

Definitie van kennisleemtes
Voor zandwinning op de
Noordzee
in het kader van de
ideeënvorming
voor Building with Nature



M.J. Rozemeijer
Rapport C078/12

IMARES Wageningen UR

(IMARES - Institute for Marine Resources & Ecosystem Studies)

Opdrachtgever: Ecoshape, Building with nature
Burgraadt Gebouw
Burg. de Raadsingel 69
3311 JG Dordrecht

Publicatiedatum: 20 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 48 09 00	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

© 2012 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-V12.3

Inhoudsopgave

Inhoudsopgave	3
Samenvatting	4
1. Inleiding	5
1.1 Leeswijzer	5
2. Uitgangspunten en methodologie van prioriteren	6
2.1 Keuze Land	6
2.2 Kaders en stakeholders die richting geven aan de kennisbehoefte	6
2.3 De belangrijkste effecten van zandwinning in algemene zin	7
2.4 De hoofdeffecten van zandwinning specifiek in de huidige Nederlandse situatie met hun uitvoeringsmaatregelen	8
2.5 Prioriteren op basis van urgentie (moment van gewenste inzet)	9
3. Definitie kennisvragen op de korte termijn op basis van kaders en doelen	10
3.1 H1110b en de relevante voedselwebben	10
3.1.1 Schelpdieren	10
3.1.2 Schelpdierbanken: Ensis en Spisula subtruncata	12
3.1.3 Opgroeigebied voor jonge vis	12
3.1.4 Andere aspecten van voedselweb	13
3.1.5 Modelmatige beschrijving van de voedselwebrelaties	13
3.2 Waddenzee: H1110a, H1140a en de relevante voedselwebben	14
3.2.1 Modelverbeteringen	15
3.3 Doelsoort Zwarte Zee-eend in de NZKZ	17
3.4 Doelsoort: de Fuut	18
3.5 KRM: quick scan methods	19
4. Op de middellange termijn en lange termijn	20
4.1 Ecologisch speciale gebieden	20
4.1.1 Zone boven Terschelling, Ameland en Schiermonnikoog	20
4.1.2 Zeeuwse Banken	20
4.2 Systeenvragen bij Deltahoeveelheden	20
4.3 Strategie van verdieping en winning lokaties	21
5. Korte reflectie en conclusies	23
6. Literatuur	25
7. Kwaliteitsborging	27
Verantwoording	28

Samenvatting

In dit rapport wordt op korte en bondige wijze een visie gegeven op een mogelijk onderzoeksprogramma zandwinning voor Building with Nature (BwN). Het is de bedoeling dat delen van de teksten op Wiki verschijnen.

Als eerste wordt een methodologie ontwikkeld om tot een visie te komen omtrent kennisleemtes zandwinning. Hierbij is eerst gekeken naar de potentiële effecten van zandwinning vanuit een ecologische waardering. Vervolgens worden die effecten gewogen in een juridisch en beleidsmatig kader. Hierbij worden ook de toekomstige ontwikkelingen meegenomen. Het is daarmee vooral een effect gestuurde aanpak. Dit is zo geïmplementeerd omdat het juridisch kader normen stelt en effecten evalueert waarbij voldoende kennis nodig is. Hierbij is te voorzien dat schaalvergroting van zandwinning naar Deltaprogramma hoeveelheden (40 tot 100 Milm³ per jaar) belemmerende implicaties kan hebben voor belangrijke ecologische sturende krachten als voedselbeschikbaarheid (algen) en stofstromen naar de kustzone en de Waddenzee. Er is nog onvoldoende kennis om te bepalen wat Deltaprogramma hoeveelheden betekenen voor de kustzone, terwijl er wel aanwijzingen zijn dat voedselbeschikbaarheid wellicht beperkend kan worden.

Het voorgestelde programma richt zich op ecologische (stochastische) sturende krachten van Habitats, het Kustsysteem en verschillende soorten. Het behelst een aanpak van de bestudering van de processen in het veld en het verwerken van deze data tot Habitatgeschiktheidmodellering en conceptuele en verklarende en voorspellende modellen. Hiermee wordt het inzicht in het functioneren van het kustsysteem vergroot. Daarnaast worden modelinstrumentaria ontwikkeld die dienen voor de grote vragen van de schaalvergroting van zandwinning.

1. Inleiding

Het programma Building with Nature (BwN) richt zich op het gebruik van de natuurlijke processen, dynamiek van het natuurlijke systeem en het creëren van nieuwe kansen voor de natuur bij het ontwikkelen en implementeren van waterbouwkundige werken. Zand uit de zee is hierbij vaak een belangrijke grondstof. Het wordt ingezet voor strandsuppleties, landaanwinning en ook op het land voor fundamenteën, infrastructuur, en beton- en metselzand. Om zandwinning optimaal uit te voeren, met het oog op gevolgen en de kansen voor het mariene milieu, is kennis noodzakelijk. Maar welke kennis is dat? De ingreep-effectrelaties die voor Zandwinning worden opgetuigd (bv Figuur 1), onttaarden meestal in een breed divergerend spectrum aan te onderzoeken thema's.

Dit rapport is een eerste vingeroefening hoe te komen tot een onderzoeksprogramma. Middels een prioriteringstructuur worden hoofdzaken gedefinieerd in het woud van de vele onderzoeksmogelijkheden en omgezet in concrete suggesties voor een onderzoeksprogramma.

Het doel van dit rapport is de tekst te gebruiken voor de wiki pagina's van BwN te vinden op: <http://publicwiki.deltares.nl/display/BWN/Building+with+Nature>. Daarom is de tekst niet te uitgebreid, en gericht op een internetpaginalezer.

Het document is een product voor het BwN project HK 4.1 - Long-term sustainable development Holland Coast.

1.1 Leeswijzer

In hoofdstuk 2 worden kort de globale effecten uitgelegd. Vervolgens worden de effecten uitgediept voor de Nederlandse situatie, zowel vanuit een ecologisch standpunt als ook de juridische standpunten. Vanuit dit overzicht worden de onderzoeksvragen geprioriteerd.

In hoofdstuk 3 en 4 worden de verschillende onderzoeksvoorstellen gedetailleerd. Aan het eind volgt een bespiegeling om alle onderzoeken in afstemming uit te voeren zodat de middelen (financiën en scheepstijd) efficiënt kunnen worden ingezet. In hoofdstuk 5 volgt een korte reflectie op de gekozen aanpak van programma definitie en hoe bijvoorbeeld ecologisch en slib onderzoek eventueel te vervlechten.

Hoofdstuk 6 geeft de gebruikte literatuur.

2. Uitgangspunten en methodologie van prioriteren

Dit hoofdstuk geeft een overzicht van de aanpak en de methodologie. Als eerste wordt het land gekozen waar de methodologie van prioriteren wordt toegepast (Nederland). Dan wordt de omgeving geschatst die eisen en wensen stelt aan de te genereren kennis (denk hierbij aan wettelijke en beleidsmatige kaders, uitvoeringsmaatregelen, stakeholders etc.). Vervolgens worden de voornaamste effecten in verschillende tijdschalen gedefinieerd en afgezet tegen de omgeving. Het wettelijk kader en de uitvoeringsmaatregelen met gepaard gaande kosten zijn hierbij belangrijke criteria. Vervolgens worden de onderzoeksvoorstellen geprioriteerd op basis van het moment van gewenste inzet.

2.1 Keuze Land

Op zich voldoet de Nederlandse situatie zeer goed als modelsituatie om de effecten van zandwinning te onderzoeken en ook een methodologie te ontwikkelen hoe te komen tot een onderzoeksprogramma van zandwinning. Er wordt momenteel veel gewonnen, zeker in vergelijking tot de omringende Europese landen (ICES WGEXT, 2011). Op termijn zullen de volumina naar verwachting verhoogd worden om de effecten van zeespiegelstijging te kunnen compenseren: eerst van 12 M³ per jaar naar 20 M³ per jaar (de Ronde, 2008) en nog later naar 80 M³ om te voldoen aan de eisen van het Deltaprogramma (www.rijksoverheid.nl/deltaprogramma). Het zand wordt op meerdere manieren gebruikt (Van Duin e.a., 2008, 2012, Ref MV2). Er is een redelijk strikt wettelijk kader (Van Duin e.a., 2012). Momenteel lopen reeds meerdere onderzoeksprogramma's die een solide basis vormen voor verder onderzoek: MEP Zandwinning RWS, LaMER (Ellerbroek e.a., 2007, Rozemeijer, 2012), BwN Hollandse kust (4.1).

2.2 Kadern en stakeholders die richting geven aan de kennisbehoefte

In de Nederlandse situatie bestaan verschillende kaders waar binnen behoefte bestaat aan kennis. Daarnaast hebben stakeholders behoefte aan de nieuw te ontwikkelen kennis. Dit stuk geeft een overzicht van kennisbehoeftes. Deze zijn georiënteerd op:

1. Locatiekeuze (belang opdrachtgever). Welke aspecten bepalen de keuze van een winkavel:
 - a. Zand kwaliteitseisen vanuit de toepassing: wat moet de kwaliteit van het zand zijn. Bij suppleties is dat bij voorkeur zand dat gelijkwaardige karakteristieken heeft zoals die van de omgeving. Dit aspect is wel interessant om de samenhang met zandwinning te bezien. Echter voor de beperkte aanpak van dit stuk, is het vooralsnog te veel. Daarom wordt het hier verder niet uitgewerkt.
 - b. Nabijheid en gedrag van humane objecten (kabels en leidingen, wrakken, vaarroutes etc.). Bij Bevoegd Gezag is hiervoor een uitputtend overzicht van objecten beschikbaar. Daarnaast is het niet ecologisch van aard. Het wordt verder niet uitgewerkt
 - c. Nabijheid en gedrag van specifieke natuurkwaliteiten die moeten worden beschermd (aanwezigheid van bv biogene structuren zoals schelpdierbanken, vogelconcentraties)
 - d. Speciale gebieden met een bijzondere ecologisch relevante waarde die een extra afweging vragen: bv de Zeeuwse Banken.
2. Juridische kaders: om een vergunning te krijgen dient vaak eerst te worden aangetoond dat er geen effecten zijn op dat, wat beschermd wordt. Bij effecten of onzekerheden in de effectschatting volgen dan vaak uitvoeringsmaatregelen die kostbare restricties opleggen. Kennisvragen gaan over verbetering van de effectschatting en bijstellen van voorzorg- en uitvoeringsmaatregelen.

