



Opdrachtgever:

RWS RIKZ

## Quick-scan hydromorfologische herstelmaatregelen voor vis in overgangswateren

Ecologisch potentieel van Westerschelde, Eems-Dollard en Nieuwe  
Waterweg-Nieuwe Maas

Jan Kranenburg

Rapport

december 2005

Opdrachtgever:

RWS RIKZ

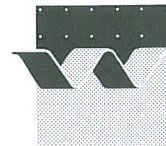
## Quick-scan hydromorfologische herstelmaatregelen voor vis in overgangswateren

Ecologisch potentieel van Westerschelde, Eems-Dollard en Nieuwe  
Waterweg-Nieuwe Maas

Jan Kranenbarg

Rapport

december 2005



OPDRACHTGEVER: RWS RIKZ, Middelburg

TITEL: Quick-scan hydromorfologische herstelmaatregelen voor vis in overgangswateren.  
Ecologisch potentieel van Westerschelde, Eems-Dollard en Nieuwe Waterweg.

## SAMENVATTING:

Ten behoeve van de kennisopbouw voor het project 'Dosis-effect hydromorfologie' heeft het RIKZ aan WL Delft | Hydraulics gevraagd een quick-scan uit te voeren t.a.v. hydromorfologische herstelmaatregelen voor het bereiken van de ecologische KRW-doelen voor vis in de Nederlandse overgangswateren (Westerschelde, Eems-Dollard en Nieuwe Waterweg-Nieuwe Maas). Hierbij is uitgegaan van de ecologische indicatoren voor vis zoals beschreven in de concept-maatlatten voor overgangswateren (Van der Molen, 2004).

De binnen de quick-scan gevonden maatregelen zijn onder te verdelen in de volgende maatregeltypen:

- ontpolderen;
- afgraven toplaag buitendijks;
- herstel zeegrasvelden en mosselbanken;
- herstel vismigratiemogelijkheden.

De beoordeling van deze maatregelen is gedaan op basis van de indicator(soort)en uit de concept-maatlat voor vis in overgangswateren. Hierbij is ingeschat in hoeverre de verschillende maatregelen bijdragen aan het creëren of ontsluiten van belangrijke habitats voor de indicatorsoorten. Zowel het verwachte effect op het soortantal als de abundantie van indicatorsoorten is meegenomen bij de beoordeling.

Voor het ecologisch herstel van overgangswateren lijkt een combinatie van herstelmaatregelen noodzakelijk. De maatregelen ontpolderen en afgraven toplaag buitendijks zijn met name geschikt voor de estuarien residente en marien juveniele soorten. Ook bij het herstel van zeegrasvelden en mosselbanken wordt een positieve invloed op de estuarien residente soorten verwacht. Voor het toenemen van de abundantie van indicatorsoorten geldt dat deze maatregelen grootschalig uitgevoerd dienen te worden. Het herstellen van de laterale vismigratiemogelijkheden zal een gunstige invloed op diadrome indicatorsoorten als Aal en Driedoornige stekelbaars hebben.

Een belangrijk kenmerk van veel vissoorten in estuaria is dat ze gedurende hun levenscyclus niet alleen gebruik maken van estuariene habitats maar ook afhankelijk zijn van habitats buiten het estuarium. Het voorkomen en de abundantie van veel soorten wordt hierdoor deels bepaald door (antropogene) invloeden die buiten het estuarium op de vispopulaties inwerken. Zo liggen de knelpunten voor de diadrome trekvissoorten (migratiebarrières en een slechte kwaliteit van paaigebieden) met name stroomopwaarts van het estuarium. Bij de marien juvenielen en seizoensgasten bepalen met name factoren op zee (visserij, larventransport) de aantallen in het estuarium.

REFERENTIES: opdrachtnummer 67050596

| VER | AUTEUR        | DATUM      | OPMERK. | REVIEW | GOEDKEURING     |
|-----|---------------|------------|---------|--------|-----------------|
|     | J. Kranenbarg | 13-12-2005 |         | H. Los | T. Schilperoort |
|     |               |            |         |        |                 |
|     |               |            |         |        |                 |
|     |               |            |         |        |                 |

PROJECTNUMMER: Z4015

TREFWOORDEN: Vis, Kaderrichtlijn Water, overgangswateren, estuaria, hydromorfologische herstelmaatregelen, Westerschelde, Eems-Dollard, Nieuwe Waterweg, Nieuwe Maas

AANTAL BLADZIJDEN: 53

VERTROUWELIJK: ☐ JA ☒ NEESTATUS: ☐ VOORLOPIG ☐ CONCEPT ☒ DEFINITIEF

## Inhoud

|                                                    |            |
|----------------------------------------------------|------------|
| <b>Samenvatting .....</b>                          | <b>iii</b> |
| <b>1 Inleiding.....</b>                            | <b>1—1</b> |
| 1.1 Kader .....                                    | 1—1        |
| 1.2 Doel- en vraagstelling .....                   | 1—1        |
| 1.3 Werkwijze .....                                | 1—2        |
| 1.4 Leeswijzer .....                               | 1—3        |
| <b>2 Functioneren overgangswateren .....</b>       | <b>2—1</b> |
| 2.1 Antropogene invloeden .....                    | 2—1        |
| 2.1.1 Westerschelde.....                           | 2—2        |
| 2.1.2 Eems-Dollard .....                           | 2—3        |
| 2.1.3 Nieuwe Waterweg-Nieuwe Maas.....             | 2—4        |
| 2.2 De visgemeenschap.....                         | 2—5        |
| 2.2.1 Ecologische gildes .....                     | 2—5        |
| 2.2.2 Effecten antropogene invloeden.....          | 2—7        |
| <b>3 Herstelmaatregelen .....</b>                  | <b>3—1</b> |
| 3.1 Ontpolderen .....                              | 3—1        |
| 3.2 Afgraven toplaag buitendijks gebied .....      | 3—5        |
| 3.3 Herstel zeegrasvelden en mosselbanken .....    | 3—6        |
| 3.4 Verbeteren vismigratiemogelijkheden .....      | 3—9        |
| <b>4 Herstelmogelijkheden .....</b>                | <b>4—1</b> |
| 4.1 Westerschelde.....                             | 4—1        |
| 4.2 Eems-Dollard .....                             | 4—3        |
| 4.3 Nieuwe Waterweg-Nieuwe Maas.....               | 4—4        |
| 4.4 Effect maatregelen op indicatoren maatlat..... | 4—5        |
| 4.5 Ecologisch potentieel visgemeenschap .....     | 4—7        |

---

|          |                                            |            |
|----------|--------------------------------------------|------------|
| <b>5</b> | <b>Kennisleemtes en aanbevelingen.....</b> | <b>5—1</b> |
| 5.1      | Effect antropogene invloeden .....         | 5—1        |
| 5.2      | Vormgeving van herstelmaatregelen .....    | 5—2        |
| 5.3      | Concept-maatlat .....                      | 5—2        |
| <b>6</b> | <b>Referenties.....</b>                    | <b>6—1</b> |

## Samenvatting

Ten behoeve van de kennisopbouw voor het project ‘Dosis-effect hydromorfologie’ heeft het RIKZ aan WL Delft | Hydraulics gevraagd een quick-scan uit te voeren t.a.v. hydromorfologische herstelmaatregelen voor het bereiken van de ecologische KRW-doelen voor vis in de Nederlandse overgangswateren (Westerschelde, Eems-Dollard en Nieuwe Waterweg-Nieuwe Maas). Hierbij is uitgegaan van de ecologische indicatoren voor vis zoals beschreven in de concept-maatlatten voor overgangswateren (Van der Molen, 2004).

De binnen de quick-scan gevonden maatregelen zijn onder te verdelen in de volgende maatregeltypen:

- ontpolderen;
- afgraven toplaag buitendijks;
- herstel zeegrasvelden en mosselbanken;
- herstel vismigratiemogelijkheden.

Uit de quick-scan blijkt dat ontpolderen een veel genoemde maatregel is in het kader van het herstel van overgangswateren. Binnen Europa is echter geen specifieke informatie gevonden ten aanzien van de mogelijkheden om de estuariene visgemeenschap door ontpolderen te herstellen. Hetzelfde geldt voor de maatregel afgraven toplaag buitendijks. Ook over het herstel van zeegrasvelden en mosselbanken in relatie tot de visgemeenschap werd voor de Europese en Nederlandse estuaria geen specifieke informatie gevonden. Herstelmogelijkheden voor vismigratie binnen Nederland bleken wel onderzocht te zijn. De efficiëntie van de verschillende vismigratieherstelmogelijkheden zijn echter nog een kennisleemte. Resumerende kan gesteld worden dat er nauwelijks informatie over het effect van herstelmaatregelen op de estuariene visgemeenschap beschikbaar is. Hierdoor berusten de meeste uitspraken in het rapport op expert judgement. Bij het interpreteren van de resultaten, zoals hieronder beschreven, dient hier rekening mee gehouden te worden.

### *Beoordeling effect van maatregelen op het ecologisch kwaliteitselement vis*

De beoordeling is gedaan op basis van de indicator(soort)en uit de concept-maatlat voor vis in overgangswateren. Hierbij is ingeschat in hoeverre de verschillende maatregelen bijdragen aan het creëren of ontsluiten van belangrijke habitats voor de indicatorsoorten. Zowel het verwachte effect op het soortantal als de abundantie van indicatorsoorten is meegenomen bij de beoordeling. Tabel 1 geeft een overzicht van de ingeschatte effectiviteit en realiseerbaarheid van de onderscheiden herstelmaatregelen. Voor het ecologisch herstel van overgangswateren lijkt een combinatie van herstelmaatregelen noodzakelijk. De maatregelen ontpolderen en afgraven toplaag buitendijks zijn met name geschikt voor de estuarien residente en marien juveniele soorten. Ook bij het herstel van zeegrasvelden en mosselbanken wordt een positieve invloed op de estuarien residente soorten verwacht. Voor het toenemen van de abundantie van indicatorsoorten geldt dat deze maatregelen grootschalig uitgevoerd dienen te worden. Het herstellen van de laterale vismigratiemogelijkheden zal een gunstige invloed op diadrome indicatorsoorten als Aal en Driedoornige stekelbaars hebben.

Tabel 1 Effectiviteit en realiseerbaarheid van herstelmaatregelen voor de in de concept-maatlat vis in overgangswateren onderscheiden indicatoren

|                                                                              | <i>Ontpolderen</i>                                                                                 | <i>Afgraven toplaag buitendijks</i>                                                                 | <i>Herstel vismigratie-mogelijkheden (lateraal)</i>                  | <i>Herstel zeegrasvelden &amp; mosselbanken</i>                                                            |
|------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Effect op estuariene residente soorten</b><br>(soort aantal & abundantie) | <b>gering tot goed</b><br>(gunstige invloed op abundantie mogelijk indien grootschalig uitgevoerd) | <b>gering tot goed</b><br>(gunstige invloed op abundantie mogelijk indien grootschalig uitgevoerd)  | <b>gering</b>                                                        | <b>goed</b><br>(mogelijk gunstig voor soort aantal, effect op abundantie vereist grootschalige uitvoering) |
| <b>Effect op mariene juveniele soorten</b><br>(soort aantal & abundantie)    | <b>gering tot goed</b><br>(gunstige invloed op abundantie mogelijk indien grootschalig uitgevoerd) | <b>gering tot goed</b><br>(gunstige invloed op abundantie mogelijk indien grootschalig uitgevoerd)  | <b>gering</b>                                                        | <b>gering</b>                                                                                              |
| <b>Effect op diadrome soorten</b><br>(soort aantal)                          | <b>gering</b>                                                                                      | <b>gering</b>                                                                                       | <b>goed</b><br>(gunstige invloed op Aal en Driedoornige stekelbaars) | <b>gering</b>                                                                                              |
| <b>Effect op seizoensgasten</b><br>(soort aantal)                            | <b>gering</b>                                                                                      | <b>gering</b>                                                                                       | <b>gering</b>                                                        | <b>gering</b><br>(zeegrasvelden mogelijk gunstig voor Geep)                                                |
| <b>Realiseerbaarheid maatregel Westerschelde &amp; Eems-Dollard</b>          | <b>goed</b><br>(gaat ten koste van andere functies; binnendijkse ruimte is groot)                  | <b>gering tot goed</b><br>(gaat ten koste van andere functies; buitendijkse ruimte lijkt beperkend) | <b>goed</b><br>(is goed combineerbaar met andere functies)           | <b>onbekend</b><br>(herstel zeegrasvelden bevindt zich in experimentele fase)                              |
| <b>Realiseerbaarheid maatregel Nieuwe Waterweg-Nieuwe Maas</b>               | <b>gering</b><br>(gaat ten koste van andere functies; binnendijkse ruimte lijkt beperkend)         | <b>gering</b><br>(gaat ten koste van andere functies; buitendijkse ruimte lijkt beperkend)          | <b>goed</b><br>(is goed combineerbaar met andere functies)           | <b>onbekend</b><br>(herstel zeegrasvelden bevindt zich in experimentele fase)                              |

### Ontpolderen

Ontpolderen is een veel genoemde maatregel om de ecologische toestand van overgangswateren te verbeteren. Het lijkt de enige maatregel om grootschalig laagdynamische intergetijden gebied en ondiep water in de Westerschelde en de Eems-Dollard te realiseren. Hierbij zal een afweging gemaakt dienen te worden tussen het belang van andere gebiedsfuncties (o.a. landbouw) en het ecologisch herstel van het overgangswater. Gezien de omvangrijke industrie en verstedelijking langs de oevers van de Nieuwe Waterweg-Nieuwe Maas lijken de mogelijkheden voor ontpolderen hier beperkt.

### Afgraven toplaag buitendijks

Met het afgraven van de toplaag in buitendijkse gebieden kunnen in principe dezelfde habitattypen als bij ontpolderen gecreëerd worden. Binnen de huidige bedijking lijkt de ruimte om door deze maatregel het areaal laagdynamische intergetijden gebied en ondiep water in grote mate te doen toenemen beperkt.

### Herstel zeegrasvelden en mosselbanken

Zowel zeegrasvelden als mosselbanken komen in de Nederlandse overgangswateren nog maar erg weinig voor. Gunstigere omstandigheden waarbij deze biotopen zich weer kunnen ontwikkelen zijn mogelijk te verkrijgen door het creëren van beschut gelegen laag dynamische intergetijdengebieden. Hiervoor dienen de groeikansen van zeegrasvelden en mosselen nader onderzocht te worden. Met name de scheepvaartfunctie van overgangswateren lijkt momenteel een beperking te vormen voor het voorkomen van deze habitats. Voor mosselbanken vormt het wegvissen van mosselen en mosselzaad mogelijk ook een beperking.

### Herstel vismigratiemogelijkheden

De maatregelen aalgoot, hevel-vispassage, vijzel-vispassage, vissluis, aanpassing klepduiker en aangepast beheer (spui)sluizen zijn geschikt gebleken om de vismigratie bij zoet-zoutovergangen te verbeteren. Deze maatregelen zijn in alle Nederlandse overgangswateren toepasbaar.

### *Invloed antropogene factoren buiten overgangswater*

Een belangrijk kenmerk van veel vissoorten in estuaria is dat ze gedurende hun levenscyclus niet alleen gebruik maken van estuariene habitats maar ook afhankelijk zijn van habitats buiten het estuarium. Het voorkomen en de abundantie van veel soorten wordt hierdoor deels bepaald door (antropogene) invloeden die buiten het estuarium op de vispopulaties inwerken (tabel 2). Herstel- en inrichtingsmaatregelen in overgangswateren hebben een beperkte invloed op het voorkomen van deze soorten indien er knelpunten buiten het estuarium aanwezig zijn. Zo liggen de knelpunten voor de diadrome trekvissoorten (migratiebarrières en een slechte kwaliteit van paaigebieden) met name stroomopwaarts van het estuarium. Bij de marien juvenielen en seizoensgasten bepalen met name factoren op zee (visserij, larventransport) de aantallen in het estuarium.

Tabel 2 Effect van antropogene invloeden in watersysteemcomponenten op het voorkomen van soortgroepen in overgangswateren

|                        | Zee | Estuarium | Rivier |
|------------------------|-----|-----------|--------|
| Diadromen              | +   | ++        | +++    |
| Estuarien residenten   | +   | +++       | ++     |
| Mariene juvenielen     | +++ | ++        | +      |
| Mariene seizoensgasten | +++ | ++        | +      |

|     |       |
|-----|-------|
| +++ | groot |
| ++  | matig |
| +   | klein |

### *Ecologisch potentieel van Nederlandse overgangswateren*

Het ontbreken van kennis over het effect van maatregelen in Nederlandse en vergelijkbare buitenlandse overgangswateren op de visgemeenschap maakt het inschatten van een ecologisch potentieel moeilijk. Ook het effect van de toxische verontreinigingen die zich in hogere concentraties in estuaria bevinden is onbekend. De fysisch-chemische waterkwaliteit (zuurstofgehalte, zoutgehalte, troebelheid, temperatuur) behoort samen met de hydromorfologische kwaliteit gunstige voorwaarden te scheppen voor de biologische kwaliteitselementen, waaronder vis. Ook de visserij kan de ecologische kwaliteit negatief beïnvloeden (o.a. de ontwikkelingsmogelijkheden van mosselbanken).

De volgende op hydromorfologisch herstel gerichte punten kunnen een bijdrage leveren aan het verbeteren van de ecologische toestand voor de visgemeenschap in overgangswateren:

1. Het uitvoeren van grootschalige ontpolderingsmaatregelen waarbij permanent watervoerende kreken gecreëerd worden.
2. Waar mogelijk stromingsluwe gebieden in het buitendijkse gebied creëren.
3. Onderzoek doen naar de mogelijkheden en geschikte locaties voor het herstel van zeegrasvelden en mosselbanken.
4. Herstellen van de vismigratiemogelijkheden op de zoet-zout overgangen naar poldergebieden.



# I Inleiding

## I.1 Kader

Voor de Kaderrichtlijn Water dienen in 2009 voor ieder stroomgebied beheerplannen gereed te zijn met daarin concrete waterkwaliteitsdoelstellingen en een maatregelenprogramma om die doelstellingen tijdig te realiseren. Om realistische doelen en maatregelenpakketten te kunnen formuleren is inzicht in het verband tussen maatregelen en het herstel van biologische kwaliteitselementen gewenst.

Als hogere diersoort vormen vissen een belangrijke biologische groep in overgangswateren: estuariene zones en habitats worden gekenmerkt door de aanwezigheid van specifieke vissoorten en levensstadia. Vissoorten maken gebruik van het estuarium als voortplantingsgebied, als opgroeigebied, als foerageergebied of als doortrekgebied in de migratiefase. In de Stowa rapportage “Referenties en concept-maatlatten voor Overgangs- en Kustwateren voor de Kaderrichtlijn Water” (Van der Molen, 2004) worden de visindicatoren voor de Nederlandse overgangswateren gepresenteerd. In 2004 is voor het project "Potentiële maatregelen KRW vis" voor de overgangswateren een knelpuntenanalyse opgesteld en is onderzocht welke herstel- en inrichtingsmaatregelen kunnen bijdragen aan het bereiken van de goede ecologische toestand voor vis (Kranenbarg, 2004).

Ten behoeve van de implementatie van de Kaderrichtlijn Water (KRW) voeren RIKZ en RIZA in opdracht van DGW het project ‘Dosis-effect hydromorfologie’ uit. Vanuit dit project onderzoekt men welke hydromorfologische herstelmaatregelen ingezet kunnen worden om de ecologische doelen voor de KRW te halen. Voor de kennisopbouw ten aanzien van het biologische kwaliteitselement vis heeft het RIKZ aan WL Delft | Hydraulics gevraagd een literatuurstudie uit te voeren ten aanzien van de hydromorfologische herstelmaatregelen voor het bereiken van ecologische doelen m.b.t. vis in de drie overgangswateren Westerschelde, Eems-Dollard en Nieuwe Waterweg-Nieuwe Maas (inclusief havenbekkens en havenkanalen).

## I.2 Doel- en vraagstelling

De doelstelling van de studie is het beschrijven van de kansrijke mitigerende hydromorfologische maatregelen die de ecologische toestand voor het biologische kwaliteitselement vis in de drie Nederlandse overgangswateren (Westerschelde, Eems-Dollard en Nieuwe Waterweg-Nieuwe Maas) kunnen verbeteren. Hierbij wordt uitgegaan van de ecologische indicatoren voor vis zoals beschreven in de concept-maatlatten voor overgangswateren (Van der Molen, 2004; Jager & Kranenbarg, 2004). Omdat de ecologische doelen (MEP's en GEP's) voor de overgangswateren nog niet gekwantificeerd zijn, wordt voor de beoordeling van hydromorfologische herstelmaatregelen gekeken naar de mate waarmee ze de ecologische toestand voor de in de concept-maatlatten benoemde doelsoort(groep)en verbeteren. Hiernaast wordt een inschatting gemaakt van de ecologische toestand (ten opzichte van de in de concept-maatlatten gedefinieerde natuurlijke referentie) in de Nederlandse overgangswateren na het uitvoeren van mitigerende hydromorfologische maatregelen.

