



**HERSTEL ESTUARIEN KARAKTER VAN DE OOSTERSCHELDE
EFFECT OP DE KRAAMKAMER- EN KINDERKAMERFUNCTIE
EN OP DE AANWEZIGHEID VAN DIADROME SOORTEN**

Cattrijsse Andre, Mees Jan & Hostens Kris

juni 1998

Universiteit Gent, Vakgroep Biologie, Sektie Mariene Biologie
K.L. Ledeganckstraat 35 B-9000 Gent

In opdracht van Rijksinstituut voor Kust en Zee,
Postbus 8039, 4330 EA Middelburg

12 297

**HERSTEL ESTUARIEN KARAKTER VAN DE OOSTERSCHELDE
EFFECT OP DE KRAAMKAMER- EN KINDERKAMERFUNCTIE
EN OP DE AANWEZIGHEID VAN DIADROME SOORTEN**

Cattrijsse Andre, Mees Jan & Hostens Kris

Juni 1998

Universiteit Gent, Vakgroep Biologie, Sektie Mariene Biologie
K.L. Ledeganckstraat 35 B-9000 Gent

In opdracht van Rijksinstituut voor Kust en Zee,
Postbus 8039, 4330 EA Middelburg

Inhoudstafel

Samenvatting	2
1. Inleiding	3
2. Beschrijving visfauna Oosterschelde	5
3. Mogelijke effecten van veranderingen in de saliniteitsgradiënt op de kraamkamer- en kinderkamerfunctie van de Oosterschelde	7
3.1. Algemeen	7
3.2. Mogelijke veranderingen in de visfauna van de Oosterschelde.....	7
3.3. Veranderingen in de kraamkamerfunctie van de Oosterschelde.....	8
3.4. Veranderingen in de kinderkamerfucntie van de Oosterschelde.....	8
4. Invloed op diadrome soorten	10
4.1. 'Homing' en 'Straying' van diadrome vissen.....	10
4.2. Kwaliteit van de stroomopwaartse biotopen	11
5. Mogelijkheden herstel estuariene gradiënt : noordelijke tak versus kom	12
6. Conclusie	13
Referenties.....	14
Soortenlijst Oosterschelde	15

Samenvatting

Het zoutgehalte in de oostelijke kom van de Oosterschelde bevindt zich ruim boven de streefwaarde van 15.5 gCl/l. Rijkswaterstaat onderzoekt daarom de mogelijkheid om de zoetwatertoevoer in de Oosterschelde te verhogen via de Krammer-Volkerak sluizen of de Bergse Diep sluis. Met de eerste optie zou een zoet-zoutgradiënt worden gecreëerd langsheen de volledige noordelijke tak. De tweede optie zou het zoutgehalte in de oostelijke kom doen dalen van 17 gCl/l tot 13 gCl/l.

Dit rapport antwoordt op twee vragen. Ten eerste worden de mogelijke effecten van het herstel van een estuariene gradiënt op de kraamkamer- en kinderkamerfunctie van de Oosterschelde onderzocht. In tweede instantie wordt ingegaan op de mogelijke terugkeer van diadrome soorten bij het ontstaan van een zoet-zout gradiënt.

De visfauna van de Oosterschelde is een stuk diverser dan de omliggende gebieden zoals de Voordelta en de Westerschelde en vervult nog een rol als kraamkamer voor een aantal soorten. Typisch mariene soorten kunnen worden teruggedrongen naar de gebieden met een hoge saliniteit. Estuarien residente soorten kunnen in aantallen toenemen in de brakwatermilieu's. De kraamkamer- en kinderkamerfunctie van het gebied zal voor die soorten dan ook toenemen. Voor de mariene soorten die in de Oosterschelde voorkomen, zullen gezien de verwachtingen geen ingrijpende veranderingen optreden in beide functies.

Een zoet-zout gradiënt zal waarschijnlijk niet meer diadrome vissen lokken dan er nu aanwezig zijn in de Oosterschelde. De terugkeer van diadrome vissen tot het stroomgebied van Rijn en Maas zal afhangen van de passeerbaarheid van sluizen en van de habitatkwaliteit van de potentiële paaigebieden.

Wat de visfauna betreft valt het aan te raden te kiezen voor een verhoogde toevoer via de Krammer-Volkerak sluizen. Door zijn morfologie biedt de noordelijke tak trouwens betere mogelijkheden om een estuarium te creëren. De visfauna in dat gebied is waarschijnlijk minder rijk dan in de monding en in de kom.

1. Inleiding

Toen in 1969 de Volkerakdam werd afgesloten veranderde de Oosterschelde van een volwaardig estuarium naar een mariene baai met estuariene kenmerken. De zoetwatertoevoer werd verder tot een minimum gereduceerd met de bouw van de Markiezaatsdam (1983) en de voltooiing van de Oesterdam (1986) en de Philipsdam (1987). De zoetwatertoevoer vanuit de Rijn en Maas daalde toen significant van $70\text{m}^3/\text{s}$ tot een betekenisloze hoeveelheid van $25\text{m}^3/\text{s}$ (Ten Brinke 1994). De Oosterschelde veranderde terzelfdetijd verder ingrijpend toen met de bouw van de stormvloedkering het getijverschil met meer dan 10% daalde.

