

Onderzoekprogramma ecologisch herstel Eems-Dollard

AG Brinkman, MJ Baptist

Rapport C008/15



IMARES Wageningen UR

Institute for Marine Resources & Ecosystem Studies

Opdrachtgever:

Mr. M. Datema
Ministerie van EZ
Directie Regio en Ruimtelijke Economie
Bezuidenhoutseweg 73
2594 AC Den Haag

BO-11-011.04-039

Publicatiedatum:

22 januari 2015

IMARES is:

- Missie Wageningen UR: *To explore the potential of marine nature to improve the quality of life.*
- IMARES is hét Nederlandse instituut voor toegepast marien ecologisch onderzoek met als doel kennis vergaren van en advies geven over beheer en duurzaam gebruik van zee- en kustgebieden.
- IMARES is onafhankelijk en wetenschappelijk toonaangevend.

Aanbevolen citatie:

Brinkman AG & Baptist MJ. 2015. Onderzoekprogramma ecologisch herstel Eems-Dollard.
IMARES Rapport C008/15

Postbus 68

1970 AB IJmuiden
Tel: +31 (0)317 48 09 00
Fax: +31 (0)317 48 73 26
E-Mail: imares@wur.nl
www.imares.wur.nl

Postbus 77

4400 AB Yerseke
Tel: +31 (0)317 48 09 00
Fax: +31 (0)317 48 73 59
E-Mail: imares@wur.nl
www.imares.wur.nl

Postbus 57

1780 AB Den Helder
Tel: +31 (0)317 48 09 00
Fax: +31 (0)223 63 06 87
E-Mail: imares@wur.nl
www.imares.wur.nl

Postbus 167

1790 AD Den Burg Texel
Tel: +31 (0)317 48 09 00
Fax: +31 (0)317 48 73 62
E-Mail: imares@wur.nl
www.imares.wur.nl

© 2014 IMARES Wageningen UR

IMARES, onderdeel van Stichting DLO.

KvK nr. 09098104,

IMARES BTW nr. NL 8113.83.696.B16.

Code BIC/SWIFT address: RABONL2U

IBAN code: NL 73 RABO 0373599285

De Directie van IMARES is niet aansprakelijk voor gevolgschade, noch voor schade welke voortvloeit uit toepassingen van de resultaten van werkzaamheden of andere gegevens verkregen van IMARES; opdrachtgever vrijwaart IMARES van aanspraken van derden in verband met deze toepassing.

Dit rapport is vervaardigd op verzoek van de opdrachtgever hierboven aangegeven en is zijn eigendom. Niets uit dit rapport mag weergegeven en/of gepubliceerd worden, gefotokopieerd of op enige andere manier gebruikt worden zonder schriftelijke toestemming van de opdrachtgever.

Inhoud

Samenvatting	5
1 Introductie	7
1.1 Waddengebied.....	7
1.2 Eems-Dollard.....	7
1.2.1 Geschiedenis van de besluitvorming.....	7
1.2.2 Knelpunten in het Eems-Dollard gebied.....	8
1.3 Vraagstukken, maatregelen en tegenstrijdigheden.....	9
1.4 Dit rapport.....	10
1.5 Indeling van de thema's.....	10
1.6 Bijdragen	11
2 Het Eems-Dollard-estuarium	13
2.1 Introductie	13
2.2 Veranderingen in het Eems-Dollard-estuarium	14
2.3 Maatregelen voor een gunstiger hydrodynamiek	14
2.3.1 Nummers van de long-list en het maatregelcluster	14
2.3.2 Wat zal er in het systeem veranderen als de maatregelen werkelijkheid worden?	15
2.3.2.1 <i>Hindering van de watertoevoer</i>	15
2.3.2.2 <i>Veranderd stromingspatroon</i>	15
2.3.3 Welke maatregelen lijken het meest ingrijpend cq doeltreffend te zijn, en waarom.....	15
2.3.3.1 <i>Hindering van de watertoevoer</i>	15
2.3.3.2 <i>Veranderd stromingspatroon</i>	16
2.3.4 Welke vragen liggen er nog.....	16
2.3.4.1 <i>Hindering van de watertoevoer</i>	16
2.3.4.2 <i>Veranderd stromingspatroon</i>	16
2.3.5 Wat móet er onderzocht worden, inclusief een schatting van de inspanning en het tijdpad	16
2.4 Maatregelen voor slibafvang, baggerstort en estuariumvergroting	18
2.4.1 Nummers van de long-list en het maatregelcluster	18
2.4.2 Wat zal er in het systeem veranderen als de maatregelen werkelijkheid worden?	18
2.4.2.1 <i>Baggeren en afvoeren van bezonken slib</i>	18
2.4.2.2 <i>Creëren van extra slibvang door vergroting van het estuarium</i>	18
2.4.2.3 <i>Verhinder het natuurlijke transport terug naar het estuarium van gestort slib</i>	19
2.4.3 Welke maatregelen lijken het meest ingrijpend cq doeltreffend te zijn, en waarom.....	19
2.4.3.1 <i>Extra slibafvang</i>	19
2.4.3.2 <i>Onttrekking van slib</i>	19
2.4.3.3 <i>Eroderende effecten</i>	20
2.4.4 Welke vragen liggen er nog.....	20
2.4.4.1 <i>Baggeren en afvoeren van bezonken slib</i>	20
2.4.4.2 <i>Extra slibafvang</i>	20
2.4.4.3 <i>Terugstortregime</i>	20
2.4.5 Wat móet er onderzocht worden, inclusief een schatting van de inspanning en het tijdpad	21
2.5 Maatregelen voor oeververbetering & natuurherstel.....	22
2.5.1 Nummers van de long-list en het maatregelcluster	22
2.5.2 Wat zal er in het systeem veranderen als de maatregelen werkelijkheid worden?	22
2.5.3 Welke maatregelen lijken het meest ingrijpend cq doeltreffend te zijn, en waarom.....	22
2.5.3.1 <i>Oeverherstel</i>	22
2.5.3.2 <i>Zoet-zoutovergangen</i>	22
2.5.3.3 <i>Binnendijkse gebieden</i>	22
2.5.3.4 <i>Natuurontwikkeling in de Eems-Dollard</i>	22
2.5.4 Welke vragen liggen er nog.....	23
2.5.4.1 <i>Oeverherstel en Zoet-zoutovergangen</i>	23
2.5.4.2 <i>Binnendijkse gebieden</i>	23
2.5.4.3 <i>Natuurontwikkeling in de Eems-Dollard</i>	23
2.5.5 Wat móet er onderzocht worden, inclusief een schatting van de inspanning en het tijdpad	23
2.6 Maatregelen in het kader van gebiedsbeleving, woonomgeving en veiligheid	24

Onderzoekprogramma ecologisch herstel Eems-Dollard

2.6.1	Nummers van de long-list en het maatregelcluster	24
2.6.2	Wat zal er in het systeem veranderen als de maatregelen werkelijkheid worden?	24
2.6.3	Welke vragen liggen er nog	24
2.7	Maatregelen in het kader van verontreinigingen en verstoringen.....	24
2.7.1	Nummers van de long-list en het maatregelcluster	24
2.7.2	Wat zal er in het systeem veranderen als de maatregelen werkelijkheid worden?	24
2.7.3	Welke maatregelen lijken het meest ingrijpend cq doeltreffend te zijn, en waarom.....	25
2.7.3.1	<i>Griesberg</i>	25
2.7.3.2	<i>Pekellozing</i>	25
2.7.3.3	<i>Geluidsoverlast/verstoring</i>	25
2.7.3.4	<i>Koelwaterinname/lozing</i>	25
2.7.4	Welke vragen liggen er nog	26
2.7.4.1	<i>Griesberg</i>	26
2.7.4.2	<i>Pekellozing</i>	26
2.7.4.3	<i>Geluidsoverlast/verstoring</i>	26
2.7.4.4	<i>Koelwaterinname/lozing</i>	26
2.7.5	Wat móet er onderzocht worden, inclusief een schatting van de inspanning en het tijdpad	27
2.7.5.1	<i>Griesberg</i>	27
2.7.5.2	<i>Pekellozing</i>	27
2.7.5.3	<i>Geluidsoverlast/verstoring</i>	27
2.7.5.4	<i>Koelwaterinname/lozing</i>	27
2.8	Bijkomende niet-fysieke maatregelen, zoals die op overleggebied	28
2.8.1	Nummers van de long-list en het maatregelcluster	28
2.8.2	Welke vragen liggen er nog	28
2.8.3	Wat móet er onderzocht worden, inclusief een schatting van de inspanning en het tijdpad	28
2.9	Bijkomende maatregelen aangaande monitoring	29
2.9.1	Nummers van de long-list en het maatregelcluster	29
2.9.2	Wat zal er in het systeem veranderen als de maatregelen werkelijkheid worden?	29
2.9.3	Welke vragen liggen er nog	29
2.9.4	Wat móet er onderzocht worden, inclusief een schatting van de inspanning en het tijdpad	30
2.10	Overige maatregelen	30
2.10.1	Nummers van de long-list en het maatregelcluster	30
2.10.2	Wat zal er in het systeem veranderen als de maatregelen werkelijkheid worden?	30
2.10.3	Wat móet er onderzocht worden, inclusief een schatting van de inspanning en het tijdpad	30
3	De Eemsrivier	31
3.1	Algemeen	31
3.2	Maatregelen voor hydrodynamisch herstel Eemsrivier.....	32
3.2.1	Nummers van de long-list en het maatregelcluster	32
3.2.2	Wat zal er in het systeem veranderen als de maatregelen werkelijkheid worden?	32
3.2.2.1	<i>Stuw Herbrum</i>	32
3.2.2.2	<i>Sliblaag</i>	32
3.2.2.3	<i>Herstel meanders</i>	32
3.2.3	Welke maatregelen lijken het meest ingrijpend cq doeltreffend te zijn, en waarom.....	32
3.2.4	Welke vragen liggen er nog	32
3.2.5	Wat móet er onderzocht worden, inclusief een schatting van de inspanning en het tijdpad	33
3.3	Maatregelen voor natuurherstel Eemsrivier	33
3.3.1	Nummers van de long-list en het maatregelcluster	33
3.3.2	Wat zal er in het systeem veranderen als de maatregelen werkelijkheid worden?	33
3.3.3	Welke maatregelen lijken het meest ingrijpend cq doeltreffend te zijn, en waarom.....	33
3.3.4	Welke vragen liggen er nog	33
3.3.5	Wat móet er onderzocht worden, inclusief een schatting van de inspanning en het tijdpad	33
4	Evaluatie	35
	Referenties	37
	Verantwoording	40

Samenvatting

De Ministeries van Infrastructuur en Milieu (IenM) en Economische Zaken (EZ), tezamen met de provincie Groningen, zijn opdrachtgevers voor een MIRT-onderzoek (Meerjaren Programma Infrastructuur Ruimte en Transport) naar de ecologische verbetermogelijkheden van het Eems-Dollard-estuarium in samenhang met de economische en sociale functies die het gebied vervult.

In een vorig rapport zijn 92 maatregelen voor ecologisch herstel op gestructureerde wijze beschreven. In vervolg daarop is IMARES gevraagd samen te vatten welke onderzoeksvragen geïdentificeerd kunnen worden, op welke wijze die vragen behandeld kunnen worden en welke inspanning daar naar schatting steeds voor nodig is.

In dit rapport is een indeling gemaakt naar het type maatregelen, en is kort behandeld wat deze voor het systeem (mogelijk) betekenen, welke kennisvragen er nog zijn en welke activiteit cq welk onderzoek nodig is om die kennisvragen te beantwoorden.

1 Introductie

1.1 Waddengebied

Al vele jaren spelen er discussies over de ecologische kwaliteit van het Nederlandse Waddengebied. Vijftig jaar geleden speelde de mogelijke inpoldering. Contaminanten als dieldrin en PCB's waren een belangrijk thema in de jaren erna en vanaf de jaren '90 tot (deels) nu toe is schelpdiervisserij onderwerp van studie waarbij ook gesteld wordt dat er een verzanding van het systeem optreedt. De teruglopende eutrofiëring speelt al een rol vanaf de '80-er jaren, maar komt pas rond 2004 naar voren in de discussies over de draagkracht van het Waddensysteem (EVA-II) en de laatste jaren komt er steeds meer aandacht voor effecten van vertroebeling, waarbij onder meer baggerwerkzaamheden een rol spelen.

Streefdoelen voor de waterkwaliteit zijn in de Kaderrichtlijn Water vastgelegd, het gehele Waddengebied (inclusief dus de Eems-Dollard) is aangewezen als Vogel- en Habitatrichtlijngebied, en is daarmee Natura2000-gebied. Hiermee zijn vele kwaliteitsdoelen geformuleerd, waarmee de beheerder verplicht wordt maatregelen te treffen opdat daar aan voldaan wordt.

Natura 2000 richt zich op het behouden en verbeteren van leefgebieden van dieren en planten, zoals permanent overstroomde zandbanken, slik- en zandplaten en kwelders. Voor de Waddenzee geldt voor die permanent overstroomde zandbanken als doelstelling een *verbetering* van kwaliteit. Voor de getijdenplaten zijn de opgaven: *verbetering* van de kwaliteit van slik- en zandplaten. Voor kwelders is het *behoud* ervan een doelstelling (Natura2000 doelendocument, Min LNV, 2006).