## I.3 Werkwijze

### *Quick-scan*

Om inzicht te krijgen in de effectiviteit van hydromorfologische herstelmaatregelen in de Nederlandse overgangswateren voor het biologische kwaliteitselement vis is een quick-scan van de nationale en internationale literatuur uitgevoerd. De quick-scan heeft zich toegespitst op:

- Publicaties en gegevens ten aanzien van uitgevoerde hydromorfologische herstelmaatregelen in de drie Nederlandse overgangswateren. Hierbij is ook gezocht naar grijze literatuur.
- Publicaties en gegevens ten aanzien van uitgevoerde hydromorfologische herstelmaatregelen in aan de Noordzee grenzende overgangswateren.
- Publicaties en gegevens ten aanzien van uitgevoerde hydromorfologische herstelmaatregelen in overgangswateren wereldwijd.

De focus van de quick-scan lag op de effectiviteit en de optimale vormgeving/uitvoering van hydromorfologische herstelmaatregelen op de voor overgangswateren karakteristieke ecologische visgroepen en (doel)vissoorten. Hierbij is met name gekeken naar de maatregelen die in Kranenbarg (2004) als kansrijk voor het herstel van vissen genoemd worden:

- opening duiker/duiker in dijk;
- verwijderen dijk/dijkverlegging;
- afgraven toplaag met natuurgerichte oplevering;
- aanleg of herstel van getijdengeul/kreek/slufte;
- aanplanten of inzaaien zeegras;
- herstel mosselbanken;
- herstel aan/afvoerpatroon zout/zoet;
- maatregelen ter voorkoming van inzuiging vis bij koelwaterinlaat;
- visvriendelijk waterkwantiteitsbeheer bij kunstwerken;
- verminderen bijvangst in visserij.

### *Selectie kansrijke maatregelen*

Op basis van de resultaten van de quick-scan en de concept-maatlat voor vis in overgangswateren (van der Molen *et al.* 2004) worden de meest kansrijke maatregelen voor herstel van de estuariene visgemeenschap in de drie Nederlandse overgangswateren beschreven. Het effect van de maatregelen op de in de concept-maatlat onderscheiden indicatoren wordt beoordeeld op basis van drie klassen die zijn gebaseerd op de IKEA (Indicatieve KostenEffectiviteitsAnalyse) methode (Schomaker & Otte, 2005). In de IKEA methode wordt het effect van een maatregel ingedeeld naar gering (-/+), middel (+) of groot (++). Op verzoek van de opdrachtgever is deze klassenindeling ook in onderhavig rapport gebruikt.

## I.4 Leeswijzer

In *hoofdstuk 2* wordt ingegaan op antropogene invloeden in de Nederlandse overgangswateren. Hierna volgt een beschrijving van de ecologie van de belangrijkste estuariene visgroepen en de gevoeligheid van deze groepen voor antropogene invloeden.

*Hoofdstuk 3* beschrijft de belangrijkste herstelmaatregelen die kunnen worden toegepast voor het herstel van de visgemeenschap in estuaria.

In *hoofdstuk 4* wordt vervolgens ingegaan op de mogelijkheden om de ecologische toestand voor vis in de Nederlandse overgangswateren te verbeteren middel de in hoofdstuk 3 beschreven herstelmaatregelen. Hierbij wordt een inschatting gemaakt van het effect van deze maatregelen op de visindicatoren uit de concept-maatlat en het ecologisch potentieel na het uitvoeren van mitigerende maatregelen.

*Hoofdstuk 5* gaat teslotte in op de kennisleemtes die naar aanleiding van de quick-scan naar voren komen en geeft aanbevelingen voor vervolgacties.

## 2 Functioneren overgangswateren

### 2.1 Antropogene invloeden

In Nederland begon men al in de 12e eeuw met de inpoldering van estuariene gebieden. Voor kustbescherming en landaanwinning werden langs de oevers dijken aangelegd. Hierdoor namen de land-water overgangszones met kreken, platen, slikken, kwelders en moerassen af. Alle grote estuaria in Nederland hebben van oudsher een belangrijke functie als scheepvaartroute. De morfologie van de hoofdgeul is door de jaren heen steeds verder aangepast om de functie als scheepvaartroute te optimaliseren en steeds grotere schepen door te kunnen laten. Om de diepte in de vaargeul te handhaven worden er jaarlijks miljoenen kuubs aan sediment verplaatst middels baggerwerkzaamheden. Het baggeren en storten van specie heeft geleid tot een toename van de troebelheid en een daling van het zuurstofgehalte. Er is een rechte vaargeul uitgegraven om de watermassa te concentreren om een zo groot mogelijke diepte te verkrijgen. Voor het verder concentreren van de watermassa werden kribben aangelegd en zijrivieren en vertakkingen afgesneden. Als gevolg van de kanalisatie zijn litorale en ondiepe sublitorale gebieden verloren gegaan en is de getijamplitude vergroot. Door de toegenomen stroomsnelheden worden toenemende hoeveelheden sediment naar de ondiepere gebieden gevoerd. Dit materiaal slijt daar aan en zorgt voor ophoging van de bodem. Dit gebeurt zowel beneden de laagwaterlijn als op platen, waardoor ondiepe gebieden in platen veranderen. De sterke getijstromen tezamen met de golfslag van passerende schepen leiden tot oeverafslag. Om oeverafslag te voorkomen zijn oeverbeschermingsmaatregelen (steenstort) uitgevoerd. Door het vastleggen van oevers en bedijking is de hoeveelheid oevervegetatie (vooral riet) sterk achteruitgegaan. Het concentreren van de afwatering vanuit het achterland in enkele lozingslocaties met een middels sluizen of pompen gereguleerde afvoer leidt lokaal tot onnatuurlijke grote saliniteitsschommelingen. Als gevolg van koelwaterlozingen van elektriciteitscentrales is de watertemperatuur met enkele graden toegenomen. De hierboven geschetste morfologische en fysische veranderingen van de estuaria hebben een enorme invloed gehad op het areaal en de kwaliteit van aquatische habitats. Door landaanwinning, oeverbescherming, verbreding van de vaargeul en de depositie van baggerspecie in het intergetijdengebied is het ondiepe areaal sterk afgenomen. Sinds 1900 bedroeg de afname van de ondiepwaterzone in zowel de Eems-Dollard als de Westerschelde meer dan 40% (tabel 2.1). In de in 1866-1872 gegraven Nieuwe Waterweg, waar het ondiepwatergebied vanwege de rechte oevers met een steil talud al beperkt was, bedroeg de afname zelfs 94%.

Tabel 2.1 Effecten van antropogene invloeden op habitat en dynamiek in Eems-Dollard (De Jong *et al.*, 2000; Jager & Kranenbarg, 2004), Westerschelde (Consortium Arcadis-Technum, 2004) en Nieuwe Waterweg (Paalvast, 2002)

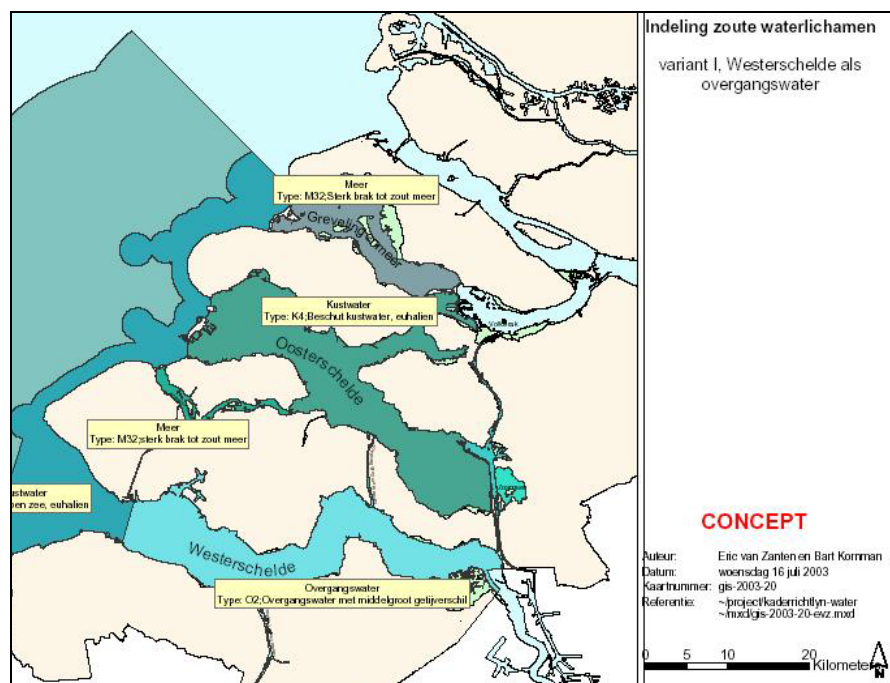
| Habitatdegradatie                              | Eems-Dollard                   | Westerschelde                   | Nieuwe Waterweg                    |
|------------------------------------------------|--------------------------------|---------------------------------|------------------------------------|
| Verlies estuarien areaal t.g.v. inpoldering    | 21km <sup>2</sup> (sinds 1922) | 35 km <sup>2</sup> (sinds 1900) | 2.3 km <sup>2</sup> ? (sinds 1881) |
| afname areaal schor, slik, plaat, ondiep water | 42%                            | 44%                             | 94%                                |
| Verandering dynamiek                           |                                |                                 |                                    |
| Toename getijamplitude                         | 230% (Herbrum t.o.v. 1940)     | 128% (Antwerpen t.o.v. 1900)    | ?                                  |
| Baggervolume (milj. m <sup>3</sup> /jr)        | 7.3                            | 9                               | 1.2                                |

## 2.1.1 Westerschelde

De typologie O2 is in de Westerschelde voorlopig van toepassing op het gebied dat aan de zeezijde wordt begrensd door de lijn Vlissingen-Breskens, en aan de zoete zijde door de grens NL-BE (Jager & Kranebarg, 2004, zie figuur 2.1).

De ingrepen in de morfologie in het Westerschelde gebied kennen een lange geschiedenis. Inpolderingen en bedijkingen zijn reeds begonnen in de middeleeuwen. Tussen 1860 en 1890 is er al sprake van een achteruitgang van de visstand als gevolg van industriële vervuiling (Vrielynck *et al.*, 2003). In de loop van de 20<sup>e</sup> eeuw zijn maatregelen ten behoeve van de scheepvaart en infrastructurele werken doorgevoerd (Dommering *et al.*, 2002). Met name inpolderingen, vaarwegverdieping en bedijking hebben tot grote veranderingen van het watersysteem geleid. Van de 45.000 hectare die de Westerschelde in 1800 bestreek, is circa 15.000 hectare in havens en industrieterreinen, akkerland, poldergrasland of binnendijks natuurgebied omgezet (Schelde informatiecentrum: [www.scheldenet.nl](http://www.scheldenet.nl)). Ook de totale oppervlakte van de Zeeschelde is in die periode ongeveer met één derde ingekrompen. In de Westerschelde is de functie als transportroute voor scheepvaart zeer belangrijk. De verwachting is dat de vrachthoeveelheid in 2020 met 50% zal zijn toegenomen ten opzichte van 1995. Ook voor de chemische industrie wordt een gestage tot forse groei verwacht.

Een groot knelpunt in het Schelde-estuarium is de slechte waterkwaliteit. Fosfor, stikstof, cadmium, koper en organotinverbindingen, komen alle in normoverschrijdende concentraties in de Westerschelde voor. De input van deze stoffen vanuit verschillende Nederlandse bronnen blijkt gering zijn ten opzichte van wat er al in de Zeeschelde aanwezig is bij de Belgisch-Nederlandse grens (Dommering *et al.*, 2002). Door de slechte waterkwaliteit zijn de slikken langs de Zeeschelde arm aan bodemdieren.



Figuur 2.1 Voorgestelde deel van het Westerschelde estuarium dat als O2 getypeerd wordt

## 2.1.2 Eems-Dollard

De estuariene overgang van het Eems estuarium loopt van Herbrum tot aan het zeegat van Borkum (Jager & Kranenbarg, 2004). Figuur 2.2 bevat een kaartje met een voorlopige afbakening van het gebied dat tot het O2-type gerekend wordt.

Hieronder wordt een overzicht gegeven van de menselijke ingrepen die hiervoor tot op heden zijn uitgevoerd (Van der Welle & Meire, 1999).

Kanalisatiefase I (1860-1900):

- normalisatie rivierloop nabij Herbrum;
- verkorten rivierloop nabij Rhede;
- normalisatie rivierloop nabij Vellage.

Kanalisatie fase II (1900 tot heden):

- 1901: bouw van de haven van Emden;
- 1902: bouw van de grote zeesluis bij Papenburg;
- 1903: bouw van de grote zeesluis bij Leer;
- 1911, 1925: normalisatie meanders bij Weener;
- 1928: afgesneden rivierarm Coldam;
- 1954: bouw stormstuw Leda;
- 1961: rechte trekken bocht Borsum, nabij Herbrum, en aanleg stuw Herbrum;
- jaren '60: vervanging zomerdijken door winterdijken (afname uiterwaarden van 1300 naar 190 ha);
- jaren '80: baggerwerkzaamheden t.b.v. scheepvaart op traject Papenburg-Pogum;
- jaren '90: verdieping vaargeul Eems tot 7,30 m t.b.v. werf Papenburg;
- 2002: Sperrwerk Gandersum;
- 2004: Stormvloedkering Herbrum;

Als gevolg van deze maatregelen is de getijamplitude bij Herbrum sinds 1940 toegenomen van 1.1 meter tot 2.8 meter (De Jong *et al.*, 2000) en is het areaal aan ondiep watergebieden sterk afgenomen (tabel 2.2).

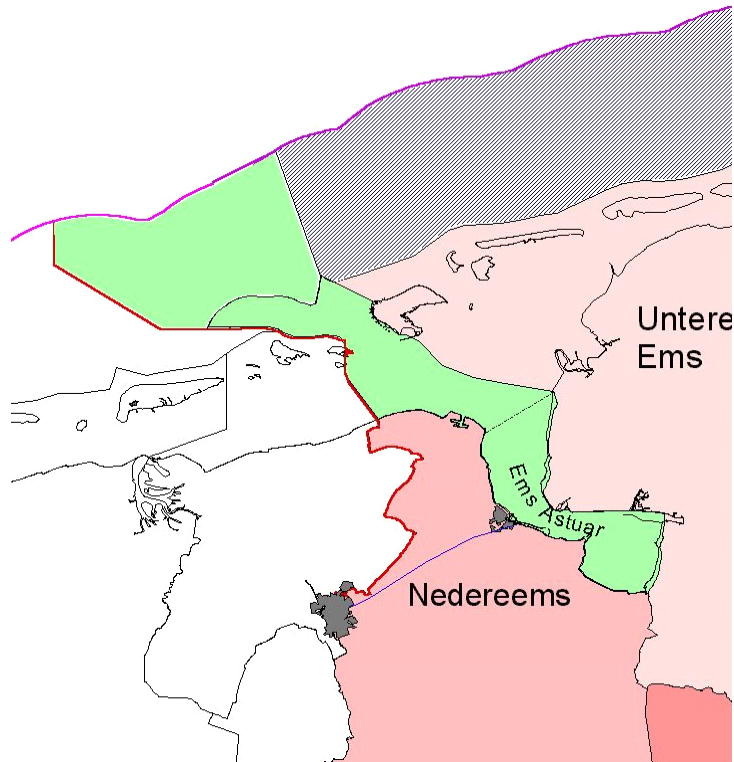
Tabel 2.2 Afname areaal slikken, ondiep water en buitendijksgebied in de Eems-Dollard (Jager & Kranenbarg, 2004)

|           | <b>Slikken (&gt; GLW)</b> | <b>ondiep water (&lt;2m GLW)</b> | <b>buitendijks gebied</b> |
|-----------|---------------------------|----------------------------------|---------------------------|
| ca. 1900  | 733 ha                    | 635 ha                           | 1972 ha                   |
| 1993/1994 | 473 ha                    | 371 ha                           | 1119 ha                   |
| verschil  | -35%                      | -42%                             | -37%                      |

In de Eems bij Hebrum werd tussen 1981 en 1992 jaarlijks gemiddeld 7.3 miljoen m<sup>3</sup> sediment opgebaggerd om de vaargeul op diepte te houden (De Jong *et al.*, 2000). Dit baggermateriaal wordt gestort langs de vaargeul in het buitenestuarium of in het binnenestuarium op plaatsen die te diep zijn geworden als gevolg van erosie.

Bij de Eemscentrale wordt koelwater ingenomen. Van de chemische stoffen die in het kader van het MWTL in de Eems-Dollard worden gemeten, overschrijden de organotinverbindingen Tributyltin en Trifenyln de MTR (De Jong *et al.*, 2000). Het verbod van deze stoffen zal de emissies naar verwachting sterk terugdringen. Door nalevering uit de bodem en aanvoer uit havens en de Noordzee kan het echter nog vele jaren duren voordat de water(bodem)kwaliteit tot beneden het MTR is hersteld. Ook de gehalten van de nutriënten liggen ver boven de natuurlijke achtergrondwaarden van de Eems-Dollard.

De laatste tijd lijkt de verscheidenheid en dichtheid van de visfauna in de Eems-Dollard sterk terug te lopen (De Jong *et al.*, 2000). Of dit ligt aan te grootschalige baggeractiviteiten, aan zuurstofgebrek tijdens de zomer of aan andere factoren is nog een open vraag (De Jong *et al.*, 2000). De ecologische toestand van het binnengebied van het Eems-Dollard estuarium moet als zwaar gestrest worden aangemerkt wat betreft waterkwaliteit, sedimentbalans, morfologie en aquatische fauna. Gebieden met lage zuurstofconcentraties worden gemeden door vissen. Voor bot en spiering werd dit vastgesteld bij concentraties lager dan 3 mg/l (De Jong *et al.*, 2000).



Figuur 2.2 Door RWS Noord Nederland voorgestelde deel van het Eems-Dollard estuarium dat als O2 getypeerd wordt

### 2.1.3 Nieuwe Waterweg-Nieuwe Maas

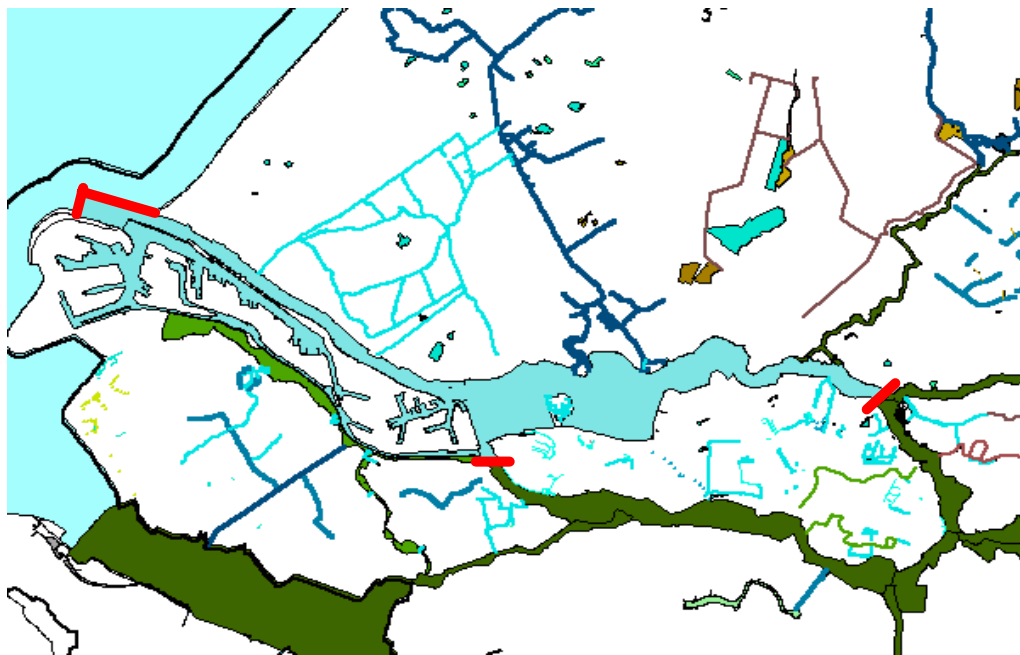
Het traject Nieuwe Waterweg – Nieuwe Maas met de aangrenzende havens en toegangskanalen (Calandkanaal, Beerkanaal, Hartelkanaal) en het stukje Oude Maas bovenstrooms van het Hartelkanaal worden tot het O2 type van de Rijn-Maasmonding gerekend (figuur 2.3).

Hoewel de Nieuwe Waterweg gegraven is waren er rond 1880 nog plaatsen met slikken, platen, riet- en biezenvelden (Paalvast, 2002). Rond 1935 was het grootste deel van de oevers met steenbekleding vastgelegd en waren platen, biezenvelden en een groot deel van de slikken en rietvelden verdwenen. Anno 2002 zijn bijna alle ondiepwatergebieden verdwenen. In het midden variëren de dieptes van NAP-10 m tot NAP-24 m. In de richting van de oevers neemt de diepte af tot NAP – 1.5 m. De ondiepere gebieden beperken zich tot smalle oeverstroken. Het verloop van de saliniteitsgradient is zeer steil. In het traject tussen Hoek van Holland en Maassluis daalt de saliniteit van ruim 30 promille naar minder dan 3 promille (gemiddelde waarden). Ter vergelijking, in de Westerschelde bedraagt de afname over een vergelijkbaar traject minder dan 5 promille.

Door de diepe relatief smalle waterloop kunnen zoet en zout water in de Nieuwe Waterweg minder goed mengen en is er sprake van stratificatie.

In het Rotterdamse havengebied wordt op diverse locaties koelwater gewonnen en geloosd. Deze zorgen voor opwarming van water en kan leiden tot sterfte van organismen die met het koelwater ingezogen worden. De zuurstofconcentraties in de Nieuwe Waterweg zijn doorgaans hoog ( $> 8\text{mg/l}$ ). De zwevende stof concentraties zijn vergelijkbaar met die in de Westerschelde, maar lager dan in de Eems-Dollard.

