

Zandwinning en suppleties in de Zuidwestelijke Delta

Ecologische vragen vanuit sedimentbeheer in relatie tot
beheerdoelen van Rijkswaterstaat.

Marijn Tangelder, Marcel Rozemeijer,
Jeroen Wijsman, Martin Baptist

Rapportnummer C160/12



IMARES Wageningen UR

(IMARES - Institute for Marine Resources & Ecosystem Studies)

Opdrachtgever: Ministerie van Economische Zaken
Postbus 20401
2500 EK DEN HAAG

BO-11-015-020

Publicatiedatum: 21 december 2012

IMARES is:

- een onafhankelijk, objectief en gezaghebbend instituut dat kennis levert die noodzakelijk is voor integrale duurzame bescherming, exploitatie en ruimtelijk gebruik van de zee en kustzones;
- een instituut dat de benodigde kennis levert voor een geïntegreerde duurzame bescherming, exploitatie en ruimtelijk gebruik van zee en kustzones;
- een belangrijke, proactieve speler in nationale en internationale mariene onderzoeksnetwerken (zoals ICES en EFARO).

P.O. Box 68	P.O. Box 77	P.O. Box 57	P.O. Box 167
1970 AB IJmuiden	4400 AB Yerseke	1780 AB Den Helder	1790 AD Den Burg Texel
Phone: +31 (0)317 480900	Phone: +31 (0)317 48 09 00	Phone: +31 (0)317 48 09 00	Phone: +31 (0)317 48 09 00
Fax: +31 (0)317 48 73 26	Fax: +31 (0)317 48 73 59	Fax: +31 (0)223 63 06 87	Fax: +31 (0)317 48 73 62
E-Mail: imares@wur.nl	E-Mail: imares@wur.nl	E-Mail: imares@wur.nl	E-Mail: imares@wur.nl
www.imares.wur.nl	www.imares.wur.nl	www.imares.wur.nl	www.imares.wur.nl

© 2011 IMARES Wageningen UR

IMARES is onderdeel van Stichting DLO
KvK nr. 09098104,
IMARES BTW nr. NL 8113.83.696.B16

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.

A_4_3_1-V12.2

Inhoudsopgave

Samenvatting.....	5
1 Inleiding.....	6
1.1 Ecologische effecten.....	6
1.2 Doel.....	6
1.3 Werkwijze.....	6
1.4 Leeswijzer.....	7
2 Ecologische effecten van sedimentverplaatsing: onderzoekers aan het woord.....	8
2.1 Zand erover: zachte kustverdediging en ecologische effecten.....	8
2.1.1 Bodemdieren.....	8
2.1.2 Vissen.....	8
2.1.3 Zeehonden.....	9
2.2 Monitoring van suppletie strategieën in de delta en langs de kust.....	10
2.2.1 Monitoring Zandmotor.....	10
2.2.2 Suppletie Schelphoek.....	10
2.3 Ecologische effecten van zandwinning.....	11
2.3.1 De belangrijkste effecten van zandwinning in algemene zin,.....	11
2.3.2 Specifiek effecten van zandwinning in de huidige situatie en uitvoeringsmaatregelen.....	12
3 Beheervragen van Rijkswaterstaat.....	14
3.1 Algemeen overzicht.....	14
3.1.1 Zoet en zout water.....	14
3.1.2 Inspelen op klimaatverandering en zeespiegelstijging.....	14
3.1.3 Waterkwaliteit en natuur.....	14
3.1.4 Scheepvaart en recreatievaart.....	14
3.2 De beheervragen omtrent natuur vanuit WB21, KRW, N2000.....	15
3.3 Aanvullende criteria voor prioriteren van de kennisvragen.....	16
4 Sedimentbalansen in de Zuidwestelijke Delta.....	17
4.1 Sedimentstrategie op systeem- en lokale schaal.....	17
4.2 Sedimentissues in de Zuidwestelijke Delta.....	17
4.3 Sedimentmaatregelen.....	18
4.4 Ecologische vragen.....	19
4.4.1 Bekkens van de delta.....	19
4.4.2 Ecologische vragen vanuit suppleren.....	20
4.4.3 Ecologische vragen vanuit zandwinning.....	21
5 Resumé.....	22
5.1 Onderzoeksrichtingen voor de toekomst.....	22
5.2 Koppeling beheervragen Rijkswaterstaat.....	22
5.3 Vragen voor de Zuidwestelijke Delta.....	23
6 Literatuur.....	24
7 Bijlagen.....	26

7.1	Deelnemerslijst kennisworkshop	26
7.2	Powerpoint presentaties kennisworkshop.....	27
8	Kwaliteitsborging en Verantwoording	45

Samenvatting

Dit rapport beschrijft de uitkomsten van een expert workshop met IMARES deskundigen over onderzoek naar ecologische effecten van zandwinning en suppleren, en kennisvragen voor de toekomst in de Zuidwestelijke Delta in het kader van Beleidsondersteuning voor het Deltaprogramma Zuidwestelijke Delta 2012 (BO-11-015-020). Dit sluit aan bij een onderzoek wat eerder dit jaar heeft plaatsgevonden (Mulder et al., 2012) en waarbij een sedimentstrategie voor de Zuidwestelijke Delta beschreven is: een aanpak gericht op sedimentbeheer zou kunnen bijdragen aan behoud van beleidsdoelen zoals waterveiligheid, natuur en recreatie.

Dankzij de uitvoering van verschillende onderzoekstrajecten in de Hollandse kust, Zuidwestelijke Delta en Wadden is in de afgelopen jaren meer inzicht ontstaan in de ecologische gevolgen van zowel het suppleren van zand in de kustzone als het winnen van zand van de zeebodem. Onderzoek naar sedimentverplaatsingen heeft met name geleid tot meer inzicht in lokale ecologische effecten. Over effecten op het systeem is minder bekend en dit verdient de aandacht. Van belang is de relatie tussen een beschadigde benthos gemeenschap en voedselbeschikbaarheid voor vogels en vissen. Ook is er nog weinig inzicht in de relatie tussen een verminderde primaire productie als gevolg van vertroebeling en de doorwerking daarvan in de voedselketen. Kwantificering van deze relaties is complex, ecologische modellen vormen een hulpmiddel om deze relaties beter te begrijpen.

De beheervragen van Rijkswaterstaat zijn gericht op behoefte aan meer ecologisch inzicht aangaande het verbeteren van de waterkwaliteit door de zoet-zout gradiënt te herstellen en het bereiken van een verbetering van de leef kwaliteit voor alle soortgroepen (planten (algen), benthos, vissen, vogels, zeezoogdieren. Voor de Zuidwestelijke Delta komen met name vragen naar voren die gerelateerd zijn aan de gevolgen van zeespiegelstijging op behoud van intergetijden habitat en mogelijke inzet van suppletie strategieën voor het behoud hiervan. Binnen de context van een sedimentstrategie zijn vanuit het beleid en beheer met name de verbeteropgaven voor habitattypen binnen Natura 2000 en waterkwaliteitsdoelstellingen in het kader van Kaderrichtlijn Water van belang.

1 Inleiding

Dit rapport beschrijft de uitkomsten van een expert workshop op 6 december 2012 over onderzoek naar ecologische effecten van zandwinning en suppleren en kennisvragen voor de toekomst in de Zuidwestelijke Delta in het kader van Beleidsondersteuning voor het Deltaprogramma Zuidwestelijke Delta 2012 (BO-11-015-020). Aanleiding hiervoor is het feit dat er groeiende aandacht is voor de inzet van bagger- en stort strategieën in beheer van de bekkens en voordelta. Afgelopen jaar is een studie uitgevoerd naar een sedimentstrategie voor de Zuidwestelijke Delta die beschrijft hoe een aanpak gericht op sedimentbeheer zou kunnen bijdragen aan behoud van beleidsdoelen zoals waterveiligheid, natuur en recreatie (Mulder et al., 2012). Mogelijkheden van een sedimentstrategie worden gevormd door (combinatie van) het winnen en storten/suppleren van sediment en het toepassen van erosie remmende en/of sedimentatie bevorderende strategieën (bv. inzet biobouwers).

1.1 Ecologische effecten

Ingrijpen in de zeebodem door sediment te onttrekken of te suppleren heeft echter gevolgen voor het bodemleven. Deze effecten kunnen zowel directe (bv. sterfte bodemleven) als indirecte (bv. effecten door aanvoer gebiedsvreemd sediment (suppletie), verandering in bodem morfologie, effecten op de voedselketen door verandering in doorzicht en primaire productie gevolgen hebben voor het benthische ecosysteem (Birklund en Wijsman 2005; Baptist et al., 2009; Dankers, 2002; Rozemeijer, 2009; 2012; Van Duin et al. 2007, 2012) . Bodem fauna speelt een waardevolle rol in het ecosysteem als schakel tussen primaire productie (algen) en vispopulaties, kringloop van koolstof en nutriënten, en vormen een belangrijke voedselbron voor vogels en vissen maar ook voor de mens (bijvoorbeeld in de vorm van mosselen, oesters en kokkels).

1.2 Doel

Afgelopen jaren is veel onderzoek verricht naar de ecologische effecten van zowel zandwinnen als suppleren en zijn er onderzoek pilots opgestart in de delta maar ook langs de Noordzee kustzone en Waddengebied. Voorbeelden zijn zandwinning Zeeuwse banken en de suppleties Zandmotor, Schelphoek, Galgeplaat, Ameland en Oesterdam. Afgelopen jaren zijn veel gegevens verzameld en is veel nieuwe kennis ontwikkeld over ecologische effecten. Deze kennis is mogelijk van belang voor de Zuidwestelijke Delta. Het doel binnen deze opdracht is dan ook om deze kennis bij elkaar te brengen en kennis lacunes zichtbaar te maken omtrent ecologische effecten van zandwinnen en suppleren en deze te relateren aan beheerdoelen van Rijkswaterstaat.

1.3 Werkwijze

Afgelopen jaren hebben IMARES en anderen veel onderzoek gedaan naar ecologische effecten van bagger- en stortmaatregelen op het bodemleven en mariene ecosysteem. Om te inventariseren waar dit onderzoek toe heeft geleid en wat de belangrijkste kennisvragen zijn voor de toekomst, is op 6 december 2012 een inhoudelijke workshop georganiseerd met IMARES onderzoekers/experts vanuit het bredere benthisch-ecologische werkveld. Een overzicht van de betrokken experts en de PowerPoint presentaties, zijn opgenomen in de bijlagen. Daarnaast is aanvullende informatie verkregen uit diverse onderzoeksrapporten.

1.4 Leeswijzer

Hoofdstuk 2 bespreekt de actuele ontwikkelingen in het ecologisch onderzoek gerelateerd aan win- en stort strategieën op basis van presentaties door experts en relevante literatuur. Ervaringen in de Noordzeekustzone, de Zuidwestelijke Delta en het Waddengebied worden besproken.

Hoofdstuk 3 geeft een breder inzicht in de vragen van Rijkswaterstaat omtrent de Zuidwestelijke Delta. Dit is om de ecologische vragen omtrent de Sedimentstrategie in een breder context te plaatsen en ook synergie en meekoppeling te kunnen signaleren van de verschillende ecologische vraagstukken, kennisleemtes en lopende onderzoeken.

Hoofdstuk 4 gaat vervolgens in op betekenis van sediment strategieën voor de Zuidwestelijke Delta, mogelijke oplossingen en kennisleemten die hierbij naar voren komen.

Hoofdstuk 5 beschrijft tot slot een resumé van onderzoeksrichtingen voor de toekomst gerelateerd aan beheervragen vanuit Rijkswaterstaat.

2 Ecologische effecten van sedimentverplaatsing: onderzoekers aan het woord

2.1 Zand erover: zachte kustverdediging en ecologische effecten

Gebaseerd op een presentatie van Dr. M.J. Baptist tijdens de expertworkshop op 6 december 2012 en Baptist & Wiersinga (2012).

Nederland heeft gekozen voor een zachte strategie voor de kust. Het kustfundament moet meestijgen met de zeespiegelstijging. Iedere mm zeespiegelstijging verijst 7Mm^3 zand per jaar om het kustfundament te laten meestijgen. Uitgaande van het maximale scenario voor zeespiegelstijging van 12mm/jaar is ca. $85\text{Mm}^3/\text{jaar}$ nodig tot 2050 (Deltacommissie 2008). Bij de huidige vorm van suppleren (strand- en vooroeversuppleties) vereist dit een **jaarlijkse** suppletie langs **200 km** kust. Ook is de vraag op welke manier gesuppleerd moet worden en wat ecologische effecten hiervan zijn. Het beleidsvoornemen van de overheid is voornamelijk om $20\text{Mm}^3/\text{jaar}$ te suppleren.

De manier en strategie van suppleren is onderwerp van discussie. Men is nog niet overtuigd wat de beste suppletie strategie is. Twee strategieën zijn de huidige praktijk: een suppletie dun uitgesmeerd of een megasuppletie (heel veel op één plek) (Tabel 1). Voor de Natuurverkenning in 2011 zijn vier scenario's voor kustverdediging ontwikkeld. Voor ieder scenario is op basis van expert judgement uitgewerkt hoe de natuur van de kustzee er in 2040 uit kan zien. Met een model voor de omvang van de suppleties, de herhaalperiode van de suppleties en de hersteltijden van de kustzee is aangegeven welke aanpak ecologisch duurzaam is. Binnen het innovatieprogramma *Building with Nature* wordt onderzocht of een suppletie ook duurzamer en natuurlijker kan worden uitgevoerd. Recent is daarom een nieuw type suppletie ontwikkeld: de megasuppletie. De Zandmotor bij Ter Heijde is een eerste experiment (www.zandmotor.nl). Megasuppleties vereisen fors minder kustlengte dan reguliere strand- en vooroeversuppleties en kunnen een levensduur hebben van 20-30 jaar maar zorgen lokaal wel voor fikse ingrepen. Tabel 1 beschrijft de kenmerken van een megasuppletie en reguliere suppletie. Figuur 1 laat de herhaalperioden van suppleties zien als functie van het totale jaarlijkse suppletie volume en laat het verschil tussen regulier en megasuppleties zien.

2.1.1 Bodemdieren

Suppleties hebben op korte termijn ecologische effecten op bodemdieren: een vermindering van abundantie en biomassa van soorten. In het algemeen verloopt herstel vrij snel. De meeste soorten, aantallen en biomassa zullen grotendeels herstellen ca. 1 jaar na de uitvoering van de suppletie. Volledig herstel van de benthische gemeenschap en leeftijdsopbouw is geschat op 2-6 jaar (Rozemeijer, 2009; Baptist, et al. 2009). Effecten op bodemfauna zijn afhankelijk van bedekkingsoppervlak en herhaaltijd van de suppletie. Soortendiversiteit van de bodemfauna is gerelateerd aan de diepte: tot een diepte van 12m onder NAP kan als stelregel worden gehanteerd "hoe verder van de kust, hoe hoger de soortendiversiteit".