In het voorliggende rapport gaat de aandacht uit naar het Eems-Dollard-estuarium, waar een aantal specifieke problemen speelt.

1.2 Eems-Dollard

1.2.1 Geschiedenis van de besluitvorming

Het Eems-Dollardgebied is, met de Westerschelde, een van de twee nog bestaande natuurlijke estuaria in Nederland; de overige zijn allen door indamming verloren gegaan waardoor de natuurlijke overgang tussen zoete en zoute wateren sterk verslechterd is.

Over de ecologische toestand van het Eems-Dollard-estuarium is een al lang durende discussie gaande. De huidige toestand is deels terug te voeren op traditionele activiteiten in het Waddengebied zoals inpoldering en dijk aanleg waardoor de "ruimte voor de zee" steeds verder ingeperkt werd, met verlies aan waardevolle habitats aan de randen van het gebied. Daarnaast speelt de veranderde eutrofiëring een rol, en tegenwoordig zijn met name vaargeulverdiepingen, havenbaggeractiviteiten en de daaraan gerelateerde baggerstort (mede) belangrijke thema's.

In 2007 is het gedeelte van het estuarium waar de staatsgrens tussen Nederland en Duitsland niet vastligt en wat nog niet als Habitatrichtlijngebied was gemeld alsnog als zodanig gemeld. Daarmee is de hele Nederlandse Waddenzee nu als Natura2000-gebied aangemeld. In 2010 hebben de toenmalige Umweltminister van Nedersachsen en de toenmalige Staatssecretaris van Economische zaken, Landbouw en innovatie afgesproken dat een gezamenlijk Duits-Nederlands Integraal

Managementplan voor het Eems-estuarium (IMP, ook wel IBP genoemd naar de Duitse benaming "Integrierter Bewirtschaftungsplan Emsästuar") zal worden gemaakt. In dit IMP wordt aan de hand van 8 "vakbijdragen" beschreven wat de Natura2000-waarden zijn van het gebied en voor de verschillende overige sectoren (Kaderrichtlijn water, hoogwaterveiligheid, scheepvaart/havens, economie, visserij, landbouw, jacht en recreatie/toerisme). Met het IMP wordt een aanzet gegeven tot het Beheerplan Natura2000. In de vakbijdrage Natura2000 is een maatregelenpakket gericht op behoud en versterking van de natuurwaarden beschreven. Er zijn "conflictanalyses" gemaakt; hierin wordt aangegeven in hoeverre de belangen van de verschillende sectoren overeenkomen met die van Natura2000. Aan de hand van de "conflictanalyses" zijn afstemmingsgesprekken gevoerd. Het geheel leidt tot een IMP waarin wordt beschreven welke samenhangende maatregelen voor behoud en verbetering van de natuurwaarden zijn gewenst en wat het draagvlak voor deze maatregelen is. Het IMP zal in Nederland verder worden uitgewerkt in het beheerplan Natura2000, KRW-maatregelen en andere plannen en projecten.

Door het Ministerie van IenM en de Provincie Groningen is het Meerjarenprogramma Infrastructuur, Ruimte en Transport Eems-Dollard (MIRT Eems-Dollard) opgestart. Het MIRT-onderzoek richt zich op 'het ecologisch herstel van de Eemsdelta in balans met kustveiligheid, ruimtelijke kwaliteit en economische ontwikkeling'. Twee programma's spelen bij het MIRT Eems-Dollard een belangrijke rol: "Naar een Rijke Waddenzee", en "Ecologie en Economie in balans". Het laatste heeft als kernthema: "er voor zorgen dat het evenwicht tussen de economische ontwikkelingen van de havenregio's en het waardevolle Waddengebied behouden blijft". Het belangrijkste doel voor het eerste programma is "dat dit unieke Werelderfgoedgebied een "Rijke Waddenzee" blijft voor zowel mens als natuur". Hiermee is dit MIRT (evenals het IMP) veel breder dan Natura2000 of de KRW.

In 2011 is het project "Onderzoek slibhuishouding Eems-Dollard" opgestart door RWS, uit te voeren door Deltares en IMARES (Van Maren et al, 2011). Dit onderzoek heeft de aard van een verkenning en moet leiden tot een beter inzicht in de hydrodynamiek en de slibhuishouding in het getijdengebied van de Eems-Dollard en de relatie met de ecologische toestand ervan. Dit onderzoek moet in het voorjaar van 2015 tot eindconclusies hebben geleid. Hoewel binnen het onderzoek een aantal mogelijke maatregelen op hun merites wordt getoetst (middels scenariostudies) blijft het een *verkennend* onderzoek, en kan het aan de basis staan van verdere speurtochten naar best te nemen maatregelen

Het bovenstaande tekent de enigszins complexe omgeving waarin de discussie over de Eems-Dollard plaats vindt. Het is de samenwerking tussen Nederland en Duitsland (en Nedersachsen als belangrijke deelstaat), maar ook de verdeling van bevoegdheden binnen Nederland, waarin de Ministeries van EZ en IenM, de provincie Groningen en een aantal andere instanties en NGO's hun rol spelen, met aan Duitse zijde een eveneens indrukwekkend aantal actoren.

1.2.2 Knelpunten in het Eems-Dollard gebied

Bij de discussies die in meerdere gremia worden/zijn gevoerd over de Eems-Dollard is een aantal (mogelijke) problemen geïdentificeerd. Hierbij worden (onder meer) genoemd:

1. De getijdedynamiek in, en de troebelheid van, het estuarium is toegenomen.
2. Afgenomen primaire productie door toegenomen troebelheid.

3. Veranderde getijdedynamiek en troebelheid in de Eemsrivier, de rivier tussen de stuw bij Herbrum en de Dollard, waar vaargeulverdiepingen hebben plaats gevonden.
4. De Eemsrivier is lokaal de afgelopen jaren zomers in ecologisch opzicht vrijwel dood.
5. Eenzijdiger geworden vispopulaties; gevolg van visserij-activiteiten en afname van vismigratiemogelijkheden.
6. De lokale (bijna) zuurstofloosheid in de Eemsrivier als probleem voor vissen.
7. Kwetsbaar kwelderareaal, nu nog rond het Goede Ecologische Potentieel (GEP), achteruitgang is niet gewenst
8. Kwelderopslibbing blijft de laatste jaren wat achter. Verwachting is dat riet zich steeds verder zal uitbreiden.
9. Te hoge nutriëntenlast en belasting met verontreinigingen als PCB's, TBT en PAK's, al dalen deze wel.

1.3 Vraagstukken, maatregelen en tegenstrijdigheden

Naar aanleiding van de genoemde knelpunten is in het kader van MIRT en andere aanpalende activiteiten door de deelnemers aan diverse overleggen –bestuurders, NGO's, onderzoekers, en anderen- een lijst met 92 mogelijke maatregelen opgesteld. Deze zijn zeer divers van aard, en variëren bijvoorbeeld van een niet-fysieke “Komen tot een gezamenlijke inbreng in het IMP” tot een zeer concrete en ingrijpende “Aanleg van een buitengaatse diepzeehaven” en soms zeer lokale maatregelen. In vervolg hierop is recentelijk een drietal rapporten verschenen waarin (i) een viertal ‘kijkrichtingen’ zijn besproken (Tersteeg & De Jonge, 2014), (ii) een probleemanalyse is gemaakt (Van Mastrigt et al, 2014) en (iii) een beschrijving van deze 92 opgesomde maatregelen is gegeven (Slijkerman et al, 2014).

Van Mastrigt et al stelden uit de 92 genoemde maatregelen een short-list op met die maatregelen die het meest met kansrijke en effectief worden geacht voor herstel van het Eems-Dollard-estuarium en de Eemsrivier (Van Mastrigt et al, 2014).

We constateren dat er met betrekking tot de gewenste toekomstige situatie soms tegenstrijdige afwegingen kunnen plaatsvinden. Als voorbeeld gebruiken we het chlorofyl-gehalte, als proxy voor het gehalte aan fytoplankton (dit is maar ten deel gerechtvaardigd, zie bijv Alvarez & Riegman (2014)). Hiervoor bestaan normen volgens de Kaderrichtlijn Water: te hoge waarden worden als negatief beoordeeld. De waarden in het Eems-Dollard estuarium zijn vrij laag, en daarmee scoort het systeem ‘goed’. Tegelijk is één van de verbeterdoelstellingen voor het estuarium een hogere primaire productie door een vergroting van de helderheid. Nu heeft het gehalte aan chlorofyl-a geen 1:1-relatie met primaire productie (zie hieronder), maar in het algemeen zal een hogere primaire productie gepaard gaan met een hoger chlorofylgehalte. Ergo, de doelstelling “hogere productiviteit in het systeem” staat haaks op de doelstellingen van de Kaderrichtlijn Water. Ook de richtlijnen voor nutriëntenconcentraties kennen een dergelijke paradox: enerzijds (KRW) moeten de concentraties laag zijn, anderzijds (rijkdom van het systeem voor vogels en vissen) moet de productiviteit hoog zijn. En de laatste wens botst met de eerste eis.

1.4 Dit rapport

In het voorliggende rapport wordt een hoofdindeling van de opgesomde problemen gemaakt die gebaseerd is op het niveau waarop de problemen spelen of mogelijk spelen. Ook wordt aangegeven waar volgens ons de kansrijke oplossingen aanwezig zijn, wat er aan kennis aanwezig is, en waar nadere kennisontwikkeling een noodzaak is. Opgesomd levert het laatste een onderzoekagenda op. Verwijzing naar de long-list met 92 mogelijke maatregelen is gebeurd door het nummer te noemen.

1.5 Indeling van de thema's

Alles overziend kunnen de voorgestelde maatregelen in een aantal thema's worden ingedeeld:

- Maatregelen voor een gunstiger hydrodynamiek;
- Maatregelen voor slibafvang en baggerstort;
- Maatregelen voor oeververbetering & natuurherstel;
- Maatregelen in het kader van gebiedsbeleving, woonomgeving, veiligheid;
- Maatregelen in het kader van verontreinigingen en verstoringen;
- Bijkomende niet-fysieke maatregelen, zoals die op overleggebied;
- Bijkomende maatregelen aangaande monitoring;
- Overige maatregelen.

Elk van de themagroepen zal in dit rapport behandeld worden, met daarbij:

- Verwijzing naar de nummers van de long-list met de 92-maatregelen, zoals die in het IMARES-rapport (Slijkerman et al, 2014) is aangehouden;
- Verwijzing naar het relevante maatregelcluster (zoals dat ook in Slijkerman (2014) is benoemd);
- Beschrijving van wat er –waarschijnlijk- verandert in het systeem als de maatregelen werkelijkheid worden;
- Beschrijving welke maatregelen het meest ingrijpend cq doeltreffend lijken te zijn, en waarom;
- Beschrijving van de vragen die er nog liggen;
- Opsomming van wat er onderzocht moet worden naar ons idee, inclusief een schatting van de inspanning en het tijdpad;

In de secties 2 en 3 worden het Eems-Dollard-estuarium respectievelijk de Eemsrivier behandeld. Voor het estuarium komen daarbij elk van bovengenoemde thema's aan de orde. Voor de rivier komen het hydrodynamisch herstel en natuurherstel aan de orde.

Het onderscheid tussen de rivier de Ems (de "Eemsrivier" tussen de stuw bij Herbrum en de opening naar de Dollard bij Pogum) en het Eems-Dollard estuarium vanaf Pogum tot aan de Noordzee is een praktische: niet alleen zijn de problemen en gezochte oplossingen wezenlijk anders van aard, ook is de Eemsrivier geheel Duits waardoor het voor Nederlandse instanties minder relevant is daarvoor een onderzoekprogramma te ontwikkelen.

Het riviergedeelte behandelen we daarom heel kort (sectie 3). Het estuarium komt daarvoor uitgebreider aan de orde (sectie 2).

1.6 Bijdragen

M. Scholl en Chr. Röckmann (beiden IMARES) hebben bijgedragen aan sectie 2.8 (“Bijkomende niet-fysieke maatregelen, zoals die op overleggebied”).

2 Het Eems-Dollard-estuarium

2.1 Introductie

Kenmerkend voor een getijdengebied –zoals een estuarium- is het samenspel tussen geulen en platen. Er bestaat in een getijdensysteem een evenwicht tussen het oppervlak van het systeem, het getijdenverschil en de grootte van de geulen. De eerste twee bepalen de hoeveelheid water die elk getijde aan- en afgevoerd moet worden, en de geulgrootte moet bij die waterhoeveelheid passen. De grootte van het getijdenverschil hangt op zijn beurt weer van allerlei factoren af zoals geulgrootte, vorm van het estuarium, getijdenverschil aan de zeezijde en de mate van resonantie van de getijdengolf.