Concluderend kan gesteld worden dat de Nieuwe Waterweg als gevolg van de kanaalvormige loop, steile verharde oevers en grote menselijke beïnvloeding weinig natuurlijk is. Het grootste knelpunt in de Nieuwe Waterweg is het geringe areaal aan ondiepe habitats.



Figuur 2.3 Begrenzing (rode lijnen) van het Rijn-Maasmonding estuarium (blauwe gebied); Nieuwe Waterweg, Nieuwe Maas, Calandkanaal, Beerkanaal, Hartelkanaal en het stukje Oude Maas bovenstrooms van het Hartelkanaal

## 2.2 De visgemeenschap

### 2.2.1 Ecologische gildes

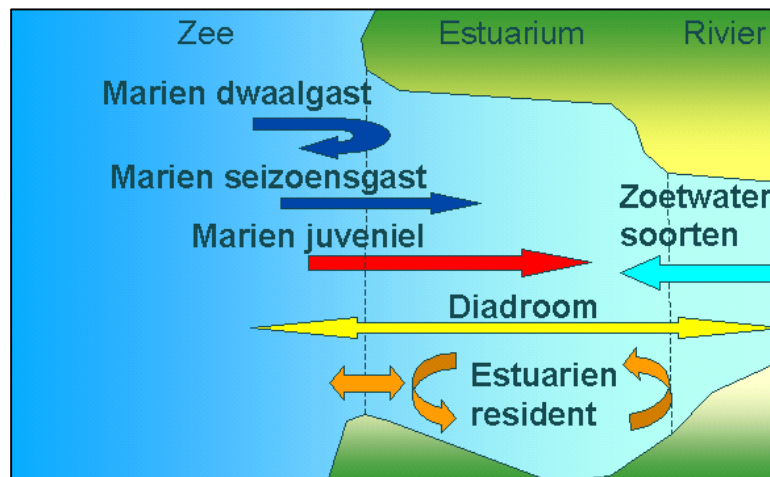
Vissoorten maken gebruik van het estuarium als voortplantingsgebied, als opgroei gebied, als foerageergebied of als doortrekgebied in de migratiefase. Voor welke van deze levensonderdelen zij het estuariene gebied gebruiken is afhankelijk van hun levensstrategie. De volgende ecologische gildes kunnen worden onderscheiden (figuur 2.4):

- diadrome soorten: gebruiken het estuarium als trekroute tussen paai- en opgroei gebied, waarbij sommige soorten het estuarium tevens gebruiken als foerageer en leefgebied. Binnen de diadromen wordt onderscheid gemaakt in anadrome soorten die vanuit zee stroomopwaarts naar hun paaigebieden in rivieren trekken en katadrome soorten die in de zee paaïen en het zoete water binnentrekken om op te groeien;

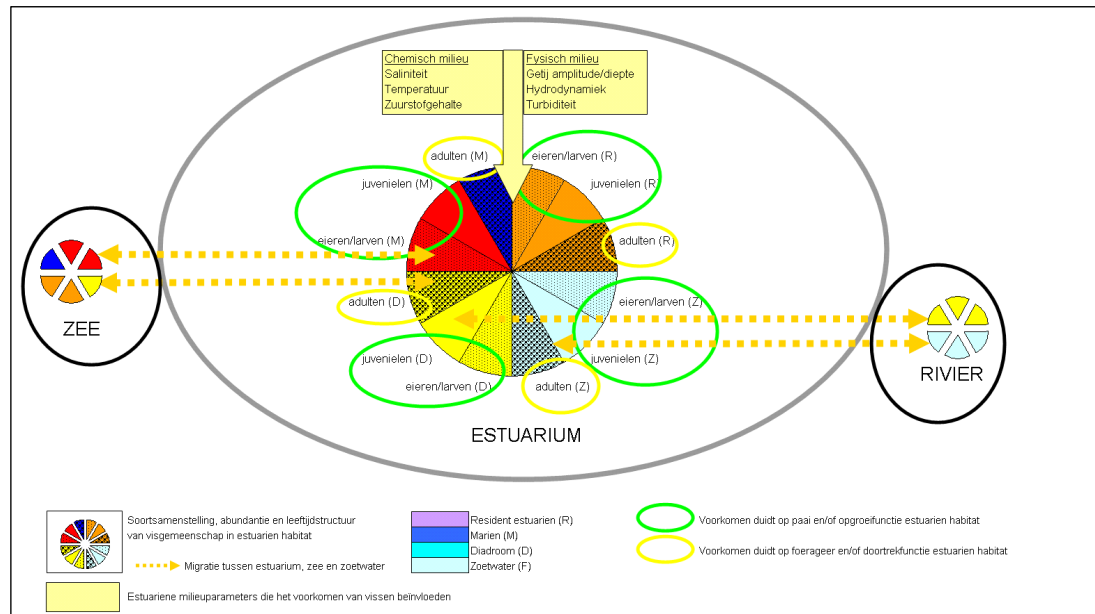


- estuariene residente soorten: kunnen hun totale levenscyclus in het estuarium vervullen en zijn vaak tolerant ten aanzien van saliniteitsfluctuaties;
- marien juvenielen: mariene soorten waarvoor estuaria als opgroeigebied functioneren;
- mariene seizoensgasten: mariene soorten die in een vast seizoen een estuarium bezoeken;
- mariene dwaalgasten: mariene soorten zonder speciale behoefte aan een estuarium (bezoeken het onregelmatig);
- zoetwatersoorten: riviersoorten zonder speciale behoefte aan een estuarium (bevinden zich voornamelijk in de zoetwatergetijdenzone en afhankelijk van hun zouttolerantie soms ook in brakke zones).

De ecologische gildes van de diadromen, estuarien residenten, marien juvenielen en mariene seizoensgasten zijn opgenomen als indicatoren in de concept-maatlat vis in overgangswateren (Van der Molen, 2004). De aanwezigheid van estuariene soorten verandert gedurende het jaar waarbij de ecologie van soorten en de milieuomstandigheden in het estuarium bepalend zijn voor de samenstelling van de visgemeenschap in tijd en ruimte en de migratie van vissoorten tussen estuarium, rivier en zee (figuur 2.5).



Figuur 2.4 (bewerking van Ybema & Backx, 2001) Schematische weergave van de ecologische gildes die worden aangetroffen in estuaria. Zie tekst paragraaf 2.2.1 voor een omschrijving van de gildes



Figuur 2.5 Bewerking van Kranenbarg (2003). Schematisch overzicht van 'natuurlijke' factoren die van invloed zijn op de samenstelling van de visgemeenschap in estuarien habitat

## 2.2.2 Effecten antropogene invloeden

Soorten die voor het doorlopen van hun levenscyclus gebruik maken van estuariene habitats zijn kwetsbaar voor antropogene invloeden in overgangswateren. Dit geldt met name voor soorten die gedurende hun voortplantings of opgroeistadium gebruik maken van estuaria. Hieronder worden de mogelijke effecten van antropogene invloeden op de ecologische gildes beschreven.

### *Diadrome soorten*

Uit tabel 2.3 blijkt dat het effect van menselijke invloeden in overgangswateren op het diadrome soortgilde in vergelijking tot de andere soortgildes geringer is (hoewel een aantal van deze soorten zwaar onder druk staat). Dit komt doordat de antropogene invloeden die het voorkomen van diadrome soorten beïnvloeden niet alleen in het overgangswateren maar voor een belangrijk deel bovenstrooms of op zee spelen:

- Voor vissen die trekken in zoet water geldt dat de afstand tussen de verschillende habitats die een vissoort gebruikt, evenredig is met de kans dat er door de mens aangelegde barrières aanwezig zijn op de trekroute. Met name in stromende wateren is de waterstroom vaak ingeperkt ten behoeve van functies als scheepvaart, landbouw, energiewinning en hoogwaterbescherming. Stuwten, sluizen, dammen, gemalen en waterkrachtcentrales kunnen de migratie van diadrome soorten in grote mate belemmeren of zelfs geheel onmogelijk maken. Vaak zijn deze kunstwerken niet in het estuarium zelf aanwezig maar liggen in de hierboven gelegen rivier en zijstromen.
- Diadrome soorten stellen vaak specifieke eisen t.a.v. stroomsnelheid en substraat van hun paaigebieden en zijn hierdoor erg gevoelig voor normalisatie en verstuwning van beken en rivieren waardoor de stroomsnelheden afnemen en slib sedimenteert. De meeste diadromen paaient stroomopwaarts van estuaria. Fint en spiering paaient in de zoetwatergetijdenzone en zijn hierdoor kwetsbaar voor degradatie van het estuariene gebied (o.a. verandering getijdenamplitude als gevolg van vaargeulverdieping en afname intergetijdengebied).

- Diadrome soorten hebben een hoge zuurstofbehoefte en zijn hierdoor kwetsbaar voor antropogene invloeden die het zuurstofgehalte verlagen (organische belasting, baggeren, koelwaterlozingen).
- Diadrome soorten die langere tijd in het estuarium verblijven (fint, spiering, aal) zijn gevoelig voor de waterkwaliteit.
- Diadrome soorten zijn een gewilde vangst voor commerciële vissers. De trekperiode is vaak kort en de trekroutes kunnen vrij gemakkelijk met netten worden afgezet waardoor vissers in korte tijd een groot deel van de paaipopulatie kunnen wegvangen. In het verleden gebeurde dit voor soorten als de zalm en de steur. Tegenwoordig worden nog steeds uitwateringspunten met fuiken dichtgezet om de naar hun paaigebied migrerende schieralen te vangen.

#### *Estuariene residente soorten*

Bijna alle in tabel 2.3 genoemde antropogene invloeden hebben een matig tot groot effect op soorten die tot de groep der estuariene residenten behoren:

- Veel estuarien residente soorten maken gebruik van specifieke habitats (zoals zeegrasvelden en mosselbanken) die gevoelig zijn voor zowel hydromorfologische verstoringen (toename getijamplitude en stroomsnelheden) als chemische en organische lozingen.
- Hun lange verblijftijd in het estuariene milieu en het leven nabij de bodem, waaronder het gevoelige ei-stadium, maakt estuarien residente soorten kwetsbaar voor verontreinigingen die zich in de bodem(organismen) ophopen.
- Door hun geringe afmeting en de voortplanting in estuaria (aanwezigheid eieren en larven) zijn ze gevoelig voor inzuiging met koelwater.
- Estuarien residente soorten zijn zeer kwetsbaar voor visserijmethoden waarbij de bodem wordt bevestigd. Ze hebben geen commerciële waarde maar door hun geringe zwemcapaciteit en hun positie bij de bodem komen ze veelvuldig voor in de bijvangst.

#### *Mariene juvenielen*

Een aantal van de in tabel 2.3 genoemde antropogene invloeden hebben een matig tot groot effect op soorten die tot de groep der marien juvenielen behoren:

- Tijdens hun opgroei benutten veel marien juveniele soorten de ondiep watergebieden van estuaria. Ondiepe habitats zijn met name gevoelig voor hydromorfologische verstoringen als bedijking, normalisatie, afdamming, baggeren en de winning van delfstoffen waardoor het areaal en de (voedsel)omstandigheden van deze habitats veranderd. Hierdoor zal het aantal individuen dat op kan groeien afnemen en verdwijnt de kraamkamerfunctie van estuaria.
- Door hun geringe afmeting en zwemcapaciteit zijn met name pelagische mariene juvenielen gevoelig voor inzuiging met koelwater.
- Het merendeel van de soorten die behoren tot de groep der marien juvenielen wordt in hun volwassen stadium commercieel bevestigd op de Noordzee. Bij sterke overbevissing zal dit van invloed zijn op de reproductie en hiermee op de hoeveelheid larven en juvenielen die de estuaria binnentrekken. Hiernaast zijn de bentische mariene juveniele soorten zeer kwetsbaar voor visserijmethoden waarbij de bodem wordt bevestigd. Gezien hun afmetingen hebben ze nog geen commerciële waarde maar door hun geringe zwemcapaciteit en hun positie bij de bodem komen ze veelvuldig voor in de bijvangst.
- Natuurlijke factoren, zoals temperatuur en stromingspatronen, kunnen een grote invloed hebben op de aanwezigheid van marien juveniele soorten in estuaria. De meerderheid van de mariene paaiers produceert een grote hoeveelheid eieren die zich ontwikkelen tot

larven die zich gedurende een relatief lange periode ontwikkelen zwevend in de waterkolom op zee. De larven behoeven stromingen gekoppeld aan hun gedragspatronen om de estuariene opgroeigebieden te bereiken. Het veranderen van zeestromingen is een potentiële bottleneck voor het succesvol verlopen van het larventransport naar opgroeigebieden. Larven die naar gebieden ongeschikt voor vestiging meegevoerd worden gaan verloren voor de populatie.

#### *Mariene Seizoensgasten*

Seizoensgasten zijn maar gedurende een korte periode in het estuarium aanwezig. Ook in de mariene (kust)gebieden vinden zij geschikte leefomstandigheden. Daarom zijn zij in vergelijking tot de andere soortgroepen waarschijnlijk minder gevoelig voor antropogene invloeden in estuaria:

- Aangezien de meeste seizoensmigranten pelagisch zijn, zijn zij niet erg gevoelig voor bodemvisserij. Commercieel belangrijke soorten (sprot, ansjovis) kunnen beïnvloed worden door visserij op de Noordzee.
- Inzuiging door koelwatercentrales kan van effect zijn op de kleinere pelagische seizoensgasten (sprot, ansjovis).
- Een aantal mariene seizoensgasten (Geep, Snotolf) zetten hun eieren ook af in estuariene gebieden. Doordat we nog weinig weten over de paaihabitats van deze soorten is het onduidelijk in hoeverre zij gevoelig zijn voor degradatie van estuaria.

Een belangrijk kenmerk van de visgroepen die in estuaria voorkomen is dat ze gedurende hun levenscyclus niet alleen gebruik maken van estuariene habitats maar ook afhankelijk zijn van habitats buiten het estuarium. Zo wordt het reproductiesucces van veel soorten bepaald door de omstandigheden op zee of in de rivieren. Marien juveniele soorten zijn alleen gedurende een deel van hun opgroeifase aanwezig in het estuarium. De rest van hun levenscyclus brengen ze door op zee waarbij ze beïnvloed worden door de commerciële visserij. De meeste diadrome soorten gebruiken het estuarium alleen als doortrekgebied op weg naar hun paai- of opgroeigebieden in het zoete binnenwater. Het voortplantingssucces van diadromen wordt beïnvloed door factoren als verstuwings en degradatie van paai-gebieden bovenstrooms van het estuarium. Het voorkomen van estuariene visgroepen wordt dus deels bepaald door (antropogene) factoren die buiten het estuarium op de soortpopulaties inwerken. Herstel- en inrichtingsmaatregelen voor estuariene vissoorten zullen in veel gevallen in meerdere systeemcomponenten (zee, estuarium, rivier) uitgevoerd moeten worden om resultaat te boeken. Tabel 2.4 geeft aan in hoeverre antropogene invloeden in de verschillende watersysteemcomponenten het voorkomen van de estuariene soortgroepen in de Nederlandse estuaria bepalen.

Tabel 2.3 Effect antropogene invloeden op estuaria en de gevoeligheid van karakteristieke ecologische gildes voor deze invloeden. De genoemde antropogene invloeden komen uit Jager en Kranenburg (2004)

| Antropogene invloeden            | Effect op estuaria                                                                                                                                                                                                                   | Gevoeligheid karakteristieke ecologische gildes |                    |                 |                     |
|----------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|--------------------|-----------------|---------------------|
|                                  |                                                                                                                                                                                                                                      | Diadroom                                        | Estuarien resident | Marien juveniel | Marien seizoensgast |
| Dijken/normalisatie/kanalisatie  | Door bedijking, normalisatie en kanalisatie verandert de verhouding tussen het areaal diep water, ondiep water, slikken en platen.                                                                                                   | *                                               | ***                | ***             | **                  |
|                                  | Doordat de afvoer door de hoofdstroom toeneemt nemen de stroomsnelheden hier toe.                                                                                                                                                    | **                                              | ***                | ***             | **                  |
|                                  | Door het uniforme stromingspatroon en de vastlegging van oevers wordt het ontstaan van kreekstelsel, platen en geulen beperkt.                                                                                                       | *                                               | ***                | ***             | **                  |
| Stuwen/ sluisen/ dammen/gemalen  | De verandering van het natuurlijk zout/zoet aan/afvoerloop heeft effect op de aanwezige dynamiek en hiermee op de beschikbaarheid en het ontstaan van specifieke habitats zowel bovenstrooms als benedenstrooms van het kunstwerk.   | *                                               | ***                | ***             | **                  |
|                                  | Door de afname van connectiviteit worden bepaalde habitats voor vissoorten niet/moelijk bereikbaar.                                                                                                                                  | ***                                             | ***                | ***             | **                  |
|                                  | Verandering van de saliniteitsgradient als gevolg van een veranderde zoetwaterafvoer.                                                                                                                                                | *                                               | **                 | ***             | ***                 |
|                                  | Door veranderende stroomsnelheden wordt de migratie van trekvis bemoeilijkt (ontbreken lokstroom of juist te hoge stroomsnelheden).                                                                                                  | ***                                             | **                 | **              | *                   |
| Baggeren en winning delfstoffen  | Door verslechtering van het lichtklimaat en toename van de diepte verminderen de mogelijkheden voor aquatische vegetatie .                                                                                                           | *                                               | ***                | **              | *                   |
|                                  | Door verstoring van de zooplankton/macrofauna productie kan de voedselbeschikbaarheid kan afnemen.                                                                                                                                   | *                                               | ***                | ***             | **                  |
|                                  | Door verdieping verandert het natuurlijk zout/zoet aan/afvoerloop (getijamplitude en stroomsnelheden nemen toe), dit heeft effect op de aanwezige dynamiek en hiermee op de beschikbaarheid en het ontstaan van specifieke habitats. | **                                              | ***                | ***             | **                  |
|                                  | Bij gaswinning bodemdaling waardoor overspoelingsduur platen verandert.                                                                                                                                                              | *                                               | **                 | **              | *                   |
| Wateronttrekking/koelwaterinlaat | Verhoging temperatuur en vermindering zuurstofgehalte.                                                                                                                                                                               | ***                                             | ***                | **              | ***                 |
|                                  | Ontrekken jonge/kleine vis aan hoofdstroom door inzuiging van vis.                                                                                                                                                                   | *                                               | ***                | ***             | *                   |
| Scheepvaart                      | Golfslag t.g.v. scheepvaart verhoogt dynamiek in de oeverzone en verslechtert lichtklimaat waardoor mogelijkheden voor aquatische vegetatie in de oeverzone verminderen.                                                             | *                                               | ***                | **              | *                   |
|                                  | Verstoring zooplankton/macrofauna productie waardoor voedselbeschikbaarheid kan afnemen.                                                                                                                                             | *                                               | ***                | ***             | **                  |
| (schelpdier)/Visserij            | Verstoring bodemfauna en structuur (schelpdierbanken).                                                                                                                                                                               | *                                               | ***                | ***             | *                   |
|                                  | Mortaliteit van estuariene (bodem)vissoorten t.g.v. (bij)vangst.                                                                                                                                                                     | ***                                             | ***                | **              | *                   |
| Lozingen                         | Verlaging zuurstofgehalte t.g.v. organische lozingen.                                                                                                                                                                                | ***                                             | ***                | **              | **                  |
|                                  | Eutrofiering t.g.v. nutriënten input waardoor doorzicht afneemt en submerse vegetatie verdwijnt.                                                                                                                                     | *                                               | ***                | **              | *                   |
|                                  | Ziekte/sterfte/slechte voortplanting van estuariene vissoorten t.g.v. chemicaliën input.                                                                                                                                             | **                                              | ***                | *               | *                   |
| Natuurlijke factoren             | Verhoging temperatuur t.g.v. klimaatverandering.                                                                                                                                                                                     | **                                              | ***                | **              | ***                 |
|                                  | Verandering extremen afvoerloop t.g.v. klimaatverandering.                                                                                                                                                                           | **                                              | **                 | **              | ***                 |
|                                  | Verandering Noord Atlantische Oscillatie.                                                                                                                                                                                            | *                                               | *                  | **              | ***                 |

Gevoeligheid vissoorten voor antropogene invloed: \*\*\* groot  
\*\* matig  
\* klein

Tabel 2.4 Effect van antropogene invloeden in watersysteemcomponenten op het voorkomen van soortgroepen in Nederlandse estuaria (Eems-Dollard, Westerschelde, Nieuwe Waterweg-Nieuwe Maas)

|                        | Zee | Estuarium | Rivier |
|------------------------|-----|-----------|--------|
| Diadromen              | +   | ++        | +++    |
| Estuarien residenten   | +   | +++       | ++     |
| Mariene juvenielen     | +++ | ++        | +      |
| Mariene seizoensgasten | +++ | ++        | +      |

+++ groot  
++ matig  
+ klein

## 3 Herstelmaatregelen

In Kranenburg (2004) zijn de volgende maatregelen die het functioneren van overgangswateren voor vis kunnen verbeteren genoemd:

1. opening/duiker in dijk;
2. verwijderen dijk/dijkverlegging;
3. afgraven toplaag met natuurgerichte oplevering;
4. aanleg of herstel van getijdengeul/kreek/slufter;
5. herstel zeegras;
6. herstel mosselbanken;
7. herstel aan/afvoerpatroon zout/zoet;
8. maatregelen t.b.v. vismigratie (vispassages, aanpassen spuibeheer).