In de Nederlandse situatie zijn de belangrijkste juridische kaders:

 - a. De Natuurbeschermingswet: deze wet beschermt habitats en populaties. In de effectschatting gaat het vaak om sleutelprocessen die de kwaliteit van een habitat of de grootte van de populaties bepalen. De bescherming is wel afgebakend tot de N2000-gebieden en de relevante externe werking.

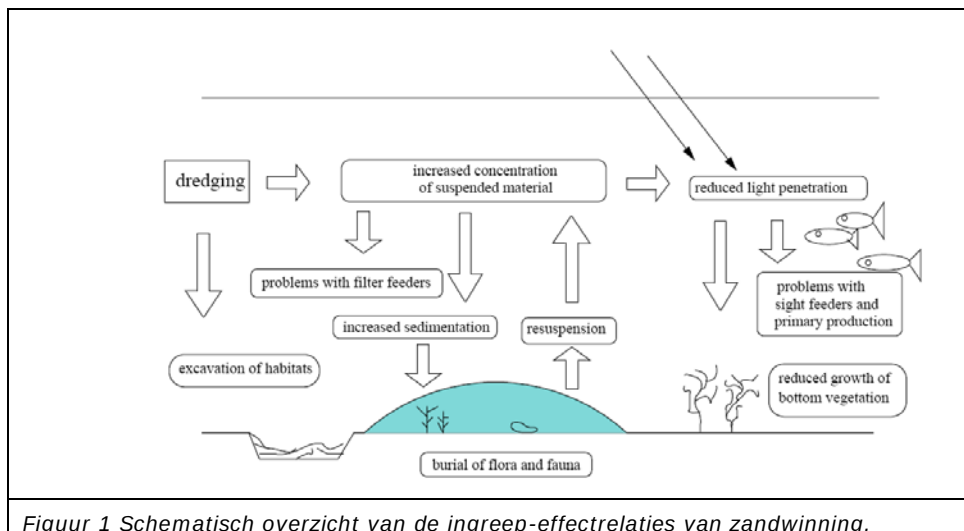
- b. De Flora- en Faunawet, gericht op de bescherming van individuele dieren. Hier gaat het uiteindelijk ook om sleutelprocessen die de grootte van de populaties bepalen.
 - c. Ontgrondingenwet: bij de effectschatting worden de toetsingskaders overgenomen van de kaders hierboven. Daarnaast richt de toetsing zich op de effecten op het gehele Nederlands Continentaal Plat (NCP) in plaats van afgebakende gebieden zoals in de Nb-wet.
 - d. Kaderrichtlijn Marien: dit kader wordt momenteel vorm gegeven. Dit kader is gericht op behoud van ecologisch functioneren.
3. Beleidskaders:
- a. Strategische Zandvisie: in dit document wordt een overzicht geven van de zandvragen, de beschikbaarheid van zand en de verschillende stakeholders die hun belangen hebben bij verschillende locaties of voorraden. Hierbij gaat het vooral om het bepalen van de ecologische waarde van gebieden zoals de zone boven Terschelling, Ameland, Schiermonnikoog en de Zeeuwse banken.
 - b. Eerste ophoging naar 20 M³ per jaar: in de nabije toekomst valt te voorzien dat met name nabij de Waddenzee extra zand zal worden gesuppleerd. Dit geeft ook extra slibinput in de Waddenzee waar een verbeteropgave geldt.
 - c. Deltaprogramma: op termijn zullen de hoeveelheden zand voor kustverdediging nog verder opgehoogd worden naar 80 M³ en meer. Ook hier dienen zich allerlei vragen aan omtrent de ecologische effecten. Gezien de schaal dient zich ook de vraag aan of de uitvoering nog geïnnoveerd kan worden met vernieuwende concepten.
4. Stakeholders: de belanghebbenden die interesse en belangen hebben bij de nieuw te genereren kennis zijn:
- a. BwN die met deze benadering:
 - i. Een methodologie krijgen om ook in andere landen te komen tot een prioritering van onderzoek.
 - ii. Een onderzoeksprogramma dat zich richt op de ecologische sturende krachten van zowel het grotere kuststelsel alsook de ecologisch sturende krachten van soorten in een aanpak van procesonderzoek. Het vertalen van deze processen naar Habitatgeschiktheidmodellering en verklarende en voorspellende modellen.
 - b. De verschillende Bevoegd Gezagen van de overheid, natuurorganisaties, Commissie MER die de kennis kunnen gebruiken om de effecten van zandwinning beter te kunnen inschatten.
5. Innovatie in uitvoering: kan de winning van zand beter? Mogelijk kunnen door aanpassing in uitvoering effecten worden gemitigeerd of kunnen zelfs positieve bijdrages worden geleverd.
6. Urgente leemtes in kennis: bij het beschrijven van de effecten wordt ook duidelijk wat de leemtes in kennis zijn om de effecten goed te beschrijven. Voor een aantal gevallen zijn dat (soort)specifieke aspecten. Soms zullen dat ook meer generieke aspecten zijn die gaan over bijvoorbeeld de ecologische sturende krachten van een systeem. Het effectenspoor van slib->primaire productie is bijvoorbeeld zo'n meer generiek aspect.

2.3 De belangrijkste effecten van zandwinning in algemene zin

De belangrijkste effecten van zandwinning in algemene zin, zijn gegeven in Figuur 1. En in iets meer detail (van Duin e.a. 2012, OSPAR, 2008):

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. 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. En die kuilen vormen gezamenlijk een greppel. Wat betekent die greppel?

- b. Bedekking:
- Direct bij winnen: Via de overvloei 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.
 - 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 dit dient nader onderzocht te worden.
2. Waterkwaliteit (slib):
Bij de overvloei komt slib vrij in de waterkolom wat het doorzicht belemmert voor algen (die zonlicht nodig hebben voor hun groei). Minder algen leidt tot minder voedsel beschikbaarheid voor schelpdieren. En die zijn weer voedsel voor vissen en vogels.
3. Verstoring:
de aanwezigheid van sleeplappers (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).



Figuur 1 Schematisch overzicht van de ingreep-effectrelaties van zandwinning.

2.4 De hoofdeffecten van zandwinning specifiek in de huidige Nederlandse situatie met hun uitvoeringsmaatregelen

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

- Voedselwebrelaties en Habitats:** Het benthos ondervindt meer stress (minder voedsel, meer slib) in de Noordzeekustzone en Waddenzee. Dit wordt gemodelleerd voor modelorganismen (eg Schellekens, 2012, Brinkman, 2012). Maar wat is de betekenis van meer slib en minder algen voor de verbeteropgaves van H1110b (N2000-gebied Noordzeekustzone, NZKZ), 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 NZKZ wil men een verbetering van het benthos bereiken door het sluiten van een aantal gebieden voor bodemberoerende visserij. Sleutelbegrippen zijn met name leeftijdsopbouw van populaties, langlevende soorten, meer schelpdierbanken (Jak & 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 2009a,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 & Mulder 2006). Heeft zandwinning hier nog extra effect op? 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 suppletie-locaties 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 NZKZ voor vaarbewegingen. Daarnaast geldt het aanhouden van een verstoring-safstand (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 verstoring-gevoelig 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?

2.5 Prioriteren op basis van urgentie (moment van gewenste inzet)

De vorige sectie heeft de belangrijkste kennisleemtes neergezet die ook leiden tot uitvoeringsmaatregelen en hogere kosten. De onzekerheden in voorspellingen en leemtes in kennis op deze terreinen kunnen worden ingedeeld. Dit op basis van de relevante tijdschaal waarin effecten een rol spelen en de nieuwe kennis beschikbaar dient te zijn:

1. Op korte termijn zijn de wettelijke kaders en beheerafspraken van belang die voortbouwen op lopende onderzoeken (Ellerbroek e.a. 2007, Rozemeijer, 2012). Onzekerheden in de effectschattingen kunnen direct leiden tot uitvoeringsmaatregelen die geld kosten. Daar spelen de volgende aspecten:
 - a. Kosten door uitvoeringsmaatregelen
 - i. De verbeteropgave H1110b en H1110a en 1140a en gerelateerde voedselwebben.
 - ii. Schelpdierbanken
 - iii. Maatregelen voor Zwarte Zee-eenden
 - b. Algemene verbetering van de effectvoorspelling in het kader van MER-systematiek en Nb-wet: hieronder vallen bijvoorbeeld de vragen omtrent voortbouwen op lopende programma's en Futen.
 - c. De KRM-criteria en dan met name met betrekking tot descriptor 6: integriteit van de zeebodem, en daarnaast 1. biodiversiteit en 4. voedselweb (het volgend MER zal daar dieper op in moeten gaan).
2. Op de middellange en lange termijn spelen de onzekerheden rondom de Strategische Zandvisie (RWS-DNZ & RWS-WD, 2010) een rol. Hierbij gaat het vooral om het bepalen van de ecologische waarde van gebieden zoals de zone boven Terschelling, Ameland, Schiermonnikoog en de Zeeuwse banken.
3. Op de lange termijn spelen de vragen voor de Deltacommissie (en daarmee ook de Strategische Zandvisie): wat is de betekenis van zulke enorme volumina zandwinning voor het systeem? En hoe dient dit uitgevoerd te worden? Kan het efficiënter, slimmer, minder schadelijk, multifunctioneel?