De grote hoeveelheid water die elk getijde wordt aangevoerd en afgevoerd door de geulen zorgt voor een transport van slib en zand. Omdat de stroomsnelheid in de geulen hoog kan zijn vindt bij vloed veel depositie van slib plaats op de platen (Postma; 1954,1960,1961). De invloed van wind daarentegen is juist het grootst op de platen en zorgt daar voor opwerveling van materiaal dat in de geulen kan bezinken. Zo is er een dynamisch evenwicht tussen plaat en geul: bij rustig weer wordt materiaal op de platen gedeponerd en bij stormachtig weer vindt er erosie plaats en depositie van materiaal in de geulen. De diepte cq grootte van de geulen past in een evenwichtssituatie bij het volume dat per getijde in en uit moet stromen.

Ingrepen die de geulen (bv. uitdiepen) of de grootte van het estuarium (bv. vergroten cq ontpolderen) betreffen moeten in eerste instantie in het licht van dit dynamische evenwicht worden gezien. Een goed voorbeeld hierbij is de Oosterschelde (zie bijv Dronkers, 2005). Na de afsluiting van de Grevelingen moest al het eb- en vloedwater via de Oosterschelde worden aangevoerd, waardoor de stroomsnelheden in de geulen in eerste instantie toenamen. Als gevolg daarvan nam het plaatareaal toe. Met de ingebruikname van de Oosterscheldekering werd de watertoevoer gehinderd, het getijvolume verminderde –mede door de aanleg van het Zoommeer- met ongeveer 30% en daardoor namen de stroomsnelheden af. Als gevolg daarvan neemt tegenwoordig nog steeds het plaatoppervlak af.

Als er kunstmatige geulverdieping plaatsvindt, dan wordt een situatie gecreëerd waarbij de geulen eigenlijk te diep (groot) zijn voor de tot dan aanwezige eb- en vloedstromen. De gevolgen zijn tweeledig: er kan meer water worden aangevoerd dan voorheen, waardoor de getijslag toeneemt, maar ook neemt de gemiddelde stroomsnelheid door de verdiepte geul af. Dus: het debiet neemt toe, de stroomsnelheid neemt af. Door de afnemende stroomsnelheid kan makkelijker materiaal blijven liggen in de (verdiepte) geulen. Of omgekeerd: er wordt minder materiaal op de platen gedeponerd. Vindt zo'n verdieping van één geul bijvoorbeeld plaats in een systeem met twee geulen, dan zal de tweede geul automatisch ondieper gaan worden (of zelfs helemaal dichtslibben).

Daarnaast heeft een estuarium altijd een overgang naar land en zoet water. In een natuurlijke omgeving is zo'n overgang geleidelijk, waarbij er veel uitwisseling is tussen land, zoet water en zout water. Rivieren en beken hebben een vrije instroom in het zoute milieu; het zoute milieu dringt bij tijd en wijle ver door in het zoete. Deze wisselwerking draagt sterk bij aan de organismen die in dergelijke overgangszones voor (kunnen) komen.

2.2 Veranderingen in het Eems-Dollard-estuarium

Het Emders Fahrwasser wordt tot -8.2 m onder de laaglaagwaterlijn (LLW) gebaggerd (ongeveer -10 m NAP), en zeewaarts tot -9.6 m onder LLW (ongeveer -11.5 m NAP).

Verdiepingen van de vaarweg naar Emden (die al in het begin van de 20e eeuw werden uitgevoerd) hebben er mede voor gezorgd dat het OostFriese Gaatje de belangrijkste vaargeul geworden is, waar voor 1900 de Bocht van Watum de belangrijkste was. De platen Hond en Paap zijn sindsdien ook sterk gegroeid.

De verdieping in het estuarium is groter dan die in de rivier (in absolute zin), waar de verdieping tot ruim 7 meter bedraagt. De schepen die de haven van Emden aandoen hebben een grotere diepgang dan de cruiseschepen vanuit Papenburg.

De gevolgen van de vaargeulverdieping zijn, zoals eerder geschetst in 2.1, dat de aanvoer van water van de Noordzee naar de Dollard makkelijker gaat, waardoor de getijdenverschillen toenemen. Tussen 1960 en 2000 is het gemiddelde laagwater bij Emden met 10 cm afgenomen, en is het gemiddelde hoogwaterniveau met 20 cm toegenomen (IBP-Ems, 2014). Verder zeewaarts nemen deze verschillen af.

Naast dat er verdiepingen zijn uitgevoerd zijn ook de randen van het estuarium veranderd door inpolderingen. De laatste inpoldering in Nederland in de Dollard stamt uit 1924, toen de Carel Coenraadpolder werd bedijkt. Het kwelderareaal is door de inpolderingen in de loop van de tijden fors kleiner geworden, van 3434 ha in 1860 tot 1211 ha in 1960. Daarna is dit door de aanleg van baggerstortvelden en kwelderwerken weer licht toegenomen tot 1380 ha (dit is inclusief de pionierzone) (Arens, 2009, in: IBP-Ems, 2014). Kwelders worden vaak beweide; de intensiteit van beweiding is in de loop der tijden toegenomen.

De natuurlijke overgangen die vroeger ooit bestaan hebben zijn voor het grootste deel verdwenen. Dit heeft negatieve gevolgen voor de bestaansmogelijkheden van organismen die van nature in deze estuariene omgevingen thuishoren. Dit betreft zowel diadrome organismen als die welke in deze gebieden hun natuurlijke habitat vinden.

2.3 Maatregelen voor een gunstiger hydrodynamiek

2.3.1 Nummers van de long-list en het maatregelcluster

Er is een tweetal typen maatregelen voorgesteld om de hydrodynamiek van het estuarium te veranderen. De maatregelen betreffen óf het hinderen van de watertoevoer ergens in het estuarium (9) óf het veranderen van stromingspatronen (1, 7, 8, 18, 20, 46).

2.3.2 Wat zal er in het systeem veranderen als de maatregelen werkelijkheid worden?

2.3.2.1 Hinderling van de watertoevoer

Dit zou –naar plan– moeten gebeuren door ergens aan de zeezijde een verondieping of obstakel aan te brengen; het doorstroomd oppervlak neemt daardoor af waardoor de weerstand tegen instromend water toeneemt.

2.3.2.2 Veranderd stromingspatroon

Verdieping van de Bocht van Watum (7, 8 en 20): een ingrijpende maatregel, waardoor er meer water via die zijde naar de (Mond van de) Dollard kan stromen.

Strekdam loodrecht op de Geisedam : er kan een grote meander in de Dollard zelf ontstaan. De effecten zijn moeilijk te voorspellen, zie de beschrijving (18) in Slijkerman et al (2014).

Maatregel 46 heeft als inzet creëren van ondiepe zones om de waterstroom af te remmen, en daarmee meer getijdengebied mogelijk te maken.

2.3.3 Welke maatregelen lijken het meest ingrijpend cq doeltreffend te zijn, en waarom

2.3.3.1 Hinderling van de watertoevoer

Hier dringt zich de analogie met de Oosterschelde op: na de aanleg van de Oosterscheldekering trad verondieping van het estuarium op, waarbij het plaatareaal afnam.

Een verondieping van de toevoer naar de Eems-Dollard zal een áfname van het plaatareaal tot gevolg hebben. Er wordt ook nu al geconstateerd dat sedimentatie op de platen nog nauwelijks plaatsvindt: de Dollard lijkt “volgeslibt”, staat er geschreven (PRW, 2013, pag 11). Dit past precies in bovengeschetst beeld. Wij menen dat dit vooral een gevolg is van de baggerwerkzaamheden: het dynamisch evenwicht tussen geulen en platen wordt kunstmatig in het voordeel van de geulen gestuurd. Sediment dat in de geulen is gesedimenteerd wordt niet teruggebracht naar de platen, maar afgevoerd. Dit zal zijn effect eveneens hebben op het aanslibpatroon op de kwelders.

Baggeractiviteiten hebben eveneens invloed op dit proces. Wordt gebaggerd slib buiten het systeem gestort, dan zal ook de slibtoevoer verminderen. De balans tussen slibaanvoer vanuit de Noordzee plus het wederzijdse transport tussen geul en platen zal bepalen of er op den duur meer of minder gebaggerd zal moeten worden om eenzelfde geuldiepte te handhaven. Wordt gebaggerd slib ín het estuarium gestort, dan impliceert een drempel een verminderd transport van geul naar plaat. Of de baggerinspanningen op den duur moeten toenemen is hiermee niet duidelijk; dat hangt mede af van de slibtoevoer vanaf de baggerstortplek.

2.3.3.2 *Veranderd stromingspatroon*

Bocht van Watum.

De maatregel is al doorgerekend en weinig effectief bevonden (van Nieuwenburgh et al. 2013).

De kwestie is dat de Bocht van Watum dichtgeslibt is als *gevolg* van de verdieping van het Oost-Friese Gaatje (zie ook sectie 2.1). Het is logisch dat de verdieping resulteerde in een verschuiving van de debieten naar het Oost-Friese Gaatje. Door de Bocht van Watum te “herstellen” (zoals het genoemd wordt, maatregel 20 van de long-list; zie ook Slijkerman et al (2014)) zal op korte termijn het totale debiet toenemen (evenals de getijslag in de Dollard) waarna in het Oost-Friese Gaatje versnelde sedimentatie zal plaatsvinden. Omdat die geul toch op diepte zal worden gehouden (met verhoogde baggervolumes) (waardoor het toch niet écht “de situatie van vroeger” zal worden), zal op termijn de situatie weer gaan ontstaan met een dichtslibbende Bocht van Watum.

Dam in de Dollard (meandering van de getijdenrivier) (inclusief sluizencomplex in de aanvoergeul naar Emden).

De maatregel is al doorgerekend op hydrodynamische effecten; deze zijn groot (Dankers et al, 2013). De weg naar de Eemsrivier wordt verlengd, de stromingsweerstand daarmee verhoogd, en (dus) de stroomsnelheid verlaagd. Ecologische effecten worden verwacht, in eerste instantie als gevolg van een afnemend plaatoppervlak in de Dollard omdat die deels plaats moeten maken voor de meanderende geul.

Het is goed denkbaar dat op termijn de effecten groter worden. Immers, de Dollard is nu enigszins bezijden de hoofdstroom gelegen; de uitwisseling tussen de Dollard en de aan- en afvoer van slib via de Mond van de Dollard wordt louter gestuurd door de getijdenwerking. Ook is er een netto slibimport van de Eemsrivier (met de zeer hoge slib concentraties) naar de Dollard doordat de Geise-Leitdamm permeabel is (De Jonge, 1992). Wordt een meander gecreëerd, dan zal die uitwisseling aanzienlijk sterker worden, en veel meer door de waterafvoer van de Eemsrivier gestuurd worden.

2.3.4 *Welke vragen liggen er nog*

2.3.4.1 *Hindering van de watertoevoer*

De maatregel is al doorgerekend op hydrodynamisch niveau (Dankers et al, 2013). Ecologische effecten zijn nog niet berekend.

2.3.4.2 *Veranderd stromingspatroon*

De maatregelen zijn al doorgerekend op hydrodynamisch niveau (Dankers et al, 2013). Ecologische effecten zijn nog niet berekend.

2.3.5 *Wat móet er onderzocht worden, inclusief een schatting van de inspanning en het tijdpad*

Wanneer een van de bovengenoemde maatregelen tot uitvoering zou komen is het nodig de ecologische effecten beter te beoordelen. Vragen en onderzoekmethoden zijn dan:

- i) Vraag: wat is een algemene (dus globale) inschatting van ecologische effecten.
Methode: kwalitatieve inschatting via een **expertise-workshop**. Dit is naar ons idee vooral zinvol

- als aanzet, waarbij duidelijk kan worden over welke effecten een eensgezinde visie bestaat, en welke om nader onderzoek vragen (en dus thuishoren onder (ii) en (iii)).
- ii) Vraag: wat is de verandering van ecotopen in het gebied, en van de geschiktheid van gebied voor een aantal te kiezen organismen (bodemdieren, vogels, zeezoogdieren).
Methode: quasi-kwantitatieve inschatting van ecosysteemeffecten mbv **ecotopen- en habitatgeschiktheidanalyses**.
- iii) Vraag: wat is de veranderde productie in het systeem indien dergelijke ingrepen worden gepleegd.
Methode: kwantitatieve inschatting van de **ecosysteemeffecten mbv een ecoysteemmodel** waarin ruime aandacht voor de getijdenplaten, de benthische primaire en secundaire productie. De laatste is (mede) van wezenlijk belang omdat deze beperkend zal zijn voor de ontwikkeling van microfytobenthos, net zoals filtrerende organismen dat zijn voor het fytoplankton. Hieraan kan het belang van en voor steltlopers worden gekoppeld.

Ecotopen- en habitatgeschiktheidsanalyses zijn in beperkte tijd uit te voeren. **Ecotopenanalyses** kunnen in het algemeen binnen **een maand** werktijd worden afgerond; **habitatgeschiktheidsanalyses** vragen in het algemeen iets meer tijd (naar schatting **twee maanden**).

