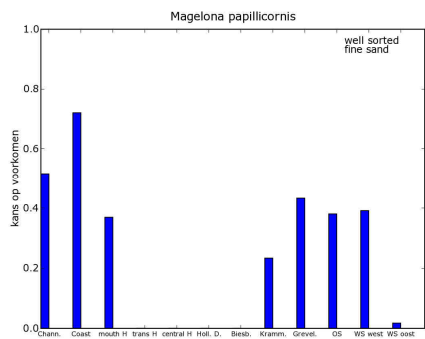
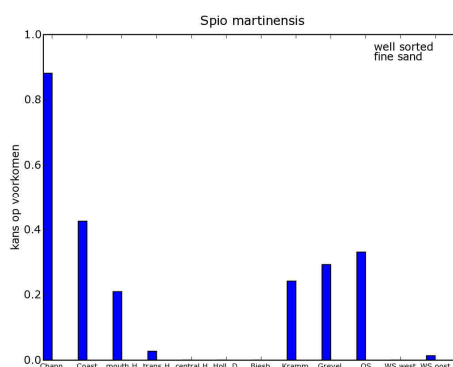
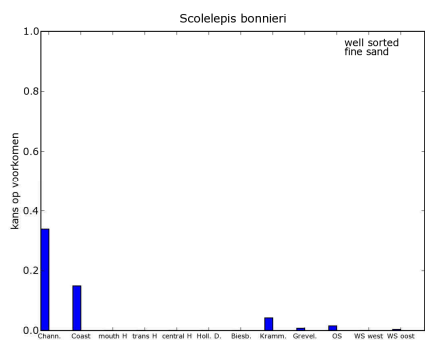
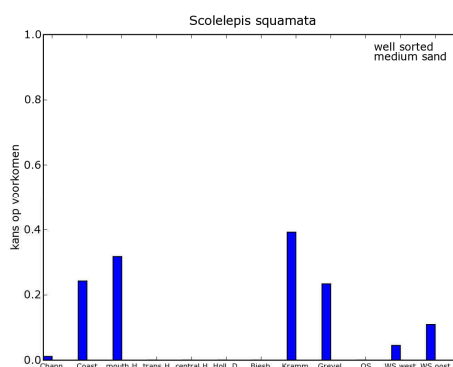
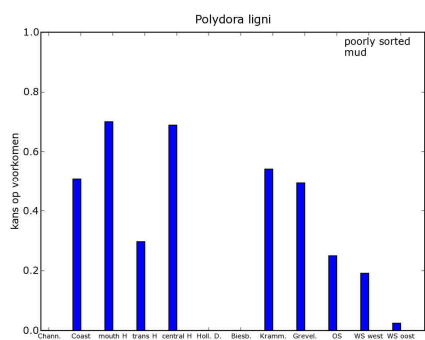
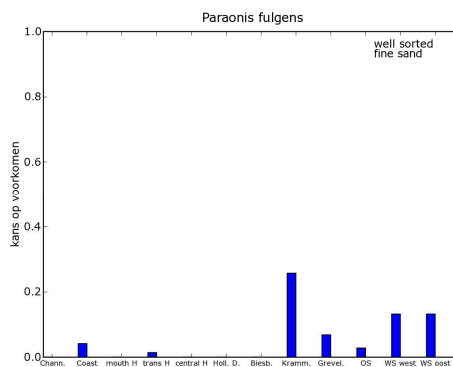
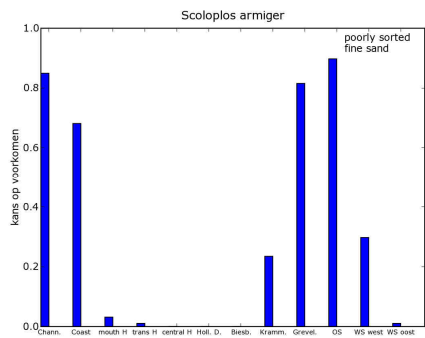


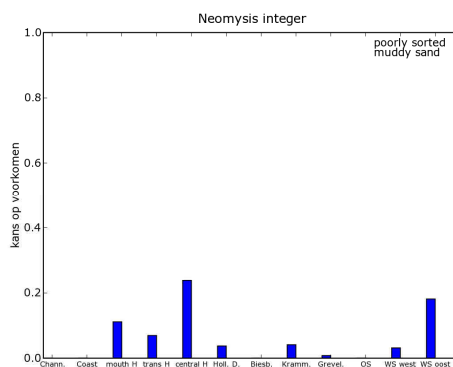
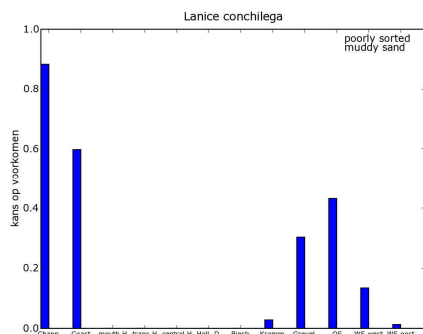
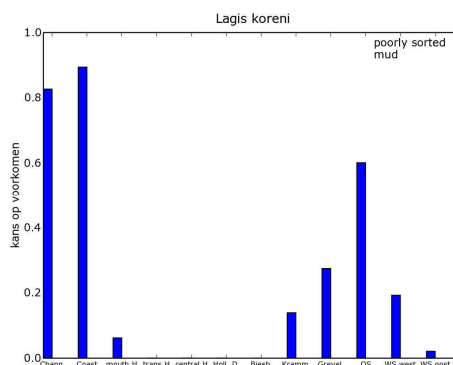
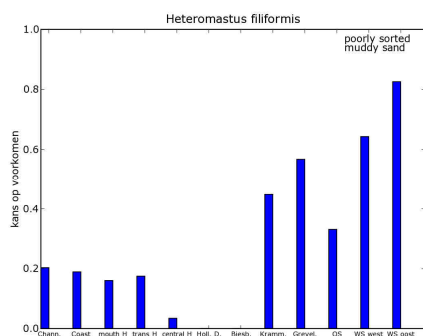
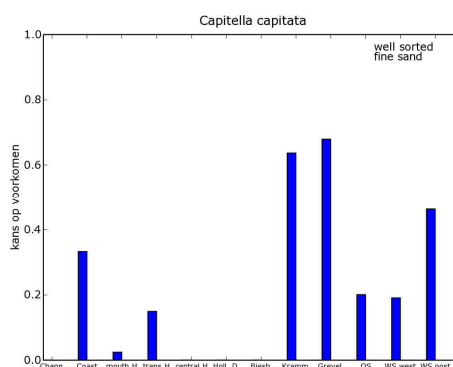
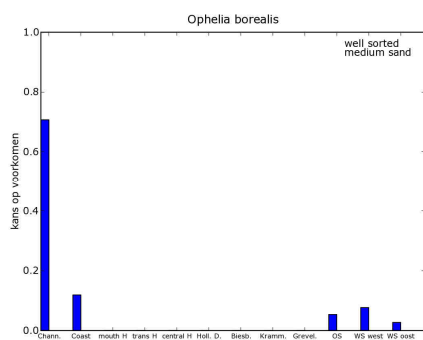
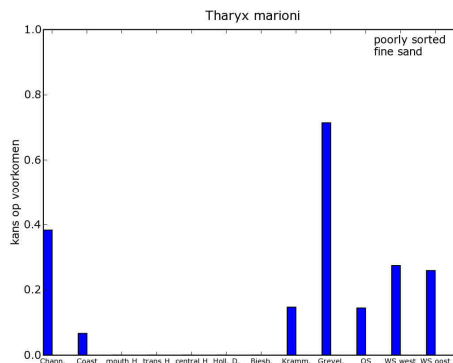
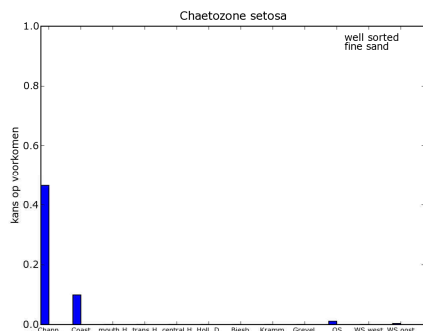


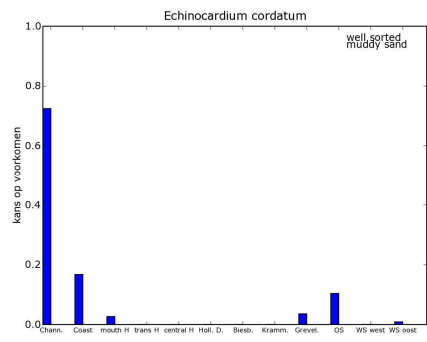
Appendix II. Soortenverspreiding volgens Wolff (1973)