3. Definitie kennisvragen op de korte termijn op basis van kaders en doelen

In sectie 2 is een prioritering gegeven van de kennisvragen en onderzoeksrichtingen. Het doel is de vragen en aanpak zo te richten dat ze ook bijdragen aan de grotere kennisvragen omtrent de Deltahoeveelheden. Om tot een effect-inschatting te komen zijn er twee wegen. Ten eerste is er een benadering vanuit de ecologie zelf: de extrapolatie van de observaties in het veld naar verschillende responsen tussen scenario's. Op zich lijkt dit een krachtige methode omdat het de complexiteit en de onvoorspelbaarheid van ecologische variabelen nog het best benadert. Daar staat echter tegenover dat vanwege de altijd aanwezige ruimtelijke en temporele variaties erg veel metingen nodig zijn om uit de data een betrouwbare oorzaak-gevolgrelatie te kunnen af leiden, temeer omdat de effecten vaak klein zijn ten opzichte van die natuurlijke variaties. In de tweede benadering wordt met een modelinstrumentarium een hypothese/inspiratie getest over de vraag hoe de effecten van extra slib en extra verstoring door zandwinning door zouden kunnen werken tot een bepaald trofisch niveau. Hierbij wordt (allerlei) bestaande fysische-, chemische- en biologische proceskennis geïntegreerd.

Ieder keer zal gekozen worden voor een aanpak waarbij zowel gedegen processtudies worden uitgevoerd (meten en beschrijven in het veld) als ook de resultaten worden omgezet in beschrijvende en verklarende modellen. Het dient een combinatie te zijn van modellen (de scenariostudies) en de invulling met gedegen proceskennis.

3.1 H1110b en de relevante voedselwebben

H1110b staat in de Nb-wet systematiek voor ondiepe zeebodem. Het benthos vormt een belangrijk kwaliteitselement van mariene habitattypen (H1110b) en heeft een belangrijke functie als voedselbron voor vele doelsoorten. In ondiepe watersystemen maakt het benthos de primaire productie beschikbaar voor de hogere trofische lagen. In de verbeteropgave H1110 speelt de verbetering van benthos dan ook een grote rol. Jak & Tamis (2011) definiëren de verbeteropgave H1110 als:

- Toename van oudere en grote individuen bodemdieren (zoals bepaalde soorten schelpdieren, bijvoorbeeld Nonnetje, Grote Strandschelp en de Stekelhuidige Hartegel) verspreid voorkomend in de relatief diepere en minder dynamische delen van de kustzee;
- Toename van oppervlak en dichtheid aan schelpdierbanken, zoals van *Spisula* (Halfgeknotte Strandschelp) en *Ensis* (Amerikaanse Zwaardschede), verspreid voorkomend over de relatief diepere en minder dynamische delen van de kustzee;
- Verbeteren van natuurlijke opbouw van vispopulaties, door verbeteren opgroeigebied voor vooral jonge Haring, Tong, Schol en andere (plat)vissoorten.

Toename van slib door zandwinning en continue input van gebiedsvreemd zand kunnen leiden tot belemmerende condities voor bovenvermelde doelen. Het gaat hierbij om de respons van specifieke soorten als *Ensis*, *Zaagje*, *Macoma*, *Spisula* en schelpenbanken.

Dit dient onderzocht te worden met processtudies gecombineerd met een modelmatige aanpak.

3.1.1. Schelpdieren

Eerste modelmatige resultaten uit lopend onderzoek (Rozemeijer, 2012) geven aan dat de concurrentiekracht van *Ensis* minder wordt door meer stress (Schellekens, 2012). Het voortplantingsvermogen en de maximale leeftijd gaan achteruit zodra tijdelijk grote (Deltaprogramma-achtige) hoeveelheden zand worden gewonnen. Vooral minder algen, leidt tot minder reserves waardoor adverse omstandigheden moeilijker kunnen worden opgevangen. Nu is *Ensis* vooral gevoelig voor veranderingen in algen en minder voor veranderingen in slib (Schellekens 2012, Kamermans & Dedert, 2012). In vergelijking met kokkel en de mossel (Troost e.a., 2010, Wijsman 2012) heeft *Ensis* een grote

affiniteit voor algen. Met andere woorden, door de veranderingen in algen en slib verandert per soort ook de conditie op een specifieke manier en daarmee de mogelijkheid om te overleven onder druk van de verschillende stochastische processen (koude, predatie, uithongering, hoge temperaturen en daarmee metabolisme). Wat betekent dit voor de conditie en overlevingsmogelijkheden van andere soorten. Wat betekent dat vervolgens voor de concurrentieverhoudingen en het kust-systeem? In hoeverre wordt het bereiken van deze H1110 doelen belemmerd door extra slib, minder algen en ander zand?

Voortbouwend op recente resultaten over groei op één locatie (Witbaard e.a., 2012) richten de vragen zich op groei in combinatie met populatiedynamica, voedselbeschikbaarheid -selectie en -assimilatie. De genoemde modelstudies zijn gedaan met een Dynamic Energy Budget model (DEB_{Ensis}) voor *Ensis directus*. Daarbij wordt niet ingegaan op populatiedynamica. Het DEB-model rekent met de theoretische leeftijd van *Ensis* van zeven jaar; het is een model dat zich richt op een individuele *Ensis*. Om meer grip te krijgen op de (betekenis van) de verschillende processen die inwerken op de overleving van *Ensis*, is het nu gewenst om zowel groei als populatiedynamica in beeld te brengen op meerdere locaties kustlangs.

De voedselopname wordt benaderd met een zogenaamde functionele respons. Voor *Ensis* is die uitgezocht onder laboratoriumomstandigheden met gedefinieerde algen en slib (Kamermans & Dedert, 2012). In het veld zijn de omstandigheden anders. Er zijn andere soorten algen, het slib is anders van aard; het kan bijvoorbeeld gecoaguleerd zijn. Daarnaast is er ook nog detritus. Wat is de invloed daarvan? De soortensamenstelling van de algen kan van wezenlijke invloed zijn op de soortensamenstelling van het benthos (Phillipart e.a., 2007). Ten tweede kan structureel minder algen en meer stress door slib door zandwinning leiden tot minder reserves in een schelpdier en daardoor eerder sterfte door uitputting in moeilijke omstandigheden. Denk hierbij aan zomerse omstandigheden waarbij de temperatuur en metabolisme hoog zijn en voedselaanbod laag, of een hoge wintertemperatuur die een aanslag pleegt op de reserves. Hoe verhoudt zo'n factor als uitputting zich tot andere populatie structurerende fenomenen als predatie en winterse kou? Diezelfde vragen gelden ook voor andere schelpdiersoorten waarbij het raadzaam lijkt voort te gaan met soorten die reeds een werkend DEB-model hebben maar waarvan de functionele respons nog niet goed is uitgezocht (Van der Veer e.a. 2004, Wijsman 2009). De hypothese is dat zandwinning leidt tot meer uitputting bij schelpdieren. Door soort verschillen zal de ene soort hier beter op reageren dan andere soorten waardoor geleidelijk andere soortverhoudingen gaan ontstaan op de lange termijn.

Voedsel speelt waarschijnlijk een rol in veel van de verschillende processen die een rol spelen in de populatie- en gemeenschapsdynamica van Benthos. Dergelijke complexe interacties lijken het best onderzocht door een mix van meten in het veld en een benadering met kleinschalige, lichte modellen als die in Conceptual Modelling worden gebruikt (zie bv van de Wolfshaar e.a., 2011). Het inrichten van een dergelijk conceptueel model is ook meteen een handvat om een meetstrategie te definiëren. Qua meten is de vraag of dat locaties moeten zijn die juist extreem zijn in hun omstandigheden en/of dat die juist gekoppeld zijn aan plekken die ook relevant zijn voor de hogere trofische niveaus.

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 fenomenen als predatie, uitspoeling en extreem lage temperaturen? Hoe klinken conditie en impact van veranderende verhoudingen algen : slib door in de vele stochastische sturende krachten 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 treedt er voedselbeperking en geassocieerde effecten als veranderende populatie en gemeenschapsdynamica op?

Aanpak:

Een aantal punten kan worden uitgezocht in het laboratorium. Populatie dynamica en groei worden bij voorkeur behoorlijk 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.

3.1.2 Schelpdierbanken: *Ensis directus* en *Spisula subtruncata*

Schelpdierbanken zijn belangrijk biogene structuren omdat ze hoge concentraties aan voedsel vertegenwoordigen. Momenteel zijn er twee soorten die belangrijk zijn als schelpdierbank: *Ensis directus* en *Spisula subtruncata*. *Ensis* vormt nu waarschijnlijk het bulkvoedsel voor eenden en vissen. Echter door zijn specifieke eigenschappen is het niet de geschiktste prooi. *Spisula* was een belangrijke schelpdierbankvormende soort in de Nederlandse kustzone. *Spisula*banken waren waarschijnlijk de sturende voedselbron voor de enorme aantallen Zwarte Zee-eenden (>100.000 per jaar) die er nu niet meer zijn. Het is ook de wens dat *Spisula*-banken terugkeren. De vragen splitsen zich uit naar twee richtingen: ecologie van *Spisula* en ecologie van de Schelpdierbank.