Ecosysteemberekeningen vragen aanpassingen van het modelinstrumentarium omdat met name de fyto-benthos-etende organismen moeten worden gedefinieerd, parameters moeten worden afgesteld alsmede specifieke datasets voor het estuarium moeten worden verzameld. Een programma als **EcoWasp** (Brinkman & Smit, 1993; Brinkman, 1993; Brinkman & Smaal, 2003; Brinkman, 2013) rekt bij voorkeur een hele periode midden jaren '70-nu door, en dat vraagt navenante data voor de Eemsrivier en de kleinere toevoeren in het gebied. Mogelijk wordt een aanpassing gevraagd wat betreft de longitudinale waterbewegingen. Het in **ZKO-verband ingerichte Waddenzee-model** (Gerla et al, 2014) berekent –op een deels andere manier- eveneens veel processen, inclusief waterbeweging. Hierbij is gedeeltelijk een extra validatie/calibratie noodzakelijk, waardoor een grotere inspanning noodzakelijk zal zijn.

Wordt een inschatting van het belang voor steltlopers gevraagd, dan is ook een analyse noodzakelijk van de vogelbevolking in dezelfde periode als het ecosysteemmodel draait; inclusief de seizoensvariaties.

Een berekening naar effecten op primaire productie alleen is al in 2014 uitgevoerd met het BLOOM-model van Deltares (Cronin et al., in prep), waarbij terugkoppelingseffecten (van benthische en pelagische grazers) niet betrokken zijn.

Een gedegen **ecosysteemmodelanalyse met EcoWasp, waarin wél genoemde terugkoppelingen aanwezig zijn, vraagt ongeveer zes à acht maanden** werk.

Een analyse met het **ZKO-Waddenzeemodel** vraagt zeker eenzelfde periode, maar naar schatting **enkele maanden langer** met name ook omdat stroming en slibdynamiek moeten worden ingeregeld.

2.4 Maatregelen voor slibafvang, baggerstort en estuariumvergroting

2.4.1 Nummers van de long-list en het maatregelcluster

Er is een drietal typen maatregelen voorgesteld om de slibafvang te bevorderen: het creëren van ruimte waar slib kan bezinken (6, 14,19,21,22,29,34); of het verwijderen van slib van plekken van een sterke bezinking plaatsvindt (23,26); het derde type maatregelen betreft de keuze voor (een) geheel andere stortplek(ken) (14, 26).

2.4.2 Wat zal er in het systeem veranderen als de maatregelen werkelijkheid worden?

Globaal valt dus het onderscheid te maken in maatregelen die ervoor moeten zorgen dat er meer slib kan bezinken (er wordt ruimte gecreëerd voor slibafvang), maatregelen die er op gericht zijn om het slib dat bezinkt af te voeren, en tenslotte maatregelen die ervoor moeten zorgen dat het afgevoerde slib niet (snel) weer terug kan keren in het estuarium.

2.4.2.1 Baggeren en afvoeren van bezonken slib

De RWS-verkenning naar de slibhuishouding in het Eems-Dollardgebied is momenteel nog niet afgerond, maar een van de modelbevindingen die al wel gerapporteerd is, is dat op sommige lokaties, zoals de haven van Emden, grote hoeveelheden slib accumuleren (Van Maren et al, 2014). In de jaren dat dit slib gebaggerd en op land gestort werd, waren de concentraties zwevend slib in het estuarium beduidend lager dan in de jaren dat het slib weer teruggestort werd, zoals momenteel het geval is. De havens hebben dus een functie als slibvang (of: bezinkbekken). Als het slib definitief kan worden afgevoerd en wordt opgeslagen of verder verwerkt lijkt dit een verbetering op te leveren van de helderheid in het estuarium (Van Maren et al, 2014). De vraag is wel wat dit op den duur voor ecologische consequenties heeft. Zie ook de opmerkingen in de volgende sectie.

2.4.2.2 Creëren van extra slibvang door vergroting van het estuarium

Het achterliggende idee bij het vergroten van het estuarium is min of meer dezelfde als wat er in de havens gebeurt: creëren van nieuwe slibvang. Havens zijn evenwel klein en diep, waardoor een dikke laag slib kan sedimenteren op een klein oppervlak. Wordt het estuarium vergroot, dan moet het verschil worden gemaakt door het oppervlak, niet door de diepte of de dikte van de te sedimenteren laag. Het is een eenvoudig rekenvoorbeeld: om reëel bij te dragen aan een verlaagd slibgehalte in de waterkolom moet er minstens een miljoen m^3 slib per jaar achter kunnen blijven in een dergelijke extra slibvang. Elke decimeter slib omvat $0.1 m^3$ slib m^{-2} , en dus houdt dat in dat een gebied van 10 miljoen m^2 nodig is, of te wel 1000 ha. Dat is 2 bij 5 km, gesteld dat 10 cm opslibbing een reële mogelijkheid is, wat onder meer afhangt van de hoogteligging van het gebied.

Zoals hierboven genoemd fungeren havens als slibvang, waar een relatief dikke laag slib kan sedimenteren. Uitgaande van een sliblaag van 2 m in havengebieden is voor een miljoen m^3 slib 50 ha nodig. De buitenhaven van Emden meet ruim 20 ha, de binnenhaven ongeveer 200 ha. De slibvangfunctie van de binnenhaven is echter beperkter vanwege de aanwezige sluizen. De Eemshaven meet ongeveer 135 ha, de haven van Delfzijl, inclusief de lange toevoerweg ongeveer 170 ha.

Daarnaast zal een vergroting van het estuarium een ander waterregime inhouden: het aangevoerde water zal zich over een groter oppervlak moeten verdelen waardoor de getijslag zal verminderen. Maar de vraag naar water neemt door het extra oppervlak toe: de komberging vergroot en er zal méér water door de geulen stromen, waarmee ook de slibaanvoer zal toenemen. De eroderende werking in de geulen neemt daarmee eveneens toe, en daarmee het transport van slib van geul naar plaat. *Het is goed denkbaar dat daardoor op natuurlijke wijze een verdieping optreedt, waardoor de baggernoodzaak vermindert.*

Naast slibvang in een haven is het ook nog mogelijk om binnendijs speciale slibopvang-bekkens te creëren. Dit kan bijvoorbeeld tussen de dijken bij een dubbele Dollarddijk, of in wisselpolders. In deze bekkens kan bijvoorbeeld gebaggerd havenslib worden aangebracht met de bedoeling er klei van te maken. Dit is het concept van de *kleirijperij* (<http://www.bodemrichtlijn.nl/Bibliotheek/bodemsaneringstechnieken/h-behandelen-en-bestemmen-va9446/h5-natuurlijke-technieken/factsheet-het-rijpen-van-baggerspecie>). Klei kent verschillende mogelijke toepassingen, van bakstenen tot dijkversteving. In een bekken van 50 ha kan bijvoorbeeld 500.000 m³ slib worden aangebracht in een laag van 1 m dikte. Na ontwatering en compactie resteert er 100.000 m³ klei. Met deze hoeveelheid kan 1 km zeedijk worden versterkt.

2.4.2.3 Verhinder het natuurlijke transport terug naar het estuarium van gestort slib

In de huidige situatie wordt het slib in het estuarium gestort. Een veranderde stortplek (op de Noordzee, oostelijk van de stroomgeul) zorgt ervoor dat het gebaggerde slib niet weer met een vloedstroom het estuarium in kan worden getransporteerd.

2.4.3 Welke maatregelen lijken het meest ingrijpend cq doeltreffend te zijn, en waarom

2.4.3.1 Extra slibafvang

Op het eerste gezicht lijken de maatregelen die buitendijkse ruimte inhouden voor (ondiepe) slibafvang interessant, maar in tweede instantie moet naar ons idee geconstateerd worden dat de nodige ruimte dermate groot is dat het maar de vraag is of het vergroten van het estuarium een zinvolle bijdrage levert aan een verminderd slibgehalte in de waterkolom *indien naar de functie van extra slibafvang wordt gekeken.*

Daarbij moet bedacht worden dat lokale opwerveling erg bepalend is voor het slibgehalte in de waterkolom; als de extra gecreëerde ruimte een getijdenplaat blijkt te worden (in plaats van een begroeide kwelder) dan is het maar de vraag wat het effect op de helderheid van het water zal zijn. Hierbij is dan niet de bijdrage aan natuurherstel aan de orde (sectie 2.5).

2.4.3.2 Onttrekking van slib

Onttrekking van slib lijkt daarom op de korte termijn een effectievere maatregel. Storten op het land, zoals voorheen aan de Duitse zijde gebeurde (bij Knock, of voor Wybelsum), is mogelijk geen haalbare optie vanwege het ruimtebeslag. Opslag in bekkens als vorm van kleirijperij is wellicht mogelijk. De vraag is in hoeverre dit slib cq klei nuttig bruikbaar is, qua hoeveelheid en samenstelling. Het tijdspad voor een dergelijke oplossing hangt sterk af van de mogelijke vraag naar het materiaal. Dit is als maatregel 27 al benoemd in de long-list.

Een veranderd stortregime is eveneens een optie, die zelfs op korte termijn kan worden verwezenlijkt. Daarbij moet onderzocht worden welke plek zinnig is, en of er geen verplaatsing van problemen gaat plaatsvinden.

2.4.3.3 Eroderende effecten

Een ander beeld ontstaat indien bedacht wordt dat een groter estuarium ook een grotere watervraag inhoudt. De getijdeslag zal verminderen (het aangevoerde water moet zich over een groter gebied verspreiden), maar het getijdvolume zal vermeederen. Door die grotere watervraag zullen de aanvoergeulen dieper worden. Gevolg is dat de baggerbehoefte zal afnemen en het wederzijdse transport tussen geulen en platen weer een stuk(je) zal opschuiven naar een natuurlijke situatie. Omdat het doorstroomd oppervlak van een geul vrijwel rechtevenredig is met het getijdenprisma moet, om de vaargeul op natuurlijke wijze op diepte te houden, het achterland met zeker de verhouding gewenste diepte/natuurlijke diepte vergroot worden. Wordt de geul eveneens breder, dan wordt die verhouding groter. Ergo, het achterland van het estuarium moet aanzienlijk groter worden wil het effect substantieel zijn.

De termijn waarop een groter estuarium mogelijk gerealiseerd kan worden lijkt er overigens een van vele jaren, de discussies over de Hedwigepoler in Zeeuws-Vlaanderen in gedachte.

2.4.4 Welke vragen liggen er nog

2.4.4.1 Baggeren en afvoeren van bezonken slib

De grote vraag is: waar kan het slib worden opgeslagen, of (en dat betreft maatregel 27) op welke wijze kan het slib elders worden gebruikt (heeft het een economisch nut), zie sectie 2.10). In dit geval wordt slib onttrokken aan het systeem, en daarmee wordt niet alleen ingegrepen op het wederzijdse transport tussen geulen en platen, maar ook op de hoeveelheid sediment in het kustfundament. De effecten lijken wel gunstig voor het lichtklimaat, maar niet voor de ontwikkeling van het intergetijdengebied en de kwelders. Sedimentontrekking dient in principe ook gecompenseerd te worden door het vergroten van de zandsuppleties langs de kust.

2.4.4.2 Extra slibafvang

Gesteld dat er extra ruimte wordt geschapen, hetzij bedoeld als extra slibvang, hetzij als extra natuurontwikkeling, hetzij als vergroting van het estuarium, wat verwachten we dan voor het type gebied en de natuurwaarden? En het is natuurlijk de vraag in hoeverre het systeem helderder wordt.

2.4.4.3 Terugstortregime

Een belangrijke vraag is: waar blijft het slib als het verderop buiten het Eems-Dollard-estuarium gestort wordt? Neemt dan op een andere plaats de troebelheid sterk toe, en zo ja, waar is dat dan? Te denken valt aan het watersysteem (vlak) ten oosten van Borkum.