2.1.2 Vissen

Vissen zijn mobieler dan bodemdieren en zullen daardoor minder snel effecten ondervinden. Larven en jonge vis zijn echter kwetsbaar, omdat de troebele ondiepe zone met golfdynamiek een belangrijke rol speelt als de kinderkamerfunctie voor vispopulaties (Teal en Van Keeken 2011). Men kan aannemen dat voor platvis volgt dat er een relatie is tussen het oppervlakte van de kinderkamer en de grootte van de populatie. Gerichte suppleties kunnen dus helpen om deze functies te behouden of te versterken. Echter de kennis ontbreekt grotendeels over habitateisen voor juveniele vis, met name in de ondiepe brekerbankzone tussen 0 en 7 m. Met (mega) suppleties kunnen wellicht ook structuren worden aangelegd die de kinderkamerfunctie bevorderen (bv de lagune van de zandmotor).

Vogels

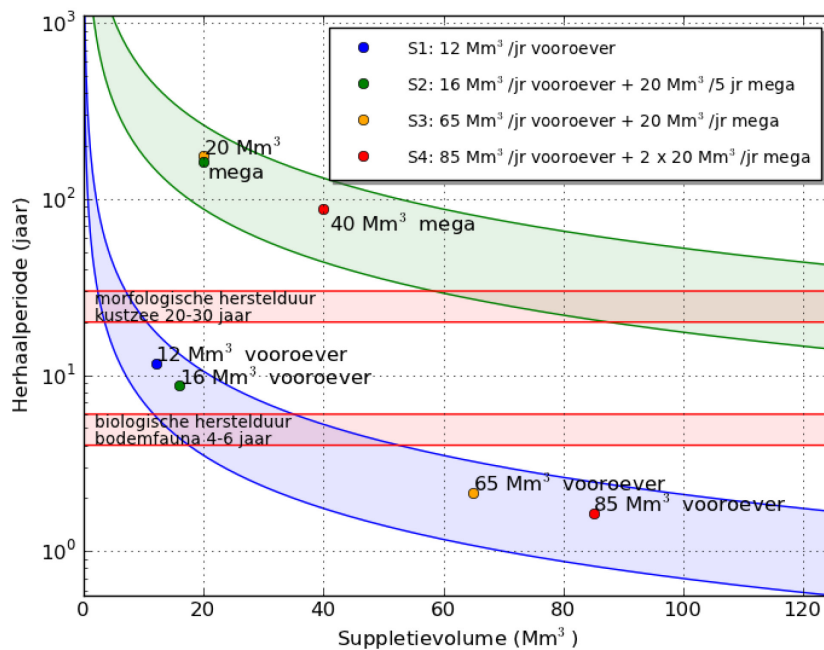
Visetende vogels die hun prooi op zicht vangen onder water kunnen nadeel ondervinden van een vermindert doorzicht als gevolg van suppleren. Vermindert doorzicht kan vangstsuccessen beperken. Voorbeelden van soorten zijn Roodkeelduiker, Parelduiker, Kuifduiker, Geoorde fuut, Roodhalsfuut en Fuut. Futen zitten over het algemeen dicht aan de kust (< 1500 m) en duikers verder weg. De Zandmotor biedt mogelijk extra habitat voor futen, echter heeft een Futensurvey uitgewezen dat de dichtheid van Futen rondom de Zandmotor niet hoger is als langs de rest van de kust.

2.1.3 Zeehonden

Megasuppleties (gesloten voor publiek) bieden mogelijkheden als rustgebied voor zeehonden. Naast het feitelijke extra aanbod aan rustige ligplaatsen bieden naar verwachting de wat steilere oevers makkelijkere mogelijkheden om te vluchten.

Tabel 1, Kenmerken van een reguliere vooroeversuppletie en een megasuppletie aangepast naar Baptist en Wiersinga (2012).

Parameter	Vooroeversuppletie	Megasuppletie
Totaal volume (Mm ³)	12	20
Intensiteit (Mm ³ /km)	0,4	10
Strookbreedte (km)	0,5	1
Kustlengte (km)	30	2
Bedekkingsoppervlakte (ha)	1500	200
Dikte van de laag (m)	0,80	10,0
Dieptezone	-5 tot -8 m	0 tot -10 m
Levensduur	2 - 8 jaar	20-30 jaar



Figuur 1, Herhaalperioden van jaarlijkse suppleties als functie van het totale jaarlijks suppletie volume uit Baptist en Wiersinga (2012). Het blauwe interval omvat vooroeversuppleties, het groene interval megasuppleties. De rode intervallen geven de biologische herstelduur van de bodemfauna en de morfologische herstelduur van de kustzee. De gekleurde stippen geven de gemiddelde herhaalperiode van de suppleties voor

ieder van vier scenario's. Voor het berekenen van de herhaalperiode is uitgegaan van een lengte van 350km zandige kust. Wanneer 12 Mm³ zand met vooroeversuppleties wordt aangebracht, wordt jaarlijks 30 km kust bezocht en is theoretisch iedere 11,7 jaar (350/30) een suppletie op dezelfde locatie nodig. NB; een belangrijke aanname is dat iedere locatie evenveel slijtage kent. Dat is niet hoe het feitelijk gaat maar voor een eerste verkennende berekening aanvaardbaar. Met een megasuppletie van 20 Mm³ wordt 2 km kust aangevuld met zand. Wanneer deze megasuppleties aangebracht worden langs de gehele kust, is theoretisch pas na 175 jaar (3560/2) een nieuwe suppletie nodig op de zelfde locatie. Beide typen suppleties kennen een bandbreedte van herhaalperioden doordat de aangebrachte hoeveelheid zand per km. kustlengte verschilt.

2.2 Monitoring van suppletie strategieën in de delta en langs de kust

Gebaseerd op een presentatie van Dr. J.W.M. Wijsman tijdens de expertworkshop op 6 december 2012

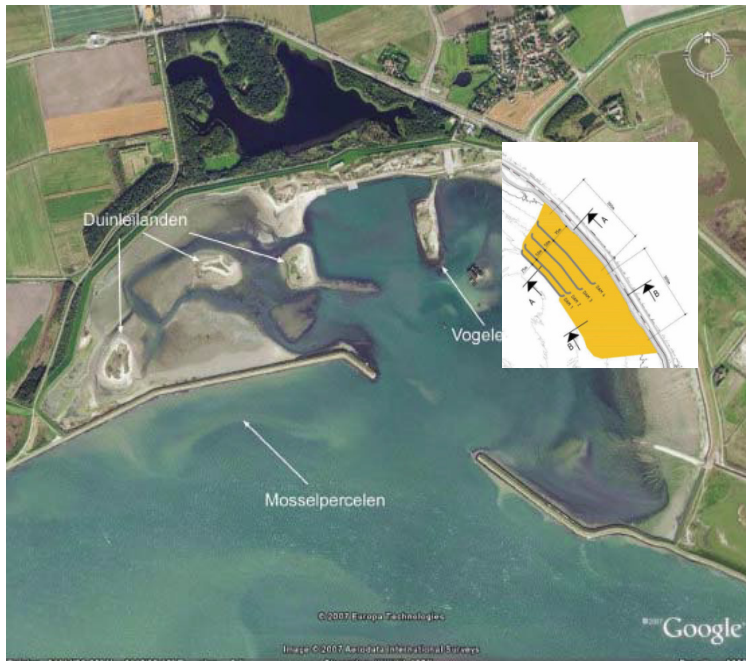
2.2.1 Monitoring Zandmotor

In 2011 is langs de Delflandse kust een Zandmotor aangelegd. Dit betreft een proef met een nieuw type suppletie die is aangelegd in de vorm van een "Zandhaak" om de Zuid Hollandse kust in de komende jaren van zand te voorzien. De Zandmotor verschilt van de reguliere suppletie (zie eerdere Tabel 1) doordat er eenmalig een grote hoeveelheid (21,5 Mm³) zand wordt aangelegd op één locatie tegenover reguliere suppleties, waarbij meerdere kleinere suppleties worden uitgevoerd op verschillende locaties. Het doel is om de kustveiligheid te vergroten op de lange termijn, mogelijkheden te scheppen voor natuurontwikkeling en recreatie door verbreding van strand en duinen, kennisontwikkeling en innovatie in relatie tot kustverdediging. De Zandmotor beslaat een oppervlakte van 100 hectare (bij aanvang) en na 20 jaar zou dit moeten resulteren in 35 hectare nieuw strand en duin. De levensduur van de Zandmotor is naar verwachting 20 jaar tegenover 3-5 jaar van reguliere strand en vooroeversuppleties. Om de doelen te evalueren vindt monitoring plaats van zowel de morfologische als ecologische veranderingen. IMARES doet onderzoek naar bodemdieren op het strand en kustzone, juveniele vis en epibenthos, zeevogels, zeezoogdieren en het voorkomen van ecotopen. In 2010 is voor de aanleg van de zandmotor een t0 monitoring uitgevoerd. In totaal zijn er 23 soorten bodemdieren aangetroffen in de 114 bemonsterde locaties, waarbij mesheften (*Ensis*) de meest dominante soort is in zowel aantallen als biomassa (Wijsman en Verduin 2011). Deze monitoring loopt door tot 2020 en zal inzicht geven in hersteltijden en ontwikkeling van levensgemeenschappen.

2.2.2 Suppletie Schelphoek

Een van de mogelijkheden om de gevolgen van de zandhonger te vertragen is het suppleren van sediment op de slikken en platen. Omdat weinig bekend is over aanlegkosten, effectiviteit, te verwachten levensduur en effecten van suppleties op natuur, troebelheid en de gebruikers (mossel- en oesterkweek, vissers, duikers en recreatie) is beproeving van de maatregelen in de praktijk noodzakelijk. Eén van deze proeven is de suppletieproef in de Schelphoek (W&B 2010). In deze proef die is uitgevoerd in het najaar van 2011 is een suppletie uitgevoerd van ongeveer 85 000 m³ zand die voor de helft is beschermd tegen golfslag door middel van met dammetjes van breuksteen van ongeveer 300m lang, 0,5m breed en 0,3m hoog (Figuur 2). Het zuidelijke deel van de proefsuppletie is niet beschermd met breuksteen. Het suppleren heeft mogelijk effect op nabijgelegen mosselpercelen door bedekking met zand en verandering van voedselkwaliteit door slib. Daarom is onderzoek gedaan naar de vraag of verhoogde slibconcentraties leidt tot verminderde groei van mosselen op de percelen. Verhoogde slibconcentratie leiden tot een verlaagde primaire productie waardoor er een lagere voedselbeschikbaarheid is voor de mosselen. Daarnaast filteren de mosselen ook meer slib wat ze weer uit moeten scheiden waardoor voedselopname meer energie kost. Wijsman en Brummelhuis (2012) beschrijven de resultaten van deze proef. In 2011 en 2012 zijn op verschillende meetlocaties torens met gestapelde mandjes met halfwas mosselen (3,5 cm) geplaatst van april tot november.

De resultaten van de metingen van mosselgroei laten geen significant negatief effect van de suppletiewerkzaamheden zien. Op een mosselperceel nabij de suppletie nam gewicht en conditie sterk af op moment van de suppletie, echter was dit effect in andere nabij gelegen percelen niet merkbaar. Als het een gevolg van de suppletie zou zijn, is dit wel te verwachten. Mogelijk zijn effecten ook beperkt doordat de suppletie in het najaar heeft plaatsgevonden aan het einde van het groeiseizoen.



Figuur 2. Overzicht van de proefsuppletie Schelphoek. Suppletie A is de suppletie met verdediging door breuksteen. Suppletie B is de traditionele suppletie zonder breuksteen (Bos 2010; W&B 2010)

2.3 Ecologische effecten van zandwinning

Gebaseerd op een presentatie van Dr. M.J.C Rozemeijer tijdens de expertworkshop op 6 december 2012 en Rozemeijer (2012).

Zand uit de zee is een belangrijke grondstof voor strandsuppleties, landaanwinning en ook op het land voor fundamente, infrastructuur, en beton- en metselzand. Om zandwinning optimaal uit te voeren, met het oog op gevolgen en de potentiële kansen voor het mariene milieu, is kennis noodzakelijk. Maar welke kennis is dat? De ingreep-effectrelaties die voor zandwinning worden opgetuigd (Figuur 3), vertegenwoordigen een breed divergerend spectrum aan te onderzoeken thema's.

2.3.1 De belangrijkste effecten van zandwinning in algemene zin

Een overzicht van de ingreep effect relaties is gegeven in Figuur 3 (zie ook OSPAR, 2008, van Duin e.a. 2012, Rozemeijer, 2012a):

1. Vernietiging:
 - a. Kuil: de toplaag van de bodem wordt weggezogen wat leidt tot het verdwijnen van de bovenlaag van de bodem met al het leven aan schelpdieren, wormen, etc., daarin. Dat heeft mogelijk zijn impact op vissen, vogels en zeezoogdieren die daar weer afhankelijk van zijn. Speciale zorg gaat hierbij naar het voorkomen dat de schelpdierbanken worden meegezogen. Bij ondiepe winning speelt eventueel dat het sediment van karakteristieken verandert. Ook dat kan zijn implicaties hebben bij rekolonisatie.

Daarnaast zal zandwinning in de schaal van het Deltaprogramma waarschijnlijk gebeuren als diepe winningen. Het gat van diepe winningen herstelt niet snel. Het blijven diepe kuilen. Wat wordt dat voor habitat? Hoe ontwikkelt zich het sediment? En wat betekent de verandering in stroming. En die kuilen vormen gezamenlijk een greppel. Wat zijn de gevolgen van deze greppel?

b. Bedekking:

- i. Direct bij winnen: Via de overvloed komen zand en slib in de waterkolom (verlies van fijn zand en slib tijdens de winning). Het grootste gedeelte van het zand en een klein gedeelte van het slib zullen in en rondom de zandwinputten bezinken.
- ii. Suppleties: bij suppleties worden grote hoeveelheden zand gestort op plekken langs de kust. Hierbij sterft eigenlijk al het benthos. De lagen zijn zo dik dat niets zich naar boven kan graven. Ook deze effecten dienen nader onderzocht te worden.