Wat stuurt *Spisula*? Is het de natuurlijke dynamiek (koude winters waardoor de broedval van *Spisula* meer succesvol was), de Noord-Atlantische oscillatie of de concurrentie met *Ensis*? Of is het wellicht de toename aan slib en/of vermindering in algen door zandwinning? Er dient meer onderzoek gedaan te worden naar de ecologie van *Spisula*. Een aanpak om eerst een DEB-model op te stellen om alle kennis eens op een rijtje zetten gecombineerd met populatie dynamica lijkt opportuun.

Wat bepaalt waar schelpdierbanken kunnen voorkomen? Voor *Ensis* heeft een algemene Habitatgeschiktheidsmodel, gebaseerd op grote en kleine *Ensis* dieren en onafhankelijk van dichtheden, duidelijk andere contouren (De Mesel e.a. 2010) dan een HSM voor *Ensis* groter dan 10 cm en in dichtheden van 10 ind/m² (Houziaux e.a., 2011).

Kernvraag:

Wat bepaalt waar schelpdierbanken kunnen voorkomen?

Aanpak:

Een bredere verkenning van HBM voor zowel *Ensis* als *Spisula* waarbij de lijn De Mesel e.a. (2010) , Houziaux e.a. (2011) wordt voortgezet. NB: Habitatmodellen moeten altijd worden gezien als een data-exploratie van waaruit nader onderzoek kan worden opgezet. Het is geen eindstation. Daarnaast geven de veldmetingen voor Zwarte Zee-eenden ook informatie. Vandaar uit kan een specifieke opzet worden bedacht.

3.1.3 Opgroeigebied voor jonge vis

Habitattype H1110 en vooral de ondiepere zone heeft een belangrijke functie als opgroeigebied voor jonge vis. Visrecruitment wordt deels bepaald in de kustzone (H1110) en heeft gevolgen voor commercieel exploitatieerbare hoeveelheden. De beschikbaarheid van goed voedsel, vaak vooral zoöplankton, is van belang voor jonge vis, en daarnaast spelen predatie en intra- en interspecifieke concurrentie een belangrijke rol. Meer slib en minder primaire productie hebben impact op het voedsel (=H1110) voor jonge vis. Onduidelijk is in hoeverre grootschalige zandwinning van invloed is op de opgroeiomstandigheden (de kwaliteit van H1110) van deze jonge vissen. Het gaat om commercieel relevante platvis (b.v. schol) en rondvis (b.v. haring en spiering).

De kernvraag is hier:

Wat bepaalt groei en recruitment voor jonge vis in de kustzone

Deelvragen

- Beschrijf de groei en populatiedynamica van 0-jaars vis.
- Interpreteer groei met fysiologische groeimodellen zoals DEB.
- Wat zijn de sturende factoren? Kunnen die worden afgeleid uit de omgevingsvariabelen (benthos, predatoren, abiotiek)?

3.1.4 Andere aspecten van het voedselweb

Andere aspecten van het voedselweb betreffen zoöplankton en wormen.

Zoöplankton is een belangrijke voedselbron voor pelagische vis. Wat is de kwantitatieve relatie tussen verminderde en veranderende algensamenstelling mede onder invloed van slib door zandwinning?

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?

3.1.5 Modelmatige beschrijving van de voedselwebrelaties

In Ingreep-Effectrapportages worden modelinstrumentaria vaak ingezet om een kwantitatief idee te krijgen van wat een ingreep kan betekenen. Hierin zijn twee hoofdrichtingen te onderkennen:

1. Conceptuele modellering
2. Complexe ruimtelijk modellen

Conceptuele modellering

In het eerste geval is het vooral een conceptuele benadering waarin vooral de grootste compartimenten en de meest bepalende processen worden gemodelleerd om vat te krijgen op hoe de interactie is en waar eventuele kantelpunten liggen. Zie bijvoorbeeld van de Wolfshaar e.a. (2011). Doordat de aanpak licht is, kunnen gemakkelijk Monte Carlo achtige exercities worden uitgevoerd. Dit geeft ook goed inzicht waar extra meet- of experimenteer-inspanningen op gericht zouden moeten worden.

Deze vorm leent zich uitstekend om ecologische principes (stochastische processen, concurrentie, populatiedynamica, recruitment) te onderzoeken die bijvoorbeeld de benthosgemeenschap structureren. Dergelijke modellen kunnen gevoed worden met veldwaarnemingen voor de ecologische sturende krachten dan wel met de resultaten van de complexe ruimtelijk modellen.

Complexe ruimtelijk modellen

Het huidige waarheidsgetrouw instrumentarium voor de Kustzone gaat tot de algenmodule (lijn A in het schema). Voor de Waddenzee gaat het verder tot en met benthos (lijn B), en een benadering met meerdere trofische niveaus levert principieel andere types uitkomsten.

A		Ecologische interpretatie	Algen	Slib	Waterbeweging
B	Ecologische interpretatie	Benthos	Algen	Slib	Waterbeweging

Lopend onderzoek (Rozemeijer, 2012) heeft zich gericht op de beschrijving van de modelmatige relatie tussen slib, algen (primaire productie) en *Ensis directus* als voornaamste secundaire producent (40-70% van de schelpdierbiomassa). Daar zijn belangrijke stappen gezet om het Benthos te koppelen aan waterkwaliteitsmodellerings. Het fysiologisch groeimodel (DEB_{ensis}) is toegepast. Hierbij zijn de chlorofyl-gehalten gebruikt, zoals die berekend zijn met een ecologisch model (bovengenoemde lijn A) om in een aparte modelberekening de gevolgen voor de groei van individuele Ensis te berekenen op enkele locaties. Op zich is dit een belangrijke stap; de effecten van slib op algen kunnen nu tentatief worden geëxtrapoleerd naar de meest voorkomende tweekleppigen. Nu dient zich de vervolgstap aan om én over te gaan van off-line naar on-line modellering (integraal en interactief met de algenmodule) en ook meer zekerheden te verkrijgen over ecologische betekenis. Hierbij zijn de volgende aspecten relevant:

1. Er is een gevoeligheidsanalyse nodig van het model DEB_{ensis}. Van hieruit kunnen experimenten worden gedefinieerd voor validatie en verbetering van het model.
2. Een belangrijke component is de zogenaamde functionele respons (voedselselectie en -beschikbaarheid): hoe gaat Ensis om met verschillende hoeveelheden en verhoudingen algen, detritus en slib.
3. Het DEB-model dient ingebouwd te worden in waterkwaliteitsmodellen om gebiedsdekkende uitspraken te kunnen doen over de effecten van meer slib en minder algen (Bandbox-module).
4. Welke factoren bepalen de uiteindelijke populatiedynamica van Ensis? Het DEB-model rekent met de theoretische leeftijd van Ensis van zeven jaar; het is een model dat zich richt op een individuele Ensis.
5. Integratie van andere relevante soorten: vanuit de verbeteropgave H1110/N2000 lijkt het opportuun om aandacht te gaan besteden aan de langlevende schelpdiersoorten. Daarnaast moet niet worden vergeten dat kortlevende (*Spisula*, *Ensis*, kokkels, mossels ook enigszins) van groot belang zijn als voedsel voor vogels.
6. Integratie van de resultaten (habitatmodellering en verklarende modellen) van hogere trofische lagen, het toevoegen van extra consumenten zoals zoöplankton, vis en vogels om de representativiteit van het model te vergroten (verkregen middels de onderzoeken en modellen voor Zwarte Zee-eenden, Futen, kinderkamerfunctie etc.).

3.2 Waddenzee: H1110a, H1140a en de relevante voedselwebben

De draagkracht van de Waddenzee, in termen van hoeveelheid geproduceerd benthos als voedselbron voor vogels, kan worden beïnvloed door grootschalige zandwinactiviteiten. Wat betekent zo'n afname in draagkracht? Wat zijn de uiteindelijk effecten in het veld op de draagkracht in relatie tot de uitvoering en kwantiteit van zandwinning? In de Waddenzee zijn veel vogelsoorten die in een onduidelijke staat van instandhouding zijn (*Eider*, *Scholekster*, *Kanoet* etc.). Maar, omdat alles onderzoeken te veel is, is het efficiënter om te kijken naar (ene of meerdere) modelsoorten waarvan verwacht kan worden dat die relatief gevoelig zijn voor veranderingen in benthoshoeveelheden. Met name voor de *Eider* is de Waddenzee een belangrijk leefgebied. Daarbij foerageren *Eidereenden* zowel op schelpdieren in de getijdenzone als die in het sublitoraal, én zijn ze ook gevoelig voor de effecten op de suppletie locaties (verdwijnen lokale schelpdierlocaties). Om deze reden is er ook een uitvoeringsmaatregel voor suppleties gedefinieerd die zegt dat bij aanwezigheid van grote schelpdierbanken op suppletie locaties er niet gesuppleerd mag worden gedurende bepaalde periodes. Onderzoek aan de *Eiders* in de Waddenzee levert informatie op die gebruikt kan worden om deze uitvoeringsmaatregel specifiek te maken.