2.4.5 Wat móet er onderzocht worden, inclusief een schatting van de inspanning en het tijdpad

- i) Vraag: wat zijn de gevolgen elders met de keuze voor een andere, -meer buitengaats en meer oostelijk gelegen- stortplek, en vindt er niet een verplaatsing van problemen plaats?
Methode: **Dit betreft modelstudies die met enkele maanden werk te verwezenlijken zijn (hydrologische/slibmodellen).**
- ii) Vraag: welke mogelijkheden zijn er voor het permanent verwijderen van slib uit het systeem en vervolgens economisch gebruik elders?
Methode: een serieuze optie zou kleirijperij kunnen zijn, maar mogelijk zijn er meerdere opties. Wij hebben geen idee welke deze zijn, noch wat de consequenties zijn voor de baggerwerkzaamheden. Is vervoer naar elders nodig, dan vraagt dit een grote inspanning (als voorbeeld: bij een miljoen m³ slib per jaar praten we over 25000 treinwagons (van 40 m³) per jaar, of wel 70 per dag). Kan er daarentegen aan de rand van het Eems-Dollard-estuarium een kleirijperij worden gecreëerd die bevoorrad wordt met baggerschepen dan is dat een veel goedkopere optie. **Ons lijkt allereerst een korte studie op zijn plaats, mogelijk door een pilot gevolgd.** De korte studie zal naar ons idee tot een of enkele maanden beperkt kunnen worden, al naar gelang wat er al bekend is. Hoe omvangrijk een pilotstudie is zal daaruit bekend moeten worden.
- iii) Vraag: het lijkt ons zinvol om ingeval van ontpolderingen na te gaan wat voor type estuariumuitbreiding we mogen verwachten. Gaat een kwelder ontstaan of een wadplaat, en welke aanslibbing mag er (eventueel) verwacht worden?
Methodes: Ons dunkt dat a) **een verwachting op basis van kwelderexpertise een eerste aanzet kan zijn, en b) er daarmee een eerste schatting kan worden gemaakt van de grootte van de slibvang.** Ook dit lijkt ons een inzet die beperkt is tot enkele weken werk.
- iv) Vraag: welke **morfologische** veranderingen zijn er te verwachten indien het estuarium vergroot gaat worden?
Methode: In grote lijnen is deze vraag vrij eenvoudig te beantwoorden, voor detaillering is een **morfologische modelstudie** vereist. Een dergelijke modelstudie vraagt al gauw meerdere maanden werk.
- v) Vraag: wat zijn de effecten op ecosysteemniveau van een vergroting van het estuarium en/of onttrekking slib
Methode: dit vraagt om **modelstudies** waarbij hogere trofische niveaus (zowel pelagisch als bentisch) aan de orde komen.
Methode: een instrumentarium als **EcoWasp** kan ingezet gaan worden. Dit vraagt **zes à acht maanden werk** (naar schatting). Het model draait bij voorkeur de hele periode van midden jaren '70 tot nu. De nodige toevoerdata moeten verzameld worden, en aanpassingen aan de berekeningen moeten gerealiseerd worden, met name waar het de bentische grazers betreft. In het geval van estuariumvergroting is tevens nodig de veranderde fysische eigenschappen in kaart te brengen met morfologische en hydrodynamische berekeningen; slibmodellering is dan eveneens noodzakelijk voor een inschatting van de veranderde slibdynamiek.

2.5 Maatregelen voor oeververbetering & natuurherstel

2.5.1 Nummers van de long-list en het maatregelcluster

Er is een groot aantal maatregelen voorgesteld dat betrekking heeft op natuurherstel, zowel van de oevers (30, 31, 48, 49, 57) als van zoet-zoutovergangen (16, 56, 68) als van een aantal binnendijkse gebieden (38, 42, 43, 56). De ideeën 'Dubbele Dollarddijk' en 'Breebaart' (54 en 55) horen feitelijk ook hiertoe. Daarnaast betreft een aantal suggesties uit de long-list natuurontwikkeling in de Eems-Dollard zelf (47, 50, 51). Het Marconi-project hebben wij onder 2.6 behandeld, hoewel het ook deels een oeverherstelprogramma betreft.

2.5.2 Wat zal er in het systeem veranderen als de maatregelen werkelijkheid worden?

Eigenlijk heeft geen van deze voorgestelde maatregelen substantieel invloed op het ecologisch functioneren van de watermassa, maar kunnen ze van grote positieve invloed zijn op de functie van het estuarium voor voorkomende organismen.

2.5.3 Welke maatregelen lijken het meest ingrijpend cq doeltreffend te zijn, en waarom

2.5.3.1 Oeverherstel

Het voorgestelde scala aan maatregelen is breed; in het algemeen geldt dat de meeste maatregelen specifiek gericht zijn op óf habitats óf soorten. De maatregelen hebben overal hun nut; al is de schaal soms klein, meestal evenredig met het oppervlak dat de maatregelen betreft.

2.5.3.2 Zoet-zoutovergangen

Ook bij zoet-zoutovergangen geldt dat deze overal nuttig zijn; zeker nu nog een grote inhaalslag te maken valt, niet alleen in Nederland, maar in heel Noordwest-Europa.

2.5.3.3 Binnendijkse gebieden

Natuurherstel in binnendijkse gebieden werpt ook vrijwel altijd zijn vruchten af, al bestaan er vaak mogelijke conflictsituaties met bestaand gebruik.

2.5.3.4 Natuurontwikkeling in de Eems-Dollard

Meest in het oog springend is de ontwikkeling van mosselbanken en zeegrasvelden. Dergelijke initiatieven worden ook elders in de Waddenzee ontplooid (Van Katwijk, 2012; Mosselwad (<http://www.mosselwad.nl/>) ; Waddensleutels (<http://www.waddensleutels.nl/>)). Ze zijn altijd lokaal en vaak als pilotproject opgezet. Ze dienen met name als lokaal herstel van specifieke habitats, en hebben bij succes op die schaal ook effect. Systeembreed is het effect op de Eems-Dollard naar verwachting klein.

2.5.4 Welke vragen liggen er nog

2.5.4.1 Oeverherstel en Zoet-zoutovergangen

Een belangrijke vraag betreft (zoals vaak) de verdeling van beschikbare middelen: welke activiteiten krijgen de hoogste prioriteit? Naar ons idee zijn de maatregelen zinvol, al is het meest lokaal, en moet niet verwacht worden dat er systeembrede gunstige effecten zullen zijn. Dit geldt met name voor de oeverherstelmaatregelen; verbetering van zoet-zoutovergangen kan een bredere positieve betekenis hebben.

Daarnaast speelt de beweiding een rol. Geconstateerd wordt (mond med. W. van Duin, IMARES) dat kwelders tegenwoordig (veel) langer beweid worden dan vroeger, met mogelijk gevolg voor de ontwikkeling van kweldervegetatie en daarmee de mogelijke slibvang en opslibbing. De vraag is daarbij of een geringere, of meer gespreide beweiding niet een betere situatie oplevert voor de ontwikkeling van deze oeverzones en wat de betekenis is voor onder meer broedende en trekkende vogels.

2.5.4.2 Binnendijkse gebieden

Ook voor natuurontwikkeling in binnendijkse gebieden is het de vraag hoe beschikbare middelen te verdelen. Daarnaast is voor elke mogelijke maatregel een punt van studie:

- De haalbaarheid: is het gebied wel geschikt voor de beoogde natuurontwikkeling?;
- De socio-economische kosten;
- Eventuele winst (socio-economische baten); bijvoorbeeld valt te denken aan eco-toerisme.

2.5.4.3 Natuurontwikkeling in de Eems-Dollard

Het lijkt ons dat ontwikkeling van mosselbanken of zeegrasvelden niet de hoogste prioriteit heeft, gezien de verwachte geringe systeembrede effecten. Dat neemt niet weg dat het zinvol lijkt om die activiteiten die mogelijk herstel van zeegrasvelden of mosselbanken in de weg staan nader onder de loep te nemen én dat er andere beleidsdoelstellingen bestaan om deze systemen te herstellen.

2.5.5 Wat móet er onderzocht worden, inclusief een schatting van de inspanning en het tijdpad

- Vraag: welke prioriteit hebben de mogelijke maatregelen?
Methode: ons lijkt het het meest zinvol om voor **elk van de vier hier genoemde natuurherstelcategorieën** een **haalbaarheidsstudie** uit te voeren, waarbij zowel de kans op realisatie als de kans dat het gestelde doel ook daadwerkelijk gehaald gaat worden in kaart wordt gebracht, alsmede de te maken kosten en de te verwachten socio-economische voor- en nadelen en de relatieve bijdrage aan het oplossen van de systeembrede knelpunten. Wij schatten in dat dit voor **elke categorie** ongeveer **twee maanden werk** zal zijn.
- Vraag: wat zijn de effecten van beweidingsregimes van kwelders op kweldervegetatie, vogelbevolking en eventuele andere organismen?
Methode: dit laatste zal –als **bureaustudie**- naar schatting eveneens ongeveer **twee maanden** inspanning vergen. Is nader **veldonderzoek** gewenst, dan valt aan een **meerjarig (PhD-)onderzoek** te denken.

- iii) Vraag: welke activiteiten staan **mogelijk herstel van zeegrasvelden en mosselbanken in de weg?**
Methode: bureaustudie (**inventarisatie**). We menen dat zo'n inspanning ongeveer **een maand** zou vergen.
- iv) Monitoring: in alle gevallen is het meer dan wenselijk om de effectiviteit van de maatregelen goed te monitoren.

2.6 Maatregelen in het kader van gebiedsbeleving, woonomgeving en veiligheid

2.6.1 Nummers van de long-list en het maatregelcluster

De belangrijkste maatregel betreft het Marconi-project dat voorziet in een aantal veranderingen bij en rond Delfzijl en haar haven (71), plus een veranderde zoetwaterspuilocatie (33).

2.6.2 Wat zal er in het systeem veranderen als de maatregelen werkelijkheid worden?

De maatregelen hebben naar verwachting weinig invloed op het Eems-Dollardsysteem in zijn geheel, en zijn vooral gericht op Delfzijl en haar haven zelf.

2.6.3 Welke vragen liggen er nog

De plannen zijn in ontwikkeling, en er lijkt momenteel weinig reden voor aanvullend onderzoek in het kader van MIRT.

2.7 Maatregelen in het kader van verontreinigingen en verstoringen

2.7.1 Nummers van de long-list en het maatregelcluster

Betrekkelijk weinig maatregelen zijn voorgesteld die in deze categorie horen: verminderen of staken van het lozen van pekelen en het opruimen van de Griesberg (44 en 53); verminderen/vermijden van geluidsoverlast bij onderhoudswerkzaamheden (63); en ecologisch optimaliseren van koelwaterinname (72).

2.7.2 Wat zal er in het systeem veranderen als de maatregelen werkelijkheid worden?

Allereerst lijkt het ons dat in een natuurgebied sowieso verontreinigingen en verstoringen tot een minimum dienen te worden beperkt, en ten tweede dat bestaande verontreinigingen dienen te worden opgeruimd. Verontreinigingen beïnvloeden het systeem nu of in de toekomst nadelig en dus zal verwijdering ervan bijdragen aan een gezond(er) ecosysteem. Bovendien is hiervoor al veel beleid en regelgeving ontwikkeld die, voor zover nog niet uitgevoerd, geïmplementeerd dient te worden.

2.7.3 Welke maatregelen lijken het meest ingrijpend cq doeltreffend te zijn, en waarom

2.7.3.1 Griesberg

Opruimen van de Griesberg (gelegen voor de schermdijk van Delfzijl; ongeveer 18-22 ha, naar schatting 335.000 m³ calciumcarbonaat, met gips en calciumhydroxide als voornaamste bijmengsel) is een kwestie van beschikbare financiën en van een geschikte bestemming (Oranjewoud, 2010; Baptist & De Groot, 2012; Tauw, 2014 ("http://eemskrant1.rssing.com/browser.php?indx=11825098&item=2541").

Het lastige probleem lijkt te zijn hoe de berg af te graven zonder dat een sterke verspreiding van het materiaal plaatsvindt in het systeem. Het heet niet gevaarlijk te zijn, maar puur CaCO₃ met ook nog eens CaOH als bijmengsel is zo basisch dat het zonder meer biologische en chemische processen beïnvloedt; lokaal is dat ook het geval (Baptist & De Groot, 2012).

2.7.3.2 Pekellozing

Pekellozing is aan de orde bij Ditzum, waar ondergrondse zoutkoepels uitgespoeld worden ten behoeve van opslag van aardgas; het debiet bedraagt globaal 4000 m³ h⁻¹. De zoutgehalten in het te lozen water zijn véél hoger dan in het oppervlaktewater; het zoutgehalte in de Duitse pekeldroeg in 1987 bijna 250 g zout kg⁻¹ (bij een soortelijke massa van 1.18 kg l⁻¹) (Bakker & Otten, 1987); dat is bijna 7-8 keer het gehalte in zeewater (34 g l⁻¹). De grootste kans op schade lijkt te zijn dat organismen met veel te hoge zoutgehalten geconfronteerd worden ("osmotic shock"), met mogelijke sterfte als gevolg.

2.7.3.3 Geluidsoverlast/verstoring

Geluidsoverlast speelt bij allerlei werkzaamheden, bijvoorbeeld (maar zeker niet alleen) bij de Eemshaven. Dit kan hinder bij bevolking opleveren, maar ook bij zeezoogdieren, vogels en vissen (mijddgedrag). Drukgolven (bij bijvoorbeeld heiwerkzaamheden) kunnen zelfs lethale schade veroorzaken bij zeezoogdieren en vissen cq vislarven. Maatregelen in dezen zijn er op gericht om óf overlast zoveel mogelijk te beperken (gebruik van technieken) óf om die perioden te kiezen waarin zo min mogelijk organismen geschaad kunnen worden. Aan effecten van geluidsoverlast op zeehonden is/wordt onderzoek gedaan (o.m. Lucke et al, 2013).

2.7.3.4 Koelwaterinname/lozing

Bij inname van (zee-)water als koelwater is het onvermijdelijk dat organismen mee komen met de waterstroom. Jager (1992) vond dat er toentertijd 6 miljoen vissen/jaar bij de Eemscentrale door inname om het leven zouden komen (bij bijna 500 miljoen m³/j = 15 m³ s⁻¹ koelwaterinname). In Hartholt & Jager (2004) wordt een debiet van 50-60 m³ s⁻¹ genoemd bij de huidige centralecapaciteit. Hartholt & Jager (2004) concludeerden dat er sommige soorten zijn waarvan een substantieel deel van het lokale bestand bij koelwaterinname wordt ingezogen.