2. Waterkwaliteit (slib):

Bij de overvloed vanaf het baggerschip komt slib vrij in de waterkolom wat het doorzicht belemmert voor algen (die zonlicht nodig hebben voor hun groei). Minder algenproductie leidt tot minder voedsel beschikbaar voor schelpdieren en slib hindert eventueel de filtratie efficiëntie en de opname van algen door schelpdieren. En die zijn weer voedsel voor vissen en vogels. In het Monitoring en Evaluatieprogramma Zandwinning LaMeR RWS is uitgebreid aandacht besteed aan deze relaties. Het lijkt er op dat schelpdieren in banken vaak in een toestand van voedselbeperking zijn. Daarnaast kunnen eventueel de continue winning van Delta-programma hoeveelheden zand leiden tot een duidelijk verminderde conditie van schelpdieren waardoor de onderlinge concurrentieverhoudingen mogelijk structureel kunnen gaan verschuiven (Rozemeijer, 2012b, Rozemeijer et al., 2013).

3. Verstoring:

de aanwezigheid van sleephoppers (tijdens baggeren, transport, suppletie) leidt potentieel tot verstoring omdat dieren verstoord kunnen worden door de aanwezigheid van geluid boven water of onder water dan wel door het licht tijdens werkzaamheden aan boord en navigeren ('s nachts).

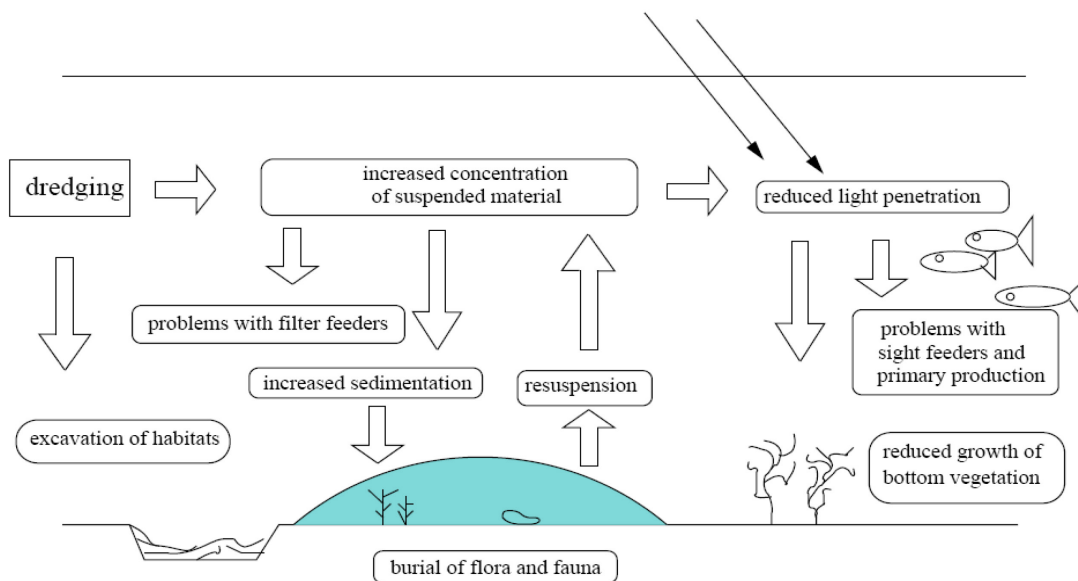
2.3.2 Specifiek effecten van zandwinning in de huidige situatie en uitvoeringsmaatregelen

In de afgelopen jaren zijn de effecten van zandwinning beschreven in verschillende MERren (zie b.v. van Duin et al. 2008 en 2012). Voor de voornaamste effecten gelden uitvoeringsmaatregelen. Op hoofdlijnen dienen zich de volgende effecten aan die vragen om meer kennis (van Duin et al. 2012):

1. **Voedselwebrelaties en Habitats:** Slibmodellering heeft laten zien dat ten gevolge van zandwinning van bijvoorbeeld jaarlijks 12 Mm³ in de kusttrivier 3-4% minder algen voorkomen als normaal. Dit effect op primaire productie werkt door in de voedselketen. Het benthos ondervindt meer stress (minder voedsel, meer slib) in de Noordzeekustzone en Waddenzee (zie Schellekens, 2012a,b, Brinkman, 2012). Wat is echter de betekenis van meer slib en minder algen voor de verbeteropgaves van H1110b (N2000-gebied Noordzeekustzone), H1110a en H1140a (N2000 gebied Waddenzee)? En wat betekent dit voor het benthos (als sleutellaag van deze habitats) en voor de soorten die afhankelijk zijn van het benthos (Zwarte Zee-eenden, Eiders, Scholeksters, Kanoeten, opgroeiende vis)?

Voor de Noordzeekustzone wil men een verbetering van het benthos bereiken door het sluiten van een aantal gebieden voor bodem beroerende vis; de sleutelbegrippen zijn: leeftijdsopbouw, langlevende soorten en meer schelpdierbanken (Jak en Tamis, 2010). De verwachting is ook dat Zwarte Zee-eenden zullen profiteren door de toename van schelpdierbanken en de toename in rust (Team Heijkoop, 2011). Voor de Waddenzee worden momenteel maatregelen genomen om de druk door schelpdiervisserij te verminderen (zie o.m. het mosselconvenant LNV 2009 a,b).

2. Schelpdierbanken: Speciale aandacht verdienen de schelpdierbanken als speciale biogene structuur die sturend werken voor de aanwezigheid van grote concentraties vogels. Ondervinden schelpdierbanken nog extra hinder door meer stress (minder voedsel, meer slib)? Er is onder natuurlijke omstandigheden groei-limitatie aangetoond in schelpdierbanken (Daan en Mulder 2006). Voor suppleties geldt de uitvoeringsmaatregel dat de suppletie niet uitgevoerd mag worden in de periode waarin de broedval van tweekleppigen plaatsvindt (juni) tot na het foerageerseizoen van de Zwarte Zee-eend (maart).
3. Zwarte Zee-eenden: De vaarbewegingen van zandwinlocaties naar suppletielocaties kunnen leiden tot dusdanige verstoring van Zwarte Zee-eenden dat zij andere locaties buiten Nederland zullen gaan verkiezen. Daarnaast kunnen ook de schelpenbanken waarop ze foerageren een effect ondervinden door de verminderde voedselcondities. De uitvoeringsmaatregelen zijn zoals eerder gesteld het sluiten van gebieden in de Noordzeekustzone voor vaarbewegingen. Daarnaast geldt het aanhouden van een verstoringsafstand (500 m). In een extreem geval zouden zelfs in de maanden november tot en met maart de gebieden gesloten kunnen worden.
4. Futen: er heeft een verschuiving plaatsgevonden van Futen van de binnenlandse meren naar de Noordzee. Futen zijn én verstoringsgevoelig voor passerende hoppers én zichtjagers op vis en daarmee gevoelig voor slibconcentraties. De vraag dient zich aan wat de effecten van extra slib in de waterkolom op de jaagefficiëntie zal zijn. Daarnaast zijn hoge concentraties van futen gezien. Zijn die plaatsgebonden? En hoe erg is dan de verstoring?



Figuur 3. Schematisch overzicht van de ingreep-effectrelaties van zandwinning. De effectketen van bovenwater- en onderwaterverstoring is niet uitgewerkt. (Rozemeijer, 2012).

3 Beheervragen van Rijkswaterstaat

Rijkswaterstaat is de beheerder van de grote wateren in de Delta. Ze staan ook aan de lat om de grote zandvraag en de zandstroom van de Oosterschelde en de andere bekkens te managen. De beheervragen voor het Deltagebied van de komende periode zijn verwoord in het BPRW 2010-2015. De website http://www.rijkswaterstaat.nl/water/plannen_en_projecten/bprw/deltagebied/ geeft een globaal overzicht (nb; enigszins aangepast):

3.1 Algemeen overzicht

3.1.1 Zoet en zout water

Het Deltagebied bestaat uit verschillende waterlichamen met stilstaand water en water dat onder invloed staat van eb en vloed. Door de verwachte effecten van *klimaatverandering* en *zeespiegelstijging* blijft veiligheid de komende jaren het centrale thema bij de beheertaken van Rijkswaterstaat in het Deltagebied. Daarnaast richt Rijkswaterstaat zich op de kwaliteitsverbetering van water en natuur en op de scheepvaart.

3.1.2 Inspelen op klimaatverandering en zeespiegelstijging

Klimaatverandering zorgt voor nieuwe opgave voor kustveiligheid. Bovendien is er door stijging van de zeespiegel mogelijk meer kans op verzilting van de rivieren. De hoeveelheid zoetwater (belangrijk voor onder andere drinkwater en besproeiing in de landbouw) vermindert daardoor. Dankzij de Deltawerken is de veiligheid in het Deltagebied hoog. Rijkswaterstaat zorgt ervoor dat stormvloedkeringen (zoals de Oosterscheldekering en de Maeslantkering), sluizen en dijken goed worden onderhouden. Om de kust op natuurlijke wijze **mee** te laten **groeien** met de zeespiegelstijging voert Rijkswaterstaat zandsuppleties uit. In een planstudie onderzoekt Rijkswaterstaat hoe het Volkerak-Zoommeer en het Grevelingenmeer meer **ruimte** kunnen krijgen, zodat de capaciteit voor waterberging en -afvoer wordt vergroot.

3.1.3 Waterkwaliteit en natuur

De Deltawerken zorgen voor veiligheid in het gebied, maar ze zorgen er ook voor dat de oorspronkelijke overgang van rivierwater naar zeewater verdwenen is. Dat veroorzaakt problemen voor de waterkwaliteit en voor planten en dieren. Zo is het zoete Volkerak-Zoommeer is een voorbeeld van slechte waterkwaliteit. Hoge nutriëntgehalten leiden jaarlijks tot een explosieve groei van blauwalgen met stankoverlast, vis- en vogelsterfte en zwemverboden als gevolg. In de zomerperiode is de behoefte aan schoon water voor landbouw en recreatie het grootst, en juist dan is dat niet beschikbaar.

Om een natuurlijkere delta te creëren, zet Rijkswaterstaat vanaf 2014 de Haringvlietsluizen op een kier (Kierbesluit, 2011). De sluizen staan niet alleen bij eb maar ook bij vloed beperkt open. Zo kan zeewater het Haringvliet instromen, waardoor hier weer een natuurlijk overgangsgebied van zeewater en rivierwater ontstaat. Trekvissen kunnen nu ook de sluizen passeren. Het kan in beperkte mate ook meer erosie als gevolg van zandhonger veroorzaken.

3.1.4 Scheepvaart en recreatievaart

Het Deltagebied verbindt de Nieuwe Waterweg met de Westerschelde via de Rijn - Schelde verbinding. Daarmee is het voor de scheepvaart van internationaal belang. In het gebied staan belangrijke havenuitbreidingen op stapel: bij Rotterdam (Maasvlakte 2) en Vlissingen (Westerschelde Container Terminal). Rijkswaterstaat voert voortdurend onderhoud uit aan de vaarwegen. Zo worden bijvoorbeeld de Volkeraksluizen gerenoveerd en wordt de vaargeul in de Westerschelde verbreed, zodat ook de grote schepen toegang hebben tot de haven.

3.2 De beheervragen omtrent natuur vanuit WB21, KRW, N2000

Rijkswaterstaat (2009) geeft in het programma 2010-2015, uitwerking aan Waterbeheer 21e eeuw, Kaderrichtlijn Water en Natura 2000. Hierin worden de opgaves en maatregelen gedefinieerd. Kernachtig wordt het probleem geformuleerd als volgt: afdammingen in de estuaria hebben geleidelijke zoet-zoutovergangen teniet gedaan die van belang zijn voor de dynamiek, voor visintrek en voor de overlevingskansen van vissen. De doelstellingen voor de Zuidwestelijke Delta worden als volgt samengevat (Rijkswaterstaat, 2009):

Algen

Algenbloei komt alleen in uitzonderlijke situaties voor.

Waterplanten en oeverplanten

- Het areaal aan waterplanten in het water en langs de oever is voldoende voor een duurzame Instandhouding van de eigen populatie en is niet belemmerend voor de gewenste vispopulatie.
- De soortensamenstelling van de waterplanten bestaat grotendeels uit kenmerkende soorten voor het watersysteemtype (zoet, marien, estuarien).
- In de oeverzone is een hoge diversiteit aan soorten: alle voedselgildes komen voor.

Bodemdieren

- De waterbodems in de Zuidwestelijke Delta zijn schoon en gezond, daardoor komen bodemvervuiling indicerende macro-fauna indicatoren niet meer voor.

Vissen

- Er is een goede migratie van specifieke trekvissoorten van de Voordelta naar de grote rivieren en de regionale wateren, en terug.
- Er zijn voldoende paai- en foerageergebieden voor een duurzame populatie van (trek)vissen.

Sense of urgency-gebieden

- Oosterschelde: De verstoorde balans tussen getij en de schaal van de geulen in de Oosterschelde heeft geleid tot een eenzijdige afname van het areaal intergetijdengebied en schor, en tast daarmee de foerageermogelijkheden voor steltlopers aan.
- Westerschelde: De kwaliteit van de estuariene natuur in de Westerschelde degradeert. Estuarien natuurherstel is een belangrijke opgave voor de Westerschelde.

Zeezoogdieren en vogels

Het Beheerplan Voordelta is in 2008 vastgesteld voor de periode van 6 jaar. Kenmerkende soorten in dit N2000 gebied zijn onder meer de gewone zeehond, de fint, de zwarte zee-eend, verschillende andere eenden soorten en steltlopers. Het beheerplan beoogt de volgende N2000 doelstellingen te bereiken:

- Rust voor de gewone zeehond, zodat op termijn tenminste tweehonderd van deze dieren in de Nederlandse Delta leven en daar ook hun jongen werpen en grootbrengen. In 2007 leefden er ongeveer honderd gewone zeehonden in de Delta. Deze dieren plantten zich daar nauwelijks voort.
- Rust en voedsel voor soorten steltlopers en eenden die landelijk in aantal afnemen en waarvoor de Voordelta een belangrijk gebied is. De kwaliteit van de Voordelta als rust en foerageergebied voor bijvoorbeeld de eidereend staat momenteel onder druk.

Deze opgaven voor de rijstwateren in het kader van WB21, KRW en N2000 zijn samengevat in *Tabel 2* (Rijkswaterstaat, 2009).

Samenvattend, naast alle ecologische vragen gekoppeld de sedimentstrategie voor de Zuidwestelijke Delta, is er eigenlijk behoefte aan meer ecologisch inzicht om een algehele verbetering van de

waterkwaliteit door de zoet-zout gradiënt te herstellen en een verbetering van de leef kwaliteit voor alle soortgroepen (algen, benthos, vissen, vogels, zeezoogdieren) te bereiken.