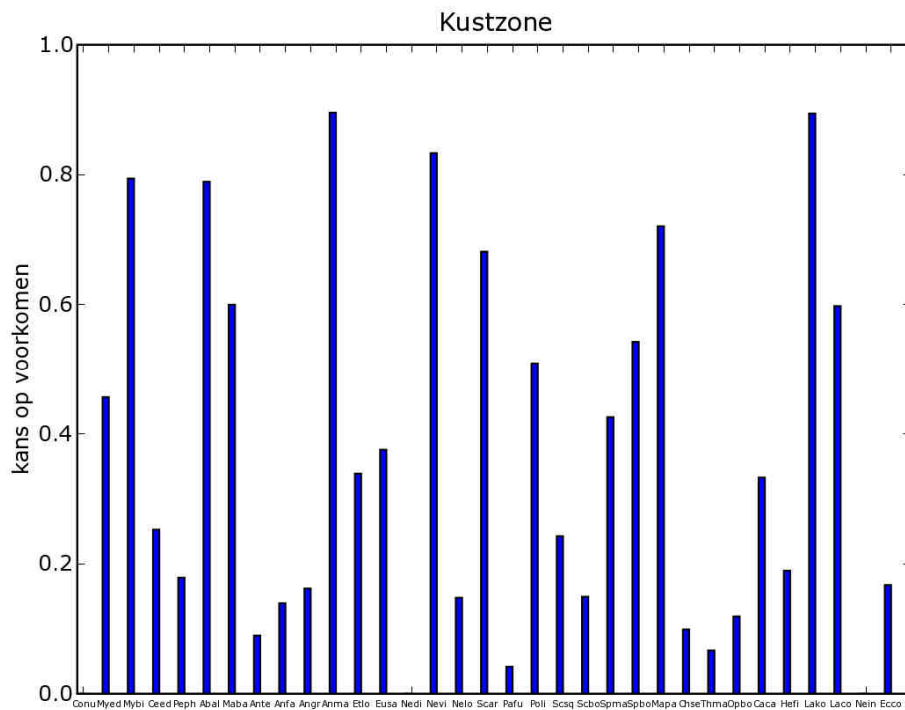
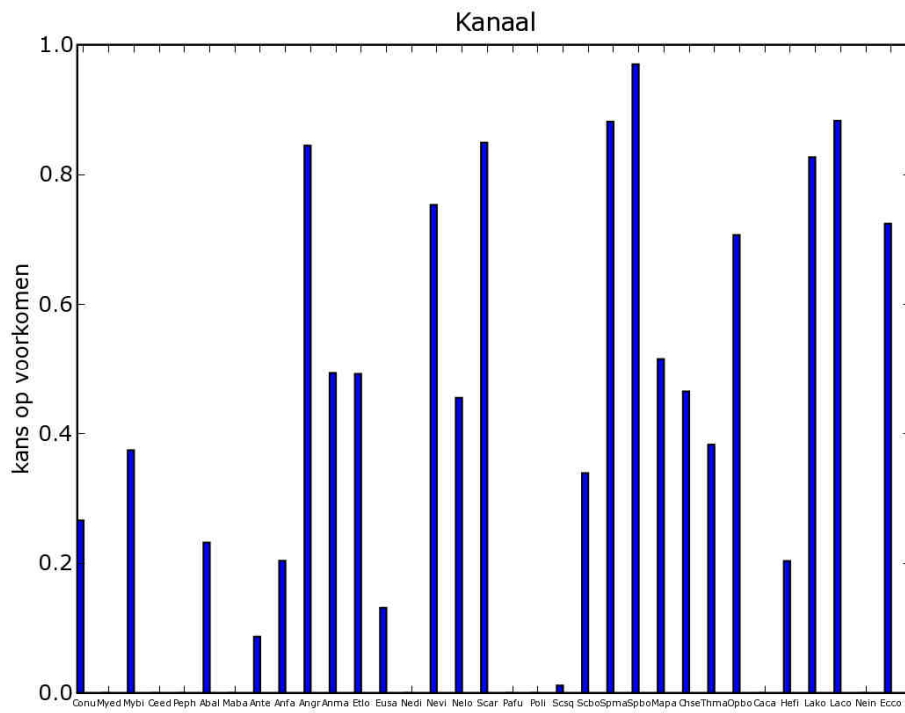


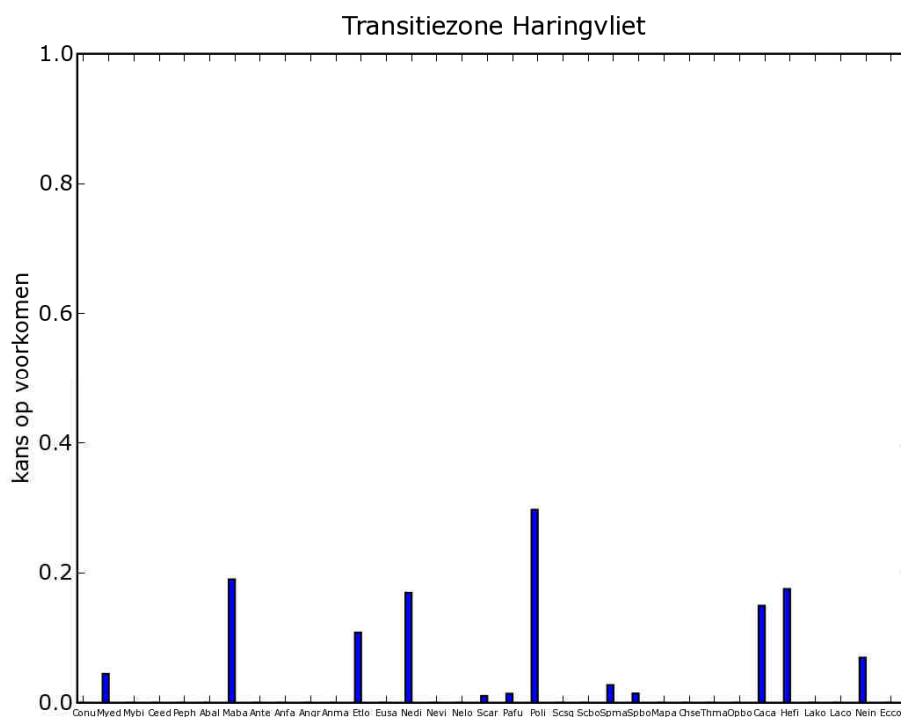
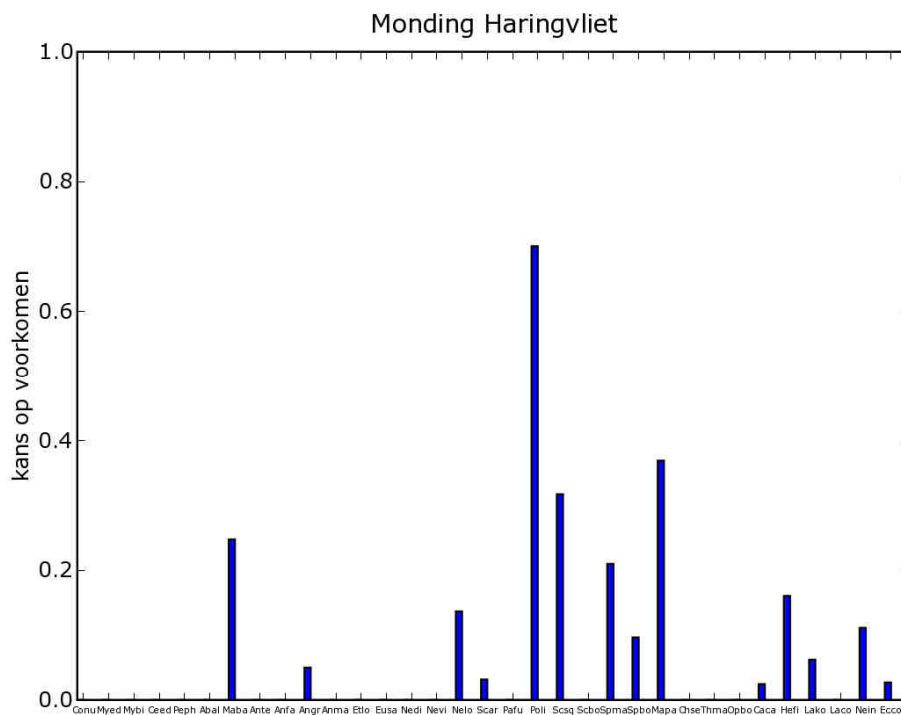