Het zoutgehalte in de oostelijke kom van de Oosterschelde ligt tegenwoordig ruim boven de streefwaarde van 15.5 g Cl/l ($\approx 28\text{psu}$) (Van Berchum & Wattel 1997). Twaalf jaar na de bouw van de compartimenteringsdammen onderzoekt Rijkswaterstaat daarom de optie om de zoetwatertoevoer van Rijn- en Maaswater terug te verhogen via de Krammer-Volkerak sluizen en/of de Bergse Diep sluis. In beide gevallen zal een estuariene gradiënt worden gecreëerd en het estuariene karakter van de Oosterschelde gedeeltelijk worden hersteld.

De eerste optie voorziet in een verhoging van de zoetwaterafvoer via de Krammersluizen van de huidige $9\text{m}^3/\text{s}$ naar $50\text{m}^3/\text{s}$. Dit zou een zoet-zout gradiënt creëren waarbij de saliniteit bij de Philipsdam ongeveer 10 g Cl/l ($\approx 18\text{ psu}$) bedraagt en opklimt tot 17 g Cl/l ($\approx 31\text{psu}$) nabij Stavenisse, ongeveer 10 km stroomafwaarts. De tweede optie bestaat erin om via de Bergse Diep sluis in de Oesterdam de saliniteit in de oostelijke kom terug te brengen van 17 g Cl/l ($\approx 31\text{psu}$) naar 13 g Cl/l ($\approx 25\text{psu}$).

De deltawerken hebben het ecosysteem van de Oosterschelde grondig gewijzigd (Nienhuis & Smaal 1994). De visfauna heeft hierbij een aantal veranderingen ondergaan die slechts ten dele aan de bouw van de Oosterscheldekering en de compartimenteringsdammen konden worden toegeschreven (Hostens & Hamerlynck 1994, Hamerlynck & Hostens 1994).

Deze literatuurstudie onderzoekt welke effecten het vooropgestelde (gedeeltelijk) herstel van de saliniteitsgradiënt kan hebben op de visfauna van de Oosterschelde en in welke wijzigingen kunnen optreden in de functies die Oosterschelde vervult als 'habitat' voor vissen.

Daartoe werd een antwoord gezocht op twee concrete vragen :

- Wat zijn de mogelijke effecten op de kraamkamer/kinderkamerfunctie van de Oosterschelde voor jonge vis en kreeftachtigen.
- Hoe sterk moet de zoet-zout gradiënt zijn om diadrome vissen te lokken en kunnen deze vissen de bestaande barrières passeren of zijn er aanvullende maatregelen nodig om de passerbaarheid te vergroten? In hoeverre zal een vergroting van de zoetwaterinlaat het aantal diadrome vissen ('strayers') in de Oosterschelde doen toenemen?

2. Beschrijving visfauna Oosterschelde

De Oosterschelde is een beschutte mariene baai met een hoge habitatdiversiteit. De verschillende biotopen -diepe en ondiepe subtidale zones en intergetijden (beide zowel op zachte als harde substraten), zeegrasvelden en biogene riffen van mossels en oesters- vormen elk een eigen biotoop met een specifieke fauna. Deze heterogeniteit aan biotopen verzekert een hoge diversiteit in de ichtyofauna¹.

De mobiele epifauna van de Oosterschelde onderscheidt zich trouwens duidelijk van de mobiele epifauna van de naburige Westerschelde en Voordelta (Hostens & Hamerlynck 1994). Volgens deze studie zijn zeedonderpad (*Myoxocephalus scorpius*), groene zeedonderpad (*Taurulus bubalis*), tongschar (*Microstomus kitt*), koornaarvis (*Atherina presbyter*), zeebaars (*Dicentrarchus labrax*), botervis (*Pholis gunellus*), grote zeenaald (*Syngnathus acus*), puitaal (*Zoarces viviparus*), stekelbaars (*Gasterosteus aculeatus*) en griet (*Scophthalmus rhombus*) karakteristiek voor de Oosterschelde. Samen met schol (*Pleuronectes platessa*), strandkrab (*Carcinus maenas*), rode poon (*Trigla lucerna*) en adderzeenaald (*Entelurus aequoreus*) hebben deze soorten een hogere abundantie in de Oosterschelde dan in de Voordelta of de Westerschelde.

Nog volgens deze studie zijn de meest algemene soorten voor de Oosterschelde: schol, steenbolk (*Trisopterus luscus*), schar (*Limanda limanda*), strandkrab, garnaal (*Crangon crangon*), gewone zeedonderpad en paling (*Anguilla anguilla*). Tien jaar vangstgegevens met fuiken vullen deze lijst verder aan met puitaal, haring (*Clupea harengus*), tong (*Solea solea*) en wijting (*Merlangius merlangus*). (Hamerlynck & Hostens 1994).

Vergeleken met de Voordelta en de Westerschelde is de soortenrijkdom en de diversiteit van de epifauna in de Oosterschelde merkkelijk hoger (Hostens & Hamerlynck 1994). Alhoewel deze auteurs iets meer soorten registreerden in de Voordelta was het gemiddeld aantal soorten per vangst beduidend hoger in de Oosterschelde. Ook de diversiteit (uitgedrukt als Hill's diversiteitsgetal N_1) was significant hoger in de Oosterschelde. Dit betekent dat de dominantie

¹ Een visfauna kan doorgaans opgedeeld worden in drie verscheiden groepen ('guilds') die zich in de regel op verschillende dieptestrata ophouden. De epibenthische soorten komen voor op de bodem en verheffen zich weinig van de bodem. Demersale soorten bewegen zich in de waterkolom maar steeds in de buurt van de bodem. Pelagische soorten bezetten het habitat van de waterkolom en zijn in tegenstelling tot typisch demersale vissen niet afhankelijk van de bodem. Het bemonsteren van elk van deze guilds vereist een andere techniek. Een boomkor is ontworpen om vooral de epibenthische vissen en de epifauna te bemonsteren. Een plankennet dient om bij voorkeur demersale vissen te vangen terwijl de pelagische visfauna best wordt bemonsterd met pelagische trawls of grote ringzegens.