3.3 Aanvullende criteria voor prioriteren van de kennisvragen

Rijkswaterstaat (2009) geeft een overzicht van de beheervragen waarbij de vaststelling van de opgaven gebeurt vooral op basis ecologische doelen en wat minder vanuit andere criteria. Het aangeven van ecologische kennisvragen en deze te relateren aan beheervragen vanuit Rijkswaterstaat geeft meer inzicht in de opgaven. Dat gebeurt vanuit risicomanagement (de Haan e.a., 2011). De belangrijkste criteria zijn tijd en geld. Aanvullend zijn er nog de KOVI criteria (Kwaliteit, Omgeving, Veiligheid en Imago). Om een voorbeeld te geven; zandbalans van de Oosterschelde is verstoord. Er moet heel veel zand extra naar toe om te voorkomen dat de platen weg eroderen. Zandaanvoer is enorm kostbaar (geld). Oplossingen worden daarom nu eerder gezocht in recirculatie van zand: opbaggeren uit de geulen en suppleren op de platen. De vraag dient zich dan aan of deze vorm van uitvoering goedkoper kan dan wel veel tijd kan besparen. Het is niet waarschijnlijk dat veel budget besteed gaat worden aan manieren om op KOVI te verbeteren.

Tabel 2 Overzicht van de belangrijkste opgaven per thema en de relatie met de verschillende beleidsprogramma's voor het watersysteem Zuidwestelijke Delta.

Voldoende water	<ul style="list-style-type: none"> • Afstemmen beschikbaarheid van water op de vraag. • Terugdringen van verzilting. 	WB21
Schoon water	<ul style="list-style-type: none"> • Verminderen eutrofiering. • Voorkomen van overlast door blauwalgen in het Volkerak-Zoommeer. • Terugdringen verontreinigingen (gezamenlijke opgave). • Saneren vervuilde bodems. 	KRW
Leefgebied	<ul style="list-style-type: none"> • Vergroten areaal en diversiteit van habitats. • Herstel intergetijd gebied. • Creëren van voldoende areaal aan waterplanten die niet belemmerend zijn voor de aanwezigheid van de gewenste vispopulatie. • Creëren van voldoende areaal aan riet- en biezenvetaties, natte strooiselruigten en vloedbossen bij zoete getijdenwateren • Zorgen voor een gebalanceerde variatie in de soorten samenstelling van de waterplanten die kenmerkend zijn voor het watersysteemtype (zoet, marien, estuariën). • Creëren van voldoende rust- en foerageergebieden voor een variëteit aan vogels en zeehonden. • Behouden en uitbreiden van gebiedskenmerkende habitattypen zoals estuaria, slikken en schorren, ruigten en zomen en vochtige alluviale bossen. • Creëren van voldoende paai- en foerageergebieden voor een duurzame populatie van vissoorten. 	KRW en N2000
Verbinding -en	<ul style="list-style-type: none"> • Opheffen van belemmeringen voor vismigratie binnen het watersysteem en andere (regionale) watersystemen. 	KRW en N2000

4 Sedimentbalansen in de Zuidwestelijke Delta

Dit hoofdstuk beschrijft de betekenis van sedimentstrategieën in de Zuidwestelijke Delta voor ecologie en de mogelijke vragen die hier uit voort komen.

Eerst volgt een korte doorkijk van de voorgestelde sedimentstrategie, gebaseerd op Mulder e.a., (2012). Kijkend naar de ontwikkelingen in de sedimenthuishouding in de gehele Delta – als gevolg van de huidige klimaat- en zeespiegelcondities en de huidige strategie, maar ook van de voorgestelde optimalisatie –, is de grootste gemene deler dat er sprake is van een groeiende sedimentvraag. De groeiende onbalans met het sedimentaanbod, leidt tot interne herverdeling van het aanwezige sediment. Deze herverdeling (lokale erosie en sedimentatie) leiden tot veranderingen in functiewaarden (sterkte van waterkeringen, habitatkarakteristieken, vaargeuldieptes etc.). Kort gezegd:

- Management problemen (**veiligheid, scheepvaart, kwaliteit**) ontstaan door (ongewenste) herverdelingen van sediment (de kwaliteit aspecten).
- Herverdelingen van sediment hangen samen met een onbalans tussen vraag en aanbod van sediment (de kwantiteit).

4.1 Sedimentstrategie op systeem- en lokale schaal

Afhankelijk van het doel van de suppletie en de schaal van het systeem, krijgt de sedimentstrategie een andere invulling, dit varieert op lokale schaal en systeem schaal. Op systeem schaal gaat het om het beheersen van de sedimentvoorraad en beheersen van een optimale hydro- en morfodynamiek. De sedimentstrategie die zich op deze grootschalige doelen richt, zou in theorie kunnen mikken op het beïnvloeden van de hydrodynamiek op systeemniveau, door te sleutelen aan de afsluitdammen. Echter, de mogelijkheden daartoe worden als weinig kansrijk ingeschat. Meer veelbelovend lijkt het rechtstreeks beïnvloeden op lokale schaal van het sedimentaanbod (door suppletie) en/of de sedimentvraag (door baggeren / zandwinning), uitgedrukt in een gewenst sedimentvolume per tijdseenheid. Op lokale schaal gaat het om het bestrijden van meer specifieke, en lokale problemen en gelden andere doelen als:

- het handhaven van de veiligheidsnormen (bv de normafslaglijn en basiskustlijn);
- behouden / vergroten van het areaal ecotopen zoals intergetijdengebied/oeverhabitat ten behoeve van natuur/Natura 2000
- het optimaliseren van ecologische kwaliteit en van mogelijkheden voor economische ontwikkeling, en
- het vergroten van de kennis over de werking van het systeem en over de optimale beheermethode.

De sedimentstrategie die zich op deze kleinschaliger doelen richt, definieert de locaties en tijdstippen waar sedimentverplaatsingen zijn gewenst; de verdeling van het sediment: hoeveel, is waar en wanneer gewenst en van welke kwaliteit ?

4.2 Sedimentissues in de Zuidwestelijke Delta

1. Bijhouden zeespiegelstijging:

In alle open en dichte armen van de van de Delta is zeespiegelstijging gaande. Dit vraagt om hoeveelheden tussen de 0,1 tot 1.3 Mm³ per jaar.

Voordelta: de koppen van de eilanden moeten gesuppleerd worden om aan de norm te voldoen (veiligheidsdoel).

Oosterschelde: zeespiegelstijging zorgt naast de zandhonger voor extra erosie en verdrinking van intergetijdengebieden. Suppleren is een mogelijkheid om deze gebieden te behouden (natuurdoel).

2. De zandschuld door zeespiegelstijging sinds de afsluiting.

Dit loopt van 7-19 Mm³ afhankelijk van het bekken.

Passieve delta: de afgesloten bekkens van de Zuidwestelijke Delta (met name Grevelingen, Volkerak, Zoommeer en in mindere mate Haringvliet en Hollandsch Diep die nog sediment vanuit de rivieren ontvangen) hebben te maken met opgebouwde tekorten als gevolg van de zeespiegelstijging die heeft plaatsgevonden na afsluiting. Deze tekorten worden actueel op het moment dat bekkens weer in verbinding worden gezet met de Noordzee. Dit speelt onder ander in de Grevelingen, waar mogelijk een getijdecentrale in de Brouwersdam het meer weer met de Noordzee verbindt.

3. De zandschuld door de morfologische onbalans door afsluiting.

Dit loopt van 300-750 Mm³ afhankelijk van het bekken.

Oosterschelde: erosie van slikken en platen als gevolg van de zandhonger (Van Zanten & Adriaanse, 2008).

4. De zand verplaatsingen voor vaargeulonderhoud.

Dit speelt in verschillende bekkens.

5. Slibstort voor vaargeul- en havenonderhoud.

Dit speelt in verschillende bekkens.

4.3 Sedimentmaatregelen

Voor bovenbeschreven sedimentissues zal gesuppleerd moeten worden. Suppleties zijn in te delen naar:

1. Suppleren op en langs waterkeringen:
 - a. strand- en onderwatersuppleties
 - b. dijkvoetverzwaring met een duin
2. Suppleren in geulen
3. Suppleren op platen

Daarnaast zal er ook zand gewonnen moeten worden. Zandwinning is in te delen naar:

1. Zandwinning ten dienste van suppleties.

Binnen de sedimentstrategie heeft zandwinning in de eerste plaats als doel om sediment te verschaffen voor suppleties elders. De locatie en de wijze van zandwinning wordt dan primair bepaald door de eisen die worden gesteld door de suppletiedoelen. Niet alleen eisen over de hoeveelheid, de kwaliteit en het type sediment bepalen de locatie van de winning, dat geldt ook voor de eis om al dan niet een bijdrage te leveren aan het terugdringen van een sedimenttekort binnen het (deel)systeem.

2. Zandwinning ten dienste van onderhoud vaargeulen en havens.

Onderhoud van vaargeulen en havens betekent baggerwerk met een vastomlijnd doel. De locatie van de winning en de hoeveelheid en kwaliteit van het te winnen materiaal staan grotendeels vast.

Belangrijke vragen zijn waar, wanneer en hoe het gewonnen materiaal optimaal kan worden gestort.

- a. Zandwinning ten dienste van geulverlegging/beïnvloeding.
 Naast baggerwerk om de vaargeul op diepte te houden, kan zandwinning meer in zijn algemeenheid, ook worden ingezet om stroomgeulen te beïnvloeden. Stroomgeulen die problemen veroorzaken doordat ze in een ongewenste richting opschuiven, kunnen worden aangepakt door suppleties op de erosieve wand van de geul (zie boven). Het bronmateriaal voor deze geulwandsuppleties kan worden aangevoerd van buiten het systeem. wordt bijgedragen aan het terugdringen van het sedimenttekort van het gehele systeem en wordt de suppletie zelf ingezet als een onderhoudsmaatregel gericht op het handhaven van de status quo van de geul(ligging). Door de geulwandsuppletie wordt de geul versmald.
- b. Een andere optie richt zich primair op een meer structurele oplossing voor het geulprobleem door te trachten de geul te verleggen. Dat kan bijvoorbeeld door het zand dat wordt gebruikt voor suppletie op de erosieve wand, te winnen op de tegenover gelegen geulwand. Het doel hiervan is om de gehele geul in meer zeewaartse richting te verleggen.

Het strategisch gebruik van biobouwers is ook een manier om sedimentprocessen te beïnvloeden. Biobouwers zijn planten en dieren die door hun aanwezigheid of activiteiten hun omgeving kunnen beïnvloeden. Voorbeelden zijn riffen van schelpdieren, schorren of rietlanden in zoete systemen die golfaanval op de kust beperken, erosie afremmen en sedimentatie bevorderen. Dit biedt veel mogelijkheden om kwetsbare plekken met natuurlijke middelen extra bescherming te bieden. Alles naar Mulder e.a. (2012).

4.4 Ecologische vragen

Geconcludeerd kan worden dat er een groeiende sedimentvraag bestaat in de Zuidwestelijke Delta. Voor sommige gebieden gaat dit om een actieve vraag zoals op de koppen van de eilanden of de intergetijdengebieden van de Oosterschelde, voor andere gebieden wordt deze sedimentvraag pas actueel als er weer een verbinding met de Noordzee komt, zoals in de Grevelingen. Hoe dan ook zal dit leiden tot een toename in suppleties en zandwinning. Een aantal vragen zijn generiek, bv het ecologisch gunstig suppleren van platen zal bij ieder te openen bekken terug komen. In ieder bekken spelen weer specifieke vragen. Hieronder volgen ecologische vragen die voortkomen uit het sedimentbeheer voor de delta en die tijdens de expert workshop op 6 december naar voren zijn gekomen.

4.4.1 Bekkens van de delta

Oosterschelde

Zandhonger:

- De ecologische vragen die hieronder gesteld worden omtrent dit bekken zijn zowel generiek als specifiek van aard. De generieke vragen zijn ook relevant voor andere bekkens. De Oosterschelde is hierin een voorbeeld case.
- Hoe kun je op een zo goedkoop mogelijke manieren suppleren en dit zand zo lang mogelijk vasthouden.
- Hoe kun je ervoor zorgen dat er zo min mogelijk effecten zijn op ecologie?
 - Slim suppleren
 - Ecologische suppleren: als je suppleert kan een plaat te hoog worden om aantrekkelijk te zijn voor vogel foerageer gebied. Het loont dus om niet alle platen in een keer op te hogen, maar om dit cyclisch te doen zodat je voldoende plaatareaal in op de juiste hoogte houdt ("cyclisch suppleren"). Juiste tijd, kwaliteit en successie typen bepalen.
- Wat is de toegevoegde waarde van intergetijden gebied?
- Korte en lange termijn effecten van een suppletie strategie voor behoud van intergetijdengebieden?

- Optimalisatie van erosie reductie met biobouwers als oester- en mosselriffen en Spartina en andere schorrenplanten.
- Potentie gebruik van rijstenhouten dammen die erosie tegengaan en mogelijk vorming van slikken in de hand werken.
- Wat zijn de effecten van zandhonger op de benthische gemeenschap en hoe kwantificeer je de doorwerking in het voedselweb (effecten op vogels, vissen en zeezoogdieren)? Wat zijn de lange termijn effecten?
- Hoe beïnvloedt baggeren en suppleren de primaire productie en hoe vertaalt dit zich in voedsel beschikbaarheid voor schelpdieren?
- Kan de input van extra zoetwater vanuit Krammer-Volkerak en Oesterdam een nutriëntenpuls geven aan het fytoplankton zodat er meer biomassa aan schelpdieren kan groeien (kwantitatief en kwalitatief)?
- Kan extra zoetwater input in de Oosterschelde een extra kwaliteitsimpuls leveren voor zeegras, mosselen en andere benthos die baat hebben bij lagere saliniteit.

Haringvliet/Hollandsch Diep

- Balance Island:
 - Werkt het?
 - Effecten op zoet-zout gradiënt en voorkomen van soorten. Ecologisch belang van, brakke zone en verwachte veranderingen.
- Effecten barrier island op hoogwater vegetatie en zeehonden.
- Mogelijke zandhonger/toename erosie bij toename getij (en alle gepaard gaande ecologische vragen zoals gedefinieerd voor de Oosterschelde).

Grevelingen en Krammer-Volkerak

Twee belangrijke, mogelijke ontwikkelingen:

- Suppleren oevers en eilanden om deze mee te laten stijgen met de zeespiegelstijging.
- Mogelijke zandhonger/toename erosie bij gedempt getij (en alle gepaard gaande ecologische vragen zoals gedefinieerd voor de Oosterschelde).

Vragen:

- Effecten habitat en soorten, doorwerking in het voedselweb.
- Krammer-Volkerak: Welke implicaties heeft een systeemomslag van zoet naar zout voor ecologie?