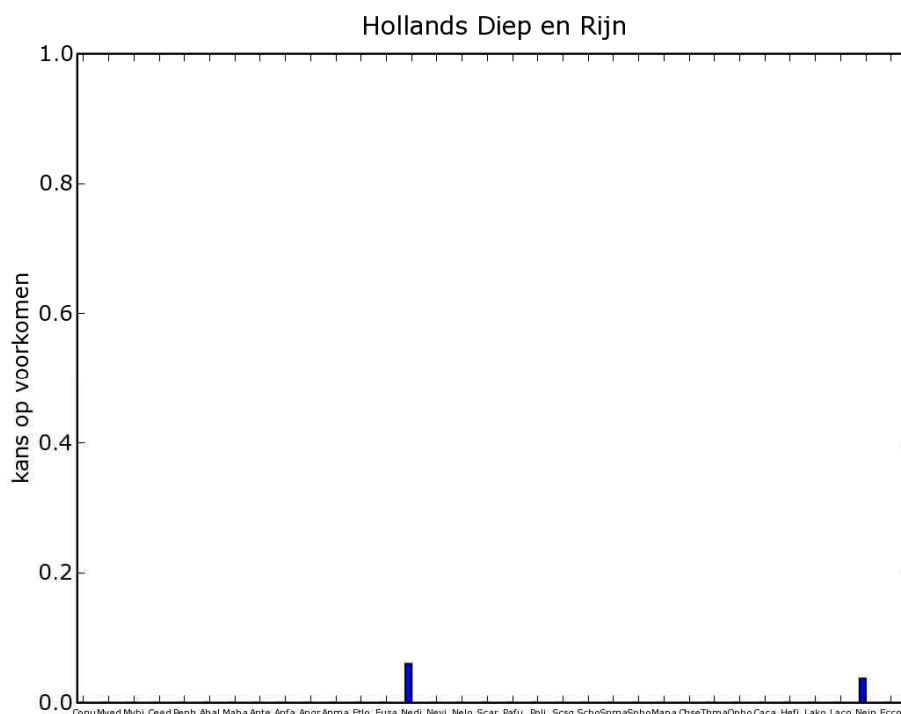
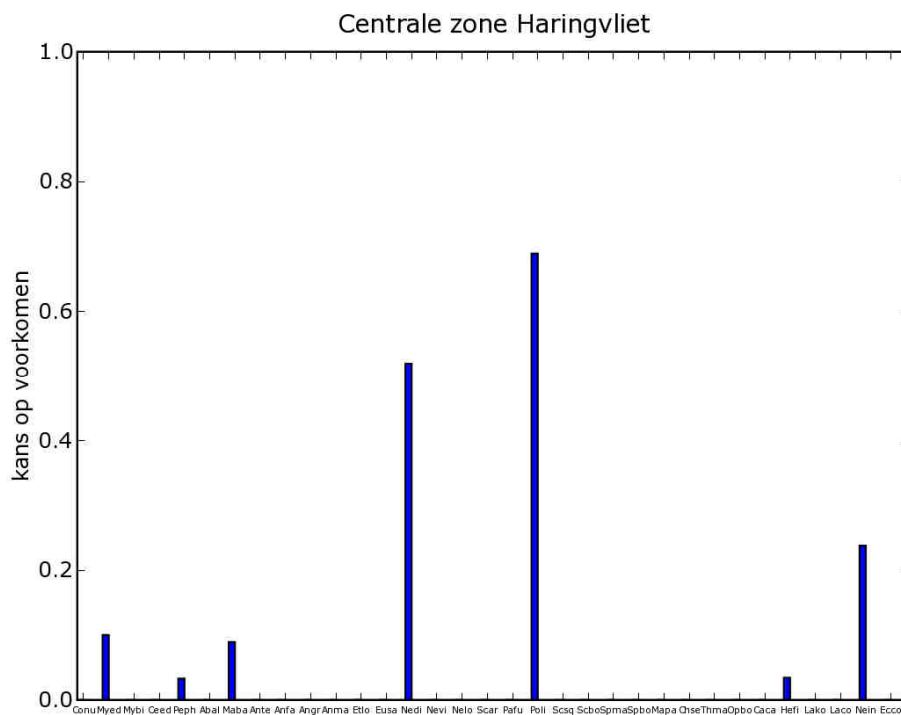


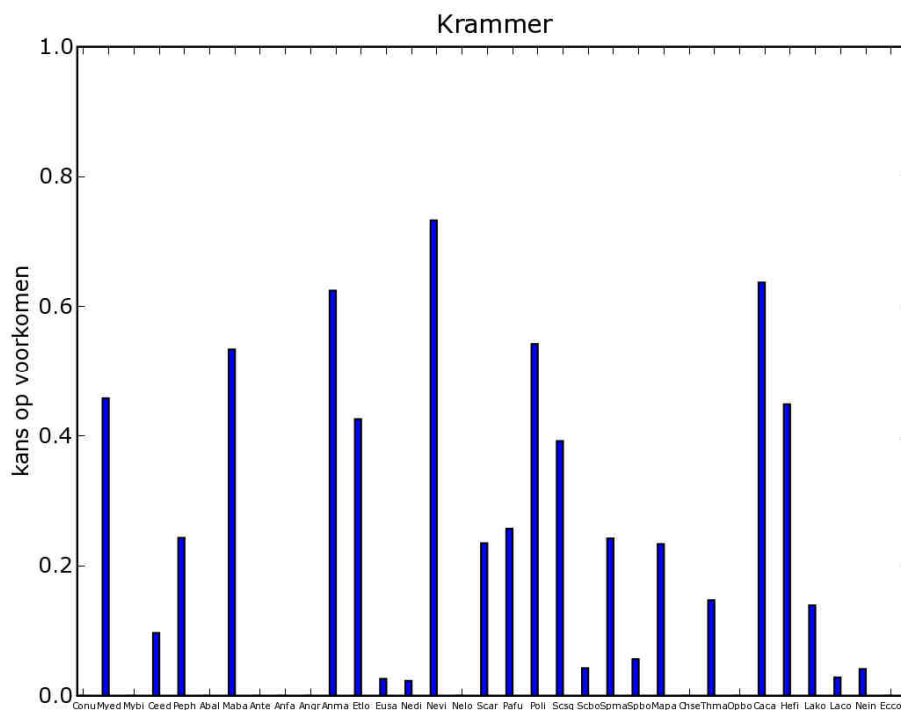
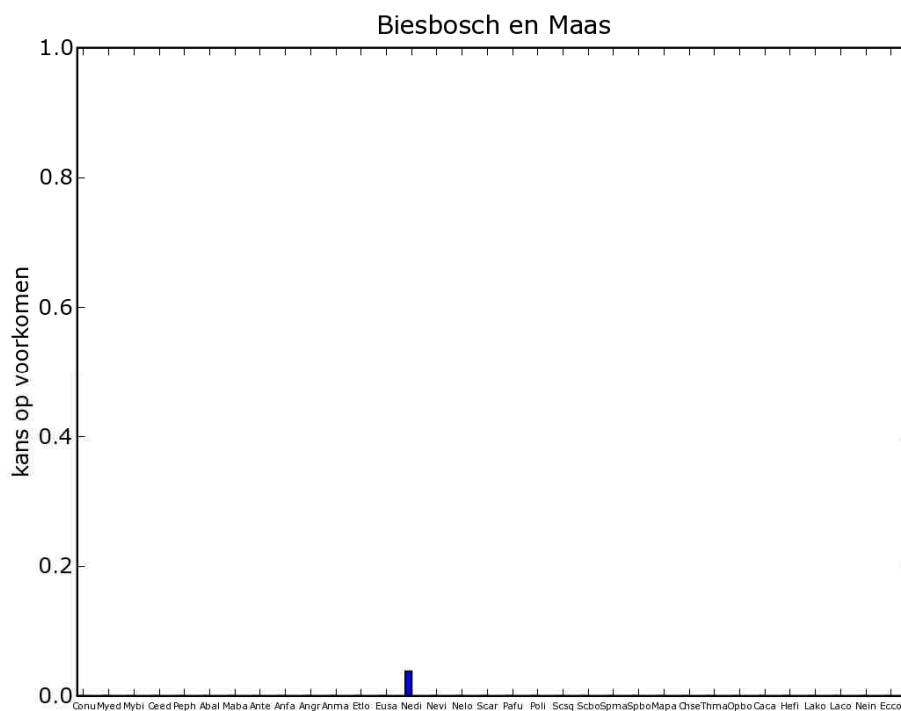