- Waar zitten Eiders precies in de Waddenzee en welke factoren bepalen de draagkracht?
- Hoe wordt de draagkracht veranderd door extra slib en minder algen door zandwinning?
 - o Welke voedselsoorten en –hoeveelheden bepalen de geschiktheid van deze locaties?
 - o Hoe reageren deze voedselsoorten (benthos) op de verandering van waterkwaliteit (<algen en >slib)?
 - o Zijn er voldoende locaties in de Waddenzee die kunnen dienen als alternatieve foerageerlocaties, zodat de draagkracht van het gebied als geheel voldoende is?
- Eventuele alternatieven zijn Scholekster en Kanoeten.

3.2.1 Modelverbeteringen

Er zijn een aantal mogelijkheden om het bestaande modelinstrumentarium EcoWasp meer compleet te maken door een aantal biologische/ecologische processen, zoals hier zal worden opgesomd, te implementeren in het model. Daarnaast is in een aantal gevallen nieuw experimenteel werk vereist (voor de Waddenzee betreft dat vooral benthische primaire productie), maar er vindt ook al onderzoek plaats in ander kader waarvan de data goed gebruikt kunnen worden om de processen 'af te regelen' (PRODUS, ZKO, MZI). De grootste uitdaging is vermoedelijk de stap tussen productie van vogelvoedsel en het gebruik ervan door de betreffende vogels. In de Waddenzee betreft dat vooral Scholeksters en Eiders (maar ook andere vogels zoals Zilvermeeuwen en Wulpen. In de Noordzee (en óók deels Waddenzee) betreft dat met name Zwarte Zee-eenden.

1. Uitbreiding van het model met dieren met een andere voedingsstrategie. Nu kent Ecowasp alleen een filterfeeder. Hiervoor kunnen organismen worden ingevoerd die een geheel andere foerageerstrategie hebben. Bijvoorbeeld wormen; zij maken vooral gebruik van voedsel dat aanwezig is in of op het sediment. Daarbij zorgen ze tevens voor een verticale menging van het sediment. Schattingen voor dichtheden van benthische organismen zijn hiervoor nodig. Door derden worden gegevens verzameld die hiervoor zeer goed bruikbaar zijn.
2. Voor getijdengebieden: de inbreng van soorten die het sediment afschrappen (zoals wadslakjes); deze profiteren vooral van benthische primaire productie. De benthische primaire productie is al in EcoWasp ingebouwd, waarbij de benthische algen gebruik maken van de nutriëntconcentraties zoals die bij de bodemprofielberekeningen (poriewaterprofielen) gevonden worden. Hierdoor is de benthische productie gekoppeld aan de mineralisatieprocessen in de bodem (nutriënt-voorziening) plus de primaire productie in de waterfase (nutriëntvraag). Tot op dit moment worden de geproduceerde benthische algen nog niet gebruikt door grazers. Dit kunnen met name Wadslakjes zijn, maar ook Macoma's. Inbreng van dergelijke organismen maakt de berekening van de benthische primaire productie betrouwbaarder én de productie van voedsel-voor-vogels wordt ook beter beschreven. Nodige data betreft vooral benthische primaire productie (veldmetingen), effecten van begrazing op de benthische algen (veldexperimenten) en data over dichtheden van Macoma's en Wadslakjes. Deze laatste data zijn deels aanwezig (onderzoek door derden).
3. Binnen EcoWasp wordt reproductie (larvenvorming) van schelpdieren berekend, maar niet op basis van een DEB-model. Een dergelijke DEB-beschrijving kan worden toegevoegd. Dit is een modelactie waarbij de DEB-beschrijving integraal onderdeel van EcoWasp wordt gemaakt. De EcoWasp-structuur leent zich hier goed voor. DEB-parameters worden her en der verzameld zodat daar geen extra onderzoek voor nodig lijkt. Door inbreng van een DEB-beschrijving zal de reproductie gevoeliger worden voor de conditie van de organismen en zullen jaar-tot-jaar-fluctuaties groter (kunnen) worden.
4. Zoöplankton en microzoöplankton vormen al onderdeel van het model, evenals het picofytoplankton, maar de procesbeschrijving en parameterinstelling moeten beter worden getest alvorens e.e.a. ook daadwerkelijk ingezet kan worden. Procesdata worden verzameld in een lopend project (onderzoek aan MZI's in de Waddenzee), data over het voorkomen van

zoöplankton en microzoöplankton zijn beperkt voorhanden. In ZKO-kader wordt er enig werk aan verricht, maar dit is niet erg uitgebreid.

5. Een beter inzicht in de koppeling tussen secundaire productie en vooral de aard van die secundaire productie en de verdeling ervan over verschillende typen organismen, en de betekenis voor vogels die op secundaire producenten foerageren. Het maakt voor een predator als een Eider uit of de secundaire producent een Japanse Oester is of bijvoorbeeld een Mossel. Daarvan afgeleid is de vraag in welke mate organismen die op heel kleine schelpdieren prederen (zoals garnalen op mosselzaad, krabbetjes en zeesterren op jonge mosseltjes) ook weer als voedsel kunnen dienen voor een predator als de Eider. Wat een model betreft, betekent dit dat zo'n tertiaire producent als garnaal of zeester moet worden toegevoegd aan het model. Data over garnalen is tot op zekere hoogte beschikbaar, data over krabben en zeesterren is meer fragmentarisch aanwezig. Gegevens over de predatiedruk door krabben en zeesterren worden in ander kader verzameld en leveren op zijn minst enig inzicht in het kwantitatieve belang van die predatieprocessen.

3.3 Doelsoort Zwarte Zee-eend in de NZKZ

De Zwarte Zee-eend eet schelpdieren (waaronder *Ensis*). Schelpdieren eten algen en worden daarbij gehinderd door slib (foerageerefficiëntie) en algen ondervinden hinder van slib dat vrijkomt bij winning van zeezand (*Figuur 2*). Daarnaast zijn Zwarte Zee-eenden zeer verstoringsgevoelig en kan de aanwezigheid bij winnen, transport of suppleren verstorend werken. Voor Zwarte Zee-eenden leidt dit tot een probleem omdat de Nb-wet als doel stelt dat er jaarlijks 51.900 Zwarte Zee-eenden dienen te zijn in de Nederlandse kustzone. De laatste jaren zijn er gemiddeld slechts ~10.000.

Bekend is dat de achteruitgang in de hoeveelheden Zwarte Zee-eenden samenvalt met het verdwijnen van *Spisula*. Tegelijkertijd wordt in de magen van Zwarte Zee-eend vaak *Ensis* aangetroffen. Hierbij dient de vraag zich aan of *Ensis* op grond van zijn karakteristieken (vorm en vluchtgedrag: het schelp-dier kan zich snel diep in het sediment terugtrekken) wel een geschikte prooi is (Leopold e.a. 2011).

De uitvoeringsmaatregelen betreffen het aanhouden van de juridische verstoringafstand (500 meter), de instelling van gesloten gebieden voor rust, zodat de voedselkwaliteit en –kwantiteit omhoog gaat (VIBEG-gebied) en niet suppleren op locaties met hoge dichtheden schelpdieren. Eventueel, afhankelijk van de interpretatie; het niet varen tijdens de wintermaanden als grote concentraties Zwarte Zee-eenden te verwachten zijn rond Ameland en Petten. Al met al; hebben zandwinactiviteiten wel een effect op de Zwarte Zee-eend?

De kernvraag voor Zwarte Zee-eend is:

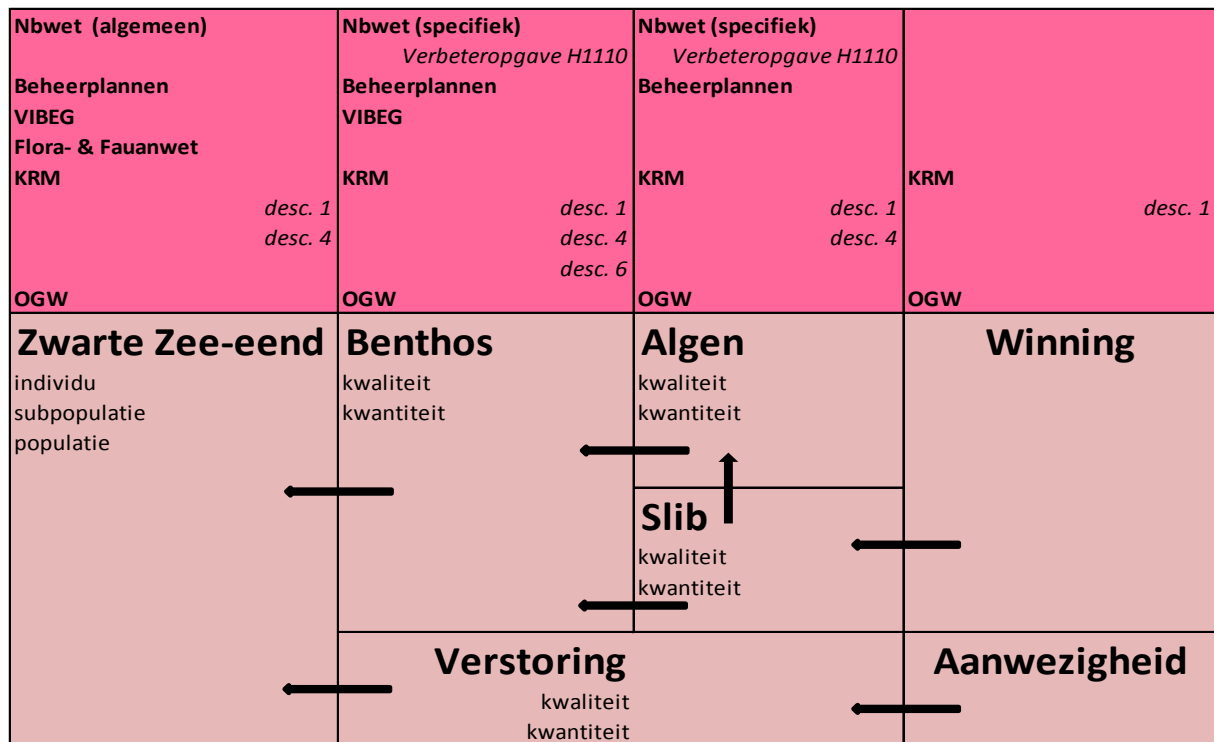
Wordt de huidige populatie bepaald door de voedselkwaliteit en –kwantiteit of door verstoring o.a. door baggeractiviteiten?