Westerschelde

Door vaargeulverdiepingen is er een sedimentaire onbalans waardoor het hoogdynamisch intergetijdengebied afneemt.

- Wat is het belang van een diversiteit aan schorren (verschillende successiestadia) in de Westerschelde en hoe kun je schorren verjongen?
- Mogelijkheid voor functioneel suppleren?
- Slim gebruik van slibstort uit de havens

Voordelta

Hier worden de koppen van de eilanden gesuppleerd om het kustfundament te behouden.

- Wat is de potentie van megasuppleties zoals de Zandmotor voor hersteltijden en vermindering van effecten op de benthische levensgemeenschap.

4.4.2 *Ecologische vragen vanuit suppleren*

- Deltaprogramma: op termijn zullen de hoeveelheden zand voor kustverdediging nog verder opgehoogd worden naar 80 Mm³/jaar en meer. Ook hier dienen zich allerlei vragen aan omtrent de ecologische effecten. En gezien de schaal dient zich ook de vraag aan of de uitvoering nog geïnnoveerd kan worden met vernieuwende concepten. Wat betekenen de Deltascenario's voor lokale en systeem effecten voor de korte en de lange termijn?

- Interactie systeem en ondiepe kustzone: hoe werkt deze interactie (kwantitatief en kwalitatief) met import van algen en organisch materiaal en de omzetting naar epibenthos en juveniele vis?
- Wat is het belang van de ondiepe zone als kinderkamer voor juveniele vis? Wat zijn habitat vereisten van juveniele vissen? Hoe werkt de interactie tussen het systeem en vispopulaties met de ondiepe delen langs de kust met juveniele vissen?

4.4.3 *Ecologische vragen vanuit zandwinning*

Het winnen van zand heeft gevolgen voor de zeebodem en het leven wat zich daar in bevindt. Rozemeijer (2012) beschrijft de belangrijkste aspecten en kennisvragen. Hieronder worden de uitkomsten hiervan kort samen gevat. Zandwinning leidt tot meer slib en daardoor tot minder algenproductie. Door de veranderingen in algen en slib verandert per soort ook de conditie op een soort specifieke manier en daarmee de mogelijkheden om te overleven onder druk van de verschillende stochastische processen (koude, predatie, uithongering, hoge temperaturen en daarmee metabolisme). Wat betekent dit voor andere soorten en hun conditie en overlevingsmogelijkheden. En wat betekent dat vervolgens voor de concurrentieverhoudingen en het kustsysteem? Voedsel speelt waarschijnlijk een rol in veel van de verschillende processen die een rol spelen in de populatie- en gemeenschapsdynamica van benthos.

Kernvragen zijn:

- Wat is de impact van meer slib en minder algen op de groei van benthos en de opbouw van populaties en gemeenschappen ook in relatie tot andere (stochastische) drivers als predatie, uitspoeling en extreem lage of hoge temperaturen?
- Hoe klinken veranderende verhoudingen algen : slib door op conditie en groei van benthos?
- En wat is de rol van conditie en groei in de vele stochastische drivers die populatie en gemeenschap structureren? Is er een punt waarop de kustgemeenschap gaat veranderen?
- In het licht van de groeiende vraag naar zand, bij welke concentraties slib en afname algen treden er voedselbeperking en geassocieerde effecten als veranderende populatie en gemeenschapsdynamica op?
- In de Voordelta vormen wormen een belangrijke component van het dieet van bodemgeoriënteerde vis. Wat is hun kwantitatieve betekenis? Het aandeel in het benthos is groot. Ze hebben waarschijnlijk een hoge turn-over: hoge sterfte, meerdere voortplantingsmomenten per jaar; wat is hun productiviteit eigenlijk?
- Wat bepaalt waar schelpenbanken kunnen voorkomen? En worden die condities beïnvloed door zandwinning (meer slib, minder algen).

Aanpak:

Een aantal punten kan uitgezocht worden in het laboratorium. Populatie-dynamica en groei worden bij voorkeur goed gespreid langs de kust gemeten om voldoende differentiatie te krijgen. Locatiekeuze dient hierbij gericht te worden op samengaan met metingen voor bv Zwarte Zee-eenden en Futen. Anderzijds kan gedacht worden aan locaties die heel erg verschillen in slib en algen concentraties (bv Kustboog, de Scheldes, Waddenzee). Een nadeel is dan wel dat een dergelijke opzet gepaard gaat met significante verschillen in saliniteit die mogelijk door klinken in de energiehuishouding.

5 Resumé

Dankzij de uitvoering van verschillende onderzoekstrajecten in de afgelopen jaren is meer inzicht ontstaan in de ecologische gevolgen van zowel het suppleren (bv. pilot Zandmotor, Schelphoek en Galgeplaat) van zand in de kustzone als het winnen van zand van de zeebodem (bv. onderzoek Zeeuwse banken). Ecologische effecten van suppleties op bodemdieren zijn meestal op korte termijn: een vermindering van abundantie en biomassa van soorten. In het algemeen verloopt herstel vrij snel 2-6 jaar (Rozemeijer, 2009; Baptist, Tamis et al. 2009). Zandwinning leidt tot lokale vernietiging van het bodemleven, verstoring en zorgt voor een tijdelijke vertroebeling van het water met fijn slib. Slibmodellering heeft laten zien dat ten gevolge van zandwinning van bijvoorbeeld jaarlijks 12 Mm³ in de kustrivier 3-4% minder algen voorkomen als normaal. Voor vogels en vissen geldt dat ze minder direct effect ondervinden van zowel suppleties als zandwinning, maar ondervinden effect van een verminderde voedselbeschikbaarheid.

5.1 Onderzoeksrichtingen voor de toekomst

Onderzoek naar sedimentverplaatsingen heeft met name geleid tot meer inzicht in lokale ecologische effecten. Over effecten op het systeem is minder bekend. Van belang is de relatie tussen een beschadigde benthos gemeenschap en voedselbeschikbaarheid voor vogels en vissen. Ook is er nog weinig inzicht in de relatie tussen een verminderde primaire productie als gevolg van vertroebeling en de doorwerking daarvan in de voedselketen. Kwantificering van deze relaties is complex. Gebruik van diverse modellen biedt een hulpmiddel om dit meer inzichtelijk te maken.

Naast systeem effecten is het van belang om meer inzicht te ontwikkelen in het beperken van effecten door suppletie technieken te verbeteren. Men is nog niet overtuigd wat de beste suppletiestrategie is: reguliere strand- en vooroever suppleties (uitgesmeerd) of een megasuppletie (heel veel op één plek). De Zandmotor bij Ter Heijde is een eerste experiment. Megasuppleties vereisen fors minder kustlengte en kunnen een levensduur hebben van 20-30 jaar maar zorgen lokaal wel voor fikse ingrepen. Voor zandwinning geldt ook de vraag of er innovatie in de uitvoering kan worden behaald waardoor effecten worden gemitigeerd of zelfs een positieve bijdrage leveren.

5.2 Koppeling beheervragen Rijkswaterstaat

De beheersvragen voor ecologie vanuit Rijkswaterstaat zijn gericht op meer behoefte aan ecologisch inzicht aangaande het verbeteren van de waterkwaliteit door de zoet-zout gradiënt te herstellen en het bereiken van een verbetering van de leef kwaliteit voor alle soortgroepen (planten (algen), benthos, vissen, vogels, zeezoogdieren) en behoud van biodiversiteit en soorten. Management problemen (veiligheid, scheepvaart, kwaliteit) in de Zuidwestelijke Delta ontstaan door (ongewenste) herverdelingen van sediment (de kwaliteit aspecten). Ongewenste herverdelingen van sediment hangen weer samen met een onbalans tussen vraag en aanbod van sediment (de kwantiteit). Binnen de context van een sedimentstrategie zijn vanuit het beleid en beheer met name de verbeteropgaven voor habitattypen (zoals Grote Baai H1160, Estuaria H1130 en Permanent overstroomde zandbanken H1110) binnen Natura 2000 en waterkwaliteitsdoelstellingen in het kader van Kaderrichtlijn Water van belang. Met name de gevolgen voor benthos (als sleutellaag van deze habitats) en voor (doel)soorten die afhankelijk zijn van het benthos (zoals Scholekster, Kanoet en opgroeiende vis) zijn hierbij van belang. Gekoppeld aan deze beheersvragen is het ook het kostenplaatje van belang: hoe behaal je een zo groot mogelijke kwaliteit met zo min mogelijk kosten en inspanning (geld en tijd).

5.3 Vragen voor de Zuidwestelijke Delta

De Zuidwestelijke Delta heeft te maken met sedimentvragen die voortkomen uit het bijhouden van de zeespiegelstijging, de zandschuld in de bekkens door zeespiegelstijging na afsluiting of door een morfologische onbalans (bv. zandhonger), vaargeulonderhoud en slibstort.

De ecologische belangrijkste vragen die naar voren kwamen:

- Wat betekenen de Deltascenario's met verschillende mate van zeespiegelstijging voor suppletie strategieën en behoud veiligheid en natuur in de Zuidwestelijke Delta?
- Is toepassing van megasuppleties op de koppen van de eilanden en langs de kust ecologisch gezien een beter alternatief voor reguliere strand- en vooroever suppleties?
- Wat is het belang van een diverse schorren (verschillende successiestadia) in de Westerschelde en hoe kun je schorren verjongen?
- Wat is het belang van intergetijdengebieden (kwantitatief en kwalitatief) in de Oosterschelde voor het ecologische systeem?
- Wat is de invloed van suppleties op primaire productie en wat betekent dit voor de voedselbeschikbaarheid voor schelpdieren in de Oosterschelde?
- Kun je "ecologisch suppleren" om de zandhonger bij te houden en ecologische kansen te optimaliseren? Als je suppleert kan een plaat te hoog worden om aantrekkelijk te zijn als foerageergebied voor vogels. Het loont mogelijk om niet alle platen in een keer op te hogen, maar om dit cyclisch te doen zodat je voldoende plaatareaal in op de juiste hoogte houdt. Daarvoor is het van belang de juiste tijd, kwaliteit en successie typen bepalen.

Deze vragen zijn op dit moment met name van belang voor de Oosterschelde maar worden ook actueel voor andere bekkens als de Grevelingen en Volkerak-Zoommeer op het moment dat ze in verbinding worden gebracht met getij.

6 Literatuur

- Baptist, M. J., J. E. Tamis, et al. (2009). Review of the geomorphological, benthic ecological and biogeomorphological effects of nourishments on the shoreface and surf zone of the Dutch coast, IMARES and Deltares: 69.
- Baptist, M. J. en W. Wiersinga (2012). "Zand erover: vier scenario's voor zachte kustverdediging." De Levende Natuur(maart 2012).
- Birklund, J. en J. W. M. Wijsman (2005). Aggregate extraction: a review on the effect on ecological functions, DHI Water & Environment; WL Delft Hydraulics.
- Bos, W. (2010). Monitoringsplan proef schelphoek: 36.
- Brinkman, A.G. (2012). Zandwinning in de Nederlandse kustzone 2013-2017 en productie in de westelijke Waddenzee, een modelstudie. IMARES-rapport C087/12.
- Dankers P.J.T. (2002) The behaviour of fines released due to dredging A literature review. Hydraulic Engineering Section, Faculty of Civil Engineering and Geosciences, Delft University of Technology.
- Deltacommissie (2008). Werken met Water.
- De Haan M., J.-W. Westerweel, S. Hoekstra, R. Tmalla, D. Smorenberg (2011) RWS-1445621-v1-Q_A_Risicomanagement_tbv_Projctendatabase. 'Handboek soldaat' voor de risicomanager.
- Jak, J., Tamis, J. (2011) Natura 2000-doelen in de Noordzeekustzone Van doelen naar opgaven voor natuurbescherming. WUR IMARES Rapport C050/11.
- Min LNV. 2009a Regeling van de Minister van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit van 7 oktober 2009, nr. 61126, houdende wijziging van de Uitvoeringsregeling visserij i.v.m. vergunningen voor mosselzaadinvanginstallaties. Staatscourant 15245 d.d. oktober 2009.
- Min LNV. 2009b 2009/10/08 Brief AKVV/2009/3263 van Min Verburg aan 2^e kamer der Staten-Generaal betreffende "Voortgangsrapportage convenant transitie mosselsector en natuurherstel Waddenzee"
- Mulder, J. P. M., M. D. Taal, et al. (2012). Sedimentstrategie voor de ZW Delta: een verkenning van kansen, Deltares / IMARES / Alterra.
- OSPAR Commission (2008) Literature Review on the Impacts of Dredged Sediment Disposal at Sea. Biodiversity Series Publication Number 362/2008, ISBN 978-1-906840-01-3
- Rijkswaterstaat (2009) Programma 2010-2015, uitwerking Waterbeheer 21e eeuw, Kaderrichtlijn Water en Natura 2000. Bijlage van Beheer en Ontwikkelplan voor de Rijkswateren 2010-2015. WD1209zh011.
- Rozemeijer, M. J. C. (2012a). Definitie van kennisleemtes voor zandwinning op de Noordzee in het kader van de ideeënvorming voor Building with Nature, IMARES.
- Rozemeijer M.J.C. (2012b) Monitoring and Evaluation Program sand extraction of Rijkswaterstaat, LaMER and sand extraction Sand Engine (The Netherlands): a compact outline and first results. ICES. 2012. Report of the Working Group on the Effects of Extraction of Marine Sediments on the Marine Ecosystem (WGEXT), 16–20 April 2012, Rouen, France. ICES CM 2012/SSGHIE:11. 104 pp.