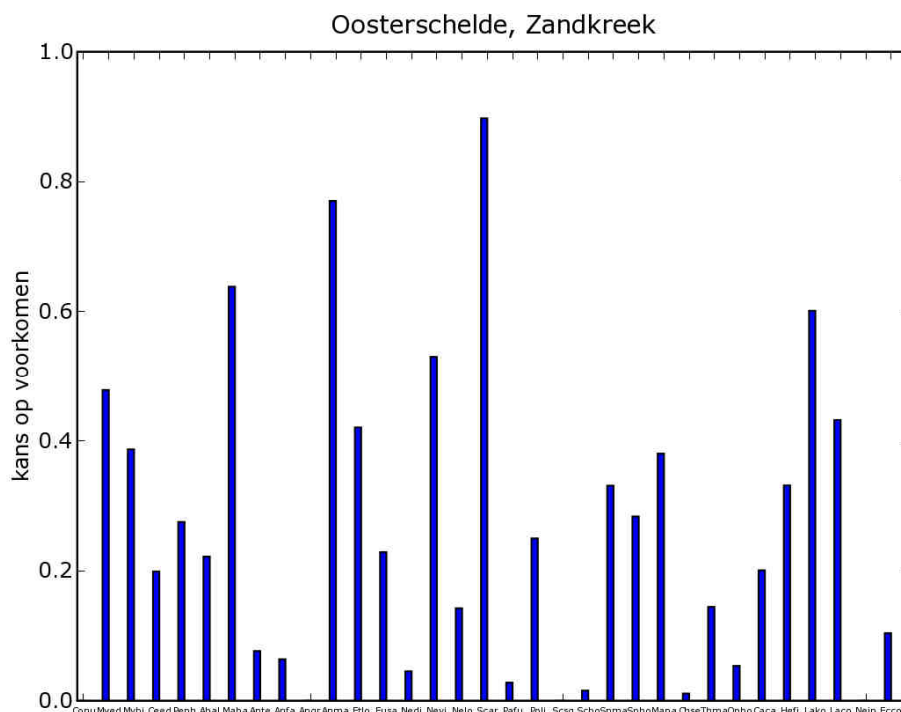
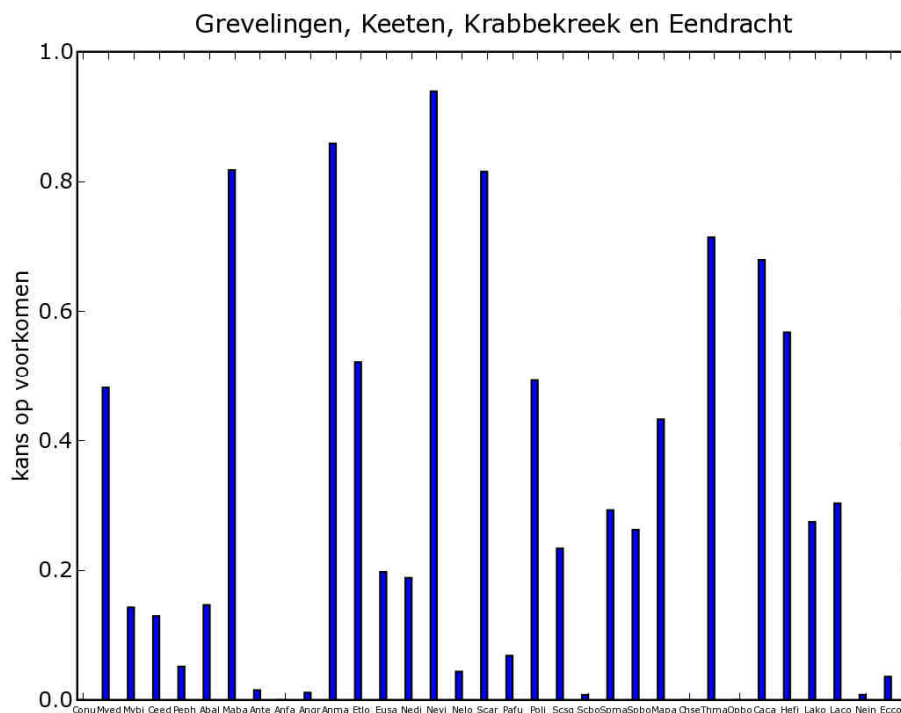


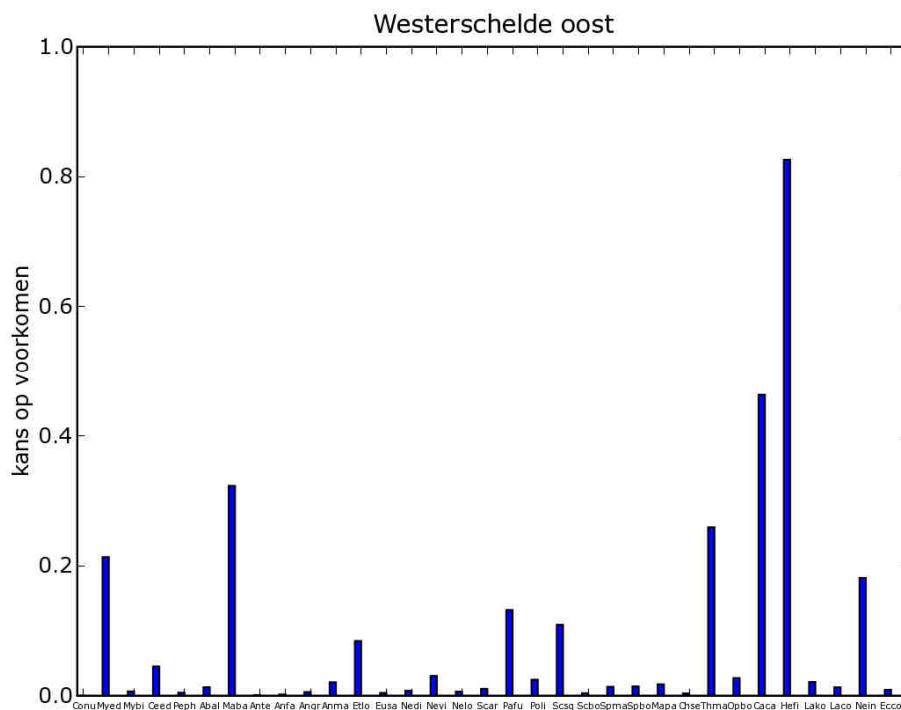
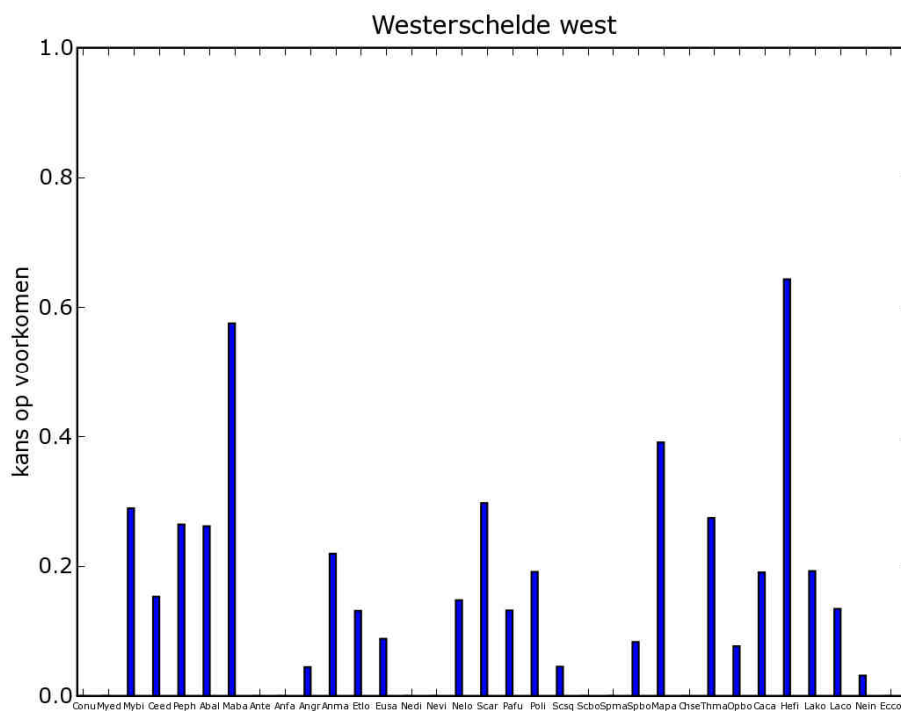












Appendix III. Mate van herstel van estuariene dynamiek

DD1

Abiotisch aspect	Parameters	Haringvliet	Grevelingen / Volkerak	Oosterschelde
Rivier-dynamiek	Stroomsnelheid (m/s), zoetwater-aanvoer (m ³ /s) en waterstandverschillen (m)	Hoog: nagenoeg natuurlijke afvoer	Midden: semi-natuurlijke afvoer	Midden: semi-natuurlijke afvoer
Getij-dynamiek	Verticale water-standverschillen (getijslag) a.g.v. getij (m) en getijstroming (m/s)	Midden: getijslag helpt van referentie	Midden: getijslag beperkt door beperkt getijvolume	Hoog: getijslag benadert referentie
Zout-dynamiek	Ruimtelijke en temporele schommelingen in zoet-zout-gradiënten als gevolg van dynamiek in rivierafvoer en getijinvloed (g Cl-/l)	Hoog: zowel over getijfase als over seizoenen grote dynamiek	Hoog: volledige zout-zoet-gradient met dynamiek	Hoog: volledige zout-zoet-gradient met dynamiek
Morfo-dynamiek	Sedimentatie- en erosieprocessen zand en slibtransport. Successie in het morfologisch landschap	Hoog: zandtransport door hoge getijstroom-snelheden	Midden: beperkte getijstroom-snelheden	Hoog: zandtransport door hoge getijstroom-snelheden
Nutriënten-dynamiek	Transformatie, immobilisatie en eliminatie van organisch materiaal en nutriënten, interne recycling	Laag: uitspoeling door hoge afvoer	Midden: beperkte omzetting nutriënten door beperkt inter-getijdegebied.	Hoog: hoge productie en omzetting nutriënten
Slib-dynamiek	Optreden troebelheidsmaximum en schommelingen als gevolg van dynamiek in rivierafvoer en getij-invloed	Hoog: natuurlijk overgang en hoge dynamiek	Midden: semi-natuurlijke overgang	Midden: semi-natuurlijke overgang.