Wat betreft koelwaterlozing geldt de volgende rekensom om een algemene inschatting mogelijk te maken: een gasgestookte centrale heeft een rendement van ongeveer 50%. Een centrale –zoals de Eemscentrale- die om en nabij 2000 MW produceert loost dus een ongeveer gelijke hoeveelheid warmte (hetzij via koelwater, hetzij via de lucht). Het is simpel uit te rekenen dat dit ongeveer 500 m³

s^{-1} water inhoudt bij $1^{\circ}C$ temperatuurverschil, gesteld dat alle warmte via het koelwater geloosd wordt. Bij het standaard temperatuurverschil van 5 à $6^{\circ}C$ wordt dus ongeveer 100 à $80\ m^3\ s^{-1}$ geloosd. Dit is een debiet dat van gelijke grootte-orde is als dat van de Eemsvier. Richtlijnen voor het transport en de menging van koelwater zijn opgesteld door Baptist & Uijttewaal (2005). Hiermee kan berekend worden hoe een koelwaterpluim zich over de waterkolom verspreid. Hartholt & Jager (2004) concludeerden dat de meeste lagere diersoorten vermoedelijk hooguit beperkt effect zouden ondervinden van de warmwaterpluim, maar dat sommige vissoorten weinig temperatuurtolerant zijn, en waarvan het bestand schade zou kunnen ondervinden indien de temperatuurverhoging een groot deel van de waterkolom zou betreffen.

2.7.4 Welke vragen liggen er nog

2.7.4.1 Griesberg

De Griesberg dient verwijderd te worden. Daar zijn verder geen vragen over. Wel over het hoe en welke verwerking van het verwijderde materiaal.

2.7.4.2 Pekellozing

Het is ons niet bekend of inmiddels de opgepompte pekkel verdund wordt vóór lozing, of in hoeverre de pekelsamenstelling wezenlijk verschilt van het ontvangende water.

2.7.4.3 Geluidsoverlast/verstoring

Bij elk type werkzaamheden in het estuarium is er kans op verstoring, hetzij door geluid, hetzij visueel. Er wordt op meerdere vlakken onderzoek verricht naar effecten van onderwatergeluidsgolven op de overleving van vislarven, volwassen vis en zeezoogdieren (zie o.m. Van Damme et al, 2011; Bolle et al, 2012; Van den Akker & Van der Veen, 2012/2013) . Daarnaast zal geluid voor hogere organismen een versturende werking hebben; deze effecten zijn naar ons idee nauwelijks voldoende in kaart gebracht. Bij de Eemshaven wordt onderzoek verricht, maar die studies zijn nog niet geheel beëindigd (Lucke et al, 2013). Tenslotte zijn er weliswaar vuistregels voor visuele verstoring, maar die zijn voor zover ons bekend is niet structureel in kaart gebracht.

2.7.4.4 Koelwaterinname/lozing

Naar de mogelijkheden tot beperking van vissterfte door koelwaterinname is door Bruijs (2007) een bureaustudie uitgevoerd, waarvan bij ons niet bekend is welke maatregelen zijn doorgevoerd om een optimaal effect te bereiken.

Er bestaan nog vragen over het minimaliseren van de inname van, met name kleine ($< 15\ cm$), vis, het optimaliseren van visretoursystemen en de monitoring van vis bij koelwaterinname (Jager, 2010).

Naar de verspreiding van geloosd koelwater is een modelstudie (Heling et al, 2006) verricht mbv het Princeton Ocean Model (<http://www.ccpo.odu.edu/POMWEB/>); daarbij werd geconcludeerd dat de normen, gesteld voor lozingen in estuaria, niet worden overschreden.

2.7.5 Wat móet er onderzocht worden, inclusief een schatting van de inspanning en het tijdpad

2.7.5.1 Griesberg

- i) Vraag: hoe kan **de slurry verwijderd** worden zonder dat er materiaal **gemorst** wordt?
Methode: dit is een vraag waar naar ons idee **baggerondernemingen** het best mee overweg kunnen.
- ii) Vraag: De belangrijkste vraag daarnaast is: hoe kan het **materiaal nuttig gebruikt** worden?
Storting elders is immers eveneens een noodoplossing.
Methode: **bureaustudie** naar mogelijkheden. Wij verwachten dat dit ongeveer een maand fte vereist.

2.7.5.2 Pekellozing

- i) Vraag: hoe is de samenstelling van de pekellozing?
Methode: dit moet bekend zijn, **bureauvraag** dunkt ons.
- ii) Vraag: als de pekelsamenstelling ongelijk is van die van het ontvangende water, wat betekent dat dan voor het lokale systeem?
Methode: in eerste instantie **bureaustudie** naar **literatuur**; dit vraagt naar onze schatting enkele weken werk.

2.7.5.3 Geluidsoverlast/verstoring

- i) Vraag: is hoeverre is geluid lethaal voor vislarven, vis, zeezoogdieren?
Methode: de problemen spelen met name bij hei-activiteiten. Op basis van bureaustudies is het mogelijk mogelijke probleemsituaties in kaart te brengen; de draagwijdte van onderwatergeluidsgolven kan met behulp van modellen geschat worden. Zodoende kan een eerste inschatting verkregen worden of een activiteit mogelijk tot problemen zou kunnen leiden of niet. Nader experimenteel onderzoek is specifiek, en valt buiten de scope van dit rapport.
- ii) Vraag: in hoeverre is geluid verstorend?
Methode: op basis van vuistregels is een eerste inschatting te maken; daarnaast moet veldonderzoek in de specifieke situatie uitsluitel bieden. Voor zeezoogdieren wordt daar momenteel onderzoek naar verricht (zie ook Lucke et al, 2013).
- iii) Vraag: in hoeverre speelt visuele verstoring een rol?
Methode: op basis van vuistregels is een eerste inschatting te maken; daarnaast moet veldonderzoek in de specifieke situatie uitsluitel bieden.

2.7.5.4 Koelwaterinname/lozing

Voor zover wij hebben kunnen overzien wordt er al veel aandacht besteed aan de effecten van koelwaterinname en –lozing. Ons dunkt dat op dit punt momenteel niet direct een nieuwe studievraag ligt.

2.8 Bijkomende niet-fysieke maatregelen, zoals die op overleggebied.

2.8.1 Nummers van de long-list en het maatregelcluster

Enkele vragen in de long-list zijn gericht op beter overleg (binnen Nederland, of met Duitsland), of gericht op plannen om het een of ander te bewerkstelligen. De meeste plannen zelf zijn in de overige secties aangestipt; en zijn ook niet direct onderwerp van nader onderzoek. In het oog springende maatregelen (64, 66, 67, 69) zijn alle gericht op verbeteringen voor trek- en broedvogels, waarbij ook menselijke gebruikers van (de omgeving van) het estuarium betrokken moeten worden.

2.8.2 Welke vragen liggen er nog

Daarnaast liggen er wél vragen die te maken hebben met goed bestuur en/of draagvlak bij bevolking, lokaal bestuur, bedrijven en andere belanghebbenden, zoals NGO's. Dit is samen te vatten onder het begrip 'governance'. De vraag is vooral welke maatregelen conflicten tussen belanghebbenden zouden creëren en draagvlak vereisen, en zo ja, van welke groepering.

Welke van de in de MIRT-long- of shortlist genoemde maatregelen men ook wil realiseren, er zal gezien het maatschappelijk krachtenveld waarin de bedachte ingrepen zich afspelen, een participatieve bestuurlijke aanpak van de overheid vereist zijn om beleidsdoelen effectief en integer te kunnen bereiken. Het interactief beheren van maatschappelijke problemen houdt publiek-private afstemming in, en voor zover er sprake is van een beleid dat op ecosysteem-functioneren is gebaseerd, komt de wetenschap daarbij een afzonderlijke rol toe. Röckmann e.a. (2015) geven een beschrijving van de interactie-driehoek die wordt gevormd door beleid, wetenschap en andere spelers, en noemen enkele belangrijke succesfactoren voor een legitiem, geloofwaardig en relevant milieubeheer. In het geval van de Eems-Dollardregio is de situatie extra complex vanwege het veelal grensoverschrijdende karakter van de maatregelen en zou er, afhankelijk van aanwezige cultuurverschillen tussen Nederland en Duitsland en op grond van een afwijkende bestuurlijke inrichtingen, zelfs sprake kunnen zijn van een 'dubbele' interactiedriehoek. Röckmann e.a. (2015) pleiten voor maximale duidelijkheid over de rollen van alle belanghebbenden in het proces, en over de scope en mate van gewenste interactie. Een belangrijke constatering is dat er geen geïkt recept is: de spelers dienen in 'onderhandeling' overeenstemming te bereiken over de wijze en mate van samenwerking.

2.8.3 Wat móet er onderzocht worden, inclusief een schatting van de inspanning en het tijdpad

Belangrijke vragen die moeten worden beantwoord zijn: Op welk moment kunnen de –hierboven genoemde- 'onderhandelingen' het beste starten, en met wie? Er is een dilemma als het gaat om participatie: Zo veel als mogelijk, maar vanwege beperkte ruimte, tijd, taalbeperkingen, of andere resources, zal participatie van belanghebbenden moeten worden beperkt tot zo weinig als nodig. Maar wie zijn er nodig, wie zijn de meest relevante belanghebbenden? En wie beslist daarover? Verder is het een dynamisch gebied waar veel verandert, ecologisch net zo als economisch en sociaal. Hiervoor zijn geen pasklare antwoorden te geven.

Een analyse van het institutionele landschap is een voorwaarde om de context van de internationale situatie correct te begrijpen: Welke wettelijke verplichtingen zijn er? Wie zijn de relevante beheersinstanties? Welke sectoren betreft het (of een betere vertaling van: Which sectors are affected)? Verder kan ook een lijst van geschikte maatregelen met een gerede kans op uitvoering helpen om relevante belanghebbenden/ sectoren te identificeren en het tijdpad te bepalen. Het lijkt dus zinvol in kaart te brengen (voor zover nog niet gedaan) welke conflicten / uiteenlopende belangen er kunnen optreden, en bij welke maatschappelijke spelers voor welke maatregel steun gevonden moet worden. Vervolgens zouden bijvoorbeeld bijeenkomsten kunnen worden georganiseerd. De ecologische experts van IMARES zouden daarbij ter plekke aanwezig kunnen zijn, om antwoord te geven op opgeworpen vragen van de belanghebbenden.

Maatregelen die elders ingrijpen (bijvoorbeeld een ander koelwaterinnamebeleid) kunnen pas beoordeeld worden als duidelijk is wat de randvoorwaarden zijn van de betreffende bedrijven, wat de bereidheid is tot medewerking, en wat wettelijk gezien tot de mogelijkheden cq verplichtingen behoort.

Een inschatting van de inspanning hangt sterk af van de vraagstelling, schaal, en doelgroep, en is niet zonder meer te geven.

2.9 Bijkomende maatregelen aangaande monitoring

2.9.1 Nummers van de long-list en het maatregelcluster

Er is een aantal monitoringactiviteiten voorgesteld, zoals langdurige slibmonitoring in het gebied (25), inventarisatie en monitoring specifiek gericht op het Eems-Dollard-estuarium (75) en extra monitoring voor de ZO Eemshaven/Spijksterpolder (76). Bij beide laatste opties is geen nadere invulling gegeven.

2.9.2 *Wat zal er in het systeem veranderen als de maatregelen werkelijkheid worden?*

Niets. Het betreft alleen monitoring.

2.9.3 *Welke vragen liggen er nog*

Bij het in 2012 en 2013 uitgevoerde onderzoek naar slibdynamiek en primaire productie in de Eems-Dollard (Spiteri et al, 2011; Van Maren et al, 2014; Brinkman et al, 2014) blijkt het grote belang van langdurige meetdata voor een scala aan variabelen. Dat betreft niet alleen een systeembreed overzicht over het slibgehalte in de waterkolom, maar ook data over pelagiale en bentische algenbiomassa en soortensamenstelling, over secundaire producenten (schelpdieren, epibenthos, zoöplankton), lichtuitdoving in de waterkolom én over processen zoals primaire productie. Er is dus behoefte aan monitoring, maar ook aan procesmatig onderzoek.

2.9.4 Wat móet er onderzocht worden, inclusief een schatting van de inspanning en het tijdpad

Goede monitoring is tijdrovend; het programma dat voor het voornoemde Eems-Dollardonderzoek naar slibdynamiek en primaire productie is doorlopen vergde enkele fte's, waarbij nog scheepstijd moet worden opgeteld. En hierbij waren secundaire producenten nog niet eens betrokken. Wij menen dat nadere kennis van secundaire producenten, en een beter inzicht in primaire productie gewenst is. Nu (zie Brinkman et al, 2014) is er tweejarig onderzoek verricht dat enigszins inzicht geeft in de primaire productie van het systeem. De van jaar-tot-jaar variabiliteit rechtvaardigt een langduriger onderzoek, inclusief een bredere opzet naar het voedselweb als geheel, om het systeemgedrag beter in beeld te brengen. Dit vergt enkele jaren onderzoek.