De visgegevens van de Oosterschelde werden verzameld met een boomkor door Hostens & Hamerlynck (1994) en met fuiken en staande netten door Bureau Waardenburg. Deze laatste dataset werd verwerkt door Hamerlynck & Hostens (1994).

van een of meer soorten minder sterk aanwezig was of dat de individuen een meer gelijke verspreiding hadden over de aanwezige soorten.

Hostens & Hamerlynck (1994) onderzochten de epifauna gemeenschappen van zachte substraten van de Oosterschelde en stelden vast dat deze kan worden opgedeeld in vier verschillende gemeenschappen. Twee gemeenschappen komen voor in het westelijk deel nabij de monding (Vuilbaard en Hammen). Een derde gemeenschap komt overeen met het centrale deel van de Oosterschelde. De vierde gemeenschap situeert zich in de oostelijk kom. De relatieve oppervlakten van de gebieden waarin deze gemeenschappen zich bevinden, zijn: Hammen 22%, Vuilbaard 28%, Centraal 40% en Oostelijk bekken 10%. Van de 40 soorten mobiele epifauna die Hostens & Hamerlynck (1994) registreerden komen er 29 voor in het deelgebied Hammen, 31 in Vuilbaard, 36 in het centrale gebied en 33 in de oostelijke kom. Het hoger aantal soorten in het centrale deel is waarschijnlijk gerelateerd aan de grotere oppervlakte van dit deelgebied dan aan een hogere diversiteit. De noordelijke tak werd niet bemonsterd in deze studie. Gezien de ligging wordt hier verder aangenomen dat de epifauna nauw aanleunt bij die van het centrale gebied. Ook Hamerlynck & Hostens (1994) hebben geen visgegevens uit de noordelijke tak.

In termen van biomassa komen de twee rijkste gemeenschappen voor in Hammen en Vuilbaard. De epifauna bereikt daar de hoogste gemiddelde biomassa op jaarbasis (resp. 6800gADW/1000m² en 2800gADW/1000m²) en de hoogste productie (resp. 16.0gADW/m²/yr en 5.7gADW/m²/yr). In de oostelijke kom komt een epifaunagemeenschap voor die minder rijk is (biomassa 1700gADW/1000m² en productie 3.3gADW/m²/yr) terwijl in het centrale deel van de Oosterschelde de armste gemeenschap voorkomt (biomassa 970gADW/1000m² en productie 2.5gADW/m²/yr). De meeste soorten hebben dus een maximum abundantie nabij de monding. Haring, sprot (*Sprattus sprattus*), dikkopje (*Pomatoschistus minutus*), griet (*Scophthalmus rhombus*) en zeebaars komen daarentegen vooral in het oostelijk deel voor.

Diadrome vissen zijn grotendeels verdwenen uit de Oosterschelde vanwege de afsluiting van de Oesterdam en de Philipsdam (Hamerlynck & Hostens 1994). Mogelijke effecten op de overige soorten zijn niet gekend en de veranderingen die in de visfauna van de Oosterschelde zijn opgetreden na de afwerking van de stormvloedkering en de compartimenteringsdammen zijn moeilijk te achterhalen (Hostens & Hamerlynck 1994, De Jong 1997). De meeste waargenomen veranderingen in de visbestanden kunnen worden gerelateerd aan de jaarlijkse verschillen in jaarklassesterkte (De Jong 1997). De daling in de nutriëntentoevoer kan wel een daling hebben veroorzaakt in de abundantie van de garnaal (Hostens & Hamerlynck 1994).

3. Mogelijke effecten van veranderingen in de saliniteitsgradient op de kraamkamer- en kinderkamerfunctie van de Oosterschelde

3.1. Algemeen

In de literatuur werden nauwelijks aanwijzingen gevonden over de mogelijke effecten van een (gedeeltelijk) herstel van een estuariene gradiënt op visgemeenschappen of op de functie van een estuarien kinderkamergebied. Estuaria met een uitgesproken seizoenale en/of tidale variatie in de saliniteitsgradiënt vervullen net zo goed een rol als kinderkamer als systemen waar variaties in minder mate optreden. In de Loire bijvoorbeeld verschuiven de zoet-zout grens en de maximum-turbiditeitszone (MTZ) over een afstand van tientallen kilometers wanneer de zoetwaterafvoer van de rivier seizoenaal wijzigt (Marchand 1993). Hier bepaalt de maximum turbiditeitszone onder specifieke hydrologische condities de stroomopwaartse limiet van de kinderkamerfunctie van het estuarium. Tijdens de zomer, de piekperiode van recrutering van jonge stadia in de meso- en oligohaline zone van het Loire estuarium, kunnen in de buurt van de MTZ hypoxia ontstaan. Veeleer dan de schommelingen in saliniteit bepaalt deze factor uiteindelijk de kinderkamerfunctie (Marchand 1993).