Maatregel 1 t/m 4 kunnen een onderdeel van ontpolderen vormen. Maatregel 3 en 4 kunnen ook buitendijks worden uitgevoerd. Maatregel 5 en 6 betreffen het terugkrijgen van de waardevolle biotopen zeegrasvelden en mosselbanken. Maatregel 7 en 8 hebben betrekking op het verbeteren van de mogelijkheden voor vismigratie.

In dit hoofdstuk wordt voor de vier maatregeltypen ontpolderen, afgraven toplaag buitendijks, herstel zeegrasvelden en mosselbanken en verbeteren vismigratiemogelijkheden de informatie die uit de quick-scan naar voren gekomen is weergegeven. Uit de quick-scan blijkt dat ontpolderen een veel genoemde maatregel is in het kader van het herstel van overgangswateren. Binnen Europa is echter geen specifieke informatie gevonden ten aanzien van de mogelijkheden om de estuariene visgemeenschap door ontpolderen te herstellen. Hetzelfde geldt voor de maatregel afgraven toplaag buitendijks. Ook over het herstel van zeegrasvelden en mosselbanken in relatie tot de visgemeenschap werd voor de Europese en Nederlandse estuaria geen specifieke informatie gevonden.

Herstel mogelijkheden voor vismigratie binnen Nederland bleken wel onderzocht te zijn. De efficiëntie van de verschillende vismigratieherstel mogelijkheden is echter nog een kennisleemte. Resumerend kan gesteld worden dat er nauwelijks informatie over het effect van herstelmaatregelen op de estuariene visgemeenschap beschikbaar is. Hierdoor berusten de meeste uitspraken in het rapport op expert judgement. Bij het interpreteren van de resultaten, zoals hieronder beschreven, dient hier rekening mee gehouden te worden.

### 3.1 Ontpolderen

Tabel 3.1 geeft een overzicht van een twaalfstal ontpolderingsmaatregelen in binnen- en buitenland waarbij de visgemeenschap in het ontpolderde gebied onderzocht is. Middels ontpolderen kan met name het areaal (laag dynamisch) intergetijdengebied, dat in de huidige situatie sterk is afgenomen, substantieel vergroot worden. Doordat intergetijdengebieden binnen estuaria een belangrijke functie voor de visgemeenschap vervullen (Day et al., 1989; Hovenkamp & Van der Veer, 1993; Cattrijsse et al. 1995; Beyst et al. 1999; Jager&Kleef, 1999; Kleef&Jager, 1999; Mathieson et al., 2000; Elliot & Hemmingway, 2002) kan ontpolderen een belangrijke maatregel zijn om de ecologische toestand van overgangswateren voor vissen te verbeteren.

Tabel 3.1 Uitgevoerde herstelprojecten op het gebied van ontpoldering en afgraven van de topklaag in buitendijksgebied die een functie bleken te vervullen voor het ecologische kwaliteitselement vis

| Nederland                                                                                                                             | Projecten ontpoldering                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | Aangetroffen vissoorten                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | Bron |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| Vlieland                                                                                                                              | Kroonspolder: Opening van 10 m doorsnede in dijk. Waterdiepte gemiddeld 10-40 cm met een getijverschil van enkele decimeters.                                                                                                                                                                                                              | Grondels ( <i>Pomatoschistus</i> )                                                                                                                                                                                                                                                                                           | [1]  |
| Groningen                                                                                                                             | Polder Breebaart: Voorafgaande aan ontpoldering is een slenk met een glooiend talud gegraven. Diepte geul varieert van 0,45 m (laag water) en 0,75 m (hoog water). Getijslag circa 30 cm (intergetijdengebied circa 20 m breed). Saliniteit 8-18 ‰.                                                                                        | Aangetroffen vissoorten (Bot, Spiering, Driedoornige stekelbaars, Haring, Aal, Kleine Zeenaald, Brakwatergrondel, Dunlipharder, Snotolf) komen ook in Dollard voor.                                                                                                                                                          | [1]  |
| Zeeland                                                                                                                               | Sieperda Schor: In eerste instantie werden bestaande sloten en krekken als gevolg van de opnieuw intredende getij invloed opnieuw uitgesleten en ontstonden enkele krekken. Nadat de getijdeninvloed verhoogd werd door het graven van een nieuwe kreek met een bredere doorstroombopening werd de kreekontwikkeling aanzienlijk versneld. | Aangetroffen soorten (Haring, Sprot, Kleine Zeenaald, Aal, Zeebaars, Driedoornige stekelbaars, Brakwatergrondel, Dikkopje, Bot, Schol, Tong, Dunlipharder, Koornaarvis, Spiering en Fint) vergelijkbaar met Schelde. De dichtheden waren duidelijk lager dan in het naast gelegen natuurlijke Verdrongen Land van Saefinghe. | [2]  |
| Europa                                                                                                                                | Projecten ontpoldering                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | Aangetroffen vissoorten                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |      |
| Groot-Brittannië                                                                                                                      | Tollesbury: Voorafgaand aan ontpoldering kreek gegraven van dijkdoorbraak naar drainage kanaal. Hiernaast vindt natuurlijke kreekvorming plaats.                                                                                                                                                                                           | Grondels ( <i>Pomatoschistus</i> ) en hiernaast grote hoeveelheden krabben en garnalen                                                                                                                                                                                                                                       | [3]  |
| Groot-Brittannië                                                                                                                      | Orplands: Voorafgaand aan ontpoldering zijn enkele meanderende hoofdkrekken gegraven.                                                                                                                                                                                                                                                      | Grondels, juveniele Haring en volwassen Harder. Dichtheden gemiddeld boven dichtheden referentieschor.                                                                                                                                                                                                                       | [3]  |
| Buiten Europa                                                                                                                         | Projecten ontpoldering                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | Aangetroffen vissoorten                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |      |
| Verenigde Staten                                                                                                                      | Gog-Le-Hi-Te estuary: Voorafgaand aan de ontpoldering in het gebied afgegraven en is een kreekstelsel gegraven.                                                                                                                                                                                                                            | Vissen koloniseerden het gebied direct. In het eerste jaar werden 11 soorten gevangen. Het maximum aantal soorten bedroeg 19. De dichtheid nam geleidelijk toe van <0.1 vis/m <sup>2</sup> tot 0.7 vis/m <sup>2</sup> .                                                                                                      | [3]  |
| Verenigde Staten                                                                                                                      | Hayward regional shoreline: Afgraven en vormen van gebied tot waterplassen, eilanden en krekken. Op twee plaatsen doorsteken dijk en installatie van overlaat om leeglopen gebied te voorkomen.                                                                                                                                            | Kolonisatie door vissen.                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | [3]  |
| Verenigde Staten                                                                                                                      | Humbolt Bay Mitigation Marsh: Dijk doorbreken.                                                                                                                                                                                                                                                                                             | Goed habitat voor juveniele en euryhaline vissen.                                                                                                                                                                                                                                                                            | [3]  |
| Verenigde Staten                                                                                                                      | Muzzi Marsh: Ophoging met baggerslib, doorbreken van dijken en na 5 jaar uitgraven van kanalen op de hoger gelegen delen om de getijdenwerking te verhogen.                                                                                                                                                                                | Tien vissoorten aangetroffen waaronder kraamkamersoorten. Netwerk van geschikt vishabitat minder uitgebreid in vergelijking tot natuurlijke schorren.                                                                                                                                                                        | [3]  |
| Verenigde Staten                                                                                                                      | Salmon River Estuary: Dijk doorbreken. Natuurlijke kreekvorming met hoge primaire productie.                                                                                                                                                                                                                                               | Gebruikt door vissen. Naar schatting duurt het 5 decaden om het gebied te laten evolueren tot een met de natuurlijke situatie overeenkomstig functioneel systeem.                                                                                                                                                            | [3]  |
| Verenigde Staten                                                                                                                      | Warm Springs: Uitgraven van grillige kustlijn, doorbreken van dijken en uitgraven van krekkenstelsel.                                                                                                                                                                                                                                      | Drie vissoorten paaien.                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | [3]  |
| Verenigde Staten                                                                                                                      | Mill Brook Marsh: Plaatsen van een duiker en verwijderen van de klep van een reeds aanwezige ontwateringssluis.                                                                                                                                                                                                                            | Vishabitat herstelt en visdichtheden en –soorten vergelijkbaar met referentiesituatie.                                                                                                                                                                                                                                       | [3]  |
|                                                                                                                                       | Projecten afgraven topklaag buitendijks                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | Aangetroffen vissoorten                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | Bron |
| Verenigde Staten                                                                                                                      | Lincoln street wetland mitigation, Puyallup estuarium: Afgraven van met baggerspecie opgevulde delen tot contouren die bij het gewenste habitat horen en aanleggen van een nieuwe inlaat om getijdeninvloed te herstellen.                                                                                                                 | Jonge zalm.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | [4]  |
| Verenigde Staten                                                                                                                      | Sarah's Creek: Afgraven van gebied tot niveau typisch voor intergetijdengebied en aanleg van een kanaal op 1 meter onder GLW.                                                                                                                                                                                                              | Na 5 jaar bleek de visdiversiteit vergelijkbaar met het referentieschor.                                                                                                                                                                                                                                                     | [4]  |
| Verenigde Staten                                                                                                                      | San Diego Bay: Graven van kanalen die geschikt zijn als vishabitat.                                                                                                                                                                                                                                                                        | 75% van de soortenrijkdom en dichtheid in natuurlijke kanalen werd gehaald. De vorm van de kanalen bleek belangrijker dan de leeftijd bij het functioneren als vishabitat.                                                                                                                                                   | [4]  |
| Bronnen:<br>[1] De Leeuw & Meijer, 2002<br>[2] Hampel et al., 2003b<br>[3] Van Oevelen et al., 2000b<br>[4] Van Oevelen et al., 2000a |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |      |

Belangrijke sturende variabelen die de morfologie van een ontpolderd gebied bepalen zijn (Van Oevelen et al., 2000b):

1. De hoogteligging van het ontpolderde gebied. De hoogteligging is bepalend voor de mate waarin sedimentatie en erosie plaatsvinden. Relatief laag gelegen gebieden zijn erosiegevoeliger dan hoger gelegen gebieden. In te hoog gelegen gebieden is de inundatiefrequentie laag en zullen zich weinig morfologische processen afspelen.
2. De getijamplitude. De getijamplitude beïnvloedt zowel het sedimentatiepatroon als de sedimentatiesnelheid. Een hogere getijamplitude betekent dat er meer energie is (groter vloedvolume en hogere stroomsnelheden) voor de vorming van natuurlijke krekens en dat er een grotere verticale gradiënt is waarover morfologische processen zich kunnen afspelen.
3. Sedimentgehalte van het aangevoerde water. Bij hoge sedimentgehalten zal er een hogere sedimentatie in het ontpolderde gebied zijn.
4. De opening(en) in de dijk. Kleine openingen zullen de inkomende getij-energie beperken. Bij een over gedimensioneerde opening zal op den duur een evenwichtsbreedte ontstaan die bepaald wordt door het kombergingsvolume van het gebied. De positie van de opening kan van invloed zijn op de stroomsnelheidspulsen en de energie waarmee het getij het gebied binnenstroomt.
5. De vorm(geving) van het krekensstelsel in het ontpolderde gebied. In de verspreiding van sediment over een gebied is er een belangrijke rol voor krekens weggelegd. Een natuurlijk vertakkend krekensstelsel bevordert de verspreiding van het toegevoerde sediment over een gebied.

#### *Functioneren ontpolderde gebieden voor vis*

In Europa is de functie van getijdengebieden en krekens voor de visgemeenschap nog maar weinig onderzocht (Hampel et al. 2003a; Cattrijsse et al. 1995; Mathieson et al. 2000).

Factoren die de geschiktheid van ontpolderde gebieden voor vis bepalen zijn:

- Bereikbaarheid van het ontpolderde gebied (getijdenvolume, diepte inlaat kreek).
- De dichtheid en de orde van de aanwezige krekens. Een voor vis goed functionerend krekensstelsel zorgt voor bereikbaarheid en schuilmogelijkheden gedurende de hele getijdencyclus. Grote krekens die beneden GLW liggen geven schuilgelegenheid tijdens laag water, kleine ondiepe krekens zijn alleen geschikt als opgroeigebied of leefgebied voor kleine soorten.
- Het areaal aan intergetijdengebied binnen het ontpolderde gebied. Een groot areaal komt overeen met een groot ondiep watergebied en een groot potentieel aan foerageergebied.
- Voedselrijkdom van de krekens en slikken in het ontpolderde gebied. Dit is afhankelijk van het organische stofgehalte van de opgeloste deeltjes in het iedere getijslag binnenstromende water.

In de Nederlandse overgangswateren bevindt zich een tweetal ontpolderingsprojecten waarbinnen de visgemeenschap gemonitord is. Het betreft het Sieperda Schor in de Westerschelde en Polder Breebaart in de Eems-Dollard (bijlage B). Uit de visbemonsteringen blijken deze krekens een grote soortdiversiteit te hebben (figuur 3.1). Van alle ecologische gildes die worden onderscheiden in de concept-maatlat (Van der Molen, 2004) worden soorten aangetroffen. De abundantie van de visgemeenschap wordt echter gedomineerd door enkele soorten.

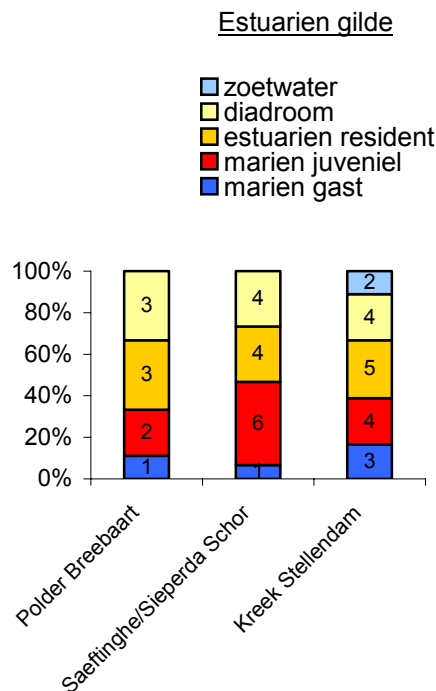
In de Westerschelde zijn zowel de krekens van het Sieperda Schor als het nabijgelegen natuurlijke Verdrongen Land van Saeftinghe bemonsterd. De soortsamstelling in de krekens van beide gebieden bleek vergelijkbaar en vertoonde overeenkomsten met de soortsamstelling in de hoofdstroom van de Westerschelde (Hampel et al., 2003b). In het totaal werden in de krekens 15 soorten van verschillende ecologische gildes aangetroffen (figuur 3.1).



De dichtheden in het relatief jonge als gevolg van een dijk doorbraak ontstane Sieperda Schor waarin een kreek uitgegraven is waren duidelijk lager dan in het naast gelegen natuurlijke Verdrongen Land van Saeftinghe. De geringere breedte en het lagere organische stofgehalte van het Sieperda Schor zijn mogelijk debet aan het dichtheidsverschil (Hampel et al., 2003b). Het kreeksysteem vervult met name een functie voor Brakwatergrondel, Bot en Zeebaars. Juvenielen van deze soorten werden in grote dichtheden aangetroffen in de kreken hetgeen duidt op een kinderkamerfunctie van kreken voor deze soorten. De grondelsoorten Dikkopje en Lozano's grondel die in grote dichtheden in de hoofdstroom voorkwamen, waren echter veel minder talrijk in het kreekstelsel (Cattrijsse et al. 1994). De kreken vervullen dus niet voor alle soorten een kinderkamerfunctie.

In Polder Breebaart is een doorlaatwerk in de dijk aangelegd en een kreek gegraven. Tijdens visbemonsteringen werden hier negen verschillende soorten aangetroffen die allen ook in de Eems-Dollard worden aangetroffen.

Voor de Nieuwe Waterweg-Nieuwe Maas is geen informatie gevonden t.a.v. ontpoldering en kreekherstel. In een natuurlijke kreek in het mondingsgebied van het Haringvliet waar als gevolg van het gespuide rivierwater mesohaliene omstandigheden heersen werden tijdens bemonsteringen in de zomer van 2002 en 2003 19 soorten aangetroffen (Kranenbarg & Backx 2004). Brakwatergrondel en Haring kwamen in zeer hoge dichtheden voor. Spiering, juveniele bot en juveniele zeebaars kwamen in hoge dichtheden voor.



Figuur 3.1 Soortsamenstelling in kreken. Weergegeven wordt de procentuele verdeling (y-as) over de ecologische gilden. De getallen in de kolomonderdelen geven het aantal aangetroffen soorten weer. De bemonsterde kreken betreffen Polder Breebaart (Eems-Dollard; De Leeuw & Meijer, 2002), Het Sieperda Schor en Verdrongen Land Van Saeftinghe (Westerschelde; Hampel et al., 2003a) en de kreek bij Stellendam (Haringvlietmonding; Kranenbarg & Backx, 2004)

### *Inrichtingsaspecten*

Voor vissen is het aandeel hogere orde kreken (permanent watervoerend) die over een grote lengte beneden GLW liggen van belang (Van Oevelen et al., 2000b). Hogere orde kreken ontwikkelen zich het best in ontpolderde gebieden op het niveau van hoog slik tot laag schor. Vanuit reeds aanwezige drainage kanalen kunnen hogere orde kreken ontstaan.

Indien dit voormalige krekensysteem zal zich een redelijk natuurlijk krekensysteem ontwikkelen. Aangelegde afwateringsstelsels blijven hun rectangulaire vorm behouden. Locaties waar de oude krekensystemen nog min of meer in tact zijn hebben daarom de voorkeur voor ontpoldering.

In het rapport “Review of coastal habitat creation, restoration and recharge schemes” (ABP, 1998) worden richtlijnen gegeven voor ontpoldering en het graven van kreeksystemen. Natuurherstelmaatregelen met een gering oppervlak (0,02-0,04 ha) en een geringe breedte worden als weinig waardevol voor de visgemeenschap beschouwd. Waardevolle gebieden moeten een oppervlak van minimaal 0,5 ha hebben. Zeegrasvelden worden specifiek genoemd als waardevol habitat voor met name kleinere vissen.

Bij een onderzoek naar de visgemeenschap in zes verschillende habitattypen in ontpolderde gebieden in het Elbe estuarium kwam naar voren dat intergetijdengebieden met riet de hoogste soortdiversiteit en abundantie hadden (Thiel & Bos, 1997).

In geval van lage sedimentaanvoer kan het graven van een krekennetwerk nodig zijn om de ontwikkeling van krekensystemen te stimuleren (Van Oevelen et al, 2000a). Graven van krekensystemen dient te gebeuren op basis van een lokaal referentie krekensysteem.

In het als gevolg van een dijkdoorbraak ontstane Sieperda Schor werden bestaande sloten en krekensystemen als gevolg van de opnieuw intredende getijdeninvloed uitgesloten en ontstonden enkele krekensystemen. Nadat de getijdeninvloed verhoogd werd door het graven van een nieuwe kreek met een bredere doorstroombopening werd de kreekontwikkeling aanzienlijk versneld. In de Polder Breebaart waar een doorlaatmiddel in de dijk werd aangelegd bleek de dynamiek minder dan oorspronkelijk bedoeld (getijslag 0,3 m i.p.v. 0,6 m). De geul bleek meer aan te slibben dan van te voren verwacht. Als reden hiervoor wordt aangevoerd dat de dimensie van de geul te groot is in relatie tot de doorlaatopening.

Vissen blijken in staat om nieuwe habitats snel te koloniseren. In Nederland is dit gebleken bij de in het kader van rivierverruiming en natuurontwikkeling aangelegde nevengeulen in de Waal. De ontwikkeling van de visgemeenschap in deze nevengeulen is gedurende een aantal jaren intensief gevolgd. Binnen enkele jaren werd een grote diversiteit van (rivier)vissoorten aangetroffen die de nevengeulen met name als opgroeigebied bleken te benutten (Grift 2002; Jans, 2004). De visgemeenschap in ontpolderde gebieden in overgangswateren is in Nederland minder intensief onderzocht. Uit buitenlandse onderzoeken blijkt echter dat ook hier een snelle kolonisatie door met name estuarien residente soorten en marien juvenielen plaats vindt.

## 3.2 Afgraven toplaag buitendijks gebied

Ten aanzien van de maatregel afgraven toplaag buitendijks gebied is weinig informatie gevonden. Het afgraven van de toplaag in buitendijks gebied biedt vooral mogelijkheden voor de visgemeenschap als dit gepaard gaat met het creëren van krekensystemen. Williams & Zedler (1999) onderzochten de samenstelling van de visgemeenschap in door de mens gecreëerde en natuurlijke krekensystemen in de Golf van Mexico gedurende een periode van acht jaar. Het bleek dat vissen de gegraven krekensystemen snel koloniseerden, binnen drie jaar kwamen soortsaamenstelling en abundantie voor 75% overeen met de natuurlijke situatie. De samenstelling van de visgemeenschap in de krekensystemen werd met name bepaald door de habitatkarakteristieken van een kreek en niet zozeer door de leeftijd van de kreek. Williams en Zedler (1999) concluderen dat de eigenschappen van een kreek belangrijker zijn voor het functioneren voor de visgemeenschap dan het moment van ontstaan. De belangrijkste habitatkarakteristieken die de samenstelling van de visgemeenschap bepaalden waren diepte, breedte, organische stofgehalte, temperatuur en saliniteit. Krekensystemen die grensden aan intergetijdengebied met flauwe oevers en slibsedimentatie hadden hogere visdichtheden dan krekensystemen met steile eroderende oevers. Bij het ontwerp van nieuw aan te leggen krekensystemen is het, het best om te streven naar een diversiteit in kreekmorfologie en kreekdichtheid die overeenkomt met dat van nabijgelegen natuurlijke kreeksystemen.