Deelvragen zijn:

- Welke zones in de N2000-gebieden vormen het prioritaire leefgebied van de Zwarte Zee-eend en waarom?
- Welke benthossoorten en conditiefactoren bepalen de geschiktheid?
- Hoe reageren deze voedselsoorten (benthos) op de verandering van waterkwaliteit (<algen en > slib)?
- Wat is de betekenis voor Zwarte Zee-eenden?
- Zijn er uitwijkmogelijkheden naar andere locaties in geval van verstoring of uitputting (binnen hetzelfde N2000-gebied)?
- Welke voedselsoorten en –hoeveelheden bepalen de geschiktheid van alternatieve locaties?
- Is verstoring door de aanwezigheid van winschepen dermate bepalend dat (de kwaliteit van) alternatieve locaties niet meer ter zake doet?
- Wat bepaalt de populatiegrootte van Zwarte Zee-eenden: is dat de voedselkwantiteit, de voedselkwaliteit, de combinatie van beide, de hoeveelheid rust, of de combinatie van alle drie?
-

De aanpak is:

- Het doen van observaties aan eenden, benthos en verstoringsbronnen.
- Waarnemingen omzetten in een HSM benadering (zie bijvoorbeeld Houziaux e.a., 2011 voor wat daar gedaan is voor de Zwarte Zee-eend).
- Het genereren van een verklarend kwantitatief model waaruit voorspellingen gedaan kunnen worden omtrent een maximaal toelaatbare verstoring dan wel achteruitgang in kwaliteit van benthos.



Figuur 2 Ingreep-effectschema en beleidsmatige context (topregel) voor een schelpdier etende soort (Zwarte Zee-eend). Afkortingen: Nb-wet: Natuurbeschermingswet, KRM: Kaderrichtlijn Marien, OGW: Ontgrondingwet, zie Figuur 3 waarin vis en zoöplankton zijn geïntegreerd.

3.4 Doelsoort: de Fuut

Futen worden steeds talrijker in de kustzone (Leopold e.a. 2011). En de zoete wateren worden steeds minder belangrijk als verblijfplaats. Zandwinning (meer slib) kan een impact hebben op hun jaagefficiëntie op vis (Figuur 3). In het IJsselmeer geldt dat ze slechts jagen in een beperkt venster wat lichtintensiteit betreft (Piersma e.a., 1988), waarschijnlijk gestuurd door het gedrag van de prooi. Hoe zit dat op zee en wordt die jaagefficiëntie beïnvloed door meer slib? Gezien de grote aantallen lijken Futen goed met de dynamiek van zee om te kunnen gaan. Aan de andere kant, gezien het feit dat de andere gebieden klaarblijkelijk slechter functioneren (er geen uitwijkmogelijkheden meer zijn), is het wel zaak voldoende zeker te weten dat de zichtjacht van Futen niet beïnvloed wordt door slib.

Hoofdvraag:

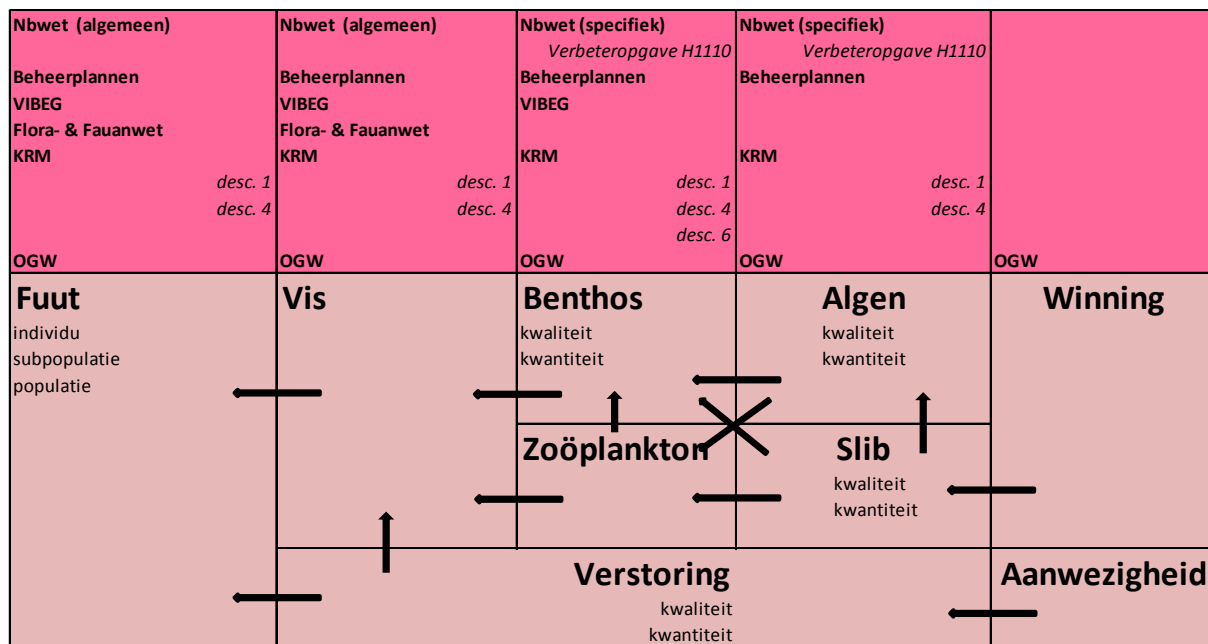
Wat stuurt de locatiekeuze van de Fuut en is zandwinning in een vorm hierop van invloed?

Deelvragen:

1. Waar zitten Futen?
2. Is dat gekoppeld aan de aanwezigheid van prooidieren en wat zijn de zichtdieptes? (Zijn ze locatie gebonden?)
3. Wat is de invloed van meer slib door zandwinning op de vangstefficiëntie?
4. Wat is de rol van verstoring op de locatiekeuze van Futen?

De aanpak is:

- Het doen van observaties aan Futen, benthos en verstoringsbronnen.
- Waarnemingen omzetten in een HSM benadering (zie bijvoorbeeld Houziaux e.a., 2011).
- Het genereren van een verklarend kwantitatief model waaruit voorspellingen gedaan kunnen worden omtrent een maximaal toelaatbare verstoring dan wel achteruitgang in zichtdiepte en daarmee vangstefficiëntie.



Figuur 3 Ingreep-effectschema en beleidsmatige context (topregel) voor een visetende soort (Fuut). Cellen die elkaar in horizontaal raken zijn met elkaar verbonden. Afkortingen: Nb-wet: Natuurbeschermingswet, KRM: Kaderrichtlijn Marien, OGW: Ontgrondingwet.

3.5 KRM: quick scan methods

Er is een grote behoefte om sneller en meer zeebodem te kunnen karakteriseren, in eerste instantie wat betreft de morfologie (vorm, structuur en eventueel korrelkarakteristieken). Vaak zijn ook gemeenschappen geassocieerd met specifieke structuren en sedimenteigenschappen. Oppervlaktes en verdeling in tijd en ruimte van karakteristieke structuren zijn daarmee ook een maat voor de geassocieerde biologie. Akoestische technieken zoals multibeam- en side-scan sonar geven bruikbare beelden van het zeebodemlandschap. Ze worden nu al onder meer ingezet bij bathymetrische opnames en het monitoren van wrakken.

Sommige zeebodemdieren, zoals de schelpkokerworm *Lanice conchilega* en de kokerworm *Owenia fusiformis*, komen in heel grote dichtheden voor, waardoor het zand zich kan ophopen tussen de kokers. Deze zandhoopjes zijn vaak duidelijk op akoestische beelden te zien. Uit recent onderzoek blijkt dat ook hoge dichtheden van *Ensis* te zien waren, in ieder geval in een van de twee onderzochte gebieden. Alvorens akoestische technieken toegepast kunnen worden voor het in kaart brengen van deze soorten in grote gebieden als het NCP, is nog meer onderzoek nodig om het akoestisch signaal van verschillende soorten en gemeenschappen te onderscheiden. Daarbij moet rekening gehouden worden met het feit dat verschillen in abiotische omstandigheden van invloed kunnen zijn op het akoestisch signaal.

Binnen lopend onderzoek zijn een aantal technieken uitgetest (akoestisch via Medusa, Side scan sonar, camera; Rozemeijer, 2012). Van deze technieken leek de camera veelbelovend maar kwetsbaar in de inzetbaarheid (erg gevoelig voor golven en zichtdiepte). Multibeam-sonar lijkt een veelbelovende techniek voor zowel biogene substraten als schelpdierbanken (Houziaux e.a., 2011). Verder onderzoek dient te worden verricht m.b.t. de bruikbaarheid (validatie, kosten, uitvoerbaarheid) bij het karakteriseren van schelpdierbanken (ligging, omvang) en andere substraten.

4. Op de middellange termijn en lange termijn

Het valt te voorzien dat de volumina te winnen zand op lange termijn omhoog gaat. De afgelopen, projectgebonden, grote initiatieven hebben een potentiële invloed gehad op het systeem. Met de door de Deltacommissie vastgestelde hoeveelheden wordt de winning van grote volumina structureel. Daar is extra kennis voor nodig om dat verantwoord te doen.