De impact van een verhoogde (natuurlijke) zoetwaterafvoer op een estuariene visgemeenschap is feitelijk eenvoudig: mariene soorten worden stroomafwaarts teruggedrongen, de abundantie van euhalieene soorten (estuariene residenten) wijzigt niet terwijl de verspreiding van catadrome en zoetwatersoorten stroomafwaarts verhoogt (Ter Morshuizen et al. 1996).

3.2. Mogelijke veranderingen in de visfauna van de Oosterschelde

Omdat de Oosterschelde de afgelopen decennia geëvolueerd is van een estuarium naar een beschutte mariene baai zullen strikt estuariene soorten die brakwater behoeven in abundantie zijn gedaald. Deze soorten zullen zijn teruggedrongen tot de weinige plaatsen waar nog brakwater aanwezig is. Buiten die zone's vertoeven die soorten in suboptimale milieu's. Het herstellen van een estuariene gradiënt zal daarom kansen bieden aan deze soorten om in hogere abundanties voor te komen waar de gradiënt optreedt.

Volgens Elliott & Dewailly (1995) zijn de volgende soorten die in de Oosterschelde voorkomen estuarien resident (ie. soorten die hun volledige levenscyclus in het estuarien milieu volbrengen): brakwatergrondel (*Pomatoschistus microps*), dikkopje, zwarte grondel (*Gobius niger*), bot (*Platichthys flesus*), grote zeenaald, kleine zeenaald (*Syngnathus rostellatus*), zeedonderpad, harnasmannetje (*Agonus cataphractus*), zandspiering (*Ammodytes tobianus*),

slakdolf (*Liparis liparis*), botervis en puitaal. Ook de zeldzame zwartooglipvis (*Symphodus melops*) behoort tot die groep. Het herstel van een estuariene gradiënt draagt daarom potentieel positieve gevolgen voor tenminste deze soorten. (Een tabel waarin alle soorten zijn opgenomen die Hostens & Hamerlynck (1994) en Hamerlynck & Hostens (1994) vermelden, met aanduiding van hun ecologische 'guild', is achteraan opgenomen.)

Een toename in de abundanties van de zandspiering wordt echter niet verwacht omdat deze soort hoog dynamische zandige biotopen behoeft. Dit milieu is sinds de afsluiting van de Oosterschelde monding in grote mate verdwenen (Hostens & Hamerlynck 1994).

Het herstel van een brak milieu verhoogt verder de habitatdiversiteit van de Oosterschelde. Dit kan enkel de diversiteit van de huidige visfauna ten goede komen. Er zullen natuurlijk verschuivingen optreden in de verspreiding van soorten. De pitvis (*Callionymus lyra*) die sinds de afsluiting in hogere abundanties in de Oosterschelde voorkomt (Hostens & Hamerlynck 1994, De Jong 1997) zal, als typisch mariene soort, teruggedrongen worden uit brakwater milieus. Andere typisch mariene soorten zullen uit de zones met een lage saliniteit wegblijven.

3.3. Veranderingen in de kraamkamerfunctie van de Oosterschelde

De verschuivingen die zullen optreden in de verspreiding van de verschillende soorten en die hierboven staan geschetst, komen ook overeen met de waarschijnlijke veranderingen in paaimogelijkheden voor die soorten. Waar het estuariene milieu aanwezig zal zijn, zullen de paaimogelijkheden voor de estuariene residente soorten toenemen en dus een toename inhouden van de kraamkamerfunctie. Omgekeerd zullen de typische mariene vissen zoals bv. pitvis, voor zover die zich in de Oosterschelde voortplanten, hun paaiactiviteit beperken tot de zones met de hoogste saliniteit.

3.4. Veranderingen in de kinderkamerfunctie van de Oosterschelde

De waarde van een biotoop als opgroeigebied voor jonge vissen wordt bepaald door het voedselaanbod en de predatiedruk. De kwaliteit en de kwantiteit van het aanwezige voedsel beïnvloedt de groeisnelheid van jonge vissen op positieve wijze. Een lagere predatiedruk verhoogt de overlevingskansen. Beide factoren resulteren in een verhoogde recrutering tot de (sub)adulte populaties.

De geomorfologie van een gebied speelt een rol in het bepalen van de waarde van een gebied als foerageergrond of predatierefugium. Aangezien er geen veranderingen zullen optreden in de morfologie van de oostelijke kom of de noordelijke tak van de Oosterschelde zal een wijziging

in de waarde van de kinderkamer van die gebieden moeten voortvloeien uit veranderingen in voedselaanbod en/of predatiedruk.

Soorten die tegenwoordig in hoge mate van de Oosterschelde gebruik maken als kinderkamer zijn naast de estuarien residente soorten: schol, schar, tong, wijting, steenbol, kabeljauw (*Gadus morhua*), haring en sprout. Verder komen ook regelmatig jonge rode poot, zeebaars, horsmakreel (*Trachurus trachurus*) en lozano's grondel (*Pomatoschistus lozanoi*) in de Oosterschelde voor (Hostens & Hamerlynck 1994).

Verwacht wordt dat de verhoogde toevoer van nutriënten via het Maas-Rijn water de fytoplanktonproductie zal doen toenemen. Door de toevoer van allochtoon organisch materiaal (detritus) zal flocculatie optreden in de mengzone en een MTZ zal ontstaan.