DD2

Abiotisch aspect	Parameters	Haringvliet	Grevelingen / Volkerak	Oosterschelde
Rivier-dynamiek	Stroomsnelheid (m/s), zoetwater-aanvoer (m ³ /s) en waterstandverschillen (m)	Hoog: nagenoeg natuurlijke afvoer	Hoog: nagenoeg natuurlijke afvoer	Hoog: nagenoeg natuurlijke afvoer
Getij-dynamiek	Verticale water-standverschillen (getijslag) a.g.v. getij (m) en getijstroming (m/s)	Midden: getijslag helpt van referentie	Midden: getijslag beperkt door beperkt getijvolume	Hoog: getijslag benadert referentie
Zout-dynamiek	Ruimtelijke en temporele schommelingen in zoet-zout-gradiënten als gevolg van dynamiek in rivierafvoer en getijinvloed (g Cl-/l)	Hoog: zowel over getijfase als over seizoenen grote dynamiek	Hoog: volledige zout-zoet-gradient met dynamiek	Hoog: volledige zout-zoet-gradient met dynamiek
Morfo-dynamiek	Sedimentatie- en erosieprocessen zand en slibtransport. Successie in het morfologisch landschap	Hoog: zandtransport door hoge getijstroom-snelheden	Midden: beperkte getijstroom-snelheden	Hoog: zandtransport door hoge getijstroom-snelheden
Nutriënten-dynamiek	Transformatie, immobilisatie en eliminatie van organisch materiaal en nutriënten, interne recycling	Laag: uitspoeling door hoge afvoer	Midden: beperkte omzetting nutriënten door beperkt inter-getijdegebied.	Hoog: hoge productie en omzetting nutriënten
Slib-dynamiek	Optreden troebelheidsmaximum en schommelingen als gevolg van dynamiek in rivierafvoer en getij-invloed	Hoog: natuurlijk overgang en hoge dynamiek	Hoog: natuurlijke overgang	Hoog: natuurlijke overgang.

DD3

Abiotisch aspect	Parameters	Haringvliet	Grevelingen / Volkerak	Oosterschelde
Rivier-dynamiek	Stroomsnelheid (m/s), zoetwater-aanvoer (m ³ /s) en waterstandverschillen (m)	Hoog: nagenoeg natuurlijke afvoer	Midden: semi-natuurlijke afvoer	Midden: semi-natuurlijke afvoer
Getij-dynamiek	Verticale water-standverschillen (getijslag) a.g.v. getij (m) en getijstroming (m/s)	Midden: getijslag helft van referentie	Hoog: getijslag benadert referentie	Hoog: getijslag benadert referentie
Zout-dynamiek	Ruimtelijke en temporele schommelingen in zoet-zout-gradiënten als gevolg van dynamiek in rivierafvoer en getijinvloed (g Cl-/l)	Hoog: zowel over getijfase als over seizoenen grote dynamiek	Hoog: volledige zout-zoet-gradient met dynamiek	Hoog: volledige zout-zoet-gradient met dynamiek
Morfo-dynamiek	Sedimentatie- en erosieprocessen zand en slibtransport. Successie in het morfologisch landschap	Hoog: zandtransport door hoge getijstroom-snelheden	Hoog: zandtransport door hoge getijstroom-snelheden	Hoog: zandtransport door hoge getijstroom-snelheden
Nutriënten-dynamiek	Transformatie, immobilisatie en eliminatie van organisch materiaal en nutriënten, interne recycling	Laag: uitspoeling door hoge afvoer	Hoog: hoge productie en omzetting nutriënten.	Hoog: hoge productie en omzetting nutriënten
Slib-dynamiek	Optreden troebelheidsmaximum en schommelingen als gevolg van dynamiek in rivierafvoer en getij-invloed	Hoog: natuurlijke overgang en hoge dynamiek	Midden: semi-natuurlijke overgang	Midden: semi-natuurlijke overgang.

DD4

Abiotisch aspect	Parameters	Haringvliet	Grevelingen / Volkerak	Oosterschelde
Rivier-dynamiek	Stroomsnelheid (m/s), zoetwater-aanvoer (m ³ /s) en waterstandverschillen (m)	Hoog: nagenoeg natuurlijke afvoer	Hoog: nagenoeg natuurlijke afvoer	Hoog: nagenoeg natuurlijke afvoer
Getij-dynamiek	Verticale water-standverschillen (getijslag) a.g.v. getij (m) en getijstroming (m/s)	Midden: getijslag helft van referentie	Hoog: getijslag benadert referentie	Hoog: getijslag benadert referentie
Zout-dynamiek	Ruimtelijke en temporele schommelingen in zoet-zout-gradiënten als gevolg van dynamiek in rivierafvoer en getijinvloed (g Cl-/l)	Hoog: zowel over getijfase als over seizoenen grote dynamiek	Hoog: volledige zout-zoet-gradient met dynamiek	Hoog: volledige zout-zoet-gradient met dynamiek
Morfo-dynamiek	Sedimentatie- en erosieprocessen zand en slibtransport. Successie in het morfologisch landschap	Hoog: zandtransport door hoge getijstroom-snelheden	Hoog: zandtransport door hoge getijstroom-snelheden	Hoog: zandtransport door hoge getijstroom-snelheden
Nutriënten-dynamiek	Transformatie, immobilisatie en eliminatie van organisch materiaal en nutriënten, interne recycling	Laag: uitspoeling door hoge afvoer	Hoog: hoge productie en omzetting nutriënten.	Hoog: hoge productie en omzetting nutriënten
Slib-dynamiek	Optreden troebelheidsmaximum en schommelingen als gevolg van dynamiek in rivierafvoer en getij-invloed	Hoog: natuurlijk overgang en hoge dynamiek	Hoog: natuurlijke overgang	Hoog: natuurlijke overgang.

Appendix IV. Modelbeschrijving analytisch model zout-zoetgradiënten

Savenije (2005) geeft een analytische beschrijving van de zoutgradiënt in estuaria. De modelbeschrijvingen zoals ze zijn gebruikt voor deze studie zijn de volgende:

Voor de gradiënt bij hoog water kentering (HWS) geldt, Eq. 5.49 met 5.46:

$$SHWS = 1 - \beta_{HWS} \left(\exp\left(\frac{x}{b}\right) - 1 \right)^{\frac{1}{K} SOHWS}$$

Hierin is x de afstand tot aan de monding (m), b is de convergentielengte voor de breedte van het estuarium (m), zie paragraaf 4.2, $SOHWS$ is het zoutgehalte aan de monding (g/l), K is Van den Burgh's coëfficiënt (0,25) en β_{HWS} is de afnamesnelheid van de menging (-), Eq. 5.47:

$$\beta = -\frac{KbQ_f}{D_0A_0}$$

Hierin is Q_f de afvoer van de rivier (m³/s), A_0 is de dwarsdoorsnede aan de monding (Bh_0) en D_0 is de menging aan de monding, Eq. 5.70:

$$D_0 = \left(1400 \frac{E_0}{b} N_R^{0.5} \right) v_0 h_0$$

Hierin is v_0 de amplitude van de getijstroomsnelheid aan de monding (m/s), h_0 is de waterdiepte aan de monding (m), N_R is het Estuariene Richardson getal (zie paragraaf 4.4) en E_0 is de getij-excursie:

$$E_0 = \frac{v_0 T}{\pi}$$

Hierin is T de getijperiode (14400 s). Het getijprisma is berekend door (zie paragraaf 4.2):

$$P_t = E_0 A_0$$

Voor de berekening van de zoutgradiënt bij laagwater kentering ($SLWS$) is de $SOLWS$ gegeven door de $SHWS$ op locatie $x=E_0$.

Het model is gecalibreerd aan de historische gegevens van Peelen (1967). De convergentielengte voor de breedte is hierbij gebruikt als calibratieparameter. Tabel 29 geeft de waarden voor de variabelen in het model.

Tabel 29. Variabelen in model voor zoutgradiënt, historische situatie.

Historisch	b (m)	H (m)	B (m)	P_t (m³)	V_0 (m/s)	$SOHWS$ (g/l)
Haringvliet	20000	6,33	3000	242	0,90	6,5
Grevelingen	10000	5,33	6000	345	0,76	30,0
Oosterschelde	7000	10,0	8900	1230	0,98	30,0

Voor de berekeningen voor de inrichtingsvarianten zijn de volgende waarden gebruikt:

Tabel 30. Variabelen in model voor zoutgradiënt, inrichtingsvarianten, met seizoensafvoer rivieren.