De inrichting van de maatregel afgraven top laag buitendijks gebied ten behoeve van de visgemeenschap is overeenkomst met de inrichtingsaspecten bij de maatregel ontpolderen. Een groot deel van de informatie die wordt besproken in paragraaf 3.1 is dan ook van toepassing op de maatregelen afgraven top laag buitendijks gebied. De maatregel herstel krekken kan namelijk zowel plaatsvinden door het afgraven van de top laag buitendijks als door ontpoldering. Bij het formuleren van natuurontwikkelingsdoelstellingen ten behoeve van vis is het daarom beter te spreken in termen van arealen habitatype (zoals geulen, krekken, platen, zeegrasvelden, mosselbanken) die hersteld worden. De mogelijkheden binnen een overgangswater bepalen vervolgens of dit vooral binnendijks of buitendijks dient te gebeuren.

### 3.3 Herstel zeegrasvelden en mosselbanken

#### *Zeegravelden*

(gebruikte bronnen: [www.zeegras.nl](http://www.zeegras.nl); Van Katwijk et al., 2002)

Zeegrassen hebben een substraat nodig dat niet voortdurend aan beweging onderhevig is (voldoende beschut tegen golfslag en stroming). In streken met een zandkust groeien ze dan ook niet in de open zee maar in lagunes en estuaria. Op plaatsen waar ze vegetatievormend optreden, kunnen ze hun standplaats in aanzienlijke mate beïnvloeden. Ze beschermen daar de bodem tot op zekere hoogte tegen de eroderende werking van de getijdenbewegingen en stroming, werken als zand- en slibvangers en bieden beschutting aan allerlei algen en dierlijke organismen. Zeegras groeit op bodems waarvan de sedimenten kunnen variëren van zandig tot slibrijk. Variaties in troebelheid hebben een belangrijke invloed op de ontwikkeling van het zeegras. Het effect van troebelheid – en dus de lichtbeschikbaarheid werkt met name door in de diepte tot waar zeegras kan voorkomen. Hoe troebeler het water hoe minder diep zeegrassen kunnen voorkomen en omgekeerd. In zeer troebel water is zeegrasgroei alleen nog mogelijk op bij laagwater droogvallende platen.

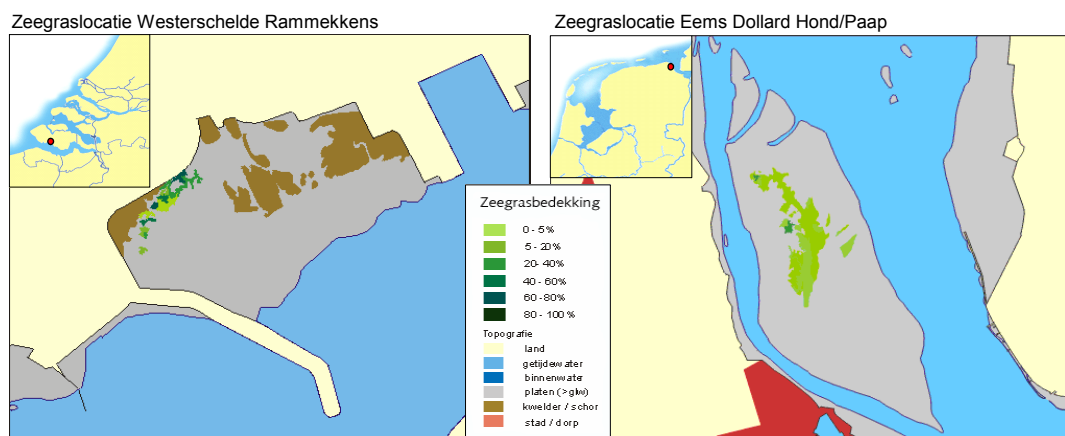
In Nederland komen twee soorten zeegrassen voor: Klein Zeegras (*Zostera noltii*) en Groot Zeegras (*Zostera marina*). Zeegrassen kwamen tot in het begin van de twintigste eeuw veelvuldig voor in de Nederlandse kustwateren. In de Waddenzee (incl. het voormalige Zuiderzee estuarium) bereikten de velden met Groot zeegras tot in het begin van de dertiger jaren in totaal een omvang van 65 tot 150 km<sup>2</sup>. Door de uitbraak van een schimmelinfectie (1932), in combinatie met de aanleg van de Afsluitdijk en een aantal jaren met weinig zonlicht, zijn de sublitorale velden van het Groot Zeegras vrijwel geheel uit de Nederlandse Waddenzee verdwenen. In de zestiger en zeventiger jaren zijn de resterende litorale zeegrasvelden (zowel Groot als Klein Zeegras) ook sterk achteruitgegaan door de slechte waterkwaliteit, waardoor het totale zeegrasareaal in 1972 nog slechts 50 hectare bedroeg en beide zeegrassen voor Nederland zelfs bedreigde soorten zijn geworden. Door het verdwijnen van de zeegrasvelden ging ook de daarmee verbonden fauna verloren, zoals de zeestekelbaars (*Spinachia spinachia*) en trompetterzeenaald (*Sygnathus typhle*). Een recente trend-analyse laat zien dat er in de afgelopen 15 jaar weer enig herstel is opgetreden van de litorale zeegrasvelden (beide soorten) tot een totaal van 360 ha (in 2003).

Groot Zeegras leeft voornamelijk in brakke en zoute wateren met een zoutgehalte tussen ongeveer 16 en 30 ‰ (ca. 9 - 16.5 g CL/l). Zeegrassen moeten in ieder geval op zijn minst bij ieder getij worden overspoeld om uitdroging te voorkomen; dit bepaalt de bovengrens tot waar ze kunnen voorkomen. Groot Zeegras kan slecht tegen uitdroging, en groeit daarom in de getijdenzone met name in (kleine) depressies waar bij laagwater een dun laagje water achterblijft. Klein Zeegras kan juist vrij goed tegen enige uitdroging en dus tegen droogval bij laagwater en groeit juist graag op (kleine) verhogingen op het slik.

De ondergrens wordt bepaald door de helderheid van het water omdat de planten licht nodig hebben voor groei en overleving; hoe helderder het water hoe dieper de planten kunnen voorkomen.

Er is geen informatie gevonden over specifiek onderzoek naar het functioneren van zeegrasvelden voor de visgemeenschap in Europese overgangswateren. Wel noemen verschillende auteurs het belang van sublitorale zeegrasvelden als schuil en foerageergebied voor kleinere vissoorten (o.a. de verdwenen Zeestekelbaars) en als opgroeigebied voor jonge levenstadiïa (De Jong et al., 2003; Elliot & Hemingway, 2002).

Het geringe doorzicht in de Nederlandse overgangswateren is momenteel waarschijnlijk de belangrijkste beperkende variabele voor het voorkomen van zeegras in de Nederlandse overgangswateren. Momenteel zijn er slechts twee grootzeegraslocaties (figuur 3.2); de locatie Rammekens (haven van Goes) in de Westerschelde en de locatie Hond/Paap in de Eems-Dollard.



Figuur 3.2. Locaties met velden groot zeegras in Nederlandse overgangswateren (bron: [www.zeegras.nl](http://www.zeegras.nl))

De afgelopen drie jaar is er in de westelijke Waddenzee geëxperimenteerd met de aanplant van zeegras. Het plantmateriaal voor deze aanplanten is afkomstig van het zeegrasveld in de Eems-Dollard (Hond/Paap). De locaties voor de aanplanten zijn geselecteerd met behulp van een zeegraskansenkaart en onderstaande zes selectiecriteria:

1. Er moet enige zoetwaterinvloed zijn.
2. Het moet een beschutte ligging hebben.
3. Het moet een voormalige zeegraslocatie zijn.
4. Er mogen geen schelpdiervisserijactiviteiten zijn toegestaan. Ook niet in de wijde omgeving in verband met uitbreidingsmogelijkheden.
5. Het gebied moet in de westelijke Waddenzee liggen, omdat het Groot zeegras in dit gebied volledig ontbreekt. Daarbij is de kans op herkolonisatie vanuit het oosten heel klein, omdat de windrichting overwegend oostelijk is.
6. Het gebied moet door Waddenzee- en zeegrasexperts als kansrijk worden aangemerkt.

Mosselbanken bieden in een natuurlijk zeegrasveld vaak bescherming tegen waterdynamiek. Uit historische bronnen blijkt dat zeegrasvelden in het verleden veelal achter mosselbanken stonden (Van Katwijk et al., 2002). Daarom is gedurende het onderzoek besloten het zeegras aan te planten achter natuurlijke mosselbankjes. De resultaten van het zeegrasonderzoek zullen in de loop van 2005 gepubliceerd worden.

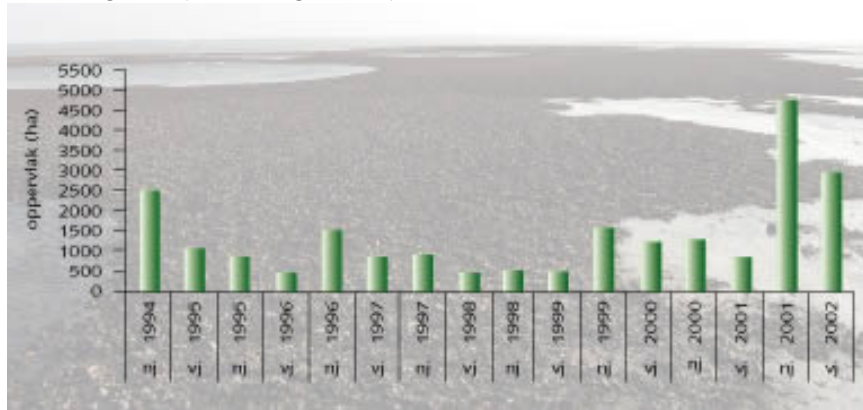
De gebruikte methodiek voor herintroductie van zeegras in de westelijke Waddenzee lijkt zeer bruikbaar voor de Nederlandse overgangswateren. Door het maken van zeegraskansenkaarten kan onderzocht worden of er nog geschikte locaties zijn en wat momenteel de beperkende variabelen voor het voorkomen van zeegras zijn. Het mondingsgebied van de Eems-Dollard is reeds opgenomen in de zeegraskansenkaart voor de Waddenzee (De Jong et al., 2005).

### *Mosselbanken*

Gebruikte bronnen: [www.waddenvereniging.nl](http://www.waddenvereniging.nl); Eertman & Smaal, 1996

Mosselbanken kunnen zowel ontstaan op platen in het intergetijdengebied als sublitoraal in geulen tot een diepte van 10-15 m. Voor vissen zijn met name de sublitorale mosselbanken van belang als leefgebied. Voor de ontwikkeling van een mosselbank dient voldoende hard substraat (stenen, grind, schelpen) aanwezig te zijn waaraan mosselzaad zich kan hechten. Mosselen zijn zouttolerante organismen, die kunnen voorkomen bij een saliniteit van 15-20 ‰ of hoger.

In de winter van 1990/1991 verdwenen de laatste stabiele mosselbanken uit de Nederlandse Waddenzee. De periode hierna lijkt te duiden op herstel. Met name de goede zaadval van 2001 droeg er toe bij dat in het najaar van 2001 meer dan 4000 hectare mosselbanken aanwezig was (RIVO, figuur 3.3).



Figuur 3.3 Verloop areaal mosselbanken in Waddenzee (RIVO)

Een natuurlijke stabiele mosselbank bestaat uit een groot aantal generaties levende en dode mosselen omdat mosselzaad (jonge mosseltjes) zich graag vestigen op een stevige ondergrond zoals een (oude) mosselbank. Natuurlijke mosselbanken vormen kilometersgrote uitgestrekte patronen van poelen en bulten die een hoogte kunnen bereiken van meer dan 1 meter. Doordat deze banken het sediment stabiliseren en (micro)reliëf toevoegen aan de slikbodems ontstaan specifieke habitats. Behalve op de droogvallende platen kunnen zich onder natuurlijke omstandigheden ook mosselbanken vormen in het diepere water van de geulen.

Er is geen informatie gevonden over specifiek onderzoek naar het functioneren van mosselbanken voor de visgemeenschap in Europese overgangswateren. Wel noemen verschillende auteurs het belang van mosselbanken als schuil en foerageergebied voor estuarien residente soorten (Puitaal, Zeedonderpad) genoemd.

### 3.4 Verbeteren vismigratiemogelijkheden

Door de aanleg van kunstwerken is de beschikbaarheid en bereikbaarheid van paai- en/of opgroeihabitats voor diadrome vissen als de Driedoornige stekelbaars en de (glas)Aal in het zoet-zout overgangsgebied de afgelopen 40 jaar sterk afgenomen. In de Rijkswateren is dit veroorzaakt door de Deltawerken. Op de overgang van de Rijkswateren naar de regionale wateren ligt de voornaamste oorzaak in de schaalvergroting van de landbouw en het waterbeheer. Hierbij zijn om te kunnen voldoen aan de hogere eisen ten aanzien van peilbeheersing en ontwatering, oude kunstwerken vervangen of gemoderniseerd. De nieuwe kunstwerken, met name de gemalen, zijn veel slechter passeerbaar voor vissen dan in het verleden gebruikte ontwateringssluizen. Dit probleem is lange tijd niet onderkend. De afgelopen jaren is er bij de waterbeheerders meer draagvlak gekomen voor het belang van de regionale polderwateren (zoals o.a. aanwezig in het achterland van estuaria) voor diadrome soorten als Driedoornige stekelbaars en (glas)Aal. Dit heeft geleid tot het oprichten van een werkgroep Visintrek in Noord Nederland. In Zeeland is onlangs een vergelijkbaar initiatief opgestart. Jager (1999) heeft de migratie knelpunten langs de Waddenzee in kaart gebracht waarna een visie geschreven is (Jager, 2003). Hartgers et al. (2001) hebben de migratieknelpunten tussen Rijkswateren en regionale wateren in Zuid Holland en Zeeland onderzocht. Het bleek dat 65% van de geïnventariseerde knelpunten uit gemalen bestond. Langs de Nieuwe Waterweg-Nieuwe Maas en de Westerschelde bevinden zich 8 respectievelijk 20 migratieknelpunten (Bijlage B). Langs de Eems-Dollard bevinden zich 8 afwateringslocaties (Bijlage C) plus een aantal aan de Duitse zijde. Aanbevelingen die in de Visie visintrek Noord Nederland (Jager, 2003) gedaan worden voor het verbeteren van de vismigratiemogelijkheden zijn:

- Aanpassen spuibeheer;
- Aanbrengen van structuren langs wanden en bodems van spuiokers;
- Aanpassen beheer schutsluizen;
- Aanpassen bemalingsregime;
- Aanleggen van vispassages;
- Creëren van nieuwe openingen in Zeedijk.

De afgelopen jaren zijn er in Nederland een aantal maatregelen genomen om de vismigratie bij zoet-zoutovergangen te verbeteren. Het om de volgende typen oplossingen:

- Aangepast beheer (spui)sluizen;
- Aalgoot;
- Hevel-vispassage;
- Vijzel-vispassage;
- Vissluis;
- Aanpassing klepduiker.

Tabel 3.2 t/m 3.7 geven een omschrijven van de werking van deze oplossingstypen en monitoringsresultaten.

Tabel 3.2 Vismigratieherstelmaatregel aalgoot

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Maatregel:</b> Aalgoot                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| <b>Doelsoort(en):</b> (glas)Aal                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| <b>Omschrijving</b> (Kroes & Monden, 2005)<br>Alen zijn in staat langs natte ruwe hellingen of wanden omhoog te klimmen. Op deze eigenschap is de aalgoot gebaseerd. Het is een buis of goot die over de gehele lengte is gevuld met kunstgras of een vergelijkbaar materiaal waarop de glasaal voldoende grip kan uitoefenen. Het opvulmateriaal verlaagt de stroomsnelheid zodat de glasaal stroomopwaarts kan klimmen. Aalgoten kunnen vrijwel bij alle typen constructies worden aangelegd. Glasaal wordt door het zoete water van het kunstwerk (bijvoorbeeld gemaal) aangetrokken. Hier aangekomen trekken ze naar het lokstroompje van de aalgoot. Via de aalgoot kruipen ze omhoog waarna ze met een pomp of anderszins naar de waterloop achter de barrière getransporteerd worden.                                                                                       |
| <b>Toepassingsgebied</b><br>Bij kunstwerken op zoet-zoutovergang of bij boezem-polderovergangen. Kunstwerken met veel afvoer hebben de voorkeur (grote lokstroom). Een lokstroom vanuit de aalgoot van 5 m <sup>3</sup> /uur is voldoende voor de aantrekking van glasaal, mits deze is geplaatst naast een kunstwerk met een groot debiet. Er moet overal contact zijn tussen het klimmateriaal en de bodem, schietend water in de goot is funest voor de werking.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| <b>Periode</b><br>Hoeft alleen werkzaam te zijn tijdens de periode van stroomopwaartse aantrek (op zoet-zout overgang april-juni, verder landinwaarts mei-augustus).                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| <b>Migratierichting</b><br>Alleen stroomopwaarts migrerende alen kunnen via de aalgoot passeren.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| <b>Monitoringsresultaten</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Bij de aalgoot van Prunje maakten in april 1995 100-200 aaltjes/dag gebruik van de aalgoot. De maximale aantallen bedroegen meer dan 1000 aaltjes/dag. In juni was de intrek afgenomen tot enkele aaltjes per dag. In totaal trokken in de periode april-juni 20.000-30.000 aaltjes via de goot naar binnen (Bouma <i>et al.</i>, 2002).</li> <li>In de periode 1975 t/m 1979 is de glasaal optrek via de aalgoten bij de stuwen in Rijn en Maas onderzocht (De Groot &amp; Muyres, 1980). Hieruit bleek dat de aalgoten een belangrijke functie vervullen. Jaarlijks maakten enkele honderdduizenden (Amerongen) tot enkele miljoenen (Lith) aaltjes gebruik van de aalgoten. De gemiddelde lengte van de aaltjes bedroeg 20 cm. De trek vertoonde een duidelijke piek in de periode mei-augustus.</li> </ul> |
| <b>Efficiëntie maatregel</b><br>Niet onderzocht. Is afhankelijk van voldoende grote lokstroom.<br>Op basis van de huidige gegevens moeilijk in te schatten omdat onduidelijk is welk percentage van de vissen zich voor het kunstwerk verzameld en welk deel daadwerkelijk passeert.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |

Tabel 3.3 Vismigratieherstelmaatregel hevel-vispassage

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Maatregel:</b> Hevel-vispassage                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| <b>Doelsoort(en):</b> Driedoornige stekelbaars, (glas)Aal, Spiering, Bot(broed)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| <b>Omschrijving</b> (Kroes & Monden, 2005)<br>Met een waterpomp wordt een lokstroom gecreëerd die via een (verzamel) bak in het zoutwater- of boezemgebied waar de migrerende vissen zich verzameld hebben uitkomt. Vissen die tegen de lokstroom inzwemmen komen in de verzamelbak terecht. Na een bepaalde periode wordt gestopt met pompen en wordt de verzamelbak afgesloten. De vissen in de verzamelbak worden vervolgens via een vacuümpomp of onder vrij verval naar de polder overgeheveld.                                                                                                                                                                 |
| <b>Toepassingsgebied</b><br>Bij kunstwerken op zoet-zoutovergang of bij boezem-polderovergangen. Kunstwerken met veel afvoer hebben de voorkeur (grote lokstroom).                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| <b>Periode</b><br>Hoeft alleen werkzaam te zijn tijdens de periode van stroomopwaartse trek (februari-augustus).                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| <b>Migratierichting</b><br>Alleen stroomopwaarts migrerende vissen kunnen via de hevel-vispassage passeren.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| <b>Monitoringsresultaten</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Schatting gemaal Rozema (Termunterzijl) gemiddeld circa 1,2 miljoen vissen/jaar (www.hunzeenaas.nl).</li> <li>Schattingen gemaal Campen aantal (glas)Alen variërend van enkelen tot ruim honderd per uur. Naast (glas)Alen passeerden er enkele grotere alen (tot 40 cm). Ook Driedoornige stekelbaars (35-40/dag) en Brakwatergrondel (5-33 dag) werden aangetroffen (Bouma <i>et al.</i>, 2002).</li> <li>Schattingen bij gemaal Roptazijl (periode 2001-2004; Zowel Driedoornige stekelbaars als (glas)Aal jaarlijks enkele honderdduizenden (Brenninkmeijer <i>et al.</i>, 2005).</li> </ul> |
| <b>Efficiëntie maatregel</b><br>Niet onderzocht. Is afhankelijk van voldoende grote lokstroom.<br>Op basis van de huidige gegevens moeilijk in te schatten omdat onduidelijk is welk percentage van de vissen zich voor het kunstwerk verzameld en welk deel daadwerkelijk passeert.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |

Tabel 3.4 Vismigratieherstelmaatregel vijzel-vispassage

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Maatregel:</b> Vijzel-vispassage                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| <b>Doelsoort(en):</b> Driedoornige stekelbaars, (glas)Aal                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| <b>Omschrijving</b><br>Het principe van de Vijzel-vispassage lijkt op dat van de hevelpassage. Middels de vijzel wordt een lokstroom gecreëerd die via een (verzamel) bak in het zoutwater- of boezemgebied waar de migrerende vissen zich verzameld hebben uitkomt. Vissen die tegen de lokstroom inzwemmen komen in de verzamelbak terecht. Na een bepaalde periode wordt gestopt met pompen en wordt de verzamelbak afgesloten. De vissen in de verzamelbak worden vervolgens via een vacuumpomp of onder vrij verval naar de polder overgeheveld. |
| <b>Toepassingsgebied</b><br>Bij kunstwerken op zoet-zoutovergang of bij boezem-polderovergangen. Kunstwerken met veel afvoer hebben de voorkeur (grote lokstroom).                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| <b>Periode</b><br>Zowel werkzaam tijdens periode van stroomop- als stroomafwaartse trek (februari-november).                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| <b>Migratierichting</b><br>Doordat gebruik gemaakt wordt van een vijzel (schroef) om het hoogte verschil tussen twee wateren te overbruggen, is vispassage in twee richtingen mogelijk.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| <b>Monitoringsresultaten</b><br>De hevelpassage bij polder Breebaart lijkt goed te functioneren (De Leeuw & Meijer, 2003). De zoetwaterstroom vanuit de vispassage blijkt grote aantallen Driedoornige stekelbaars en (glas)Aal te lokken.                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| <b>Efficiëntie maatregel</b><br>Niet onderzocht. Is afhankelijk van voldoende grote lokstroom.<br>Op basis van de huidige gegevens moeilijk in te schatten omdat onduidelijk is welk percentage van de vissen zich voor het kunstwerk verzameld en welk deel daadwerkelijk passeert.                                                                                                                                                                                                                                                                  |

Tabel 3.5 Vismigratieherstelmaatregel vissluis

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Maatregel:</b> Vissluis                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| <b>Doelsoort(en):</b> Alle vissoorten ongeacht grote of zwemcapaciteit.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| <b>Omschrijving</b> (Kroes & Monden, 2005)<br>Het principe van de Vissluis lijkt op dat van scheepvaartsluizen. De vis wordt met behulp van een waterstroom een inlaat compartiment binnengelokt. Na verloop van tijd sluit dit compartiment zich en wordt het waterpeil op gelijk niveau met het andere (peil)gebied gebracht. Vervolgens wordt de deur naar het hoger/lager gelegen gebied geopend en kan de vis zijn weg vervolgen. |
| <b>Toepassingsgebied</b><br>Bij kunstwerken op zoet-zoutovergang met een vrije afwatering. Kunstwerken met veel afvoer hebben de voorkeur (grote lokstroom).                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| <b>Periode</b><br>Zowel werkzaam tijdens periode van stroomop- als stroomafwaartse trek (februari-november).                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| <b>Migratierichting</b><br>Voornamelijk stroomopwaarts, stroomafwaartse migratie is in principe ook mogelijk.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| <b>Monitoringsresultaten</b><br>Schatting gemaal Rozema (Termunterzijl) gemiddeld circa 1,2 miljoen vissen/jaar ( <a href="http://www.hunzeenaas.nl">www.hunzeenaas.nl</a> ).                                                                                                                                                                                                                                                          |
| <b>Efficiëntie maatregel</b><br>Niet onderzocht. Is afhankelijk van voldoende grote lokstroom.<br>Op basis van de huidige gegevens moeilijk in te schatten omdat onduidelijk is welk percentage van de vissen zich voor het kunstwerk verzameld en welk deel daadwerkelijk passeert.                                                                                                                                                   |



Tabel 3.6 Vismigratieherstelmaatregel aanpassing klepduiker

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Maatregel:</b> Aanpassing klepduiker                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| <b>Doelsoort(en):</b> Driedoornige stekelbaar, (glas)Aal                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| <b>Omschrijving</b> (Brenninkmeijer et al., 2005).<br>Klepduikers kunnen toegepast worden om zoetpolderwater tijdens eb richting zee/estuaria af te voeren. Bij opkomend water wordt de klep als gevolg van de waterdruk gesloten. Wanneer dit gebeurt wordt de klep aan de polderzijde gesloten. Vis die naar binnen wil wordt aangetrokken door de zoetwaterstroom. Als het opkomende water het zelfde peil bereikt als dat in de afvoerbuis kan de vis naar binnenzwemmen. Normaal gesproken is de polderklep al gesloten als de vis naar binnenzwemt. Dit is echter aan te passen om de vismigratie te verbeteren. |
| <b>Toepassingsgebied</b><br>Polders op de overgang van zoet naar zout.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| <b>Periode</b><br>Zowel werkzaam tijdens periode van stroomop- als stroomafwaartse trek (februari-november).                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| <b>Migratierichting</b><br>Tweezijdig                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| <b>Monitoringsresultaten</b><br>Bij Lies op Terschelling is geëxperimenteerd met het gedurende korte tijd strijken van de polderklep na het moment dat de klep aan de wadzijde gesloten was (Brenninkmeijer et al, 2005). De strijkperiode was circa 10 minuten. De geschatte intrek van stekelbaars bedroeg voor 2002 en 2003 circa 10.000 exemplaren, in 2004 was er een geschatte intrek van 140.000 exemplaren. De gebruikte fuik was te grofmazig voor het vangen van (glas)aal. Wel werd met kruisnetvangsten de aanwezigheid van glasaal vastgesteld.                                                           |
| <b>Efficiëntie maatregel</b><br>Niet onderzocht. Is afhankelijk van voldoende grote lokstroom.<br>Op basis van de huidige gegevens moeilijk in te schatten omdat onduidelijk is welk percentage van de vissen zich voor het kunstwerk verzameld en welk deel daadwerkelijk passeert.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |

Tabel 3.7 Vismigratieherstelmaatregel aangepast beheer (spui)sluizen

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Maatregel:</b> Aangepast beheer (spui)sluizen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| <b>Doelsoort(en):</b> Driedoornige stekelbaars, (glas)Aal, Spiering, Bot(broed), Tiendoornige stekelbaars                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| <b>Omschrijving</b><br>Het verbeteren van de intrekmogelijkheden van migrerende vissen vanuit zee/estuaria door het aanpassen van het (spui)beheer van sluizen. Dit kan door sluizen (bij afgaand tij) eerder open te zetten en later te sluiten (bij opkomend tij) waardoor de intrekperiode verlengd wordt en de stroomsnelheden verlaagd kunnen worden.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| <b>Toepassingsgebied</b><br>Bij sluizen op zoet-zoutovergang. Kunstwerken met veel afvoer hebben de voorkeur (grote lokstroom).                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| <b>Periode</b><br>Hoeft alleen werkzaam te zijn tijdens de periode van stroomopwaartse trek (februari-augustus).                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| <b>Migratierichting</b><br>Stroomopwaarts                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| <b>Monitoringsresultaten</b><br><i>Duurswold</i> (Zweep, 2003)<br>Bij het reguliere beheer van de spuisluis van Duurswold wordt alleen water geloosd als het peil in de boezem te hoog wordt. Het lozen gebeurt wanneer het zeewaterpeil onder het boezempeil zakt. In 2003 is hier gedurende een periode van 20 dagen geëxperimenteerd met een visvriendelijk sluisbeheer (Zweep, 2003). Bij afgaand tij werd de sluis (circa een uur voor laagwater) geopend zodat een lokstroom ontstaat. Ongeveer tien minuten na laag water werd de sluis weer gesloten om te voorkomen dat er teveel zoutwater het boezemgebied binnenstroomt. Op deze wijze is het op deze locatie voor vissen in principe mogelijk gedurende een periode van ruim twee uur in te trekken. Voor slechte zwemmers is deze periode veel korter (10-20 min) omdat de stroomsnelheden gedurende een groot deel van deze periode te hoog zijn. Gevangen soorten tijdens het experiment:<br>Driedoornige stekelbaars (6973), (glas)Aal (1, vermoedelijk maaswijde fuik te groot), Spiering (513), Kleine Zeenaald (132), Brakwatergrondel (17), Haring (22), Sprot (5), larven haringachtigen (10771) en enkele honderden zoetwatervissen.<br><i>Nieuwe Statenzijl</i> (Leutscher, 2004)<br>In 2004 (23 februari-10 mei) is onderzoek gedaan naar het visvriendelijk bedienen van de sluis van Nieuwe Statenzijl (Leutscher, 2003) op een vergelijkbare manier zoals dit voor Duurswold beschreven is. Gevangen soorten tijdens het experiment:<br>Driedoornige stekelbaars (28238), (glas)Aal (34), Spiering (1475), Bot (161), Brakwatergrondel (60), Haring(larven) (240), Tong (3), Schol (32), Zeebaars (1) en enkele duizenden zoetwatervissen. Het betrof vangsten met een fuik. Hiernaast zijn tijdens 5 bemonsteringsdagen met een larvennet (glas)Aal (132), Botlarven (>100.000) en Haringlarven (9) gevangen. Later werden bij een proefvangst 15.000 glasaaltjes aangetroffen (brochure Vismigratie en aalmigratie, OVB 2005) |
| <b>Efficiëntie maatregel</b><br>Niet onderzocht. Is afhankelijk van voldoende grote lokstroom. Op basis van de huidige gegevens moeilijk in te schatten omdat onduidelijk is welk percentage van de vissen zich voor het kunstwerk verzameld en welk deel daadwerkelijk passeert.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |

## 4 Herstelmogelijkheden

### 4.1 Westerschelde

De functie natuur is onderdeel van de lange termijn visie voor het Schelde-estuarium. In dit verband is in de afgelopen jaren een aantal studies verschenen die natuurontwikkelingsmaatregelen en geschikte locaties voor maatregelen beschrijven ([www.proses.nl](http://www.proses.nl)). In Van den Bergh et al. (2003) wordt een overzicht gegeven van de mogelijke natuurontwikkelingsmaatregelen en de plaatsen waar het estuarium mogelijkheden biedt voor het uitvoeren van deze maatregelen. Zij geven aan dat het op grote schaal terugdraaien van de morfologische lange termijn processen geen serieuze optie is.

#### *Ontpolderen*

Ontpolderen van binnendijks gebied is de enige maatregel om laagdynamische intergetijden gebied en ondiep water grootschalig te realiseren (Van den Bergh et al. 2003). Kleinschalige ontpoldering leidt voornamelijk tot de ontwikkeling van slikken. Voor het creëren van ondiep water is grootschalige (> 500 ha) ontpoldering nodig (Van den Bergh et al., 2003). Doordat de potentiële gebieden voor ontpoldering in de Westerschelde hoog zijn opgeslibd en relatief beschermt liggen zal alleen ontpolderen niet lijden tot het ontstaan van laagdynamische slikken en ondiepwatergebieden. Om deze habitats te creëren zal voor de ontpoldering een deel van de top laag moeten worden afgegraven waarbij (voormalige) armen of kreken worden uitgegraven. Voor realisatie van een volwaardig systeem is ontpoldering van een groot gebied noodzakelijk (bv Braakman rond 1950 of schorren van Ossendrecht rond 1960).

Van den Bergh et al. (2003) geven aan dat ontpolderen voor alle Westerschelde trajecten de aangewezen maatregel is om de natuurfunctie te verbeteren. Zij geven aan dat een uitbreiding van het estuariene gebied van minimaal 5-10% noodzakelijk is voor het structureel verbeteren van processen en habitats, een geringe mate van ontpoldering (1-2%) zal niet tot wezenlijke verbeteringen leiden.

#### *Afgraven top laag buitendijks gebied*

Binnen de huidige bedijking van de Westerschelde blijkt het lastig om buitendijkse maatregelen uit te voeren die het areaal laagdynamische intergetijden gebied en ondiep water in grote mate doen toenemen (Van den Bergh et al. 2003). Een mogelijkheid om ondiep water en intergetijdengebied te creëren is het afgraven van aangezande geularmen of schorren die zo hoog zijn opgeslibd zijn dat ze nauwelijks meer overstromen (Van den Berg et al., 2003). Voor het schor van Saeftinghe wordt de maatregel strategisch verdiepen van aangezande geularmen genoemd als maatregel om ondiep water te creëren ten behoeve van vissen.

### *Herstel zeegrasvelden en mosselbanken*

Van den Bergh et al. (2003) geven aan dat submerse macrofyten niet of nauwelijks gedijen in de Westerschelde. Zij geven aan dat er, als gevolg van de sterke getijdendynamiek en de hoge troebelheid, ook in het verleden waarschijnlijk weinig zeegras en andere submerse vegetatievormen geweest zijn. Gunstigere omstandigheden waarbij zeegras wel voor kan komen zijn te verkrijgen door het creëren van beschut gelegen laag dynamische intergetijdengebieden. Dit kan door het aantakken van krekens en oude meanders (eventueel met een doorlaatmiddel. Momenteel bevindt zich één locatie met 3 ha zeegras in de Westerschelde (Rammekens, figuur 3.2). Door het bestuderen van de omstandigheden op deze locatie kan informatie verkregen worden over het ontwerp van natuurontwikkelingsgebieden die kansrijk voor de groei van zeegras zijn. Kansrijke locaties zijn te bepalen met de rekenregels die gebruikt zijn voor de zeegras kanskaart in de Waddenzee. Resumerend kan gesteld worden dat grote arealen aan zeegras in de Westerschelde niet haalbaar zijn.

Mosselen kwamen vroeger veel voor in de Westerschelde (schatting 333 ha volgens WSV). Tegenwoordig worden ze nog maar sporadisch aangetroffen. Evenals zeegras hebben mosselbanken laagdynamische getijdengebieden nodig. Zij komen weinig voor vanwege een geringe beschikbaarheid van dit habitatype en ondieptes met een geschikt substraat (Van den Bergh et al., 2003). Ook voor mosselbanken geldt dat eerst duidelijk moet worden hoe de omstandigheden zijn op de plaatsen waar ze nog worden aangetroffen. Hierna zou bijvoorbeeld net zoals voor zeegras met een kanskaart onderzocht kunnen worden waar de kansrijke locaties voor ontwikkeling van mosselbanken zijn.

### *Verbeteren vismigratiemogelijkheden*

In het Westerschelde estuarium is de connectiviteit met het aangrenzende (polder)land grotendeels verloren gegaan (Van den Berg et al. 2003). Met name in de afgelopen decennia zijn de kleine afwateringsopeningen in de dijken (suatiesluizen) vervangen door gemalen of klepbuizen die niet voor vissen passeerbaar zijn. Bij de uitvoering van het Sigmaplan zijn de vele kleine sluisjes vervangen door een gering aantal grote sluizen. Hierdoor zijn kleinschalige brakke en zoete overgangszones tussen de Schelde en de polders verdwenen en hiermee ook de intrek mogelijkheden voor trekvisen zoals Aal en Driedoornige stekelbaars. Momenteel zijn er een twintigtal migratieknelpunten langs de Westerschelde aanwezig voor vismigratie naar het achterland (Bijlage B). Bij het gemaal van Campen is in 2000 een glasaalhevel in gebruik genomen (Bouma et al., 2002). Deze hevel lijkt goed te functioneren.

Herstel van verbinding tussen polderwateren en Westerschelde kan door het toepassen van de volgende maatregelen:

- Aalgoot;
- Hevel-vispassage;
- Vijzel-vispassage;
- Aanpassing klepduiker;
- Aangepast beheer (spui)sluizen.

Welke van deze maatregelen de beste oplossing biedt zal per locatie bekeken moeten worden. Ook het opnieuw aanleggen van suatiesluizen naast de gemalen die deze sluizen in het verleden vervangen hebben, wordt genoemd als een oplossingsmogelijkheid (Van den Berg et al. 2003).

Van den Bergh et al. (2003) geven aan dat het verbeteren van vismigratie voor de gehele Westerschelde een aangewezen maatregel is om de natuurfunctie te verbeteren.

## 4.2 Eems-Dollard

In het plan “Levende Eems; Herstelplan voor Eems en Dollard” (Van der Welle & Meire, 1999) zijn maatregelen beschreven die tot behoud en herstel van de natuurfunctie leiden. De maatregelen afgraven toplaag buitendijks gebied en ontpoldering worden hier genoemd.

### *Ontpolderen*

De polders die direct aan de Dollard grenzen zijn kansrijk voor ontpoldering (Van der Welle & Meire, 1999). Het aanleggen van sluiskokers wordt hiervoor als mogelijkheid genoemd. Polder Breebaart is een voorbeeld van een uitgevoerde ontpoldering waar vissen met succes gebruik van maken.

### *Afgraven toplaag buitendijksgebied*

Ten aanzien van de maatregel afgraven toplaag lijken de mogelijkheden in de Eems-Dollard in verband met de veiligheid en scheepvaartfunctie evenals in de Westerschelde beperkt.

### *Herstel zeegrasvelden en mosselbanken*

De herstel mogelijkheden voor zeegras in de Eems-Dollard lijken kansrijker dan in de Westerschelde. Het zeegras op de Hond/Paap heeft zich voorspoedig ontwikkeld van circa 10 ha in 1988 tot ruim 80 ha (>50% bedekking) in 2003. Hiermee lijkt dit zeegrasveld zich ontwikkeld te hebben tot een stabiele gemeenschap. Met de zeegraskansenkaart kan bekeken worden in hoeverre vanuit dit zeegrasveld kolonisatie van andere gebieden mogelijk is. Gezien de antropogene beïnvloeding van de Eems-Dollard lijkt herstel van de referentiesituatie (10% estuarium bedekt met zeegras, Van der Molen, 2004) niet haalbaar. Mosselbanken kwamen in de historische situatie weinig voor in de Eems-Dollard (8 ha, schatting WSV). In recente jaren wordt herstel van de mosselbanken waargenomen (Van der Molen et al., 2004). Door het beschermen van deze mosselbanken tegen visserij kan gezorgd worden dat deze de kans krijgen zich verder te ontwikkelen.

### *Verbeteren vismigratiemogelijkheden*

Ook in de Eems-Dollard is de connectiviteit met het aangrenzende (polder)land grotendeels verloren gegaan (Jager, 2003). Bij twee van de acht migratieknelpunten zijn in de afgelopen jaren vismigratievoorzieningen aangebracht. Het gaat om een vijzelpassage bij Polder Breebaart en een vissluis bij gemaal Rozema.

Verder herstel van verbinding tussen polderwateren en de Eems-Dollard kan door het toepassen van de volgende maatregelen:

- Aalgoot;
- Hevel-vispassage;
- Vijzel-vispassage;
- Aanpassing klepduiker;
- Aangepast beheer (spui)sluizen.

Welke van deze maatregelen de beste oplossing biedt zal per locatie bekeken moeten worden. Ook het opnieuw aanleggen van suatiesluizen naast de gemalen die deze sluizen in het verleden vervangen hebben is een oplossingsmogelijkheid.

### 4.3 Nieuwe Waterweg-Nieuwe Maas

Eertman & Smaal (1996) geven aan dat de ecologische waarde van de Nieuwe Waterweg aanzienlijk vergroot kan worden indien geleidelijke meer natuurlijke overgangen van water naar land worden gecreëerd zodat de processen van slik en schorvorming een kans krijgen. Zij noemen de volgende mogelijkheden voor natuurontwikkeling:

- Slik- en schorvorming door het aanleggen van extra kribvakken.
- Het maken van doorlaten in de bestaande oevers en inrichting van het achterliggende gebied zodat hier een intergetijdengebied kan ontstaan.
- Natuurontwikkeling in oude binnenhavens. Oude havens kunnen worden aangemerkt als bestaande luwtegebieden. In een aantal van deze havens zoals de Vijfsluizerhaven en de Madroelhaven zijn reeds geleidelijke zachte oevers aanwezig.

Langs een gebied zoals de Noordoever van de landtong tussen Nieuwe Waterweg en Calandkanaal zijn er mogelijkheden voor het uitvoeren van maatregelen 1 en 2. Oude havenbekkens in de Nieuwe Maas lenen zich voor natuurontwikkeling.

#### *Ontpolderen*

Bij handhaven van de scheepvaartfunctie van de Nieuwe Waterweg en de omvangrijke industrie op de oevers zijn de mogelijkheden voor grootschalige ontpoldering beperkt.

#### *Afgraven top laag buitendijks gebied*

Er is nagenoeg geen buitendijks gebied zodat ook de mogelijkheden voor deze maatregel gering zijn.

#### *Herstel zeegrasvelden en mosselbanken*

In de huidige Nieuwe Waterweg zijn er geen mogelijkheden voor zeegras als het gevolg van het ontbreken van geschikte habitats voor de vestiging van zeegras. Misschien dat natuurontwikkelingsmaatregelen waarbij stromingsluwe omstandigheden ontstaan in de toekomst mogelijkheden kunnen bieden voor de ontwikkeling van zeegras. Dit zal dan waarschijnlijk wel aangeplant moeten worden omdat er geen zaden van zeegras naar de Nieuwe Waterweg aangevoerd worden.

#### *Verbeteren vismigratiemogelijkheden*

Ook in de Nieuwe Waterweg-Nieuwe Maas is de connectiviteit met het aangrenzende (polder)land grotendeels verloren gegaan (Hartgers et al., 20001). In dit traject bevinden zich acht barrières op de overgang van zoet naar zout. Hier zijn nog geen vispassage voorzieningen getroffen.

Herstel van verbinding tussen polderwateren en Westerschelde kan door het toepassen van de volgende maatregelen:

- Aalgoot;
- Hevel-vispassage;
- Vijzel-vispassage;
- Aanpassing klepduiker;
- Aangepast beheer (spui)sluizen.