Zolang een verhoogde nutriëntentoevoer geen problemen oplevert voor de zuurstofhuishouding van het systeem vallen er geen direct negatieve effecten te verwachten voor de aanwezige visfauna. Wanneer de input van nutriënten hoog genoeg is kan dit in principe leiden tot een verhoogd voedselaanbod voor juveniele vissen. De verhoogde primaire productie zal de secundaire productie van het mesozooplankton en het hyperbenthos stimuleren. Beide plankton componenten kunnen trouwens even goed gedijen op de microflora en -fauna van de estuariene vlokken die in de MTZ aanwezig zullen zijn.

De aanwezigheid van een estuariene gradiënt biedt mogelijkheden om populaties van estuarien hyperbenthische soorten te herstellen. Wanneer samen met het herstel van de zoet-zout gradiënt ook een maximum turbiditeitszone wordt gecreëerd dan is het waarschijnlijk dat *Neomysis integer* en *Mesopodopsis slabberi*, twee belangrijke vertegenwoordigers van het estuarien hyperbenthos, in de buurt van de MTZ in hoge of verhoogde abundanties zullen voorkomen. Beide soorten zijn belangrijke prooien voor de juvenielen van bijna alle aanwezige vissoorten. Een toename in de abundantie van die soorten zal dus de waarde van een biotoop als foerageergebied verhogen (Mees & Hamerlynck 1992).

Een verhoogd voedselaanbod (plankton en hyperbenthos) kan uiteindelijk leiden tot een verhoogde kraamkamerfunctie van het betreffende gebied (een versnelde groei of een stijging in de draagkracht).

Hamerlynck & Hostens (1994) besluiten dat de verlaagde toevoer van nutriënten na de voltooiing van de Philipsdam verantwoordelijk is voor de daling in abundantie van de garnaal in de Oosterschelde. De kinderkamerfunctie van de Oosterschelde kan dus ook voor de garnaal positief worden beïnvloed door een verhoogde nutriëntentoevoer en een herstel van de zoet-zout gradiënt. Bovendien is de garnaal een zeer belangrijke prooi voor een groot aantal vissoorten

die in de Oosterschelde voorkomen of er een kinderkamer vinden: vb. kabeljauw, steenbol, wijting, slakdolf, harnasmannetje.

De effecten van de afsluiting van de Oosterschelde op de bodemfauna zijn onduidelijk (Coosen et al. 1994; Meire et al. 1994; Smol et al. 1994). Het blijft gissen naar de mate waarin dit onrechtstreeks de kinderkamerfunctie van het gebied heeft veranderd. Het is daarom ook onmogelijk om uitspraken te maken over eventuele positieve of negatieve effecten van het invoeren van een estuariene gradiënt op het bentische voedselaanbod voor jonge vissen en de wijze waarop dit de kraamkamerfunctie kan wijzigen.

De transparantie van het water zal door een verhoogde fytoplanktonproductie en de creatie van een MTZ waarschijnlijk dalen. De visuele predatie wordt hierdoor bemoeilijkt en dit impliceert een verlaagde predatiedruk op jonge stadia (Cyrus & Blaber 1987a,b). Jonge vissen worden bovendien aangetrokken tot gebieden met een verhoogde turbiditeit (Cyrus & Blaber 1992). Een verlaagde predatie kan uiteindelijk bijdragen tot een verlaagde mortaliteit en dus de intrinsieke waarde van het gebied als kinderkamer voor jonge vissen en garnalen verhogen.

4. Invloed op diadrome soorten

4.1. 'Homing' en 'straying' van diadrome vissen

Intuïtief zou men kunnen stellen hoe 'vollediger' (over een lange afstand en vlak) de saliniteitsgradiënt is, hoe hoger de kans om diadrome soorten te lokken. Nochtans stelt een anadrome soort geen eisen aan de lengte van een gradiënt en zelfs een zeer steile gradiënt die zich op bijzonder korte afstand manifesteert (meters) vormt geen barrière voor coho zalm. Aan de Pacifische en de Atlantische kusten van Amerika komen alle mogelijke gradaties van saliniteitsgradiënten voor in de estuaria. De zalmpopulaties gebruiken de verschillende rivieren onafhankelijk van de aard van de aanwezige zoet-zout gradiënt. (pers. comm. Dave Coombes, Nat. Fish. Dept., British Columbia, Canada; George LaBar Dept. Fish. Wildlife Res. Univ. Idaho, USA).

Sequentiële herinnering is een hypothese die 'homing' bij anadrome vissen kan verklaren en die steunt op het concept dat een specifieke serie van ervaringen optreedt voornamelijk tijdens de zeewaartse migratie van jonge individuen. Adulten keren succesvol terug naar dezelfde rivier wanneer zij de reeks indrukken ervaren in een omgekeerde volgorde. De laatste indrukken die een jonge vis ondergaat worden de eerste indrukken van het adult tijdens de paaimigratie naar de rivier waar ze werd geboren. Deze hypothese stelt geen eisen aan de aanwezigheid van of de eigenschappen van een saliniteitsgradiënt als voorwaarde voor succesvol 'homing'.