4.1 Ecologisch speciale gebieden

Op dit moment wordt er nagedacht hoe om te gaan met de beschikbare voorraden zand. Middels de strategische Zandvisie (RWS-DNZ, 2010) wordt besloten hoe omgegaan moet worden met de strategische voorraden zand. Per gebied wordt een afweging gemaakt van belangen van stakeholders. Daar is extra informatie voor nodig om de besluitvorming te ondersteunen. Voor twee gebieden is de ecologie een belangrijke stakeholder: i) de zone boven Terschelling, Ameland en Schiermonnikoog zowel het N2000-gebied NZKZ als ook het gebied zeewaarts van de NZKZ en ii) de Zeeuwse Banken (omdat dit een apart ecotoop vertegenwoordigt).

4.1.1 Zone boven Terschelling, Ameland en Schiermonnikoog

Deze zone kenmerkt zich door een relatief hoge dichtheid aan bodemdieren. De echt grote schelpenbanken werden ook in deze regio gevonden. Voor deze gebieden is het noodzakelijk beter te weten wat er zit en vooral ook waarom het er zo uit ziet (door wat wordt het voorkomen gestuurd). Vervolgens dient bepaald te worden wat de gevolgen zijn van zandwinning (verlies van substraat en verandering van diepte) op het herstellend vermogen van de benthosgemeenschap. Zeker als er diep gewonnen wordt, verandert het systeem mogelijk dusdanig dat de unieke kwaliteit verloren gaat. Voor beide systemen is een uitgebreidere beschrijving nodig van het aanwezige benthos, de aanwezige vispopulaties (inclusief leeftijdsopbouw) met maaginhouden (voedselweb relaties) om de kenmerken van het systeem te kunnen beschrijven en begrijpen.

4.1.2 Zeeuwse Banken

Voor de Zeeuwse banken is het nodig dit gebied als geheel te zien. Qua benthos is het gebied niet bijzonder rijk aan soorten of aan biomassa (Goudswaard e.a., 2009). De gehele grootschalige structuur van “bergen en dalen” vertegenwoordigen de kwaliteit. Maar wat is die kwaliteit? Een brede inventarisatie van zoveel mogelijk diergroepen lijkt op zijn plaats. Het zou te overwegen zijn hier een andere winstrategie te gebruiken: b.v. de Zeeuwse banken als overslagpunt waar grote schepen zand dumpen, wat gehaald is van verderaf en kleinere schepen het overnemen om in de krappe, ondiepe geulen en platen de nodige suppleties uit te voeren.

4.2 Systeemvragen bij Deltahoeveelheden

Dat betekent dat jaarlijks grote hoeveelheden slib extra in het systeem komen. Wat betekent dit voor het voedselweb? Ergens zou voedsellimitatie en draagkrachtproblematiek moeten beginnen in de Waddenzee en Kustzone. Er komt waarschijnlijk een grote diepe geul (dieper dan -10 m onder maaiveld) vanaf 2 km offshore van de doorgetrokken -20 m dieptelijn. Wat gaat er ontstaan in deze geul aan bodemdieren, is dat vergelijkbaar met bv een typische -20 meter-gemeenschap of wordt het vergelijkbaar met gemeenschappen die dieper voorkomen? De schaal van de ingreep is dermate dat verhoudingen water : bodem veranderen. Wat betekent dit voor de stofstromen richting de kust (kustdwarstransporten van algen, detritus, gekoppelde nutriënten en slib)? En wat is beter, grotere oppervlaktes -2 m onder maaiveld verdiepen of kleinere oppervlaktes -10 of zelfs -20 verdiepen? Deels zijn deze vragen ook gesteld in de secties over H1110b, H1110a en H1140a. De onderzoeken uit deze secties leveren dan ook bouwstenen voor de antwoorden.

4.3 Strategie van verdieping en winning locaties

Wat is de optimale winningstrategie? Er ligt momenteel een duidelijke voorkeur voor diepe winning (MinV&W, 2009). Maar is dit optimaal? Het huidige scenario kan betekenen dat er kustlangs een diepe geul van -10 a -20 m onder bodemoppervlak op het kuststelsel komt. Wat betekent dit voor het gehele stelsel in stofstromen, opbrengst, groei, gemeenschappen (b.v. wat is de impact van een dergelijke megastructuur op de kustdwars aanvoer van slib, detritus, en nutriënten en daarmee de impact op de kustgemeenschap?).

Een andere variant die zich voordoet is winnen dicht bij de kust. De kosten bij grote hoeveelheden zijn hoog, de te verwachten effecten groot. Dit rechtvaardigt een bezinning op de beleidsuitgangspunten van bijvoorbeeld de doorgetrokken -20m dieptelijns als meest kustwaartse grens voor zandwinning. Kan de grens bv naar de -15m? Kan dat uit morfologisch en ecologisch oogpunt? En de belangrijkste vraag, kan het vanuit N2000 oogpunt. Winnen in N2000-gebieden is in principe mogelijk volgens de VHR maar kan het in Nederland juridisch en ecologisch verantwoord?

Aan de andere kant kan het economisch voordeliger zijn om zandwinning wat verder uit de kust te doen en bijvoorbeeld windmolens dichtbij de kust. De kosten voor elektriciteitskabels zijn vele malen hoger dan die van zandtransport door hoppers.

De varianten aan de uitvoeringskant splitsen zich op naar:

- 1) De economisch meest voordelige variant vanuit het oogpunt van alleen zandwinning.
- 2) De economisch meest voordelige variant vanuit het oogpunt van de afweging van meerdere belangen.
- 3) De ecologisch meest gunstige variant vanuit het oogpunt van alleen zandwinning.
- 4) De ecologisch meest gunstige variant vanuit het oogpunt van de afweging van meerdere belangen.
- 5) Allerlei multifunctionele varianten waarin zowel grootschalige en kleinschalig vorm van de wintkuil. bijdrage tot een aspect in de totale afweging (bv de aangepaste inrichting van de MV2 Zandwin kuil om biodiversiteit te stimuleren).

In de feitelijke uitvoering gaat het dan om een matrix waarbij de Y-as gaat over winddiepte (bv -2, -10, -20, -30). De X-as behelst dan de afstand tot de kust (binnen de doorgetrokken -20 NAP, nabij de doorgetrokken -20 NAP, substantieel verder van de doorgetrokken -20 NAP).

De vraag doet zich dan aan wat multifunctionele varianten kunnen zijn. Op dit moment wordt onderzoek gedaan of het inrichten van de kuil met grote zandruggen kan leiden tot meer biodiversiteit. Je vraagt je af of grootschalige structuren een realistische benadering (zowel hydraulisch, economische als ecologisch) zijn, bv alle winningen verzamelen op één locatie zodat een enorme depressie ontstaat die kan dienen als front.

Om deze lange termijn vragen te kunnen beantwoorden, leveren de vragen omtrent bijvoorbeeld voedselwebrelaties bij beantwoording al ten dele de noodzakelijke kennis (secties over voedselwebrelaties en Habitats). Aanvullend zou voor deze termijn onderzoek gedaan kunnen worden naar de regionale verschillen in de rekolonisatie van bodemdieren na diepe winningen. Nu vindt er onderzoek plaats bij de winpunt van MV2 en ook de Zeeuwse Banken. Een missie is nog de zone nabij de Waddeneilanden. Vanuit de onderzoeksvraag zou het een goede optie zijn om een aantal winningen te bundelen tot een wat grotere en diepere put en dan de rekolonisatie van bodemdieren te volgen en onderzoek te doen naar het voorkomen van vissen en het voedsel dat zij gebruiken.

De kernvragen:

- 1) Wat is de impact van meer slib en minder algen op de groei van benthos en de opbouw van populaties en gemeenschappen? Is er een punt waarop de kustgemeenschap gaat veranderen?
- 2) Wat is de impact van de winningsvorm op het systeem bij grootschalig winnen?
- 3) Definieer en onderzoek multifunctionele (inrichtings)vormen.

Dit zijn dermate grote vragen, dat het verstandig is nu te beginnen met de eerste stappen van dit onderzoek.

De aanpak ligt in eerste instantie in een modelmatige aanpak waarbij eerder gedefinieerd onderzoek dient om de modellen completer te maken.

5. Korte reflectie en conclusies

In dit rapport wordt op korte en bondige wijze een visie gegeven op een mogelijk onderzoeksprogramma zandwinning voor BwN. Het is de bedoeling dat de teksten op Wiki verschijnen. Deze slag van rapport tekst naar internet tekst zal hierna, in discussie met de Wiki redactie, gemaakt worden.

Als eerste wordt een methodologie ontwikkeld om tot een visie te komen. Hierbij is eerst gekeken naar de potentiële effecten vanuit een ecologische waardering. Vervolgens worden die effecten gewogen met een juridisch en beleidsmatig kader waarbij ook de ontwikkelingen van de toekomst worden meegenomen. Het is daarmee vooral een effect gestuurde aanpak. Op zich is dat ook logisch omdat het juridisch kader grenzen stelt waar voldoende kennis voor nodig is om te bepalen of zandwinning wel kan. Daarnaast is te voorzien dat schaalvergroting van zandwinning naar Deltaprogramma-hoeveelheden, implicaties kan hebben op belangrijke ecologische sturende krachten als voedselbeschikbaarheid en stofstromen naar de kustzone en de Waddenzee.