- Rozemeijer M.J.C. (2009) Rekolonisatie van de zeebodem na zandwinning en suppletie: een review. Visie voor een onderzoeksplanpak als onderdeel van het MEP zandwinning RWS & LaMER Memo RWS-Waterdienst NWOB/MJCR-2009.01
- Schellekens, T., 2012a. Groei en conditie van zwaardschede (*Ensis directus*, Conrad) voor, tijdens en na geplande zandwinning in 2013-2017; Berekeningen voor het RWS. IMARES Rapport C088/12.
- Schellekens, T., 2012b. Groei en conditie van zwaardschede (*Ensis directus*, Conrad) voor, tijdens en na geplande zandwinning in 2013-2017; Berekeningen voor het HHNK. IMARES Rapport C089/12.
- Teal, L. R. en O. A. Van Keeken (2011). The importance of the surf zone for fish and brown shrimp in the Netherlands: a literature review., Ecoshape.
- Team Heijkoop (2011). Vissen in de natuur: Afspraken voor regulering en ontwikkeling van de visserij in de Natura 2000-gebieden Noordzeekustzone en Vlakte van de Raan. VIBEG accord. Ministerie van Economische Zaken, Landbouw & Innovatie.
- Van Duin, C.F., M. Vrij Peerdeman, C.J. Jaspers, A.M. Bu-cholc, S.C. Wessels, S.J. Roodzand (2012) MER winning suppletiezand Noordzee 2013 t/m 2017. Grontmij GM-0052992 revisie D1.
- Van de Wolfshaar, K.E., R. HilleRisLambers & A. Gårdmark (2011). Effect of habitat productivity and exploitation on populations with complex life cycles. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 438: 175-184.
- Van der Veer, H.W., J.F.M.F. Cardoso J. van der Meer. 2006 The estimation of DEB parameters for various Northeast Atlantic bivalve species. *Journal of Sea Research* Volume 56 pp 107-124
- Van Duin, C.F., W. Gotjé, C.J. Jaspers, M. Kreft 2007. MER Winning suppletiezand Noordzee 2008 t/m 2012. Grontmij 13/99080995/CD, revisie D1. (http://news.eia.nl/bibliotheek_detail.aspx?id=121868)
- W&B (2010). Monitoringsplan proef schelphoek, Witteveen en Bos: 36.
- Van Zanten, E. en L. Adriaanse (2008). "Verminderd getij. Verkenning naar mogelijke maatregelen om het verlies van platen, slikken en schorren in de Oosterschelde te beperken." Hoofdrapport Rijkswaterstaat.
- Wijsman, J. en E. Brummelhuis (2012). Proefsuppletie Schelphoek: monitoring effecten op mosselgroei, IMARES.
- Wijsman, J. en E. Verduin (2011). T0 monitoring Zandmotor Delflandse kust: benthos ondiepe kustzone en natte strand, IMARES / Grontmij.

7 Bijlagen

7.1 Deelnemerslijst kennisworkshop

Naam	Organisatie
Dr. Martin Baptist	IMARES
Dr. Johan Craeymeersch	IMARES
Dr. Kees Goudswaard	IMARES
Eva Hartog, BSc	IMARES
Jack Perdon, BSc	IMARES
Dr. Marcel Rozemeijer	IMARES
Dr. Tim Schellekens	IMARES
Marijn Tangelder, MSc	IMARES
Dr. Jeroen Wijsman	IMARES

7.2 Powerpoint presentaties kennisworkshop

Zand erover. Dr. Martin Baptist IMARES

Zand erover

Zachte kustverdediging en effecten op het ecosysteem van de ondiepe kustzee

6 december 2012, Martin Baptist




Megasuppletie Zandmotor




Zandsuppleties

- In Nederland wordt kusterosie bestreden door zandsuppleties.
- Het zanddelend kustfundament moet meestijgen met de zee.
- Typen suppleties:
 - Strand
 - Vooroever
 - Geulwand
 - Mega




Suppleer de toekomst

- Om het kustfundament mee te laten stijgen met het maximale scenario voor zeespiegelstijging is 85 Mm³/jr nodig tot 2050 (Deltacommissie).
- Bij de huidige intensiteit van suppleren vereist dit een jaarlijkse suppletie langs 200 km kust.
- Megasuppleties vereisen fors minder kustlengte, maar lokaal fikse ingrepen.
- Het beleidsvoornemen van de overheid is 20 Mm³/jr.




The inset chart shows the effects of sand replenishment on the coastal ecosystem. The x-axis represents the year from 2000 to 2010. The y-axis represents the number of birds per km² (left) and the number of fish per km² (right). The chart shows a general increase in both bird and fish populations over the period, with a notable peak in bird numbers around 2005 and a peak in fish numbers around 2008.

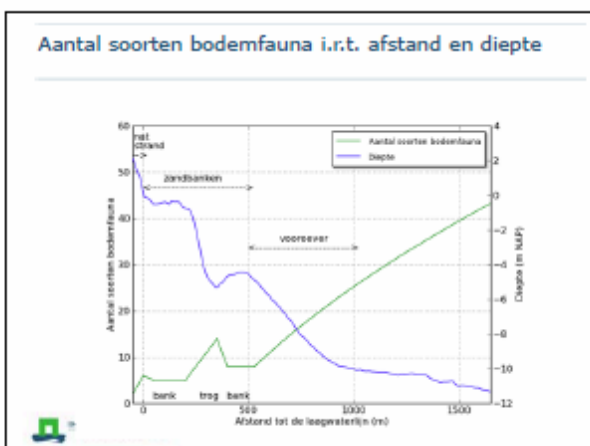
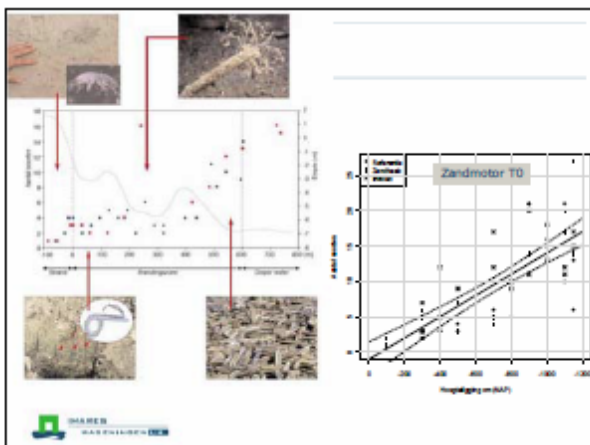
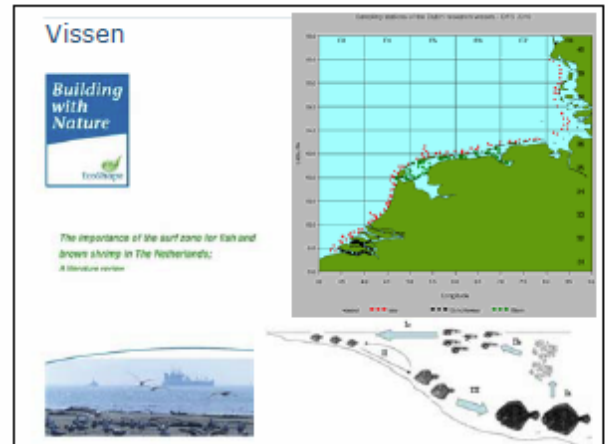
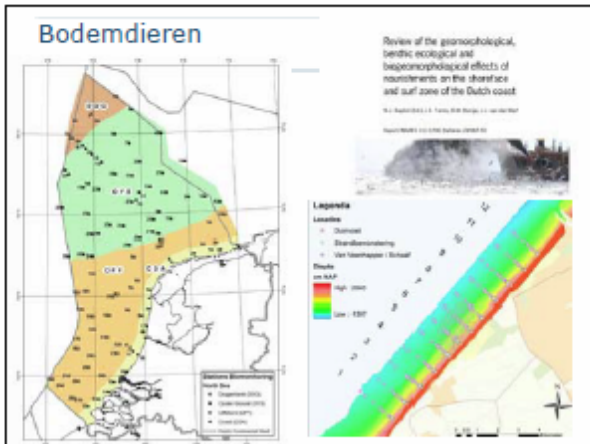


Effecten op de kustzee

Wat zijn de effecten van zandsuppleties op het ecosysteem van de kustzee?

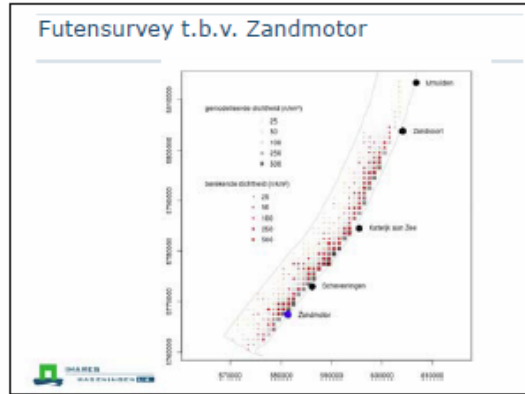
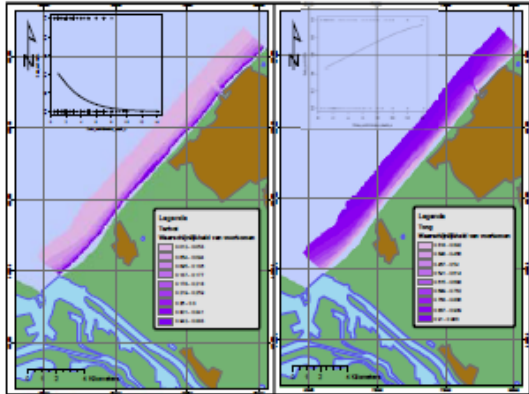
- Moelijk te beantwoorden; er zijn weinig empirische data mede omdat het een moeilijk te onderzoeken gebied is.
- Eerst in kaart brengen wat we wel weten over bodemdieren, vissen, vogels en zeezoogdieren.





Kinderkamer voor juveniele vis

- De ondiepe kustzone functioneert als een belangrijke kinderkamer voor juveniele vis.
- Uit populatiedynamische modellen voor platvis volgt dat er een relatie is tussen het oppervlakte van de kinderkamer en de grootte van de populatie.
- Ook blijkt uit modellen dat bescherming van de juveniele fase meer effectief is dan regulering van visserij.
- Kennis over habitateisen voor juveniele vis, met name in de ondiepe brekerbankzone tussen 0 en 7 m, ontbreekt grotendeels.



Vogels

- Roodkeelduiker, Parelduiker, Kuifduiker, Geoorde fuut, Roodhalsfuut en Fuut.
- Viseters: ze vangen hun prooi op zicht, zwemmend onder water.
- Futen zitten over het algemeen dicht aan de kust (< 1500 m) en duikers verder weg.



Marine Environmental Research 61 (2008) 5–11

Contents lists available at ScienceDirect

Marine Environmental Research

journal homepage: www.elsevier.com/locate/marenres

The effects of shoreface nourishments on *Spisula* and scoters in The Netherlands

M.J. Bagriet^a, M.F. Leopold^a

^aProgramma MARSL, Location Fiesd, PO Box 407, 1790 AD Den Burg, The Netherlands

ARTICLE INFO

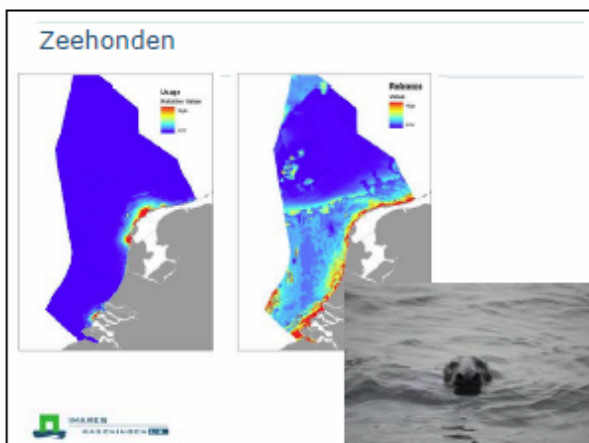
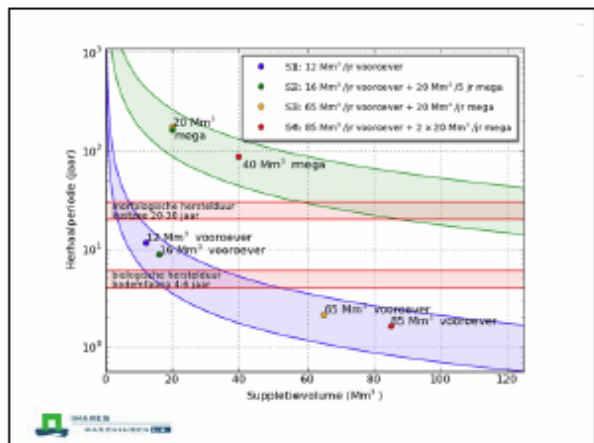
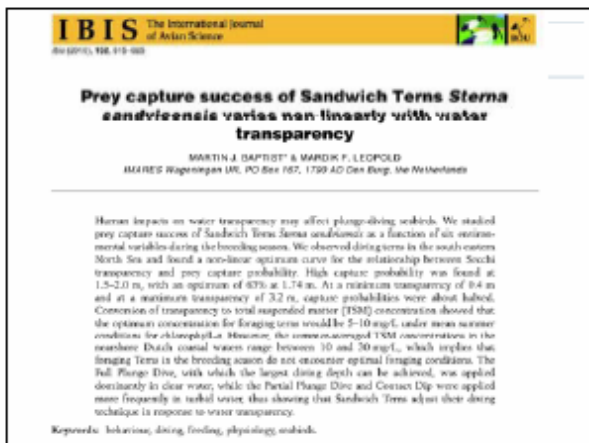
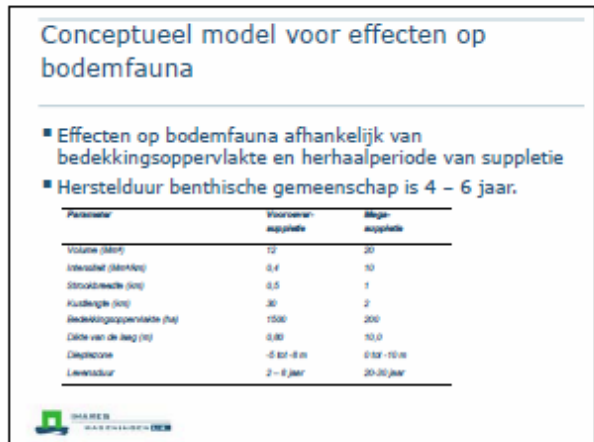
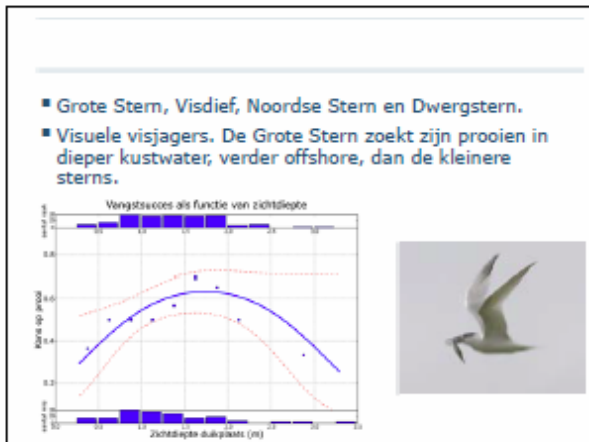
Article history:
Received 26 December 2007
Received in revised form 2 March 2008
Accepted 4 March 2008

Keywords:
Shoreface nourishment
Spisula cataracta
Melanitta nigra
MIBAs
Scotia
Littorina

ABSTRACT

The coast of The Netherlands is protected by nourishing sand. Generally, two different techniques are used: beach nourishment and shoreface nourishment. The latter technique supplies sand at a water depth of about 3–8 m in the near zone, and has been used on a regular basis since 1992 with increasing volumes since 2003. Observations on the Greater Scaup (*Spisula cataracta*) were obtained before 1997 and a few field species for wintering sand with shoreface nourishment since 2003. This included wintering in the shelter of the Common Loon (*Nelusetta nigra*), the most numerous wintering species off the Dutch coast. These observations could concern about shoreface nourishment. This study analyzes the timing and location of shoreface nourishments in relation with the wintering abundance and spatial distribution. Against this expectation, we could not establish a clear relationship between the timing of shoreface and shoreface nourishments, Chl *a* content, such as climate change. Besides, abundance of wintering or protection of quality are more likely behind the decline of *Spisula* along the Dutch coast.