Niet alle vissen keren terug naar de rivier waar ze geboren zijn maar zwemmen 'verloren' op zoek naar een geschikte rivier. Deze individuen worden 'strayers' genoemd. Het voorkomen van 'strayers' heeft in wilde populaties een belang bij gen-uitwisseling tussen de subpopulaties die elk met een rivier zijn verbonden. Op dit ogenblik zijn er nog te veel lacunes in de kennis over de genetische factoren en de milieuparameters die het 'straying behaviour' beïnvloeden om uitspraken te maken over de frequentie van 'strayen' (Quinn 1993). Onderzoek naar 'straying' is vooral gericht om 'ranching' van zalmen te optimaliseren. Er is geen informatie gevonden over de mate waarin 'strayers' zich aangetrokken voelen tot bepaalde gradiënten. Zoals boven vermeld speelt de aard van de saliniteitsgradiënt geen rol bij het 'lokken' van diadrome soorten maar enkel in de ontwikkeling van het geheugen bij de zeewaartse migratie van jonge vis.

4.2. Kwaliteit van de stroomopwaartse biotopen

Van Wershoven (1995) wees op het grote belang van drie factoren om diadrome soorten terug in de rivieren te krijgen.

Ten eerste moeten alle fysieke barrières zoals dammen en sluizen passeerbaar worden gemaakt voor alle soorten. De passeermogelijkheden voor diadrome vissen aan de sluizen en dammen is in de huidige situatie nihil. Elke aanpassing aan sluizen en dammen om passages te creëren voor diadrome vissen is dus een pluspunt. Vissen kunnen in principe via sluizen passeren maar migraties gebeuren hoofdzakelijk tijdens vloed wanneer sluizen over het algemeen gesloten zijn (Van Wershoven 1995). Koelwaterinlaten en pompgemalen kunnen grote hoeveelheden vis doden (Van Wershoven 1995, Dadswell & Rullifson 1994). De Krammer-Volkerak sluizen en de Bergse diepsluis werken met een zoet-zout scheidingssysteem en brengen naast de fysieke barrière ook een fysiologische met zich mee. De fysiologische aanpassing die een vis moet ondergaan na een directe overbrenging van zout in zoet water of omgekeerd is zeer dramatisch en zal in de meeste gevallen tot sterfte leiden. Het herstellen van de zoet-zout gradiënt lost in elk geval dit probleem op.

Ten tweede moet de waterkwaliteit en de structuurkwaliteit in de rivieren aanzienlijk verbeteren om anadrome vissen de kans te geven te paaien en de overlevingskansen van de jonge vissen te verhogen. De nutriëntengehaltes en de microverontreinigingen zijn in de meeste rivieren dikwijls nog te hoog om een basiskwaliteitsnorm te halen. Het natuurlijk milieu van de bovenloop van de rivieren is in veel gevallen te ingrijpend veranderd en gunstige paaiplaatsen zijn voor veel soorten zeldzaam geworden (Van Wershoven 1995).

Maatregelen die worden genomen om diadrome soorten naar een gebied te lokken zullen zich naar deze drie problemen moeten richten en slechts in laatste instantie naar de aard van de zoet-

zout gradiënt. De potentie om een populatie van een diadrome soort in de rivieren van de Nederlandse Delta te laten terugkeren, wordt bepaald door de kwaliteit en de bereikbaarheid van de paaiplaatsen.

5. Mogelijkheden herstel estuariene gradiënt : noordelijke tak versus kom

De optie om de estuariene gradiënt te herstellen in de noordelijke tak lijkt het meest interessant. Ten eerste leent de noordelijke tak zich morfologisch beter. Zijn nauwere vorm laat toe om een volwaardig estuarium te creëren. De zoet-zoutgradiënt zal zich daar ook over de grootste afstand manifesteren (van de Philipsdam tot Stavenisse) en minder stijl zijn dan in de kom (gradiënt van 10 g Cl/l tot 16 g Cl/l). In de kom lijkt het erop dat het brakwaterareaal eerder de vorm van estuariene pluim zal aannemen, steiler en dus beperkter in omvang zal zijn. De gradiënt die zou ontstaan in de kom zal daarom minder bijdragen tot een verrijking van de habitatheterogeniteit.

Ten tweede behoort de visfauna van de noordelijke tak in biomassa termen waarschijnlijk tot de minst rijke van de Oosterschelde (Hamerlynck & Hostens 1994). De creatie van een saliniteitsgradiënt zal de habitatdiversiteit sterk verhogen in precies die regio en daarom potentieel ook de diversiteit van de aanwezige fauna daar het meest positief kunnen beïnvloeden.

In de kom van de Oosterschelde zijn ook meer ondiepe gebieden en intergetijden die reeds functioneren als kinderkamer terwijl dit in de noordelijke tak minder het geval is. De situatie in de kom kan dus best behouden blijven omwille van de reeds hogere diversiteit en betere waarde als kinderkamer dan de noordelijke tak.

De hypoxia die kunnen ontstaan, zullen geen al te groot probleem vormen voor de visfauna zolang ze slechts tijdelijk van aard en mobiel zijn. Vissen kunnen zulke zones eenvoudig ontwijken. Wanneer de hypoxia te lang op eenzelfde plaats aanwezig zijn, kan er wel sterfte optreden van de benthische voedselpopulaties.