2.10 Overige maatregelen

2.10.1 Nummers van de long-list en het maatregelcluster

Er is een heel scala aan nog niet behandelde maatregelen opgevoerd in de genoemde long-list. Sommige zijn erg algemeen van aard, zoals "onderhoudsplannen"(74).

We maken nu een keuze en noemen twee van deze maatregelen die concreet zijn en mogelijk effectief" : economisch gebruik gebaggerd slib (slib als grondstof): 27 en de aanleg van een diepzeehaven: 15.

2.10.2 Wat zal er in het systeem veranderen als de maatregelen werkelijkheid worden?

Verwijderen van slib uit het estuarium is al eerder behandeld (sectie 2.4). Het betreft hier onderzoek naar gebruiksmogelijkheden van slib uit de Eemshaven.

Aanleg van een diepzeehaven is een complexe aangelegenheid, niet alleen wat de aanleg zelf betreft met bijkomende ecologische gevolgen, maar ook de logistieke consequenties zijn groot: er dient immers toch een verbinding met het land te zijn. Binnen het Eems-Dollardsysteem verandert er eerst dán wat als het eveneens inhoudt dat de bestaande vaargeulverdiepingen niet meer nodig zijn.

2.10.3 Wat móet er onderzocht worden, inclusief een schatting van de inspanning en het tijdpad

Onderzoek naar gebruiksmogelijkheden van baggerslib lijkt ons een pilotstudie waard, waarbij een eerste inschatting van de haalbaarheid kan worden gemaakt. Ecologische consequenties dienen daarbij of daarnaast ook aan de orde te komen (horende bij sectie 2.4).

Onderzoek naar gevolgen van een diepzeehaven lijkt ons een groot studieproject op zich, vergelijkbaar met die voor Maasvlakte-II.

3 De Eemsrivier

3.1 Algemeen

De “Eemsrivier” is het deel van de rivier tussen de stuw bij Herbrum en het plaatsje Pogum waar de rivier verwijdt tot de Dollard.

De problematiek van de rivier kan in vier thema's worden samengevat: zeer hoge slibgehaltenes, gedeeltelijke zuurstofloosheid of tenminste zeer lage zuurstofgehaltenes gedurende langere tijd in de zomermaanden, kanalisatie en bedijking.

De rivierverdiepingen die zijn doorgevoerd zijn erg bepalend. Door die verdiepingen, waardoor de rivier bevaarbaar is voor schepen tot 7.3 m diepgang, kan bij vloed meer water per tijdseenheid worden aangevoerd, en bij eb afgevoerd. Dat gebeurt dan ook, waardoor het getijverschil toeneemt. Bij elke vloed stroomt er daarmee ook meer slib de rivier in. Omdat dit deels achterblijft op de bodem van de rivier wordt de bodem gladder: waar rond 1989 nog stukken met zandige bodem voorkwamen, is de rivierbodem tegenwoordig vrijwel uitsluitend sliktig (BioConsult, 2011, uit: IBP Ems, 2014). Als gevolg daarvan is de bodemruwheid afgenomen waardoor de stroming nog enigszins versneld wordt. Dit samen heeft tot gevolg gehad dat het getijdenverschil bij Papenburg tegenwoordig 3.5 m bedraagt tegen 3.1 m in 1980 en 1.4 m rond 1900 (IBP Ems, 2014). In dit verband wordt ook gesproken over asymmetrische getijden (de vloedperiode is korter dan de ebperiode), een verschijnsel dat zich altijd voordoet in systemen waar de aanvoerweg lang is, en het water weer moet afstromen van ondiepe gebiedsdelen; de mate van asymmetrie wordt bepaald door het verschil in karakteristieken van de aanvoerweg (de geul, tijdens vloed) en de delen waar de afstroming het moeilijkst is (de ondiepe delen, tijdens eb).

Omdat tegenwoordig de getijdenwerking, en daarmee de aanvoer van slib, veel groter geworden is, terwijl rustige bezinking achterwege blijft, zijn de slibgehaltenes in de waterkolom ook sterk toegenomen. Tegenwoordig worden gehaltenes van 1000 mg l^{-1} gemeten, bij tijd en wijle oplopend tot 6000 mg l^{-1} (Spiteri et al, 2011). Oudere data voor de rivier (1959; IBP Ems, 2014) zijn 180 mg l^{-1} aan het oppervlak, tot 1000 mg l^{-1} op 1 m boven de bodem. Vlak boven de bodem worden tegenwoordig waarden tot 50000 mg l^{-1} waargenomen (IBP Ems, 2014). Een dergelijk slib/water-mengsel wordt “fluid mud” genoemd. Ter vergelijking: de gemiddelde slibgehaltenes in de westelijke Waddenzee liggen rond 20 mg l^{-1} (Waterbase, 2014; Brinkman, 2008).

Daarnaast zijn de zuurstofgehaltenes in de rivier 's zomers laag. Van april tot oktober komen over enkele tientallen kilometers O_2 -gehaltenes voor onder $4 \text{ mg O}_2 \text{ l}^{-1}$, tot zelfs onder $2 \text{ mg O}_2 \text{ l}^{-1}$ laag (IBP Ems, 2014). Voor trekvisserij erg lastig, voor paaiende vis een onmogelijke situatie (Jager, 2010). Van Mastrikt et al (2014) melden dat het organisch-stofgehalte ongeveer 10% uitmaakt van het zwevende materiaal; een heel normaal percentage van zwevend materiaal; zie bijv de MWTL-metingen van Rijkswaterstaat. Bodemslib (de deeltjes $< 63 \mu\text{m}$) bestaat ook vaak uit 10% organisch materiaal (Brinkman & Van Raaphorst, 1986), al is dat goeddeels slecht afbreekbaar humusachtig materiaal. Vooral in hoog-productieve systemen is het gehalte aan organisch materiaal vaak hoger; vooral in de zomermaanden kan dit tot 20-30% oplopen (MWTL-metingen: Waterbase 2014).

Lage zuurstofgehaltenes zijn het gevolg van een combinatie van factoren: weinig productie, een lage atmosfeer/water-overdracht van zuurstof (hoe dieper en hoe meer gekanaliseerd, des te slechter is de reaeratie), en (soms) een hoge zuurstofconsumptie door de bodem (Thomann & Mueller, 1987).

Vermoedelijk is het zwevende materiaal niet erg goed afbreekbaar, maar is het absolute gehalte wel erg hoog, waardoor de zuurstofconsumptiesnelheid toch aanzienlijk kan zijn.

Kanalisisatie en bedijking beïnvloeden de natuurlijkheid van de rivieroeveren en uiterwaarden, met een verlies aan soortenrijkdom van plant tot dier (IBP-Ems, 2014). Tenslotte is de Eemsoever over vrijwel het gehele traject besteed, wat de natuurlijkheid verder heeft doen afnemen.

3.2 Maatregelen voor hydrodynamisch herstel Eemsrivier

3.2.1 Nummers van de long-list en het maatregelcluster

Er zijn eigenlijk vier maatregelen die genoemd worden met als doel de hydrodynamische toestand te verbeteren: verplaatsen van de stuw bij Herbrum (4), verwijdering van de gladde sliblaag (5) en een toename te bewerkstelligen van de wateruitwisseling langs de Geise-strekdam (1). Herstel van de meanders en nevengeulen in de rivier (de-normalisatie) is maatregel (3) van de long-list.

3.2.2 Wat zal er in het systeem veranderen als de maatregelen werkelijkheid worden?

3.2.2.1 Stuw Herbrum

Verplaatsing van de stuw vergroot het estuarium, en zal vooral lokaal effect hebben, met name op het deel dat nu nog bovenstrooms van de stuw ligt. Op de ecologische toestand van de getijdenrivier zal de maatregel maar beperkt (lees: nauwelijks) effect hebben.

3.2.2.2 Sliblaag

Verwijdering van de sliblaag is symptoombestrijding; na enige tijd zal de toestand met fluid-mud zich herstellen omdat dit een toestand is die hoort bij de genormaliseerde toestand van de Eemsrivier.

3.2.2.3 Herstel meanders

Hierdoor wordt de lengte van de rivier groter én neemt de weerstand tegen stroming toe. De turbiditeit moet daardoor afnemen simpel omdat het zoete water in belang gaat toenemen. De bevaarbaarheid voor grote cruiseschepen neemt daardoor af.

Een medegevolg is dat de uitwisseling tussen atmosfeer/water toe gaat nemen, met als gevolg een verbeterde zuurstofhuishouding.

3.2.3 Welke maatregelen lijken het meest ingrijpend cq doeltreffend te zijn, en waarom

Alleen herstel van de riviermeanders lijkt een zinvolle maatregel die leidt tot een verbetering van de ecologische toestand van de Eemsrivier.

3.2.4 Welke vragen liggen er nog

De vraag is welke mate van de-normalisatie noodzakelijk is, welk effect dat heeft op de terugdringing van slibgehalten en zuurstoftekort, en wat het betekent voor de scheepvaart.

3.2.5 Wat móet er onderzocht worden, inclusief een schatting van de inspanning en het tijdpad

De eerste vraag: welke mate van de-normalisatie nodig is, kan vermoedelijk op basis van expertise beantwoord worden. De tweede: wat dat betekent voor het slibgehalte, is een systeemafhankelijke vraag. Historische data, gecombineerd met modelmatige inschattingen lijken ons het meest voor de hand liggend. Wij kunnen geen goede schatting geven van de noodzakelijke inspanning. De derde vraag: wat betekent dit voor de zuurstofhuishouding, kan *vervolgens* vrij goed gegeven worden aan de hand van relatief simpele rekensessies, naar onze schatting hooguit enkele weken werk.

3.3 Maatregelen voor natuurherstel Eemsrivier

3.3.1 Nummers van de long-list en het maatregelcluster

Er is een hele reeks aan maatregelen voorgesteld die betrekking heeft op de Eemsrivier, variërend van herstel oude meanders tot ontwikkeling van ooibossen (37, 39-42).

3.3.2 Wat zal er in het systeem veranderen als de maatregelen werkelijkheid worden?

De maatregelen lijken erg gunstig als natuurontwikkelingsprojecten, maar zullen op de slibhuishouding van de rivier weinig effect hebben.

3.3.3 Welke maatregelen lijken het meest ingrijpend cq doeltreffend te zijn, en waarom

Elk van de maatregelen richt zich op een specifiek onderdeel, en lijkt daarin doeltreffend.

3.3.4 Welke vragen liggen er nog

Als bij 3.5.4.1: opstellen van prioriteiten indien de beschikbare middelen beperkt zijn.

3.3.5 Wat móet er onderzocht worden, inclusief een schatting van de inspanning en het tijdpad

Als bij 3.5.5: ons lijken haalbaarheidsstudies, waarbij ook de meest geschikte lokaties geselecteerd worden, relevant. Omdat de lokaties alle op Duits grondgebied liggen is er voor de Nederlandse overheid geen directe taak.

4 Evaluatie

In het bovenstaande hebben wij een aantal typen maatregelen besproken en beoordeeld wat hun effect op de ecologische toestand van het Eems-Dollardestuarium cq de Eemsrivier is of kan zijn.

Wij constateren dat er ten aanzien van een aantal mogelijke maatregelen verwachtingen bestaan over mogelijke effecten die niet terecht zijn, of waarbij de verwachtingen zelfs tegengesteld zijn aan de onze. Dit is met name het geval bij al de maatregelen die betrekking hebben op het verwijderen van slib, het vernauwen van de toevoergeul naar het estuarium, of de verdieping van de Bocht van Watum (om naar de oorspronkelijke situatie terug te keren).

De basisgedachte is dat estuariumoppervlak, getijslag en grootte van de toevoergeulen met elkaar in overeenstemming zijn, waarbij stromingerosie zorgt voor een geul op juiste diepte, alsmede transport van slib en zand náár de platen, en windgedreven erosie zorgt voor transport van materiaal naar de geulen.

Wanneer geulen worden verdiept of worden uitgebreid betekent dat dat de geulen te groot worden voor het estuarium dat er bij hoort, met gevolgen als plaatafkalving en een beperking van de kwelderaanslibbing of wellicht zelfs erosie. Wordt slib óók nog eens verwijderd, dan wordt een bron van opslibbingsmateriaal ook verwijderd, waarbij verwacht wordt dat dit leidt tot extra negatieve effecten voor het plaatoppervlak en de kwelderontwikkeling.

Er zijn twee ingrepen denkbaar die de potentie hebben om een verbetering van de ecologische toestand van het estuarium te bewerkstelligen.

A) Een sterke vergroting van het estuarium zal daadwerkelijk zorgen voor een terugkeer naar een min of meer natuurlijke toestand, waarbij tóch de havenfunctie van Emden en Delfzijl behouden blijft, én de slibgehalten in de Dollard bij Emden verminderen. Het motto is dan immers: als de geulen te groot zijn voor de toestand van nu, dan moet het estuarium in de toekomst zo groot worden dat het past bij de geulen van nu.

In dit verband is het relevant om op te merken dat verdieping van de Eemsrivier zorgt voor een verbetering van het slibgehalte aan de zeezijde van het estuarium (maar niet in de rivier zelf).