Welke van deze maatregelen de beste oplossing biedt zal per locatie bekeken moeten worden. Ook het opnieuw aanleggen van suatiesluizen naast de gemalen die deze sluizen in het verleden vervangen hebben is een oplossingsmogelijkheid.

## 4.4 Effect maatregelen op indicatoren maatlat

Tabel 4.1 geeft een inschatting van de effectiviteit van de belangrijke hydromorfologische maatregelentypen op de in de concept-maatlat (Van der Molen, 2004) onderscheiden visindicatoren. Doordat er een grote kennisleemte is ten aanzien van het effect van herstelmaatregelen op de estuariene visgemeenschap (zie ook hoofdstuk 5) is het expert judgement gehalte van deze tabel groot. De tabel dient beschouwd te worden als een eerste poging de verschillende maatregelen op hun effectiviteit te schalen. Bij het interpreteren van de resultaten dient hier rekening mee gehouden te worden.

Tabel 4.1 Expert judgement inschatting van het effect van maatregelen voor de in de concept-maatlat (Van der Molen, 2004) onderscheiden visindicatoren per overgangswater. Door het ontbreken van kennis dient deze tabel beschouwd te worden als een eerste poging de verschillende maatregelen op hun effectiviteit te schalen. Vanwege deze onzekerheid is nergens een grote effectiviteit (++) ingeschat. Nader onderzoek bij natuurherstelprojecten kan hierover meer duidelijkheid verschaffen

|                                                                               | Maatregel   |                                    |                                             |                                                     |
|-------------------------------------------------------------------------------|-------------|------------------------------------|---------------------------------------------|-----------------------------------------------------|
|                                                                               | Ontpolderen | Afgraven<br>toplaag<br>buitendijks | Herstel<br>zeegrasvelden en<br>mosselbanken | Herstel vismigratie-<br>mogelijkheden<br>(lateraal) |
| <b>Westerschelde</b>                                                          |             |                                    |                                             |                                                     |
| Aantal diadrome soorten                                                       | -/+         | -/+                                | -/+                                         | +                                                   |
| Aantal estuarien residente soorten                                            | -/+         | -/+                                | +                                           | -/+                                                 |
| Aantal marien juveniele soorten                                               | -/+         | -/+                                | -/+                                         | -/+                                                 |
| Aantal seizoensgast soorten                                                   | -/+         | -/+                                | -/+                                         | -/+                                                 |
| Diadrome indicatorsoort (Fint)                                                | -/+         | -/+                                | -/+                                         | -/+                                                 |
| Abundantie diadrome indicatorsoort (Spiering)                                 | -/+         | -/+                                | -/+                                         | -/+                                                 |
| Abundantie estuarien residente indicatorsoort (Puitaal)                       | +           | -/+                                | +                                           | -/+                                                 |
| Abundantie van marien juveniele indicatorsoorten (Schol, Tong, Schar, Haring) | +           | -/+                                | -/+                                         | -/+                                                 |
| <b>Eems-Dollard</b>                                                           |             |                                    |                                             |                                                     |
| Aantal diadrome soorten                                                       | -/+         | -/+                                | -/+                                         | +                                                   |
| Aantal estuarien residente soorten                                            | -/+         | -/+                                | +                                           | -/+                                                 |
| Aantal marien juveniele soorten                                               | -/+         | -/+                                | -/+                                         | -/+                                                 |
| Aantal seizoensgast soorten                                                   | -/+         | -/+                                | -/+                                         | -/+                                                 |
| Diadrome indicatorsoort (Fint)                                                | -/+         | -/+                                | -/+                                         | -/+                                                 |
| Abundantie diadrome indicatorsoort (Spiering)                                 | -/+         | -/+                                | -/+                                         | -/+                                                 |
| Abundantie estuarien residente indicatorsoort (Puitaal)                       | +           | -/+                                | +                                           | -/+                                                 |
| Abundantie van marien juveniele indicatorsoorten (Schol, Tong, Schar, Haring) | +           | -/+                                | -/+                                         | -/+                                                 |
| <b>Nieuwe Waterweg-Nieuwe Maas</b>                                            |             |                                    |                                             |                                                     |
| Aantal diadrome soorten                                                       | -/+         | -/+                                | -/+                                         | +                                                   |
| Aantal estuarien residente soorten                                            | +           | +                                  | +                                           | -/+                                                 |
| Aantal marien juveniele soorten                                               | +           | +                                  | +                                           | -/+                                                 |
| Aantal seizoensgast soorten                                                   | +           | +                                  | -/+                                         | -/+                                                 |
| Diadrome indicatorsoort (Fint)                                                | +           | +                                  | -/+                                         | -/+                                                 |
| Abundantie diadrome indicatorsoort (Spiering)                                 | +           | +                                  | -/+                                         | -/+                                                 |
| Abundantie estuarien residente indicatorsoort (Puitaal)                       | +           | +                                  | +                                           | -/+                                                 |
| Abundantie van marien juveniele indicatorsoorten (Schol, Tong, Schar, Haring) | +           | +                                  | -/+                                         | -/+                                                 |
| Effect op maaltindicator gering: -/+                                          |             |                                    |                                             |                                                     |
| Effect op maaltindicator middel: +                                            |             |                                    |                                             |                                                     |
| Effect op maaltindicator groot: ++                                            |             |                                    |                                             |                                                     |

De beoordeling in tabel 4.1 is gedaan op basis van de indicator(soort)en uit de concept-maatlat voor vis in overgangswateren. Hierbij is ingeschat in hoeverre de verschillende maatregelen bijdragen aan het creëren of ontsluiten van belangrijke habitats voor de indicatorsoorten. Zowel het verwachte effect op het soort aantal als de abundantie van indicatorsoorten is meegenomen bij de beoordeling. Voor het ecologisch herstel van overgangswateren lijkt een combinatie van herstelmaatregelen noodzakelijk. Zo zijn de maatregelen ontpolderen en afgraven toplaag buitendijks met name geschikt voor de estuarien residente en marien juveniele soorten. Ook bij het herstel van zeegrasvelden en mosselbanken wordt een positieve invloed op de estuarien residente soorten verwacht. Het herstellen van de laterale vismigratiemogelijkheden zal een gunstige invloed op diadrome indicatorsoorten als Aal en Driedoornige stekelbaars hebben.

#### *Effect op het aantal soorten*

Voor de Westerschelde en de Eems-Dollard is de verwachting dat de maatregelen ontpolderen en afgraven toplaag buitendijks weinig effect hebben op het soort aantal in deze estuaria. De morfologie van deze estuaria is namelijk nog divers genoeg om aan de meeste soorten een geschikte leefomgeving te bieden. Maatregelen als ontpolderen of het afgraven van de toplaag zorgen niet voor het herstel van habitats waar zich soorten kunnen vestigen die nu niet (meer) voorkomen. Dit betekent niet dat deze maatregelen geen positief effect hebben op de visgemeenschap (ze hebben alleen weinig effect op het aantal soorten dat in deze estuaria wordt aangetroffen). De maatregel herstel zeegrasvelden en mosselbanken kan mogelijk wel zorgen voor een toename van het aantal soorten. Momenteel is het areaal zeegras en mosselbanken zo gering dat een aantal estuarien residente soorten die zich gespecialiseerd hebben op deze habitattypen weinig of niet voorkomt. Herstel van zeegrasvelden en mosselbanken kan leiden tot een toename van het aantal (en de dichtheid) van deze soorten.

In tegenstelling tot de Westerschelde en de Eems-Dollard is er in de Nieuwe Waterweg-Nieuwe Maas bij de maatregelen ontpolderen en afgraven toplaag wel een effect te verwachten op het aantal soorten. De huidige habitatdiversiteit in de Nieuwe Waterweg is zo gering dat deze maatregelen (lokaal) tot de vestiging van soorten kan leiden die nu nog afwezig zijn of sporadisch worden aangetroffen.

De meeste hydromorfologische maatregelen hebben een gering effect op het aantal diadrome soorten en het aantal mariene seizoensgasten. Dit komt doordat het voorkomen van deze soorten voornamelijk beïnvloed wordt door factoren die buiten het estuarium spelen ( zie ook paragraaf 2.2.2).

#### *Effect op de abundantie van soorten*

Voor een toename van de abundantie van indicatorsoorten zijn grootschalige maatregelen nodig om een positief effect te bewerkstelligen. Met name het ontbreken van laag dynamische voedselrijke ondiep water gebieden lijkt, als gevolg van de uitgevoerde inpolderings- en kanalisatie-activiteiten in de Nederlandse overgangswateren, in de huidige situatie beperkend voor de abundantie van estuarien residente en marien juveniele soorten. Dergelijke gebieden zijn te creëren door ontpolderen en het afgraven van de toplaag in buitendijkse gebieden. Alleen ontpolderen is grootschalig uitvoerbaar in de Westerschelde en de Eems-Dollard, de beschikbare ruimte voor de maatregel afgraven toplaag lijkt beperkt. Ook het herstel van zeegrasvelden en mosselbanken kan een positief effect op de abundantie hebben. Aangezien zeegras en mosselbanken nagenoeg afwezig zijn, kan een geringe toename van deze habitats (plaatselijk) toch al een positief effect hebben op de abundantie van soorten die zich gespecialiseerd hebben op deze habitattypen.

Door de aanwezige industriële activiteiten langs de Nieuwe Waterweg-Nieuwe Maas lijken de beschikbare arealen voor het uitvoeren van natuurontwikkelingsmaatregelen zeer gering. Het lijkt hierdoor lastig om groot effect ten aanzien van abundantie van soorten te bewerkstelligen.

De meeste hydromorfologische maatregelen hebben een gering effect op de abundantie ten aanzien van de diadrome soorten. Dit komt doordat het voorkomen van deze soorten voornamelijk beïnvloed wordt door factoren die buiten het estuarium spelen (zie ook paragraaf 2.2.2).

## 4.5 Ecologisch potentieel visgemeenschap

Zoals al in paragraaf 4.4 werd aangegeven is het op basis van het huidige kennisniveau niet mogelijk harde uitspraken te doen over het effect van maatregelen op de estuariene visgemeenschap. Een inschatting van het ecologisch potentieel is hierdoor niet mogelijk. Wel is duidelijk (tabel 4.1) dat voor het ecologisch herstel van overgangswateren een combinatie van herstelmaatregelen noodzakelijk is. Hieronder volgt een korte beschouwing over het aantal soorten en de abundantie van soorten en de herstelmogelijkheden in de Nederlandse overgangswateren.

### *Aantal soorten*

In de Westerschelde en de Eems-Dollard lijkt het, na het uitvoeren van mitigerende maatregelen, voor de indicatoren die gebaseerd zijn op het aantal soorten mogelijk een verbetering van de ecologische toestand te behalen. De indicator voor het aantal diadrome soorten vormt hier een uitzondering op. Een aantal diadrome soorten (Steur, Elft, Zalm) is reeds lange tijd uitgestorven in de Westerschelde en de Eems-Dollard en het lijkt zeer moeilijk om deze soorten terug te krijgen. In de Nieuwe Waterweg-Nieuwe Maas is het aantal diadrome soorten dat in de huidige toestand wordt aangetroffen groter dan in de Westerschelde en de Eems-Dollard. Momenteel worden hier alle diadrome soorten, met uitzondering van de Atlantische Steur, weer aangetroffen. Dit heeft twee oorzaken. Enerzijds is de Rijn een rivier die van een veel grotere orde is dan de Schelde en de Eems-Dollard waardoor deze rivier een veel groter potentieel voor trekvissoorten heeft. Hiernaast is er in het kader van het Rijn Actie Programma veel geïnvesteerd in het herstel van migratieroutes en paaiplaatsen van trekvis hetgeen zijn vruchten heeft afgeworpen. Kanttekening ten aanzien van een aantal diadrome soorten die als zalm, houting en elft die momenteel weer worden aangetroffen is dat deze soorten uitgezet worden in de bovenlopen van de Rijn. Daarom kan nog niet over een duurzame populatie van deze soorten gesproken worden.

### *Abundantie van soorten*

Ten aanzien van de indicatoren die gebaseerd zijn op abundantie zijn geen referentiewaarden opgesteld in de concept-maatlat. Hiervoor bleek de historische informatie ontoereikend. In de natuurlijke situatie waren de dichtheden waarschijnlijk hoger dan tegenwoordig. De inpoldering van de productieve intergetijdengebieden heeft waarschijnlijk geleid tot een afname van de abundantie van de soorten die hier hun leefgebied hebben. Het is moeilijk in te schatten in hoeverre maatregelen als ontpoldering kunnen leiden tot herstel van natuurlijke dichtheden. De hydromorfologie van de Nieuwe Waterweg is als gevolg van de kanaalvormige loop en de steile verharde oevers zeer onnatuurlijk. Het grootste knelpunt in de Nieuwe Waterweg is het geringe areaal aan ondiepwatergebied waardoor het functioneren als kinderkamer voor mariene juveniele en estuariene residente soorten momenteel zeer beperkt is.



## 5 Kennisleemtes en aanbevelingen

### 5.1 Effect antropogene invloeden

Met name de inpoldering en het vastleggen van oevers heeft grote gevolgen gehad voor de beschikbaarheid van habitats in de Nederlandse overgangswateren. Doordat deze ingrepen plaatsvonden in een tijd dat er nog geen visonderzoeken plaatsvonden is het moeilijk het effect van deze ingrepen op de visgemeenschap te kwantificeren. Ook het effect van de grootschalige baggeractiviteiten, de water(bodem)kwaliteit en de grootschalige Noordzeevervisserij op de estuariene visgemeenschap is nagenoeg onbekend. Hoewel de waterkwaliteit van de rivieren sterk verbeterd is, worden de normen voor chemische stoffen in estuaria nog steeds overschreden. In estuaria bezinken grote hoeveelheden slib, een deel van de verontreinigingen uit het bovengelige stroomgebied is aan dit slib gebonden. Zo zijn er aanwijzingen dat de slechtere waterkwaliteit in de Westerschelde weerspiegeld wordt in de visgemeenschap. De concentraties van kwik en andere verontreinigingen in het sediment van de Westerschelde blijken nog steeds een veelvoud te zijn van de achtergrondconcentratie in de Noordzee. De benthische Puitaal, waarvan het broed gevoelige is voor kwikverontreiniging, komt in de Westerschelde in relatief lage dichtheden voor. De lage dichtheden Spiering in de Westerschelde in vergelijking tot andere estuaria kan ook veroorzaakt worden door de slechte waterkwaliteit, met name als gevolg van het optreden van lage zuurstofgehalten (Hamerlynck et al. 1993). De input van verontreinigingen vanuit verschillende Nederlandse bronnen blijkt gering ten opzichte van wat er via de Belgisch-Nederlandse grens binnenkomt. Het verbeteren van de waterkwaliteit in de Nederlandse overgangswateren zal grotendeels afhankelijk zijn van de inspanningen in de landen stroomopwaarts van Nederland.

Wetenschappers zijn het eens over het belang van estuaria als kinderkamer voor vissen. Het functioneren van onderdelen van het estuarium als vis habitat is echter nog grotendeels onontgonnen gebied. Momenteel ontbeert het de waterbeheerder aan kennis omtrent de functies die specifieke estuariene habitats (bv. mosselbanken en zeegrasvelden) in de levenscyclus van diadrome-, estuarien residente- en mariene soorten vervullen. Belangrijke kennisvragen zijn:

- Het effect van habitatverlies op het voorkomen van soorten en soortgroepen in estuaria.
- Inzicht in de meest kwetsbare soorten en de antropogene factoren die een bedreiging voor het voortbestaan van deze soorten vormen.

Het antwoord op deze vragen is van groot belang voor het inschatten van het effect van antropogene invloeden op de visgemeenschap en voor het ecologisch herstel van estuaria. Een activiteit die op korte termijn uitgevoerd zou kunnen worden is het vergelijken van de soortsaamenstelling en abundantie van vissoorten in de Nederlandse en buitenlandse overgangswateren gerelateerd aan de antropogene invloeden in de verschillende systemen. Door een systeem als de Nieuwe Waterweg te vergelijken met de Eems-Dollard en de Westerschelde kan bijvoorbeeld inzicht verkregen worden in het effect van het ontbreken van slikken en platen en een beperkte saliniteitsgradiënt op de estuariene visgemeenschap. Ook zouden tijdreeksen van waterkwaliteitsgegevens vergeleken kunnen worden met het voorkomen van estuariene soorten om meer inzicht in het effect van de waterkwaliteit te krijgen.

## 5.2 Vormgeving van herstelmaatregelen

Op basis van de resultaten van de quick-scan kunnen de volgende aanbeveling ten aanzien van het uitvoeren van mitigerende hydromorfologische maatregelen geformuleerd worden:

- het uitvoeren van grootschalige ontpolderingsmaatregelen waarbij hogere orde kreken gecreëerd worden;
- waar mogelijk stromingsluwe gebieden in het buitendijkse gebied creëren;
- onderzoek doen naar de mogelijkheden voor en geschikte locaties voor het herstel van zeegrasvelden en mosselbanken (bijvoorbeeld door het maken van kansenskaarten);
- herstellen van de vismigratiemogelijkheden op de zoet-zout overgangen naar poldergebieden.

Informatie over de optimale vormgeving/uitvoering van hydromorfologische herstelmaatregelen op de voor overgangswateren karakteristieke ecologische visgroepen en (doel)vissoorten blijkt een kennisleemte. In Europese estuaria is dit aspect nagenoeg niet onderzocht. In de VS zijn wel enige onderzoeken uitgevoerd waarbij men gekeken heeft naar de vormgeving van kunstmatige kreken in relatie tot het functioneren voor de visgemeenschap. Voor de vormgeving van maatregelen is inzicht in het habitatgebruik van estuariene soorten een vereiste. Op het moment zijn er grote kennisleemtes ten aanzien van:

- de habitatvoorkeur van de verschillende soorten en levensstadia;
- factoren die de kwaliteit van het habitat voor soorten en levensstadia bepalen.

Het verkrijgen van inzicht in bovenstaande kennisleemtes vergt specifiek onderzoek zoals dit ook in het rivierengebied is uitgevoerd (Grift, 2001; Jans, 2005). Meerjarig onderzoek van de visgemeenschap in verschillende habitattypen waaronder in natuurontwikkelingsgebieden is hiervoor vereist.

De mogelijkheden voor diadrome soorten als Driedoornige stekelbaars en (glas)Aal om poldergebieden in te trekken zijn nog erg beperkt. De maatregelen die in de afgelopen jaren op een aantal locaties genomen zijn om de migratiemogelijkheden te verbeteren lijken goed te werken. De efficiëntie van deze maatregelen is nog een kennisleemte. Voor het verbeteren van de migratiemogelijkheden bij de barrières langs de overgangswateren dient inzicht verkregen te worden in welke maatregel waar het best toegepast kan worden. Dit vraagt o.a. om een gestructureerde aanpak waarbij de huidige typen vispassages gelijktijdig onderzocht worden en waarbij het aantal individuen van migrerende soorten zowel beneden- als bovenstrooms van het object bepaald worden.

## 5.3 Concept-maatlat

De concept-maatlat vis in overgangswateren (Van der Molen et al., 2004) gaat uit van de natuurlijke situatie als referentie. De KRW verplicht om de ecologische beoordeling van vis in overgangswateren te baseren op de soortsaamenstelling (aantal soorten) en de soortabundantie van de visgemeenschap. Het aantal soorten geeft een weerspiegeling ten aanzien van de aanwezigheid van geschikte habitats terwijl de abundantie van soorten een beeld geeft ten aanzien van de kwantiteit van geschikte habitats. Een systeem waar alle van nature voorkomende habitattypen nog aanwezig zijn, maar waar een aantal habitats sterk in areaal is afgenomen zal bijvoorbeeld qua soortsaamenstelling nog goed scoren maar qua abundantie niet meer.

In de concept-maatlat zijn de deelmaatlaten ten aanzien van het aantal soorten gekwantificeerd. Hiervoor is gebruik gemaakt van historische bronnen en recentere monitoringsgegevens. Voor de deelmaatlat abundantie is een voorzet gegeven voor geschikte indicatoren maar deze zijn (nog) niet gekwantificeerd. Een beoordeling op grond van het aantal soorten alleen geeft geen duidelijk beeld van de ecologische toestand en van het effect van mitigerende maatregelen. Hiervoor is het nodig de abundantie van (indicator)soorten mee te nemen.

Voor het opstellen van MEP's/GEP's dienen de klassengrenzen uit de concept-maatlat aangepast te worden. Met name t.a.v. het aantal diadrome soorten geldt dat een aantal van deze soorten (o.a. Steur, Elft) reeds lange tijd uitgestorven zijn. De kansen voor herstel van deze populaties lijken zeer gering (zeker op korte termijn). Herstel ten aanzien van deze soorten vraagt o.a. om (herintroductie)maatregelen in stroomopwaartse riviertrajecten.

Een activiteit (zie ook aanbeveling paragraaf 5.1) die op korte termijn uitgevoerd zou kunnen worden om MEP's/GEP's te bepalen, is het vergelijken van de samenstelling van de visgemeenschap in de Nederlandse en buitenlandse overgangswateren in relatie tot antropogene invloeden in de verschillende systemen.