6. Conclusies

- Het gedeeltelijk herstel van een zoet-zout gradiënt in de Oosterschelde zal hoogstwaarschijnlijk geen negatieve effecten hebben op de visgemeenschap. Er zullen wel verschuivingen optreden in de verspreiding van een aantal soorten. Typisch mariene soorten zullen uit de brakwaterzones verdwijnen terwijl in die zones de estuarien residente soorten in aantallen zullen toenemen. Dit laatste feit zal voor een verhoging van de gehele diversiteit van de visgemeenschap van de Oosterschelde zorgen.
- De kraamkamerfunctie van de Oosterschelde zal waarschijnlijk toenemen omdat de estuariene residente soorten in het huidige mariene milieu van de Oosterschelde minder tot ongunstige omstandigheden aantreffen om zich voort te planten. Indien mariene soorten zich reeds reproduceren in de Oosterschelde dan zullen er volgens de vooropgestelde scenario's voldoende euhaliene milieu's aanwezig blijven om de voorplanting van die soorten in de Oosterschelde niet in het gedrang te brengen.
- De kinderkamerfunctie van de Oosterschelde zal eveneens gunstig worden beïnvloed. De verwachte hogere toevoer aan nutriënten zal waarschijnlijk een hogere planktonproductie veroorzaken. Als gevolg hiervan zal het voedselaanbod voor jonge vissen en kreeftachtigen in de brakwaterzones toenemen. Ook de transparantie van het water zal dalen. Beide factoren zullen een positief effect hebben op de waarde van het gebied als kinderkamer voor zowel de estuarien residente soorten als de mariene soorten die het estuarium als opgroeigebied gebruiken.
- Het herstel van een estuariene gradiënt zal geen extra diadrome soorten lokken naar het gebied. De aard van de saliniteitsgradiënt speelt hoogstwaarschijnlijk geen rol in het lokken van diadrome soorten. De terugkeer van dergelijke soorten naar estuariene gebieden hangt af van de passeerbaarheid van fysische obstakels zoals sluizen en dammen en van de kwaliteit van de bovenstroomse paaigebieden.

Referenties

- Coosen, J., Seys, J., Meire, P. & Craeymeersh, J.A.M. 1994. Effect of sedimentological and hydrodynamical changes in the intertidal areas of the Oosterschelde estuary (SW Netherlands) on distribution, density and biomass of five common macrobenthic species: *Spio martinens* (Mesnil), *Hydrobia ulvae* (Pennant), *Arenicola marina* (L.), *Scoloplos armiger* (Muller) and *Bathyporeia* sp. *Hydrobiologia* 282/283:235-249.
- Cyrus, D.P. & Blaber, S.J.M. 1987a. The influence of turbidity on juvenile marine fishes in estuaries. Part 1. Field studies at Lake St. Lucia on the southeastern coast of Africa. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 109:53-70.
- Cyrus, D.P. & Blaber, S.J.M. 1987b. The influence of turbidity on juvenile marine fishes in estuaries. Part 2. Laboratory studies, comparisons with field data and conclusions. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 109:71-91.
- Cyrus, D.P. & Blaber, S.J.M. 1992. Turbidity and salinity in a tropical northern Australian estuary and their influence on fish distribution. *Est. Coast. Shelf Sci.* 35:545-563.
- Dadswell, M.J. & Rullifson, R.A. 1994. Macrotidal estuaries: a region of collision between migratory marine animals and tidal power development. *Biol. J. Linn. Soc.* 51:93-113.
- De Jong, P.D. 1997. Aantalsfluctuaties van enige niet commerciële vissoorten in het Schelde estuarium en de Voordelta, 1987-1995. RIVO-DLO Rapport CO24/97.
- Elliot, M. & Dewailly, F; 1995. The structure and components of european estuarine fish assemblages. *Neth. J. Aquat. Sci.* 29:397-417.
- Hamerlynck, O. & Hostens, K. 1994. Changes in the fish fauna of the Oosterschelde - a ten year time series of fyke catches. *Hydrobiologia* 282/283:497-507.
- Hostens, K. & Hamerlynck, O. 1994. The mobile epifauna of soft bottoms in the subtidal Oosterschelde estuary: structure, function and impact of the storm-surge barrier. *Hydrobiologia* 282/283:479-496.
- Marchand, J. 1993. The influence of seasonal salinity and turbidity maximum variations on the nursery function of the Loire estuary (France). *Neth. J. Aquat. Ecol.* 27:427-436.
- Mees, J. & Hamerlynck, O 1992. Spatial community structure of the permanent hyperbenthos of the Schelde estuary and the adjacent coastal waters. *Neth. J. Sea Res.* 29:357-370.
- Meire, P., Seys, J., Buijs, T. & Coosen, J. 1994. Spatial and temporal patterns of intertidal macrobenthic populations in the Oosterschelde estuary : are they influenced by the construction of the storm-surge barrier? *Hydrobiologia* 282/283:157-182.
- Nienhuis, P. H. & Smaal, A. C. 1994. The Oosterchelde estuary, a case study of a changing ecosystem: an introduction. *Hydrobiologia* 282/283:
- Smol, N., Willems, K.A., Govaere, J.C.R. & Sandee, A.J.J. 1994. Composition, abundance and biomass of meiobenthos in the Oosterschelde estuary (SW Netherlands). *Hydrobiologia* 282/283:197-217.
- Ten Brinke, W.B.M. 1994. Hydrodynamic and geomorphological changes in the tidal system. *Hydrobiologia* 282/283:15-16.

Ter Morshuizen, L.D., Whitfield, A.K. & Paterson, A.W. 1996. Influence of freshwater flow regime on fish assemblages in the Great Fish River and estuary. *South. Afr. J. Aquat. Sci.* 22:52-61.

Quin, T.P. 1993. A review of homing and straying of wild and hatchery-produced salmon. *Fish. Res.* 18:29-44.