Redenerend vanuit het juridisch kader zijn nu de verbeteropgave voor H1110b, H1110a en H1140a belangrijk. Dat kan op verschillende manieren onderzocht worden. Hier is gekozen voor een opzet voor onderzoek aan proces variabelen en parameters die toepasbaar en implementeerbaar zijn in voorspellingsmodellen. Zo dragen alle onderzoeken bij tot een betere effectvoorspelling en voor de kennisvragen omtrent Deltaprogramma de hoeveelheden. De onderzoeksvragen voor de Deltaprogramma hoeveelheden zandwinning zijn op dat moment alleen maar te doen middels allerlei scenario studies met waterkwaliteits- en ecologische modellen. De aanpak, techniek en kennis van processtudies in veld en laboratorium en door vertalen naar het modellen zijn vervolgens als strategie weer toepasbaar in andere situaties en landen.

Natuurlijk is het ambitieus om waterkwaliteitsmodellering te koppelen aan de hogere trofische lagen. In eerste instantie lijkt het daarom verstandig de hogere trofische lagen meer in een Conceptual Modelling benadering aan te pakken. Hierbij is het idee voor de hogere trofische lagen eigen modellen te ontwikkelen op een zodanige manier dat de inpassing in grotere modellen scherp in het oog gehouden blijft. Bijvoorbeeld de keuze van meetlocaties dient een afweging te zijn tussen de belangen van de procesbeschrijving en de belangen van de modelleerexercitie.

De vraag dient zich aan in hoeverre hier een koppeling met slib onderzoek mogelijk is om bijvoorbeeld meetcampagnes met elkaar te vervlechten. De biologie heeft vragen omtrent slib en slib over de biologie maar ieder op hun eigen manier. Stellen beide vakgebieden dezelfde eisen aan hun meetcampagnes? Toch zou het wel wenselijk zijn de campagnes te vervlechten zodat een synergie bereikt kan worden. Voor groeicurves is de meetvoorkoor iedere twee weken. Dit blijkt in de praktijk niet makkelijk te realiseren. Voor de slibbelasting en beschikbare algen is zelfs een hogere frequentie nodig.

Voor slib onderzoek is het beter om uit de buurt te blijven van loswallen en Tidal inlets omdat de concentraties slib verstoord worden door moeilijk vatbare bronnen van andere aard (Rozemeijer, 2012). Bij vogelonderzoek gaat het toch vaak om locatie-gebonden onderzoek. Dat kan conflicteren met de wensen vanuit een slibcampagne. Een ideale meetcampagne gericht groeigegevens en populatie dynamica van benthos dient kustlangs ruimtelijk gespreid te zijn in een aantal raaien. De afstanden tussen de raaien zijn bij voorkeur zo gekozen dat de raaien verschillend van aard zijn. Hotspots zijn bijvoorbeeld boven de oostelijke Waddeneilanden en in de Voordelta omdat daar vaak hoge biomassa's aan benthos worden aangetroffen. Hierbij is het ook wenselijk slib en algen te meten in de kolom en de bodem. Deze correleren vaak met hoge dichtheden aan vogels. De vogel-, schelpdierbank-, benthos-campagnes en delen van de slibproblematiek zijn daarmee goed verenigbaar. Een alternatief is juist abiotische extremen op te zoeken maar daar speelt dan wel het risico dat ook andere factoren als saliniteit en daarmee osmotische stress een rol gaan spelen in de groei respons.

Concluderend, het resultaat van deze exercitie is een programma dat zich richt op ecologische sturende krachten van gemeenschappen Habitats, het Kustsysteem en verschillende soorten. De aanpak is een combinatie van de bestudering van de processen in het veld en het verwerken van deze data tot Habitatgeschiktheidmodellen en verklarende en voorspellende modellen. Deze combinatie dient toe te werken naar inzichten en modelinstrumentaria om de grote vragen van de schaalvergroting van zandwinning te kunnen beantwoorden.

6. Literatuur

- Berkenbosch, R.J., G.J.M. Meulepas, L. Brouwer, M. van Ledden, F. Heinis, C.T.M. Vertegaal, M. van Zanten, H. de Mars (2007) Milieueffectrapport Aanleg Maasvlakte 2. Hoofdrapport. Havenbedrijf Rotterdam N.V., Royal Haskoning 9R7008.A1/R011/MVZ/IBA/Rott1
- Brinkman, A.G. (2012). Zandwinning in de Nederlandse kustzone 2013-2017 en productie in de westelijke Waddenzee, een modelstudie. IMARES-rapport C087/12.
- De Mesel, I., J. Craeymeersch, T. Schellekens, C. van Zweeden, J. Wijsman, M. Leopold, E. Dijkman, K. Cronin (2011a) Kansenskaarten voor schelpdieren op basis van abiotiek en hun relatie tot het voorkomen van zwarte zee-eenden. IMARES Rapport C042/11.
- De Mesel, I., J. Craeymeersch, T. Schellekens, C. van Zweeden, J. Wijsman, M. Leopold, E. Dijkman, K. Cronin (2011b) BIJLAGEN Kansenskaarten voor schelpdieren op basis van abiotiek en hun relatie tot het voorkomen van zwarte zee-eenden. IMARES Rapport C042/11.
- Ellerbroek, G., M.J.C. Rozemeijer, J.M. de Kok, J. de Ronde (2008) Evaluatieprogramma MER winning suppletiezand Noordzee 2008-2012. RWS Noord-Holland 16 juli 2008.
- Goudswaard P.C., V. Escaravage (2010) Een kwalitatieve en kwantitatieve bemonstering van de Zeeuwse Banken in 2009 op de macrofauna gemeenschappen. IMARES Rapport C120/09.
- Houziaux J.-S., J. Craeymeersch, B. Merckx, F. Kerckhof, V. Van Lancker, W. Courtens, E. Stienen, J. Perdon, P.C. Goudswaard, G. Van Hoey, L. Vigin, K. Hostens, M. Vincx, S. Degraer (2011). 'EnSIS' - Ecosystem Sensitivity to Invasive Species. Final Report. Brussels : Belgian Science Policy 2011 - Research Programme Science for a Sustainable Development. 100 pp.
- ICES WGEXT (2011). Report of the Working Group on the Effects of Extraction of Marine Sediments on the Marine Ecosystem (WGEXT), 11–15 April 2011, Delft, the Netherlands. ICES CM 2011/SSGHIE:10. 89 pp.
- Jak, J., Tamis, J. (2011) Natura 2000-doelen in de Noordzeekustzone Van doelen naar opgaven voor natuurbescherming. WUR IMARES Rapport C050/11.
- Kamermans P & M Dedert (2012). Effect of variations in concentration of algae and silt on filtration and growth of the razor clam (*Ensis directus*, Conrad). IMARES Report C017/12.
- Leopold M.F., R.S.A. van Bemmelen & S.C.V. Geelhoed 2011. Zeevogels op de Noordzee. Achtergronddocument bij Natuurverkenning 2011. Wageningen, Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu, WOt-werkdocument 257.
- 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 mosselzaadinplantinstallaties. 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"
- MinV&W (2009) Beleidsnota Noordzee 2009-2015. Ministerie van Verkeer en Waterstaat.
<http://www.noordzeeloket.nl/>.
- 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

- Phillipart CM, Beukema JJ, Cadée GC, Dekker R, Goedhart PW, Van Iperen JM, Leopold MF & Herman PMJ. (2007). Impacts of nutrient reduction on coastal communities. *Ecosystems*. DOI:10.1007/s10021-006-9006-7
- Piersma T., R. Lindeboom and M. R. Eerden (1988), Foraging rhythm of great crested grebes *Podiceps cristatus* adjusted to diel variations in the vertical distribution of their prey *Osmerus eperlanus* in a shallow eutrophic lake in The Netherlands. *Oecologia* 76, 4: 481-486.
- Rozemeijer M.J.C. (2012) 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.
- RWS-DNZ, RWS-WD, 2010. Zandwinstrategie. IDON 11-69-3a.
- Schellekens, T., 2012. 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., 2012. 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.
- Troost T.A., Wijsman J.W.M., Saraiva S., Freitas V. (2010). Modeling shellfish growth with Dynamic Energy budget (DEB) models: an application for cockles and mussels in the Oosterschelde (SW Netherlands). *Phil. Trans. R. Soc. B* 365, 3567–3577
- 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)
- van Duin, C.F., W. Gotjé, C.J. Jaspers, M. Kreft 2008. MER winning ophoogzand Noordzee 2008 t/m 2017. Grontmij 13/99083239/CD.
- 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 (in prep).
- Wijsman, J.W.M., E.B.M. Brummelhuis and A.C. Smaal (2009) DEB model for cockles (*Cerastoderma edule*) in the Oosterschelde. IMARES Report number C048/09.
- Wijsman J., M. Dedert, T. Schellekens, L. Teal, Y. van Kruchten (2012) Adaptive Monitoring Strategies in dredging; Case Study Mussels – Modeling the effect of dredging on filter-feeding bivalves. IMARES report C123/12.
- Witbaard R., G.C.A. Duineveld & M. Bergman (2012). Progress report on the study into the dynamics and growth of *Ensis directus* in the near coastal zone of Egmond, in relation to environmental conditions in 2011. NIOZ report 2011-project 2735.

7. Kwaliteitsborging

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.

Verantwoording:

Rapport C078/12

Projectnummer: 430.6111.036

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. ir. A.G. Brinkman
Collega onderzoeker

Handtekening:

Datum: 20 december 2012

Akkoord: Drs. J.H.M. Schobben
Afdelingshoofd afd. Vis

Handtekening:

Datum: 20 december 2012

EcoShape is een consortium bestaande uit