#### *Deelmaatlat Fint*

De Fint maakt onderdeel uit van de deelmaatlat aantal diadrome soorten. Hiernaast is in een later stadium een aparte deelmaatlat voor de Fint in de concept-maatlat opgenomen. De Fint plant zich voort in het zoetwatergetijdengebied (zoetwatergetijdenrivier is in Nederland een apart watertype). Voor de Eems-Dollard en de Westerschelde geldt dat het zoetwatergetijdengebied in Duitsland respectievelijk België ligt. Het Nederlandse deel van deze estuaria fungeert als doortrek- en opgroeigebied voor de Fint. Uit de wetenschappelijke literatuur (o.a. Elliot & Hemingway, 2002; De Groot, 1992) blijkt dat de afname van diadrome soorten als de Fint voornamelijk veroorzaakt is door de aanleg van barrières en de degradatie van paaigebieden. Zowel in het Eems-Dollard als het Westerschelde estuarium dient herstel op dit vlak over de landsgrenzen plaats te vinden.

In het Rijn-Maasmondingsgebied paaide de Fint in het verleden massaal, de Fint was hier destijds een algemeen voorkomende soort die commercieel werd bevestigd. Gezien de afwezigheid van juveniele finten in de vismonitoring en visbemonsteringen het Rijn-Maasmondingsgebied ontbreekt het hier nu aan geschikte paaigebieden. De afsluiting van het Haringvliet waardoor de getijdeninvloed in de paaigebieden (Hollandsch Diep, Biesbosch) verdween heeft hierbij een grote rol gespeeld. Het is mogelijk dat met een ander beheer van de Haringvlietluizen waarbij de getijdeninvloed toeneemt weer geschikte paaigebieden ontstaan. In Nederland weten we echter nog erg weinig ten aanzien van geschikte habitatgebieden in onze rivieren voor de Fint. Er is de afgelopen jaren in andere Europese landen wel veel geïnvesteerd in onderzoek t.a.v. de ecologie van de Fint. Door de kennis uit deze onderzoeken te gebruiken kan onderzocht worden of er nog geschikte paaioomstandigheden in Nederland voorkomen en of deze middels herstelmaatregelen gecreëerd kunnen worden.

## 6 Referenties

ABP Southampton, 1998. Review of coastal habitat creation, restoration and recharge schemes. ABP Research & Consultancy LTD, report no. R.909.

Consortium Arcadis – Technum, 2004. Strategisch MER Schelde estuarium. Ontwikkelingsschets 2010 Natuur deelrapport 2, huidige situatie natuur.

Beyst, B, J. Mees, A. Cattrijsse, 1999. Early postlarval fish in the hyperbenthos of the Dutch Delta (south-west Netherlands). Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom, Vol. 79, no. 4, pp. 709-724.

Bouma, S., S.M. Veen & G.H. Bonhof, 2002. Proefgebieden herstel zoet-zoutovergangen in het Deltagebied; Een beschrijving van 15 projecten. Bureau Waardenburg bv, rapportnr. 02-158.

Brenninkmeijer, A., E. Wymenga, D. van Dullemen, 2005. Monitoring vispassages Roptazijl en Terschelling 2002-2004. Altenburg & Wymenga rapportnr. 553.

Cattrijsse, A., E. Makwaia, H. Dankwa, O. Hamerlynck, & M. Hemminga, 1994. Nekton communities of an intertidal creek of a European estuarine brackish marsh. Marine ecology progress series. Vol. 109, no. 2-3, pp. 195-208.

Day, J.W., C.A.S. Hall, W.M. Kemp & A. Yanez-Arancibia, 1989. Estuarine Ecology. John Wiley & Sons Ltd, New York.

De Groot, S.J., 1992. Herstel van riviertrekvisserij in de Rijn een realiteit? 8. De Fint. De Levende Natuur 93: 182-186.

De Jong, F., Bakker, J.F., van Berkel, C.J.M., Dahl, K., Dankers, N.M.J.A., Gätje, C., Marencic, H. and Potel, P., 2000. 1999 Waddenzee Quality Status Rapport. m.m.v. J. Wanink, A. Zeevaarder en P. Esselink, Nederlandse vertaling van: Wadden Sea Quality Status Report. Wadden Sea Ecosystem No. 9. Common Wadden Sea Secretariat, Trilateral Monitoring and Assessment Group, Quality Status Report Group. Wilhelmshaven, Germany; waaraan toegevoegd de Nederlandse situatie uitgebreid. Rapport RIKZ/2000.008.

De Jong, D.J., M.M. van Katwijk & Z. Jager, 2003. Zeegras in Nederland. De Levende Natuur, jaargang 105, nr. 5, blz. 209-211.

De Jong, D.J., M.M. van Katwijk & A.G. Brinkman, 2005. Kanskaart Zeegras Waddenzee; Potentiele groeimogelijkheden voor zeegras in de Waddenzee. RIKZ, rapportnr. 2005.013.

De Leeuw C. & M.L. Meijer, 2002. Proefgebieden herstel zoet-zoutovergangen in Noord Nederland; Een beschrijving van 18 projecten. RIKZ, rapportnr. 2003.010.

Dommering, A.E., R.A.E. Knoben, T. Ietswaart, M.H.P. Jansen en F. Wagemaker, 2002. Kaderrichtlijn Water Pilot Westerschelde. Eindrapport Proefrapportage Menselijke Belasting, 2002. RIZA-rapport 2002.048/RIKZ-rapport 2002.838.x.

Eertman, R. 2000. Ecologisch herstel Rijn-Maas-monding; Mogelijkheden voor natuurontwikkeling op tien locaties in het Rotterdams havengebied. RIKZ, rapportnr. 2000.025.

Eertman, R. & A. Smaal, 1996. Rotterdam Ecopoort. Conceptuele benadering en een praktische toepassing van ecologisch herstel. Rapport RIKZ-96.040.

Elliot, M. & K.L. Hemingway, 2002. Fishes in Estuaries. Blackwell Science Ltd, London.

Grift, R.E., 2001. How fish benefit from floodplain restoration along the lower River Rhine. PhD Thesis, Wageningen University.

Hamerlynck, O., K. Hostens, R. Arellano, J. Mees, P. Van Damme, 1993. The mobile epibenthic fauna of soft bottoms in the Dutch Delta (South-West Netherlands): Spatial structure. Netherlands Journal of Aquatic Ecology. Vol. 27, no. 2-4.

Hampel, H., A. Cattijse & M. Vincx, 2003a. Tidal, diel and semi-lunar changes in the faunal assemblage of an intertidal salt marsh creek. Estuarine, Coastal and Shelf Science. Vol. 56, no. 3-4, pp. 795-805.

Hampel, H., A. Cattijse & M. Vincx, 2003b. Habitat value of a developing estuarine brackish marsh for fish and macrocrustaceans. ICES Journal of Marine Science. Vol. 60, no. 2, pp. 278-289.

Hovenkamp, F. & H.W. van der Veer. De visfauna van de Nederlandse estuaria: een vergelijkend onderzoek, 1993. Nederlands instituut voor onderzoek der zee, Texel.

Jager, Z., 1999. Visintrek Noord-Nederlandse kustzone. Rapport RIKZ/99.022.

Jager, Z., 1999. Het functioneren van de Eems-Dollard als kinderkamer voor platvis : deel 1 : getijdentransport en accumulatie van larvale bot. Ministerie van Verkeer en Waterstaat, Rijkswaterstaat, Rijksinstituut voor Kust en Zee (RWS, RIKZ), Haren. Rapport RIKZ-99.039

Jager, Z. en H.L. Kleef, 1999. Het functioneren van de Eems-Dollard als kinderkamer voor platvis : deel 3 : aantalsverloop en lengtetoeename van juveniele schol, bot en tong in Dollard en Eems. Ministerie van Verkeer en Waterstaat, Rijkswaterstaat, Rijksinstituut voor Kust en Zee (RWS, RIKZ), Haren. Rapport RIKZ-99.041

Jager, Z., 2003. Visie visintrek Noord-Nederland. Rapport RIKZ/2003.029.

Jager, Z. & J. Kranenbarg, 2004. Implementatie KRW vis in overgangswateren.

Jans, L., 2004. Evaluatie nevengeulen Gamerensche Waard 1996-2002. RIZA, rapportnr. 2004.024.

Kleef, H.F. en Z. Jager, 1999. Het functioneren van de Eems-Dollard als kinderkamer voor platvis : deel 2 : vestiging van schol, bot en tong in het intergetijdengebied in relatie tot sedimentsamenstellingen hoogteligging. Ministerie van Verkeer en Waterstaat, Rijkswaterstaat, Rijksinstituut voor Kust en Zee (RWS, RIKZ), Haren. Rapport RIKZ-99.040

Kranenbarg, J., 2003. Vissen tussen zoet en zoet; Inzichten, kennisleemtes en onderzoeksopzet voor Nederlandse estuaria (interne notitie). Ministerie van Verkeer en Waterstaat, Rijkswaterstaat, Rijksinstituut voor Integraal Zoetwaterbeheer en Afvalwaterbehandeling (RWS, RIZA).

Kranenbarg, J., 2004. KRW vis in overgangswateren. Antropogene knelpunten en potentiële herstel- en inrichtingsmaatregelen. WL Delft Hydraulics, Delft.

Kranenbarg J. & J. Backx, 2004. Ander beheer Haringvlietluizen. Tussenrapportage actieve monitoring vissen 2000-2003. RIZA werkdocument 2004.072X.

Kroes, M.J. & S. Monden, 2005. Vismigratie. Een handboek voor herstel in Vlaanderen en Nederland. Uitvoering Organisatie ter Verbetering van de Binnenvisserij, uitgave Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap, Brussel.

Leutscher, M., 2004. Van Dollard naar AA. Een onderzoek naar de effectiviteit van visvriendelijk spuisluisbeheer bij het sluizencomplex Nieuwe Statenzijl. Stageverslag Opleiding Milieutoezicht AOC Terra, Groningen.

Mathieson, S, A. Cattrijsse, M. Costa, P. Drake, M. Elliott, J. Gardner & J. Marchand, 2000. Fish assemblages of European tidal marshes: A comparison based on species, families and functional guilds. Mar. Ecol. Prog. Ser. Vol. 204, pp. 225-242.

Muyres, W.J.M. & A.T. de Groot, 1980. Visserijkundige waarnemingen vispassages 1975 tot en met 1979.

Paalvast, P., 2002. Historische ontwikkeling estuariene ecotopen in de Noordrand van het benedenrivierengebied vanaf 180 tot heden. Ecoconsult rapportnr. 2002.02.

Schomaker A.H.H.M. & A.J. Otte, 2005. Indicatieve kosteneffectiviteitsanalyse voor hydromorfologische herstelmaatregelen; Methodiekontwikkeling en voorbeelduitwerking Westerschelde. Royal Haskoning.

Stikvoort, E., J. Graveland & R. Eertman, 2002. Leve(n)de Noordrand. Pragmatische toekomstvisie voor het ecologisch herstel van het estuarium van het rotterdamse havengebied. Rapport RIKZ/2002.032

Thiel, R. & A.R. Bos, 1997. Relationships between habitat diversity and fish species diversity in the tidal Elbe river, Germany. Proceedings of the Ninth International Congress of European Ichthyologists (CE 19) 'Fish Biodiversity' .Trieste, Italy.

Van den Bergh, E., S. van Damme, J. Graveland, D.J. de Jong, I. Baten & P. Meire, 2003. Studierapport natuurontwikkelingsmaatregelen ten behoeve van de Ontwikkelingsschets 2010 voor het Schelde-estuarium. Op basis van een ecosysteemanalyse en verkenning van mogelijke maatregelen om het streefbeeld Natuurlijkheid van de Lange Termijn Visie te bereiken. Werkdocument/RIKZ/OS/2003.825x.

Van der Molen, D.T., 2004. Referenties en concept-maatlatten voor overgangs- en kustwateren voor de Kaderrichtlijn Water. STOWA rapport nr 2004-44.

Van der Welle, J. & P. Meire. 1999. Levende Eems. Herstelplan voor Eems en Dollard. Rapport 99/08. Waddenvereniging, Groningen/Harlingen. 72 pp.

Van Oevelen, D., E. van den Bergh, T. Ysebaert & P. Meire, 2000a. Literatuuronderzoek naar estuariene herstelmaatregelen. Rapport Intsituut voor Natuurbehoud, IN.R. 2000.4, Brussel.

Van Katwijk, M.M., S. van Pelt, N. Dankers, 2002. Herinstructie van Groot zee gras in de westelijke Waddenzee (2002-2006); Inventarisatie van bestaande kennis, selectie van locaties en plan van aanpak. RIKZ, werkdocument 2002.609x.

Van Oevelen, D., E. van den Bergh, T. Ysebaert & P. Meire, 2000b. Literatuuronderzoek naar ontpoldering. Rapport Intsituut voor Natuurbehoud, IN.R. 2000.7, Brussel.

Vrielynck S., C. Belpaire, A. Stabel, Jan Breine en P. Quataert, 2003. De visbestanden in Vlaanderen anno 1840-1950. Een historische schets van de referentietoestand van onze waterlopen aan de hand van de visstand, ingevoerd in een databank en vergeleken met de actuele toestand.

Website Schelde informatiecentrum ([www.scheldenet.nl](http://www.scheldenet.nl)).

Williams, G.D., & J.B. Zedler, 1999. Fish assemblage composition in constructed and natural tidal marshes of San Diego Bay: Relative influence of channel morphology and restoration history. *Estuaries*, 72, 702-716.

Ybema, M.S. & Backx, J.J.G.M., 2001. Kansen voor estuariene vissen in het Haringvliet door gewijzigd sluisbeheer; Een onderzoek naar de migratiekansen van de estuariene visstand van het toekomstig Haringvliet door gewijzigd sluisbeheer. RIZA werkdokument 2001.009X.

Zweep, W., 2003. De sluis naar nieuw leven. Een onderzoek naar de effectiviteit van aangepast (visvriendelijk) sluisbeheer bij de spuisluis van Duurswold. Stageverslag Opleiding Milieutoezicht AOC Terra , Groningen.

## A Referentielijst estuariene vissoorten (Jager & Kranenbarg, 2004)

| Nederlandse naam                          | Latijnse naam                 |
|-------------------------------------------|-------------------------------|
| <b><u>Diadrome soorten</u></b>            |                               |
| steur                                     | <i>Acipenser sturio</i>       |
| elft                                      | <i>Alosa alosa</i>            |
| fint                                      | <i>Alosa fallax</i>           |
| paling                                    | <i>Anguilla anguilla</i>      |
| driedoornige stekelbaars                  | <i>Gasterosteus aculeatus</i> |
| rivierprik                                | <i>Lampetra fluviatilis</i>   |
| spiering                                  | <i>Osmerus eperlanus</i>      |
| zeeprik                                   | <i>Petromyzon marinus</i>     |
| zalm                                      | <i>Salmo salar</i>            |
| zeeforel                                  | <i>Salmo trutta</i>           |
| <b><u>Estuarien residente soorten</u></b> |                               |
| harnasman                                 | <i>Agonus cataphractus</i>    |
| zandspiering                              | <i>Ammodytes tobianus</i>     |
| glasgrondel                               | <i>Aphia minuta</i>           |
| houting                                   | <i>Coregonus oxyrinchus</i>   |
| slakdolf                                  | <i>Liparis liparis</i>        |
| zeedonderpad                              | <i>Myoxocephalus scorpius</i> |
| botervis                                  | <i>Pholis gunnellus</i>       |
| bot                                       | <i>Platichthys flesus</i>     |
| brakwater grondel                         | <i>Pomatoschistus microps</i> |
| dikkopje                                  | <i>Pomatoschistus minutus</i> |
| grote zeenaald                            | <i>Syngnathus acus</i>        |
| kleine zeenaald                           | <i>Syngnathus rostellatus</i> |
| puitaal                                   | <i>Zoarces viviparus</i>      |
| <b><u>Marien juveniele soorten</u></b>    |                               |
| haring                                    | <i>Clupea harengus</i>        |
| zeebaars                                  | <i>Dicentrarchus labrax</i>   |
| kabeljauw                                 | <i>Gadus morhua</i>           |
| schar                                     | <i>Limanda limanda</i>        |
| wijting                                   | <i>Merlangius merlangus</i>   |
| schol                                     | <i>Pleuronectes platessa</i>  |
| tarbot                                    | <i>Scophthalmus maximus</i>   |
| griet                                     | <i>Scophthalmus rhombus</i>   |
| tong                                      | <i>Solea solea</i>            |
| rode poon                                 | <i>Trigla lucerna</i>         |
| <b><u>Mariene seizoensgasten</u></b>      |                               |
| geep                                      | <i>Belone belone</i>          |
| pijlstaartrog                             | <i>Dasyatis pastinaca</i>     |
| snotolf                                   | <i>Cyclopterus lumpus</i>     |
| ansjovis                                  | <i>Engraulis encrasicolus</i> |
| sprot                                     | <i>Sprattus sprattus</i>      |



## B Migratieknelpunten Nieuwe Waterweg- Nieuwe Maas en Westerschelde

| Vismigratieknelpunten van overgangswateren naar regionale wateren |                          |                          |
|-------------------------------------------------------------------|--------------------------|--------------------------|
| loost op/grenst aan                                               | naam kunstwerk           | categorie                |
| Nieuwe Maas                                                       | Mr. U.G. Schilthuis      | germaal                  |
| Nieuwe Maas                                                       | Oud- en Nieuw Reyerwaard | germaal                  |
| Nieuwe Maas                                                       | Leuvesluis               | uitwateringsluis         |
| Nieuwe Waterweg                                                   | Krimslot                 | germaal                  |
| Nieuwe Waterweg                                                   | Mr. Dr. C.P. Zaayer      | germaal                  |
| Nieuwe Waterweg                                                   | Parksluizen              | germaal                  |
| Nieuwe Waterweg                                                   | Schiegemaal              | germaal                  |
| Nieuwe Waterweg                                                   | Westland                 | germaal                  |
| Westerschelde                                                     | Bathse spuisluis         | doorlaat-spuisluis/hevel |
| Westerschelde                                                     | Hellewoud                | gemaal/sluis             |
| Westerschelde                                                     | Cadzand                  | gemaal/sluis             |
| Westerschelde                                                     | Othene                   | gemaal/sluis             |
| Westerschelde                                                     | Quarles                  | germaal                  |
| Westerschelde                                                     | Borsele                  | germaal                  |
| Westerschelde                                                     | Campen                   | germaal                  |
| Westerschelde                                                     | Groenewege               | germaal                  |
| Westerschelde                                                     | Joh.Glerum               | germaal                  |
| Westerschelde                                                     | Maelstede                | germaal                  |
| Westerschelde                                                     | Nieuwe Sluis             | germaal                  |
| Westerschelde                                                     | Nummer Een               | germaal                  |
| Westerschelde                                                     | Paal                     | germaal                  |
| Westerschelde                                                     | Waarde                   | germaal                  |
| Westerschelde                                                     | Zuidwatering             | germaal                  |
| Westerschelde                                                     | H.Hedwigepolder          | uitwateringsluis         |
| Westerschelde                                                     | Nol Zeven                | uitwateringsluis         |
| Westerschelde                                                     | W. Rijkswaterleiding     | uitwateringsluis         |
| Westerschelde                                                     | Bath                     | uitwateringsluis         |
| Westerschelde                                                     | Braakmanpolder           | uitwateringsluis         |

## C Uitwateringspunten Eems-Dollard en Waddenzee

Bron: Jager, 2003



kleurcode van passeerbaarheid:

- A (blauw)
- B (groen)
- C (geel)
- D (oranje)
- E (rood)

A is het beste, E het slechtste vanuit de optiek van visintrek.

| SCORE | OMSCHRIJVING PASSEERBAARHEID                                          | LOZINGSOMSTANDIGHEDEN                                                                                  | TYPE KUNSTWERK                                                     |
|-------|-----------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|
| A1    | Doorgaans passeerbaar voor alle vissoorten                            | Frequente langdurige lozing<br>Stroomsnelheid < 0,5 m/s, af en toe landinwaarts gerichte (onder)stroom | Spuisluis met gering verval<br>Civiel-technische Vispassage Duiker |
| A2    | Doorgaans passeerbaar voor goede zwemmers (zwemsnelheid > 1 m/s)      | Frequente langdurige lozing<br>Stroomsnelheid > 1 m/s                                                  | Spuisluis met groot verval<br>Civiel-technische vispassage         |
| B     | Periodiek passeerbaar voor alle vissoorten                            | Periodieke korte lozing<br>Stroomsnelheid < 0,5 m/s                                                    | Civiel-technische vispassage                                       |
| C1    | Incidenteel passeerbaar voor alle vissoorten                          | Lozing met incidentele intrekmoogelijkheden<br>Stroomsnelheid < 0,5 m/s<br>Valhoogte < 0,1 m           | Spuisluis<br>Schutsluis                                            |
| C2    | Incidenteel passeerbaar voor goede zwemmers (zwemsnelheid > 1 m/s)    | Lozing met incidentele intrekmoogelijkheden<br>Stroomsnelheid > 1,0 m/s                                | Spuisluis                                                          |
| D1    | Niet passeerbaar voor alle vissoorten m.u.v. kruipers: (Glas)Aal      | Lozing via rooster, borstels, waterfilm of lekstroom.<br>Stroomsnelheid < 1 m/s                        | Aalgoot<br>Spui-, schut-, stuwsluis                                |
| D2    | Niet passeerbaar voor alle vissoorten m.u.v. springers: Zalm/Zeeforel | Lozing via een overstort met een valhoogte > 0,1 m                                                     | Stuwsluis                                                          |
| E     | Totaal niet passeerbaar voor alle vissoorten                          | Lozing via een constructie met onvermijdbare bewegende delen en/of stroomsnelheden >> 2 m/s            | Gemaal                                                             |