Van Wershoven, T.C. 1995. Potenties en maatregelen voor terugkeer van trekvis in het Scheldestroomgebied. Rapport RIKZ/AB-95.840X.

Van Berchum, A.M. & Wattel, G. 1997. De Oosterschelde, van estuarium naar zeearm. Bekkenrapportage 1991-1996. Rapport RIKZ 97.034.

Soortenlijst Oosterschelde

Samengesteld uit Hamerlynck & Hostens (1994) (boomkorvangsten 1984-1985 en 1988-1989) en Hostens & Hamerlynck (1994) (data verzameld met fuik en staande netten 1979-1988).

Wetenschappelijke naam	nederlandse naam	Type
<i>Agonus cataphractus</i>	harnasmannetje	ER
<i>Alosa fallax</i>	fint	CA
<i>Ammodytes lanceolatus</i>	smelt	MA
<i>Ammodytes tobianus</i>	zandspiering	ER
<i>Anguilla anguilla</i>	paling	CA
<i>Aphia minuta</i>)	glasgrondel	ER
<i>Arnoglossus laterna</i>	schurftvis	MA
<i>Atherina presbyter</i>	koornaarvis	MJ
<i>Balistes carolensis</i>	trekkervis	MA
<i>Belone belone</i>	geep	MS
<i>Buglossidium luteum</i>	dwergtong	MA
<i>Callionymus lyra</i>	pitvis	MA
<i>Chelon labrosus</i>	diklipharder	MS
<i>Ciliata mustela</i>	vijfdradige meun	MS
<i>Clupea harengus</i>	haring	MJ
<i>Conger conger</i>	zeepaling	MA
<i>Cyclopterus lumpus</i>	snotolf	MS
<i>Dasyatis pastinaca</i>	stekelstaartrog	MS
<i>Dicentrarchus labrax</i>	zeebaars	MJ
<i>Engraulis encrasicolus</i>	ansjovis	MS
<i>Entelurus aequoreus</i>	adderzeenaald	MA
<i>Eutrigla gurnardus</i>	grauwe poon	MS
<i>Gadus morhua</i>	kabeljauw	MJ
<i>Galeorhinus galeus</i>	ruwe haai	MA
<i>Gasterosteus aculeatus</i>	driedoornige stekelbaars	CA
<i>Gobius niger</i>	zwarte grondel	ER
<i>Labrus bergylta</i>	gevlekte lipvis	MA
<i>Lampetra fluviatilis</i>	rivierprik	CA
<i>Limanda limanda</i>	schar	MJ
<i>Liparis liparis</i>	slakdolf	ER
<i>Liza ramada</i>)	dunlipharder	CA
<i>Melanogrammus aeglefinus</i>	schelvis	MA
<i>Merlangius merlangus</i>	wijting	MJ
<i>Microstomus kitt</i>	tongschar	MA
<i>Mullus surmuletus</i>	mul	MA
<i>Myoxocephalus scorpius</i>	zeedonderpad	ER
<i>Onchorhynchus mykiss</i>	regenboogforel	FW
<i>Osmerus eperlanus</i>	spiering	CA
<i>Petromyzon marinus</i>	zeeprik	CA
<i>Pholis gunnellus</i>	botervis	ER
<i>Platichthys flesus</i>	bot	ER
<i>Pleuronectes platessa</i>	schol	MJ
<i>Pollachius pollachius</i>	pollak	MJ
<i>Pollachius virens</i>	koolvis	MA

Wetenschappelijke naam	nederlandse naam	Type
<i>Pomatoschistus lozanoi</i>	lozano's grondel	MA
<i>Pomatoschistus microps</i>	brakwatergrondel	ER
<i>Pomatoschistus minutus</i>	dikkopje	ER
<i>Pomatoschistus pictus</i>	kleurige grondel	MA
<i>Raniceps raninus</i>	vorskwab	ER
<i>Salmo salar</i>	zalm	CA
<i>Salmo trutta</i>	forel	CA
<i>Sardina pilchardus</i>	sardien	MS
<i>Scomber scombrus</i>	makreel	MA
<i>Scomberesox saurus</i>	spaanse makreel	MA
<i>Scophthalmus maximus</i>	tarbot	MJ
<i>Scophthalmus rhombus</i>	griet	MJ
<i>Scyliorhinus canicula</i>	hondshaai	MA
<i>Solea solea</i>	tong	MJ
<i>SpondylIOSoma cantharus</i>	zeekarper	MJ
<i>Sprattus sprattus</i>	sprot	MS
<i>Squalus acanthias</i>	doornhaai	MA
<i>Symphodus melops</i>	zwartooglipvis	ER
<i>Syngnathus acus</i>	grote zeenaald	ER
<i>Syngnathus rostellatus</i>	kleine zeenaald	ER
<i>Taurulus bubalis</i>	groene zeedonderpad	MA
<i>Trachinus draco</i>	grote pieterman	MA
<i>Trachinus vipera</i>	kleine pieterman	MA
<i>Trachurus trachurus</i>	horsmakreel	MA
<i>Trigla lucerna</i>	rode poon	MJ
<i>Trisopterus luscus</i>	steenbolk	MJ
<i>Trisopterus minutus</i>	dwergbolk	MA
<i>Zoarces viviparus</i>	puttaal	ER

ER = estuarien residente soort (Estuarine Resident)

MA = mariene toevallige gast (Marine Adventitious)

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

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

FW = zoetwatersoort (FreshWater)

CA = diadrome soort (Catadromous-Anadromous)