B) De tweede maatregel houdt in dat de vaarwegen naar Emden en Papenburg niet meer ín het estuarium liggen, maar daar van gescheiden zijn: een gekanaliseerde vaarweg tot zo dicht mogelijk bij de zee, waar middels sluizen de verbinding tussen de verlengde zoete rivier en de zee wordt gemaakt. Dit heeft twee gevolgen: het estuarium kan zich weer naar zijn natuurlijke situatie ontwikkelen, en de slibproblematiek van de rivier verdwijnt op den duur omdat er alleen nog maar zeewaartse stroming aanwezig zal zijn. Het niet-natuurlijke karakter van de rivier is niet te herstellen zolang oceanocruisers moeten kunnen passeren, maar door allerhande natuurontwikkeling aan/bij de oevers is ongetwijfeld veel compensatie mogelijk.

De meeste overige maatregelen die effect hebben zijn lokaal en kunnen zeer wel positieve invloed hebben op de ecologische waarde van het gebied.

Wij wijzen erop dat sommige maatregelen gunstig lijken, maar het volgens ons niet zijn. Dit betreft bijvoorbeeld de vernauwing van de Westerems of het verdiepen van de Bocht van Watum. Deze zullen tegengestelde effecten hebben.

Hetzelfde geldt voor verwijdering van slib uit het systeem: het lijkt gunstig omdat het effect heeft op het gehalte aan zwevend slib, maar voor de ontwikkeling van getijdenplaten en kwelders zal het een negatieve uitwerking hebben. Hier dient zeer kritisch naar gekeken te worden.

Wat nu te doen?

Prioriteitenstudies

Een aantal voorgestelde maatregelen heeft betrekking op natuurontwikkeling; de prioriteiten zouden in een prioriteitenstudie kunnen worden geïdentificeerd. Indien zinvol kunnen pilotstudies worden uitgezet. Een governance-benadering is belangrijk, omdat er verschillende belangen spelen en de mate van steun onder bewoners een rol speelt.

Expertiseworkshops

In een aantal gevallen zijn expertiseworkshops een probaat middel om best-passende oplossingen te kiezen.

Ecologische analyses/modelstudies

Een aantal andere maatregelen vraagt om nadere ecologische analyses, waarbij modelstudies een belangrijke optie zijn. Deze dienen verder te gaan dan primaire productie alleen, en moeten zoveel mogelijk recht doen aan ook de secundaire producenten in het systeem, zowel bentisch als pelagisch.

Monitoring

De behoefte aan betere monitoring is geschetst; een monitoringprogramma moet worden opgesteld.

Nader ecologisch onderzoek

Naast monitoring is procesmatig onderzoek gewenst, vooral ook gericht op primaire productie en secundaire producenten. Dit is een vervolg op het huidige primaire-productieonderzoek dat in het voorjaar van 2015 zal worden afgerond.

Referenties

- Alvarez-Fernandez S & Riegman R. 2014. Chlorophyll in North Sea coastal and offshore waters does not reflect long term trends of phytoplankton biomass. JSR. 91: 35-44
- Arens S. 2009. Erfassung und Bewertung der Röhrichte, Brack- und Salzmarschen (Makrophyten/Angiospermen) im Rahmen eines Praxistests zur Umsetzung der EG-WRRRL in den Übergangsgewässern von Weser und Ems. Bericht des NLWKN. 69 Seiten + 46 Seiten Anlagen Brake-Oldenburg-Wilhelmshaven.
- Bakker JF & Otten HM. 1987. Het ontstaan van een zoute onderstroom in de rivier de Ems als gevolg van een pekeloosing bij Gandersum (BRD). Rijkswaterstaat DGW. Notitie GWWS-87-269.
- Baptist MJ & Uijtewaal, W.S.J. 2005. Transport and mixing of cooling water; guidelines and modelling practice. TUDelft.
- Baptist MJ & De Groot, AV. 2012. Ecologische bemonstering Griesberg, Delfzijl. Rapport IMARES C143/12
- BioConsult. 2011. Entwicklung von Naturschutzziele und Maßnahmenkonzepten im Rahmen des Projektes „Perspektive Lebendige Eemsrivier“. Zwischenbericht 2, September 2011. Im Auftrag von BUND, NABU, TU Berlin und WWF.
- Bolle LJ, De Jong ChrAF, Bierman SM, Van Beek PJG, Van Keeken OA, Wessels PW, Van Damme CJG, Winter HV, De Haan D & Dekeling RPA. 2012. Common Sole Larvae Survive High Levels of Pile-Driving Sound in Controlled Exposure Experiments. PLoS ONE 7(3): e33052. doi:10.1371/journal.pone.0033052
- Brinkman AG & Van Raaphorst W. 1986. De fosfaathuishouding in het Veluwemeer. PhD-thesis. Twente University of Technology, 700 pp.
- Brinkman AG, 1993. Biological processes in the EcoWasp ecosystem model. IBN Research Report 93/6. 111 pp.
- Brinkman AG & Smit JPC. 1993. Porewater profiles in the EcoWasp ecosystem model. IBN Research Report 93/2. 62 pp.
- Brinkman AG, Smaal AC. 2003 Onttrekking en natuurlijke productie van schelpdieren in de Nederlandse Waddenzee in de periode 1976-1999 Alterra/RIVO. Alterra-rapport 888, 247 pp
- Brinkman AG. 2008. Nutriënt- en chlorofylgehalten in het westelijke en oostelijke deel van de Nederlandse Waddenzee; waarden en trends tussen 1980 en 2005 en mogelijke oorzaken daarvan. Wageningen IMARES/Texel Rapport C112/08
- Brinkman AG. 2013. Modelling the effects of mussel seed collectors on the Wadden Sea ecosystem. Wageningen, IMARES Report number C061/13. 160pp
- Brinkman AG, Riegman R, Jacobs P, Kuhn S & Meijboom A. 2014. Ems-Dollard primary production research, full data report. IMARES Report C160/14

- Bruijns MCM. 2007. Bureaustudie naar technische en operationele maatregelen bij koelwaterinlaten om de effecten van visinzuiging te reduceren. KEMA Technical & Operational Services Nota 50763027-TOS/MEC 07-9183
- Cronin K, Van Maren B & Stolte W. in prep. Mud dynamics in the Eems-Dollard, phase 3. Scenarios for improvement. Rapportage Deltares, 1205711-003
- Dankers P, Van Nieuwerburgh L, Peerbolte B, Schuurman F & Van den Berg T. 2013. Maatregelstudie Eems-Dollard, Economie en Ecologie in balans. Hydrodynamisch berekeningen en effectbepaling herstel maatregelen Eems-Dollard. Rapport RHKDHV, ref. BC4649-100/R0002/MvH/JEBR/Nijm
- De Jonge. 1992. Tidal Flow and Residual Flow in the Ems Estuary. Estuarine, Coastal and Shelf Science. 34: 1-22
- Dronkers J. 2005. Dynamics of coastal systems. World Scientific Advanced Series on Ocean Engineering-Volume 25. 519 pp.
- Gerla DJ, Ruardij P, Nauw J & Brinkman AG. 2014. WaSMo, a fine-scaled model for the ecosystem of the western Dutch Wadden Sea. Final report for the NWO-ZKO project "Wadden Sea ecosystem data assimilation and integrated modelling". Eindrapport project ZKO-nr ZKO-V2/07-01
- Hartholt JG & Jager Z. 2004. Effecten van koelwater op het zoute aquatische milieu. Rijkswaterstaat Rapport RIKZ/2004.043
- Heling R, Jener HA, Janssen B, Maderich V, Brovchecko I & Terletska K. 2006 Koelwaterlozing in het Eems estuarium 3D- modevaluatie van de koelwaterlozing van RWE, locatie Eemshaven. Rapport NRG/KEMA. NRG 2006.
- IBP-Ems. 2014. Integrierter Bewirtschaftungsplan Emsästuar (IBP Ems) Fachbeitrag 1: „Natura 2000“.
- Jager Z. 1992. Een onderzoek naar de vissterfte ten gevolge van koelwaterinname uit het Eems-estuarium door de eemscentrale in 1981/1982. Rijkswaterstaat/DGW: rapport DGW 92.026
- Jager Z. 2010. Intercalibratie NL KRW-vismaatlat voor overgangswateren. Voordracht voor "Vissennetwerk, 7 oktober 2010" ism. Rijkswaterstaat
- Lucke K, Cremer JSM, Lindeboom HJ, Scholl MM & Teal LR. 2013. Zeezoogdieren in de Eems; studie naar de effecten van bouwactiviteiten van GSP, RWE en NUON in de Eemshaven in 2012. IMARES, Rapport IMARES C079/13a
- Min IenM. 2013. Besluit van de Minister van Infrastructuur en Milieu, van 26 maart 2013 nr. IENM/BSK-2013/46052, houdende benoeming leden Permanente Commissie van Toezicht op de Scheldevaart en de Eemscommissie.
- Min LNV. 2006. Natura2000 doelendocument. Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit. Den Haag.
- Min LNV, 2009. Directie Regionale Zaken 6312. Aanwijzingsbesluit Natura 2000-gebied Waddenzee. DRZO/2008- 00. (26 februari 2009). Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit. Den Haag
- Oranjewoud, 2010. Onderzoeksrapport Samenstelling griesberg Brunner Mond. Oranjewoud projectnr. 22714, 96 pp.
- Postma H. 1954. Hydrography of the Dutch Wadden Sea Arch. Néerl Zool, 10, 405-511

- Postma H. 1960. Einige Bemerkungen Oberden Sinkstofftransport im Ems-Dollart Gebiet,-Verh. K. ned. geol.mijnb. Genoot. (Geol. Ser.) 19: 103-110.
- Postma H. 1961. Transport and accumulation of suspended matter in the Dutch Wadden Sea,-Neth. J. Sea Res. 1:148-190.
- PRW, 2013. Helder & Productief, naar een structurele ecologische verbetering in het Eems-estuarium, Programma naar een Rijke Waddenzee.
- Röckmann C, Van Leeuwen J, Goldsborough D, Kraan M & Piet G 2015. The interaction triangle as a tool for understanding stakeholder interactions in marine ecosystem based management. Marine Policy 52: 155-162.
- Slijkerman DME, Tamis JE & Baptist MJ. 2014. Maatregelen ter verbetering van het eems-Dollardestuarium. Quick scan van 92 MIRT maatregelen en relaties met DPSIR. IMARES Wageningen UR. Rapport C114/14.
- Spiteri C, Riegman R, Winterwerp H, Brinkman AG, Stolte W, Jak R & Van Maren B. 2011. Mud dynamics in the Eems-Dollard, research phase 1. Literature review mud and primary production. Deltares rapport 1204891-000
- Tauw, 2014. Zie: (<http://eemskrant1.rssing.com/browser.php?indx=11825098&item=2541>).
- Tersteeg J & De Jonge J. 2014. Vier kijkrichtingen voor het Eems-Dollard estuarium. Rapport WING.
- Thomann RV & Mueller JA. 1987. Principles of Surface Water Quality Modeling and Control. Harper & Row, Publ, New York
- Van Damme CJG, Hoek R, Beare D, Bolle LJ, Bakker C, Van Barneveld E, Lohman M, Os-Koomen E, Nijssen P, Pennock I & Tribuhl S. 2011. Shortlist Master plan Wind Monitoring fish eggs and larvae in the Southern North Sea: Final report Part A Report number C098/11. Imares.
- Van den Akker S & Van der Veen. 2012/2013. Together for a healthy North Sea. Rapport Stichting De Noordzee
- Van Katwijk M. 2012. Zeegrass in de Waddenzee. De Levende Natuur, mei-nr, 107-109.
- Van Maren B, Riegman R, Stolte W, Brinkman B, Spiteri C & Jak R. 2011. Mud dynamics in the Eems-Dollard, research phase 1 Working plan phase 2 and 3. Deltares/ IMARES, rapport Deltares 1204891-000.
- Van Maren B, Stolte W, Sittoni L, Vroom J, Arentz L. 2014. Mud dynamics in the Ems Estuary, phase 2 Model analysis, final report. Deltares report 1205711-001
- Van Mastrigt A, Timan AF, Van Nieuwerburgh L & Verhoogt H. 2014. Probleembeschrijving volgens DPSIR Methodiek in het kader van MIRT-onderzoek Eems-Dollard. RHKDHV rapport ref. BD3134-101-100/R1/H. Verhoogt/Gron.
- Van Nieuwerburgh, L., et al., 2013. Maatregelverkenning economie en ecologie in balans, Factsheets. RoyalHaskoningDHV.
- Waterbase (2014). <http://live.waterbase.nl>

Verantwoording

Rapport C008/15

Projectnummer: 4308201165 K_NenR138 MIRT Eems Dollard

Dit rapport is met grote zorgvuldigheid tot stand gekomen. De wetenschappelijke kwaliteit is intern getoetst door een collega-onderzoeker en het betreffende afdelingshoofd van IMARES.

Akkoord: Drs. ing. J.E. Tamis
Onderzoeker afdeling Maritiem

Handtekening:



Datum: 2015-01-19

Akkoord: Drs J. Asjes
Hoofd afdeling Ecosystemen

Handtekening:



Datum: 2015-01-22