<i>Varianten</i>	<i>b (m)</i>	<i>H (m)</i>	<i>B (m)</i>	<i>P_r (m³)</i>	<i>V_o (m/s)</i>	<i>SOHWS (g/l)</i>	<i>Q_r (m³/s)</i>
Haringvliet	20000	6,33	1975	170	0,96	25	400
						12	877
						3	4000
Grevelingen doorlaatmiddel	10000	5,33	6000	120	0,27	30	10
						30	50
						25	100
Grevelingen stormvloedk.	10000	5,33	6000	242	0,54	30	10
						30	50
						25	100
Oosterschelde	7000	10,0	8900	880	0,70	30	10
						30	50
						30	100

Appendix V. Literatuur gesorteerd

Haringvliet

- Beek, G.C.W. van & A.J.M. Meijer (1997). MER Beheer Haringvlietsluizen achtergrondstudie: Vis en bodemfauna. Culemborg, Bureau Waardenburg BV, Rapport nr. 96.036: 98 p.
- Leeuwen, F. van, P. Jacobs & K. Storm (2004). Haringvlietsluizen op een kier; Effecten op natuur en gebruiksfuncties. Rotterdam, Stuurgroep Realisatie de Kier, Notanummer AP/2004.07: 52 p.
- Maas, G.J. (2002). Historische ecotopen en morfologische processen rivieren; Haringvliet - Hollandsch Diep, Roerdalslenkmaas en Grensmaas. Wageningen, Alterra, Alterra-rapport 505: 60 p.
- RWS-ZH (1998a). MER Beheer Haringvlietsluizen. Rotterdam, Rijkswaterstaat Directie Zuid-Holland, APV nummer 98.186.
- RWS-ZH (1998b). MER Beheer Haringvlietsluizen, deelrapport Morfologie en kwaliteit, Morfologie monding Haringvliet. Rotterdam, Rijkswaterstaat Directie Zuid-Holland, APV nummer 98/100.
- Stam, J.M.T., M. Groen & J. Walburg (2002). Haringvlietmonding:reconstructie van een afsluiting. Beschrijving, verklaring en modelaanpak van de effecten van de sluiting van de Haringvlietmonding 1970-2000. Den Haag, RIKZ, Rapport RIKZ/2002.028: 64 p.
- Steenbergen, J. (2004). Het effect van sterk wisselende zoutgehalten op het benthos in de Westerschelde en de Haringvlietmonding. Yerseke, RIVO, rapport C075/04: 39 p.
- Van Vessem, P. (1998). Morfologie Monding Haringvliet; Veranderingen van een dynamisch onderwaterlandschap. Den Haag, RIKZ, Rapport RIKZ-98.016: 86 p.
- Ybema, M.S. & J.J.G.M. Backx (2001). Kansen voor estuariene vissen in het Haringvliet door gewijzigd sluisbeheer. Wageningen, Wageningen Universiteit, Leerstoelgroep Aquatische Oecologie & Waterkwaliteitsbeheer. MSc. thesis: 81 p.

Grevelingen

- Hoeksema, H.J. (2002). Grevelingenmeer van kwetsbaar naar weerbaar?; Een beschrijving van de ontwikkelingen van 1996 tot 2001 en een toetsing aan het beleid. Middelburg, RIKZ, rapport RIKZ/2002.033: 60 p.
- NG (2006). Ontwikkelingsschets Zicht op de Grevelingen. Zonnemaire, Natuur- en Recreatieschap De Grevelingen: 104 p.

Oosterschelde

- Berchum, A.M. van & G. Wattel (1997). De Oosterschelde, van estuarium naar zeearm. Bekkenrapportage 1991-1996. Middelburg, RIKZ, Rapport RIKZ 97.034.
- Geurts van Kessel, A.J.M. (2004). Verlopend tij; Oosterschelde, een veranderend natuurmonument. Den Haag, RIKZ: 80 p.
- Haas, H.A. (1998). Zoet water naar de Oosterschelde: een verkenning naar de effecten op natuur en visserij. Middelburg, RIKZ, RIKZ rapportnr 98.036
- Hesselink, A.W., D.C. van Maldegem, K. van der Male & B. Schouwenaar (2003). Verandering van de morfologie van de Oosterschelde door de aanleg van de stormvloedkering. Middelburg, RIKZ, Werkdocument RIKZ/OS/2003 .810x: 34 p.
- Kohsiek, L.H.M., J.P.M. Mulder, T. Louters & F. Berben (1987). De Oosterschelde naar een nieuw onderwaterlandschap. Middelburg, RWS Dienst Getijdewateren, Eindrapport Project Geomor Nota DGW.AO 87.029: 48 p.
- Maldegem, D. van (2004). "Oplossingsrichtingen" maatregelen voor reductie- en compensatie effecten zandhonger Oosterschelde. Middelburg, RIKZ: 22 p.
- Maldegem, D. van & D.J. de Jong (2004). Opwassen of verdrinken; Sedimentaanoever naar schorren in de Oosterschelde, een zandhongerig gedempt getijdesysteem. Middelburg, RIKZ, Werkdocument RIKZ/AB/2003/826x: 61 p.
- Mulder, J.P.M. & T. Louters (1994). Changes in basin geomorphology after implementation of the Oosterschelde estuary project. *Hydrobiologia* **282/283**: 29-39.
- Nienhuis, P.H. & A.C. Smaal (1994). The Oosterschelde estuary, a case-study of a changing ecosystem: an introduction. *Hydrobiologia* **282/283**: 1-14.
- ONPO (2001). Van de parels en het slik; Beheers- en inrichtingsplan Nationaal Park Oosterschelde. Middelburg, Overlegorgaan Nationaal Park Oosterschelde: 124 p.

- Rijsdijk, M. (2004). Herziening rioleringsplan Bergse Plaat, Gemeente Bergen op Zoom, projectnr. 0141465: 67 p.
- RvS (2007). Zaaknummer: 200700603/1, publicatiedatum woensdag 24 oktober 2007, Afdeling bestuursrechtspraak Raad van State: 8 p.
- Saeijs, H.L.F. (1975). Oosterschelde, Mens en Milieu. *Otar* **60**(10): 310-316.
- Smaal, A.C. & R.C. Boeije (1991). Veilig Getij, de effecten van de bouwkundige werken op het getijdemilieu van de Oosterschelde. Middelburg, Rijkswaterstaat dienst Getijdewateren / Directie Zeeland, nota GWWS 91.088.
- THDelft (1972). Zeeuws Meer? Eindrapport van de Stedebouwkundige Studiegroep "Zeeuws Meer?", betreffende de afsluiting van de Oosterschelde; mogelijkheden van een stormvloedkering, compartimentering en milieu. Delft, Technische Hogeschool Delft, Afdeling Bouwkunde.
- Van den Berg, J.H. (1986). Aspects of sediment- and morphodynamics of subtidal deposits of the Oosterschelde (The Netherlands). Den Haag, Rijkswaterstaat, Rijkswaterstaat Communications 43: 127 p.

Volkerak-Zoommeer

- PVZ (2003). Verkenning oplossingsrichtingen Volkerak-Zoommeer, Projectorganisatie waterkwaliteit Volkerak-Zoommeer: 43 p.
- PVZ (2004). Waterkwaliteit Volkerak-Zoommeer; Startnotitie in het kader van de procedure voor de milieueffectrapportage, Projectorganisatie waterkwaliteit Volkerak-Zoommeer: 27 p.
- PVZ (2007). Waterkwaliteit Volkerak-Zoommeer; Aanvullende Startnotitie in het kader van de procedure voor de milieueffectrapportage, Projectorganisatie waterkwaliteit Volkerak-Zoommeer: 11 p.
- Tosserams, M., E.H.R.R. Lammens & M. Platteeuw (2000). Het Volkerak-Zoommeer; De ecologische ontwikkeling van een afgesloten zeearm. Lelystad, RIZA, RIZA rapport 2000.024: 166 p.
- Verspagen, J.M.H., P. Boers, H.J. Laanbroek & J. Huisman (2005). Doorspoelen of opzouten?; Bestrijding van blauwalgen in het Volkerak-Zoommeer. Amsterdam, Universiteit van Amsterdam, Aquatische Microbiologie: 21 p.