© 2008 Elsevier Ltd. All rights reserved.



Dank voor uw
aandacht

Martin.Baptist@wur.nl



Cumulatieve en integrale afweging

- Er dient rekening gehouden te worden met de mogelijke **cumulatieve** effecten van andere infrastructurele werken op de Noordzee en kustzone, zoals windmolenparken, zandwinning, de 2e Maasvlakte, de opening van de Haringvlietsluizen, een offshore haveniland, etc.
- Alle mogelijke (veranderingen in) gebruiksfuncties van de Noordzee als gevolg van (mega)suppleties moeten worden beoordeeld, zoals scheepvaart, visserij, recreatie, kustverdediging, landwinning, vervuilende stoffen, etc.
- Tot slot dienen externe factoren meegenomen te worden, zoals meteorologie, klimaatverandering, zeespiegelstijging, NAO, etc.

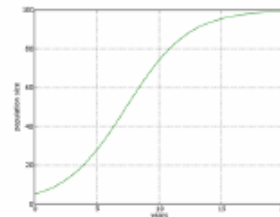


Leemten in onderzoek:

- Zwevend stofgehalte, doorzicht, nutriënten, bodemslib.
- De verandering in groeiomstandigheden voor algen en schelpdieren.
- Effecten op vislarven in de ondiepe kustzone.
- Herstelvermogen benthos gemeenschap.
- Voedselbeschikbaarheid, habitathoeveelheid en habitatkwaliteit voor (juvenile) vissen, vogels en zeezoogdieren.
- Voedselweb veranderingen op kleine schaal (laag-trofisch, minder mobiel) doorwerkend naar grote schaal (hoog-trofisch, mobiel).
- Effecten van verstoring en uitstralende effecten op Natura2000 habitats in Noordzee en Waddenzee.
- Kritische omslagpunten.



Een theoretisch model voor herstel



- Logistische groeicurve (r = groeisnelheid = 0.4, K = draagkracht = 100, P_0 = populatie omvang op $t_0 = 5$).

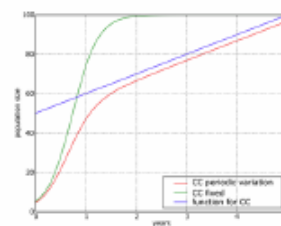


Waar liggen de kritische omslagpunten?

- Afhankelijk van de hoeveelheid op 'dezelfde plek' => begravingssnelheid?
- Afhankelijk van het type sediment => habitat kwaliteit?
- Afhankelijk van de frequentie van suppleren op 'dezelfde plek' => herstelduur?
- Afhankelijk van de vertroebeling van het water?
- Afhankelijk van (het verleggen van) de kusttrivier?
- Afhankelijk van de nieuwe morfologie van de kustzone?



Tijdsafhankelijke draagkrachtcondities



- Draagkracht moet herstellen. Herstelperiode 5 jaar @ $r=4$.



Monitoring project Zandmotor

Jeroen Wijsman 6 dec 2012

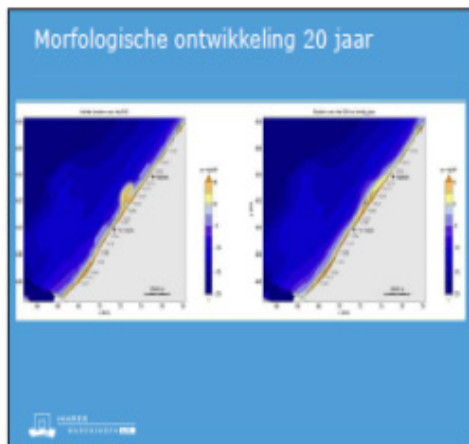


IMARES
VERSLAG
Verslake, 5 december 2012

Zandmotor

- Aanleg najaar 2011
- 21,5 miljoen kubieke meter zand
- Oppervlakte bij aanvang 100 hectare. Uiteindelijk resulteert dit in 35 hectare nieuw strand en duin
- Levensduur ca 20 jaar
- Reguliere strand en vooroever-suppleties 3-5 jaar
- Voordelen ecologie

IMARES
VERSLAG





Monitoring project Zandmotor

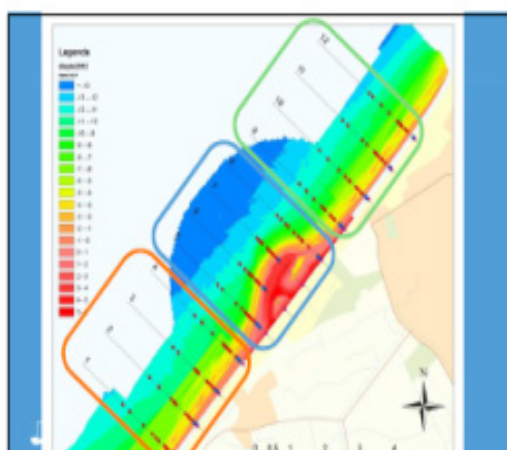
- Duinen: Witteveen en Bos
- Strand en ondiepe kust Abiotiek: Deltares
- Strand en ondiepe kust biotiek: IMARES

IMARES
WATERSCHIED 2012

Huidige monitoringspakket ecologie strand en vooroever

- Bodemdieren kustzone
- Bodemdieren strand
- Juveniele vis en epibenthos
- Zeevogels
- Zeezoogdieren
- Ecotopen

IMARES
WATERSCHIED 2012



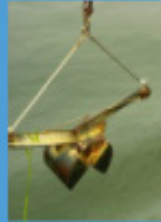
Bodemdieren kustzone en natte strand

- Bodemdieren natte strand

IMARES
WATERSCHIED 2012

Bodemdieren kustzone en natte strand

- Bodemdieren natte strand
- Bodemdieren sublitoraal
 - Van Veen happer (Biodiversiteit)



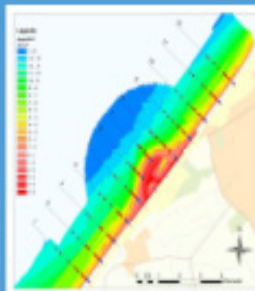
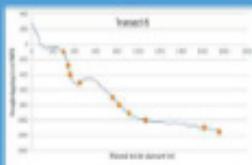
Bodemdieren kustzone en natte strand

- Bodemdieren natte strand
- Bodemdieren sublitoraal
 - Van Veen happer (Biodiversiteit)
 - Bodemschaaf (Voedsel voor vogels/vis)



Bodemdieren kustzone en natte strand

- 120 locaties sublitoraal
- 60 locaties strand
- Diepte-gestratificeerd, rekening houdend met morfologie



Bodemdieren kustzone en natte strand

- Bemonstering in het vroege najaar 2012, 2013, 2015
- Parameters:
 - Biomassa, dichtheid
 - Diversiteit
 - Soortensamenstelling
 - r/K strategen
 - Trofische index
 - Sedimentsamenstelling (korrelgrootte, Org C)
- Referentie/zandmotor/invloed
- Co-variabelen: diepte, sediment, morfologie

Juvenile vis

- (3 meter boomkor 2 cm gestrekte maas)
- Zone tussen 1,5 en 5 meter diepte
- Trekafstand (150-300 meter, vaste tijd en snelheid)
- 70-75 locaties (Referentie, Zandmotor, Invloed)
- Determinatie vangsten
- Natgewicht
- Lengtes vissen en garnalen



Zeevogels

- Drie tellingen
 - December
 - januari / februari
 - april / mei
- Drie locaties
- Vogels op of in het water en op het strand
- Aantal en activiteit
- Vergelijking met regionale en (inter)nationale trends



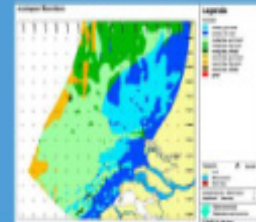
Zeezoogdieren

- Analyse van Argus beelden op rustende zedhonden
- Buitentijde en kom van de haak
- Continu tot december 2015 (vanaf moment dat argus beelden beschikbaar komen)
- Losse waarnemingen:
 - www.waarneming.nl
 - www.walvisstrandingen.nl

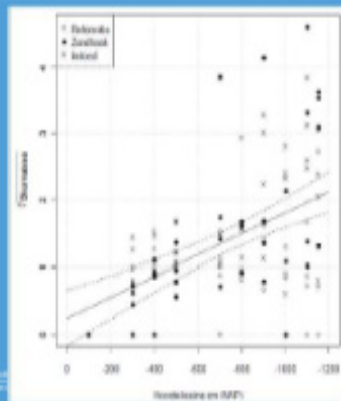


Ecotopen

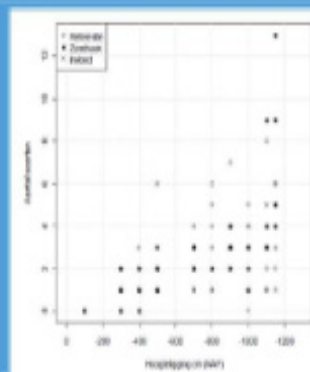
- Ecotopenkaarten zullen worden opgesteld in 2016
- Samenvatting abiotische gegevens (eg. Bathymetrie, sedimentsamenstelling, golfenergie) in ecotopenclassificaties
- In kaart brengen van de veranderingen



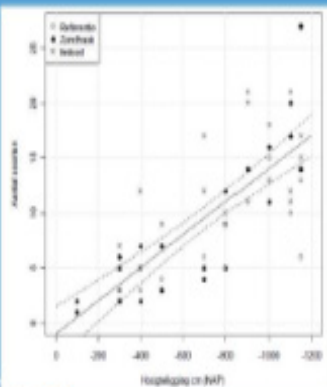
T0 meting biomassa (schaaf)



T0 meting aantal soorten (schaaf)



T0 aantal soorten van Veen



nMDS Van Veen



Monitoring mosselgroei Schelphoek in het kader van de suppletieproef

Resultaten 2011

Jeroen Wijsman, Emiel Brummelhuis, Ad van Gool, Bemanning Regulus en Valk



Versie 22 december 2011

Achtergrond suppletieproef

- Suppletie als mogelijke oplossing bestrijding zandhonger
- Cascade versus traditionele suppletie



Suppletie werkzaamheden

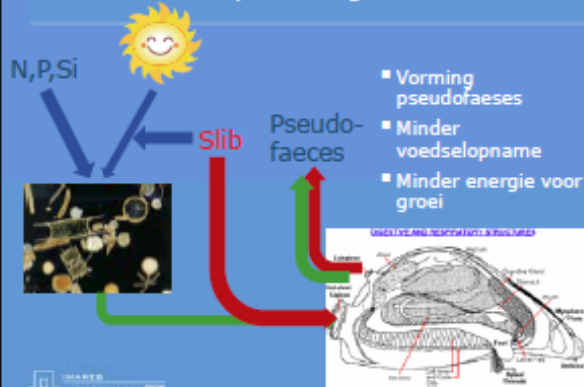
- Suppletiewerkzaamheden 26 september - 1 oktober 2011 (was voorzien in de zomerperiode)
- Ca 85 000 m³ zand gestort
- Bij suppletie komt slib en zand vrij
- Hebben mogelijk effect op nabijgelegen mosselpercelen
 1. Bedekking met zand (geen onderdeel deze studie)
 2. Verandering voedselkwaliteit door slib
 - Groei mosselen (2011 en 2012)
 - Analyse veilinggegevens (2012)



Effect van slib op mosselgroei



Effect van slib op mosselgroei



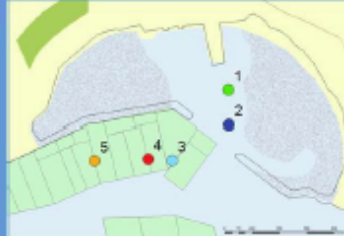
Onderzoeksvraag

- Leidt het verhoogde slib concentratie tot verminderde groei van mosselen op de percelen?



Opzet monitoring

- Volgen van groei van mosselen (2011 en 2012)
- 5 locaties op toenemende afstand van de suppletie



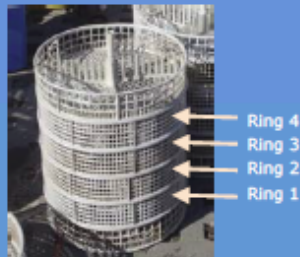
Opzet monitoring

- Volgen van groei van mosselen (2011 en 2012)
- 5 locaties op toenemende afstand van de suppletie
- Mosselen in manden
- 2 torens per locatie



Opzet monitoring

- Volgen van groei van mosselen (2011 en 2012)
- 5 locaties op toenemende afstand van de suppletie
- Mosselen in manden
- 2 torens per locatie
- 4 ringen per toren



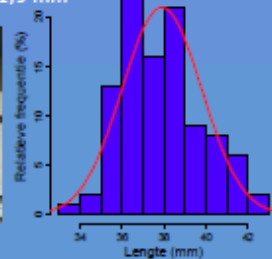
Opzet monitoring

- Volgen van groei van mosselen (2011 en 2012)
- 5 locaties op toenemende afstand van de suppletie
- Mosselen in manden
- 2 torens per locatie
- 4 ringen per toren
- 4 compartimenten per ring
- 20 mosselen per compartiment



Opzet monitoring

- Halfwas mosselen gemiddelde lengte 37,9 mm (bustal 110), standaard deviatie 1,9 mm



Monstername

	1		2		3		4		5		Totaal			
Datum	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4		
8-apr													5	
3-mei			1			1				1			5	
9-jun		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	14	
5-jul			1	1	1	1	1	1	1				11	
4-aug		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		13	
20-sep			1	1	1	1	1	1		1	1		9	
3-okt		1	1		1	1	1	1		1	1		12	
3-nov	2	1	1		2	1	1	1	2	1	1	1	20	
Totaal	2	2	5	4	2	5	6	7	2	5	6	3	4	89

Analyses

- Schelpenlengte (mm) (per individu)
- Aantal (per monster)
- Natgewicht (per monster)
- Asvrij drooggewicht (per monster)
- Vleespercentages (per monster)

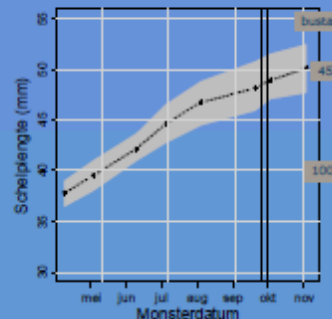


- N.B: Methode niet hetzelfde als op veiling



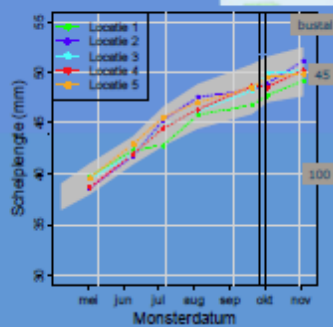
Resultaten: Schelpgroei

- Gemiddelde lengte
- 25-75 percentiel
- Groei 12 mm
- Geen afname na suppletie



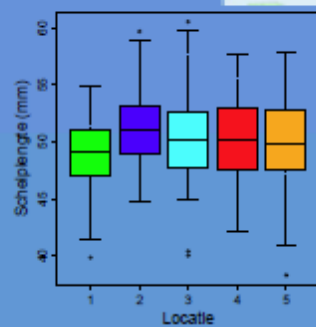
Resultaten: Schelpgroei

- Schelpgroei per locatie
- Minder groei op locatie 1



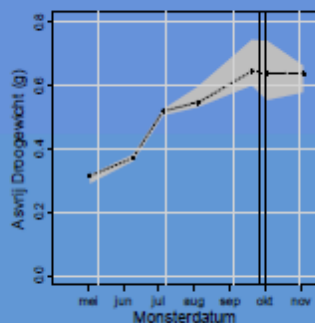
Resultaten: Schelpgroei

- 3 november
- Locatie 1 significant lager dan locatie 2 ($p < 0.05$)
- Verder geen significante verschillen



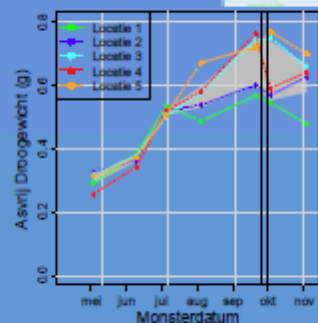
Resultaten: Asvrij drooggewicht

- Toename in voorjaar
- Stabilisatie in najaar
- Grote variatie in najaar



Resultaten: Asvrij drooggewicht

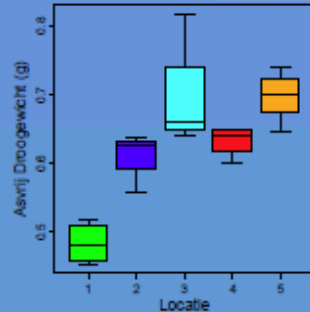
- Goede groei op locatie 3 en 5
- Minder groei op locatie 1 en 2
- Sterke afname op locatie 4 na baggerwerkzaamheden
- Mogelijke overschatting waarde 20 september



Resultaten: Asvrij drooggewicht

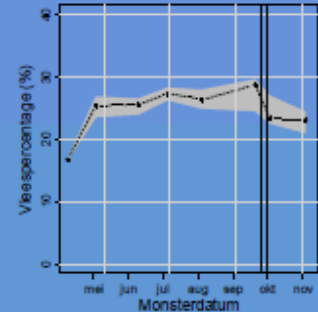


- 3 november
- Locatie 1 significant lagere gewichten dan locaties 2-5 ($p < 0.05$)
- Verder geen significante verschillen



Resultaten: Vleespercentage

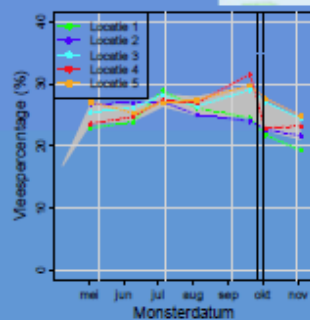
- Voorjaar sterke toename vleespercentage
- Vleespercentage neemt af na werkzaamheden



Resultaten: Vleespercentage



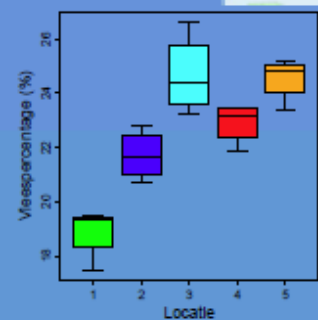
- Sterke afname na werkzaamheden voornamelijk op locatie 4
- Locaties 3 en 5 (en aanvankelijk ook 4) goede vleespercentages



Resultaten: Vleespercentage



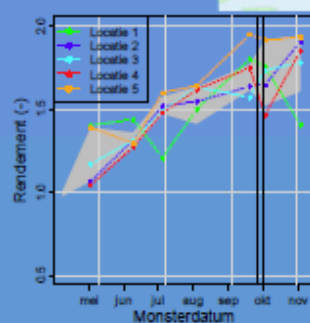
- Locatie 1 significant lagere waarden ($p < 0.05$)
- Locatie 2 significant lager dan 3 en 5 ($p < 0.05$)



Resultaten: Rendementen



- Resultaat van groei en sterfte
- Gemiddeld 1:1,8 in november
- Afname op locatie 4 tijdens werkzaamheden



Conclusies

- Suppletie heeft pas laat in het jaar plaatsgevonden
- Vleespercentages IN schelphoek (locaties 1 en 2) lager
- Geen duidelijk effect van suppletie werkzaamheden
 - Alleen op locatie 4 afname vleesgewichten
- Periode van suppletie (26 september – 1 oktober): mosselen minder gevoelig t.g.v. afnemende temperatuur
- Mosselen in manden indicatie voor de percelen

Vervolg (2012)

- Nieuwe groep halfwas mosselen
- Drie torens per locatie?
- Analyse veilinggegevens: Vleespercentages in relatie tot historische resultaten
- Vertaling naar percelen



Dank voor uw
aandacht

Vragen?




Delta Workshop

06-12-2012, Marcel Rozemeijer, WUR Imares






Set-up

- Examples of posing questions and prioritizing
 - RWS: Risks (€, Time, KOVI)
 - Vision Sand extraction BwN
- Recent work:
 - Monitoring and evaluation programme Sand extraction
 - EIA Sand extraction
- The future:
 - Vision sand extraction





Sand extraction: context

- Sand extraction in the marine environment needs:
 - Permit
 - Supported by an EIA (location specific)
 - MEP to monitor impacts and resolve knowledge gaps
- Several projects extract sand
 - RWS nourishment sand 12- 20 Mm³ a year
 - LaMER; construction sand 9 – 25 Mm³ a year
 - Sand engine: project ±24 Mm³
 - Peninsula MV2: project ±10 Mm³ a year
 - Construction and maintenance shipping lanes
 - WCT?

Vraagarticulatie: aansluiting kennis, onderzoek op beheer/beleid

- Beheervragen:
 - beschrijven taken, verantwoordelijkheden, risico's en rollen van RWS
- Onderzoeksvragen:
 - in offerteaanvraag bijv. richting Deltares, Imares, markt
- Kennisvragen / kennislacunes:
 - deelvragen (komen voort uit de projecten).

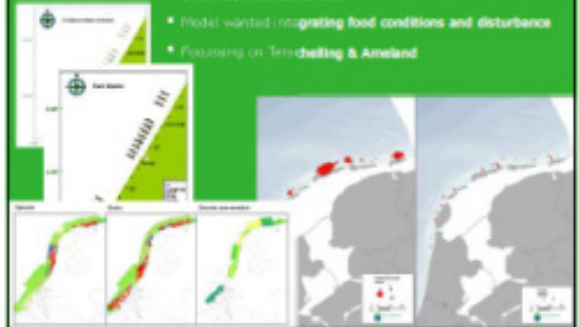
Vision research sand extraction (BwN)

- What are the impacts overall
- What are the main impacts in the context of juridical frameworks
- Which lead to prevention and precaution measures (time, €, KOVI)
- How can research reduce the prevention and precaution measures



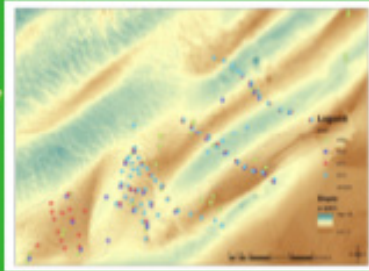
Common scoter: when do they decide to leave?

- Benthos, disturbance and T
- Model wanted integrating food conditions and disturbance
- Focusing on Texel, Schelling & Ameland



Recolonisation Zeeland Banks

- Very poor in species number and biomass
- No special species until so far
- Communities close to Flemish Banks, transitional with Voordelta, Southern Bight?
- Natural processes dominant over recolonisation or statistical phenomena?



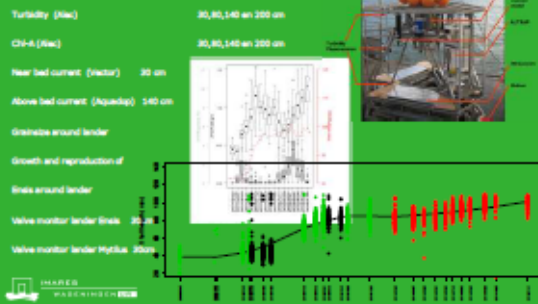
MEP vragen

1. What are the effects of the reduced food conditions on the growth of *E. directus*?
2. When does food limitation occur as a result of these changed conditions?

- Choose a model animal: *Ensis directus*.
- Describe the growth of *Ensis directus* in the field.
- Correlate growth with (a)biotic variables.
- Generate a DEB model (physiological growth model).
- Interpret growth with DEB (growth \leftrightarrow T \leftrightarrow phytoplankton).
- Integrate DEB model in water quality models.

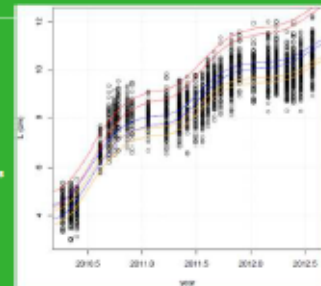


Describe the growth of *Ensis directus* in the field: deployments

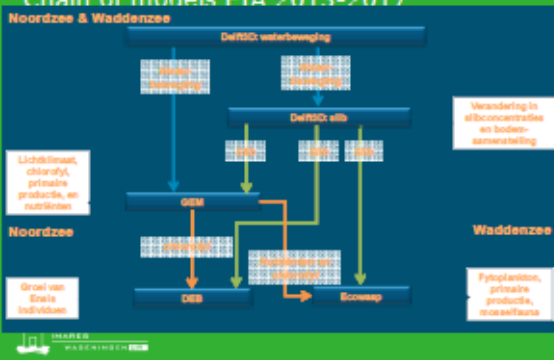


Validation and calibration to the field data

- High density of *E. directus*
- Wrong estimation of [algae]
- Hampered uptake \rightarrow [SPM]_{max}
- K_m Algae different species
- Different food quality for different algae species and detritus
- A winter pause in food uptake



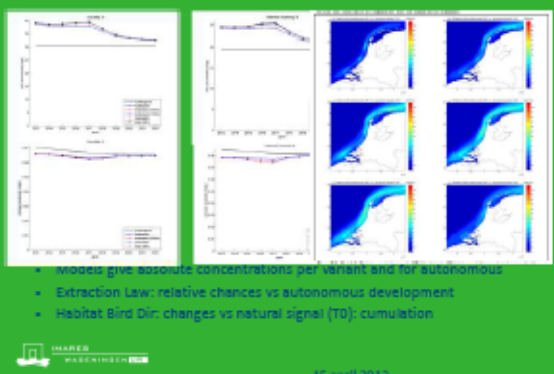
Integration in water quality models Chain of models FIA 2013-2017



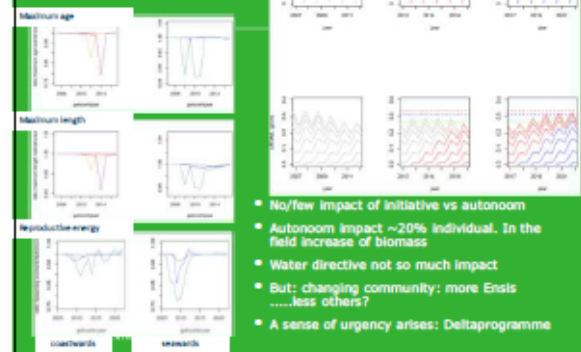
RWS initiative



Delft 3D results



Results DEB Ensis coastal zone



EcoWasp: Waddensea (HBD: improvement obligation)

In decreasing order of impact:

- Water Directive Measures
- Autonomous development

• Rijkswaterstaat 20 Mijm³

• Rijkswaterstaat 12 Mijm³



Future research: benthos, preparing for Deltaprogramme

- Giving context to Ensis results (short term, next EIA)
 - Ensis & other species (functional response)
- Ecological implications (long term)
 - Role of condition (food) in population & community dynamics ruled by stochastical drivers (several species) *potentially overarching connecting research question?*
 - Quantitative assessment:
 - Carbon flows, budgets
 - Integrating in water quality models
 - Conceptual modelling
- Caution: theoretical exercise

Future Research: birds

- Common scoter
 - Presence in relation to food (condition) and disturbance
- Grebe
 - Reason for concentration
 - Presence in relation to food (condition) and disturbance
 - Feeding success in relation to visibility
- Waddensea bird (Eider?) and food
 - Condition
 - Distribution

8 Kwaliteitsborging en Verantwoording

IMARES beschikt over een ISO 9001:2008 gecertificeerd kwaliteitsmanagementsysteem (certificaatnummer: 57846-2009-AQ-NLD-RvA). Dit certificaat is geldig tot 15 december 2012. De organisatie is gecertificeerd sinds 27 februari 2001. De certificering is uitgevoerd door DNV Certification B.V. Daarnaast beschikt het chemisch laboratorium van de afdeling Milieu over een NEN-EN-ISO/IEC 17025:2005 accreditatie voor testlaboratoria met nummer L097. Deze accreditatie is geldig tot 27 maart 2013 en is voor het eerst verleend op 27 maart 1997; deze accreditatie is verleend door de Raad voor Accreditatie.

Rapportnummer: C160/12
Projectnummer: 4308301019

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: Dr. Tim Schellekens
Onderzoeker Delta

Handtekening:



Datum: 20 december 2012

Akkoord: Dr. Birgit Dauwe
Afdelingshoofd Delta

Handtekening:



Datum: 20 december 2012