Veerse Meer

- Craeymeersch, J., I. de Vries & L. Withagen (2007). Waterkwaliteit en ecologie Veerse Meer: het tij is gekeerd; Eerste evaluatie van de veranderingen na de ingebruikname van de 'Katse Heule' op basis van waarnemingen 2004-2006. Middelburg, RIKZ, Rapportnummer RIKZ/2007-008: 86 p.
- Holland, A.M.B.M. (2004). Veerse Meer aan de Oosterschelde; Toestand ecosysteem Veerse Meer vóór ingebruikname doorlaatmiddel. Middelburg, RIKZ, rapport RIKZ/2004.007: 72 p.
- Koopman, A.D.G., J.A. Inberg & H.A.M. Prinsen (2006). Betekenis Veerse Meer voor beschermde soorten in relatie tot peilbeheer; Effectenbeoordelingen in het kader van de Flora- en faunawet naar aanleiding van vier mogelijke peil-alternatieven. Culemborg, Bureau Waardenburg BV, rapport nr. 05-243: 90 p.
- MinVenW (2007). Peilbesluit Veerse Meer. Den Haag, Ministerie van Verkeer en Waterstaat: 3 p.
- Prinsen, H.A.M., P. Schouten & T.J. Boudewijn (2006). Haalbaarheid VHR/KRW doelstellingen bij verschillende peilalternatieven voor Veerse Meer. Culemborg, Bureau Waardenburg BV, rapport nr. 05-237: 80 p.
- RVM (2004a). Werken aan waterkwaliteit Veerse Meer; Eerste gebruikersonderzoek na aanleg Katse Heule. Middelburg, Provincie Zeeland: 59 p.
- RVM (2004b). Gebiedsvisie Rondom het Veerse Meer, Stuurgroep Rondom het Veerse Meer: 103 p.
- RVM (2005). Startnotitie MER/Peilbesluit Veerse Meer, Projectgroep MER/Peilbesluit Veerse Meer: 34 p.
- RVM (2007a). Toelichting bij Ontwerp Peilbesluit Veerse Meer, Werkgroep Peilbesluit Veerse Meer, 110502/WA7/53/201240/001: 16 p.
- RVM (2007b). MER Peilbesluit Veerse Meer; Effecten van een hoger winterpeil, Projectgroep MER Peilbesluit Veerse Meer: 165 p.
- RWS-Zeeland (1989). Waterbeheer Veerse Meer. Middelburg, Rijkswaterstaat Directie Zeeland, Nota nr EXW 89.051.

Zuidwestelijke Delta-breed

- AVIV (2006). Risico-inventarisatie transport gevaarlijke stoffen over water Zeeland. Enschede, Adviesgroep AVIV BV, Project 05822.
- Baptist, H.J.M., F. Colijn, E.C.L. Martijn, P.L. Meininger, P.M. Meire & F. Twisk (1988). Gevleugeld onderzoek; watervogels in veranderende watersystemen. Middelburg, Rijkswaterstaat Dienst Getijdewateren: 23 p.

- Bisseling, C.M., L.J. Draaijer, M. Klein & H. Nijkamp (1994). Ecosysteemvisie Delta. Wageningen, Informatie- en KennisCentrum Natuurbeheer: 191 p.
- Blaauw, T.S., H.S. Haas & L.A. Adriaanse (2004). Dynamiek terug in de Delta. *De Levende Natuur* **105**(5): 162-167.
- Bouma, S., S.M. Veen & G.H. Bonhof (2002). Proefgebieden herstel zoet-zout overgangen in het Deltagebied; Een beschrijving van 15 projecten. Culemborg, Bureau Waardenburg: 103 p.
- Brolsma, J.U. (2000). Scheepvaart in de Blauwe Delta. Rotterdam, Rijkswaterstaat, Adviesdienst Verkeer en Vervoer: 41 p.
- DeltaInZicht (2001). Toekomstbeeld; Een gedroomd Deltagebied. Middelburg, Provincie Zeeland: 19 p.
- DeltaInZicht (2003). De Delta in Zicht; Een integrale visie op de Deltawateren. Middelburg, Provincie Zeeland: 44 p.
- Groot, K. de, M. de Boer & D. Waardenburg (2002). Overlegstructuur Deltawateren; inventarisatie overlegorganen. Delft, Resource Analysis, rapport RA/02-560: 34 p.
- Haas, H.A. & M. Tosserams (2005). Achtergronddocument Kansenkaart Estuariene Dynamiek in de Delta. Middelburg, RIKZ, rapport RIKZ/ZDO/2005.800w: 37 p.
- Hartgers, E.M., J.J.G.M. Backx & T. Walhout (2001). Vis intrek in de Delta. Middelburg / Lelystad, RIKZ / RIZA, rapport RIKZ-2001.049 / RIZA 2001.057: 68 p.
- Holzhauser, H., H.A. Haas & M. Tosserams (2006). Kansen in de Delta; Globale indicatie van kansen voor gebruikers van de Delta bij het herstel van estuariene dynamiek. Den Haag, Rijkswaterstaat RIKZ, Werkdocument RIKZ/ZDA/2006.806.w: 72 p.
- Kuipers, J.J.B. & C. Jacobusse (1998). Het Zeeuwse monument; Inlagen en karrevelden. Goes, De Koperen Tuin.
- Löffler, M., B. Lassing, K. Poot & A. de Leeuw (2001). Omgaan met veiligheid in de toekomst; Deelproject van het onderzoeksspoor Blauwe Delta Bouwsteen voor de Integrale Visie Deltawateren. Delft, RWS-DWW, Rapport W-DWW-2001-025: 62 p.
- Louisse (2005). Indicatie baten Delta in Zicht; Een verkenning van de economische baten van natuurlijker Deltawateren in opdracht van de Deltaraad/Provincie Zeeland. Goes, LOUISSE Consulting: 66 p.
- Maris, A.G., J. van Veen, J.W. de Vries & H.A.M. Dibbitts (1956). Het Deltaplan en zijn verschillende facetten. *De Ingenieur* **1956**(no.'s 14, 20, 21, 23, 24 en 28).
- Meij, V. van der, C.M. Bisseling & J.J.G.M. Backx (2001). De Grenzen Verleggen?; Een Quick Scan ter actualisatie en verbreding van de Ecosysteemvisie Delta. Wageningen, Expertisecentrum LNV: 49 p.
- Meij, V. van der, A.C.C.M. Boomaerts & C.M. Bisseling (2003). Op weg naar een meer natuurlijke delta; opties voor de Deltawateren in het kader van Delta InZicht nader bekeken voor LNV-beleidsvelden. Ede/Wageningen, Expertisecentrum LNV, rapport EC-LNV 2003/192: 111 p.
- Meijer, K. & A. Nolte (2006). Effect van maatregelen op gebruiksfuncties in de zuidwestelijke Delta; Fase 1: Inventarisatie van gebruiksfuncties en criteria. Delft, WL I Delft Hydraulics, Rapport Q4314.
- Peelen, R. (1967). Isohalines in the Delta area of the rivers Rhine, Meuse and Scheldt; classification of waters in the Delta area according to their chlorinity and the changes in these waters caused by hydro-technical constructions. *Netherlands Journal of Sea Research* **3**(4): 575-597.
- Peelen, R. (1970). Changes in salinity in the Delta area of the rivers Rhine and Meuse resulting from the construction of a number of enclosing dams. *Netherlands Journal of Sea Research* **5**(1): 1-19.
- PZ (2001). Nota Soortenbeleid; Flora en fauna van Zeeland. Middelburg, Provincie Zeeland: 55 p.
- PZ (2002). Samen omgaan met (grond)water; Grondwaterbeheersplan 2002-2007. Middelburg, Provincie Zeeland: 40 p.
- PZ (2006). Kracht van de Delta; De Agende voor een Deltaprogramma. Middelburg, Provincies Zeeland, Noord-Brabant en Zuid-Holland: 48 p.
- PZH (2006). Beleidsplan Groen, Water en Milieu 2006 – 2010. Den Haag, Provincie Zuid-Holland: 261 p.
- RWS-Zeeland (2006). Scheepvaart in Zeeland 2005. Middelburg, Rijkswaterstaat Dienst Zeeland: 42 p.
- Steenbergen, J. (2003). Herstel van estuariene gradiënten in de Nederlandse Delta; implicaties voor schelpdieren, vissen en visserij. State of the Art.
- Stuvel, H.J. (1962). Het Deltaplan. Amsterdam, Scheltema & Holkema N.V.
- Tosserams, M., V. van der Meij, C. Dijkers, H. Slager & J.J.G.M. Backx (2001). De Delta Natuurlijk; Deelproject van het onderzoeksspoor Blauwe Delta Bouwsteen voor de Integrale Visie Deltawateren. Lelystad, RIZA, rapport RIZA/2001.016: 81 p.
- VenW (1986). De compartimenteringswerken in de Oosterschelde; voor milieu waterhuishouding en scheepvaart. Den Haag, Voorlichting Verkeer en Waterstaat: 32 p.

VROM (2006). Nota Ruimte; Ruimte voor ontwikkeling, deel 4: tekst na parlementaire instemming. Den Haag, Ministeries van VROM, LNV, VenW en EZ: 200 p.

Withagen, L. (2000). Delta 2000; Inventarisatie huidige situatie Deltawateren. Middelburg, RIKZ, rapport RIKZ/2000.047: 144 p.

Estuaria & zoet-zoutovergangen

Bijlsma, L. & J.W.M. Kuipers (1989). River water and the quality of the Delta waters. Hydro-ecological relations in the Delta Waters of the South-West Netherlands. J. C. Hooghart and C. W. S. Posthumus. The Hague, TNO Committee on Hydrological Research, Proceedings and information No. **41**: 3-26.

Dankers, N. & E. Winter (2006). Zoet-Zout overgangen in het Nederlandse Kustgebied: Prioriteiten voor beleid en beheer, IMARES, Rapport IMARES-Texel 439.61034.01, IMARES-IJmuiden 323.12570.11: 23 p.

Deegan, L. A. & B. A. Thompson (1985). The ecology of fish communities in the Mississippi River deltaic plain. *Fish Community Ecology in Estuaries and Coastal Lagoons: Towards an Ecosystem Integration*. 35-56.

Dorsman, L. (1913). Langs strand en dijken. Amsterdam, Schelten & Giltay.

Eertman, R. & A.C. Smaal (1997). De ecologische functies van geleidelijke zoet-zoutovergangen in estuaria en kustwateren. Middelburg/Yerseke, RIKZ/NIOO-CEMO, NIOO Rapporten 1997-02/Werkdocument RIKZ/OS-97.803x.

Fairbridge, R.W. (1980). The estuary: its definition and geochemical role. Chemistry and biogeochemistry of estuaries. E. Olausson and I. Cato. New York, Wiley: 1-35.

Fischer, H.B., E.J. List, R.C.Y. Koh, J. Imberger & N.H. Brooks (1979). Mixing in inland and coastal waters. New York, Academic Press.

Haas, H.A. & M. Tosserams (2001). Balanceren tussen zoet en zout. Middelburg, RIKZ, rapport RIKZ-2001.18 / RIZA-2001.014: 115 p.

Herman, P.M.J., J.J. Middelburg, J. van de Koppel & C.H.R. Heip (1999). Ecology of estuarine macrobenthos. Estuaries: advances in ecological research. D. B. Nedwell and D. G. Raffaelli. London, UK, Academic Press. **29**.

Hovenkamp, F. & H.W. van der Veer (1993). De visfauna van de Nederlandse estuaria: Een vergelijkend onderzoek. Den Burg, NIOZ: 121 p.

Jager, Z., J. Kranenborg & D. Vethaak (2004). Vissen tussen zoet en zout. *De Levende Natuur* **105**(5): 204-208.

Janssen, G. (2000). Herstel van estuariene gradienten in het waddengebied. Haren, RIKZ, rapport RIKZ/2000.021: 32 p.

Jong, D.J. de, M.M. van Katwijk & Z. Jager (2004). Zeegrass in Nederland. *De Levende Natuur* **105**(5): 209-211.

Leeuw, C. de & M-L. Meijer (2003). Proefgebieden herstel zoet-zout overgangen in Noord-Nederland; Een beschrijving van 18 projecten. Haren, RIKZ, rapport RIKZ/AB/2003.605x: 103 p.

Leeuw, C.C. de & J.J.G.M. Backx (2001). Naar een herstel van estuariene gradienten in Nederland; Een literatuurstudie naar de algemene ecologische principes van estuariene gradienten, ten behoeve van herstelmaatregelen langs de Nederlandse kust. Den Haag, Lelystad, RIKZ, RIZA, RIKZ rapport 2000.044, RIZA rapport 2000.034: 169 p.

Lenselink, G. & R. Gerits (2000). Kansen voor herstel van zout-zoet overgangen in Nederland. Lelystad, RIZA, rapport 2000.032.

Marchand, J. (1993). The influence of seasonal salinity and turbidity maximum variations on the nursery function of the Loire estuary (France). *Netherlands journal of aquatic ecology* **27**(2-4): 427-436.

McLaren, P. (1982). Hydraulic control of grain-size distributions in a macrotidal estuary. *Sedimentology* **29**: 437-439.

McLusky, D.S. (1993). Marine and estuarine gradients; An overview. *Netherlands journal of aquatic ecology* **27**(2-4): 489-493.

Meire, P., P.M.J. Herman & L.L.P.A. Santbergen (1998). Ecologische structuren binnen het Schelde stroomgebied: een essentiële voorwaarde voor het ecologisch herstel en de veerkracht van het systeem. 4de Schelde Symposium, Vlissingen, 26-27 februari 1998.

Meire, P., M. Starink & M. Hoffmann (1997). Integratie van ecologie en waterbouwkunde in de Zeeschelde: aanleiding tot en situering van het onderzoek milieueffecten Sigmaplan (OMES). *Water* **95**(juli/augustus): 147-165.

Nienhuis, P.H. (1993). Nutrient cycling and foodwebs in Dutch estuaries. *Hydrobiologia* **265**: 15-44.

Oevelen, D. van, E. van den Bergh, T. Ysebaert & P. Meire (2000). Literatuuronderzoek naar estuariene herstelmaatregelen. Brussel, Instituut voor Natuurbehoud, Rapport IN.R.2000.4: 55 p.

- Pritchard, W.D. (1967). What is an estuary: physical viewpoint. *Estuaries* **83**: 3-5.
- Remane, A. (1934). Die Brackwasserfauna. *Verh. Deutsch. Zool. Ges.* **36**: 34-74.
- Saeijs, H.L.F. (1982). Changing estuaries; A review and new strategy for management and design in coastal engineering. Leiden, Rijksuniversiteit Leiden, Wiskunde en Natuurwetenschappen. Ph.D. thesis: 411 p.
- Saeijs, H.L.F., A.J.M. Smits, W. Overmars & D. Willems (2004). Changing estuaries, changing views. Rotterdam / Nijmegen, Erasmus University / Radboud University: 53 p.
- Savenije, H.H.G. (2005). *Salinity and Tides in Alluvial Estuaries*. Amsterdam, Elsevier BV.
- Schouten, P. & J.L. Spier (2006). Evaluatie herstelmaatregelen zoet-zoutovergangen in Zuid-Nederland; Herstelmaatregelen zoet-zoutovergangen in het licht van de Kaderrichtlijn Water en Natura2000. Culemborg, Bureau Waardenburg, rapport 06-006: 28 p.
- Schuilig, E. & A.C. Smaal (1998). Het zoet in de pap. Yerseke, RIVO-DLO, RIVO-DLO rapport nr C041/98.
- Schuttelaars, H.M. (2002). Vorming van Estuariene Troebelheidsmaxima in Gedeeltelijk Gemengde Estuaria. Utrecht, Universiteit Utrecht, Projectnummer DG-543: 33 p.
- Sierdsma, F. & P. Esselink (2005). Evaluatie herstelmaatregelen zoet-zoutovergangen in Noord-Nederland; Herstelmaatregelen zoet-zoutovergangen in het licht van de Kaderrichtlijn Water en Natura 2000. Haren, Koeman en Bijkerk bv, rapport 2005-124: 59 p.
- Talke, S.A., H.E. de Swart & H.M. Schuttelaars (2006). *Feedback between residual circulations and sediment distribution in highly turbid estuaries: an analytical model*. PECS 2006, Astoria, OR, USA.
- Toffolon, M. & A. Crosato (2007). Developing Macroscale Indicators for Estuarine Morphology: The Case of the Scheldt Estuary. *Journal of Coastal Research* **23**(1): 195-212. DOI:10.2112/03-0133.1.
- Van Goor, M. A., T. J. Zitman, Z. B. Wang & M. J. F. Stive (2003). Impact of sea-level rise on the morphological equilibrium state of tidal inlets. *Marine Geology* **202**(3): 211-227.
- Verlaan, P. (1998). Mixing of marine and fluvial particles in the Scheldt estuary. Delft, Technische Universiteit Delft, Faculteit Civiele Techniek. PhD-thesis: 205 p.
- Vernon-Harcourt, L.F. (1896). *Rivers and Canals; The flow, control, and improvement of rivers and the design, construction, and development of canals, both for navigation and irrigation* Oxford, Clarendon Press.
- Villars, M.T. & G.A.L. Delvigne (2001). Estuarine processes. Delft, WL I Delft Hydraulics, Report Z2725: 103 p.
- Wal, D. van der, K. Pye & A. Neal (2002). Long-term morphological change in the Ribble Estuary, northwest England. *Marine Geology* **189**: 249-266.
- Well, E. van (2005). De waterstaatkundige indeling van Nederland en de gevolgen daarvan voor de Noordzee; Een discussienotitie over de effecten van het verdwijnen van zoet-zoutovergangen in Nederland. Utrecht, Stichting De Noordzee: 26 p.
- 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. Leiden, Rijksmuseum van Natuurlijke Historie, Communication nr. 106 of the Delta Institute for Hydrobiological Research: 242 p.
- Wolff, W.J. (1999). Exotic invaders of the meso-oligohaline zone of estuaries in the Netherlands: why are there so many? *Helgoländer Meeresuntersuchungen* **52**: 393-400.
- Wolff, W.J. (2004). Zoet-zoutovergangen: waarom eigenlijk? *De Levende Natuur* **105**(5): 213.