

NWO

Aard- en Levenswetenschappen

Nationaal Onderzoeksprogramma Zee- en Kustonderzoek



Nationaal Onderzoeksprogramma

Zee- en Kustonderzoek

Den Haag, december 2005

Nederlandse Organisatie voor Wetenschappelijk Onderzoek

Uitgave

Nederlandse Organisatie voor Wetenschappelijk Onderzoek
Aard- en Levenswetenschappen
Postbus 93510
2509 AM Den Haag
Telefoon 070 344 06 19
alw@nwo.nl
www.nwo.nl/zeegaandonderzoek

Eindredactie

Drs. R.M.L. Schorno , Drs. D.A. van der Kroef,
Drs. M.J.M. van der Meer
Prof. dr. W.J. Wolff, Rijksuniversiteit Groningen
Prof. dr. W.P.M. de Ruijter, Universiteit Utrecht
Dr. H.J. Lindeboom, Alterra
Drs. L.L.F. Jansen, Rijkswaterstaat
Dr. ir. H. Ridderinkhof, Koninklijk Nederlands Instituut voor
Onderzoek der Zee
Dr. J.B.M. Middelbrug, Nederlands Instituut voor Ecologie
Drs. I.L. Ritsema, Nederlandse Organisatie voor Toegepast
Natuurwetenschappelijk Onderzoek
Dr. G.J.H. Burgers, Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut

Vormgeving

Ir. C.S.R.R. Renard

December 2005

Inhoud

1	Waarom een nationaal onderzoeksprogramma voor zee en kust?	5
2	Maatschappelijke uitdagingen voor duurzaam behoud en gebruik van zee en kust	9
2.1	Veiligheid (kustverdediging, waterbeheer)	11
2.2	Economische opbrengst (visserij, transport, energie, toerisme)	13
2.3	Natuur (VHR, gebied- en soortenbescherming)	14
2.4	Ruimtelijke ordening	16
2.5	Waterkwaliteit (KRW, EMS en volksgezondheid)	16
3	Kust	19
3.1	Waterbeweging, Morfodynamiek en Sedimenttransport	20
3.2	Waterkwaliteit (KRW), met name in Delta, Wadden en kustzone	21
3.3	Draagkracht en opbrengst van Delta, Wadden en kustzone	22
3.4	Biodiversiteit in Delta, Wadden en kustzone en de rol van de VHR	24
4	Noordzee	27
4.1	Duurzame draagkracht mariene ecosysteem en opbrengst visserij	27
4.2	Biodiversiteit van open-zee-ecosystemen in relatie tot mariene parken en ruimtelijke ordening	28
4.3	Kringlopen en stofstromen in relatie tot waterkwaliteit	30
5	Oceaan	33
5.1	Oceaan en klimaat	33
5.2	Integrale studie van biogeochemie en ecosystemen in de oceaan	35
5.3	Biodiversiteit van de oceaan in relatie tot exploitatie	36
6	Poolgebieden	39
6.1	Opbouw en afbraak van gletsjers en ijskappen door klimaatverandering	40
6.2	Veranderingen in de Zuidelijke en Arctische Oceaan door klimaat en menselijk toedoen	42
6.3	Polaire ecosystemen en global change	42
6.4	Invloed van menselijke activiteiten op poolgebieden, en invloed van klimaatverandering op mensen	43

7	Noodzakelijke infrastructuur	45
7.1	Uitvoering en integratie van langdurige veldmetingen in kust, zee en oceaan	47
7.2	Moleculair biologische laboratoriumfaciliteit	49
7.3	Oceaan – klimaatmodellen	49
7.4	Ecosysteem modellen voor kust en zee	51
7.5	Datasytemen	52
8	Maatschappelijke vernieuwing	55
8.1	Bundeling en coördinatie van de kennisinfrastructuur voor zee- en kustonderzoek	55
8.2	Kennisuitwisseling tussen beleid, wetenschap en maatschappij	57
8.3	Vraagarticulatie en vertaling van onderzoek via Integrated Assessment	60
	Appendix A Lijst met acroniemen	63

1 **Waarom een nationaal onderzoeksprogramma voor zee en kust?**

De zee heeft Nederland gemaakt tot wat het nu is. De zee heeft het Nederlandse landschap vormgegeven, heeft eeuwenlang de basis gevormd van onze welvaart en heeft onze cultuur bepaald. Daarbij is de relatie met de kustwateren en de Noordzee altijd het nauwst geweest, maar de Nederlandse relatie met de zee heeft zich van oudsher ook uitgestrekt tot de oceanen en de poolgebieden. Hugo de Groot hield zich als jurist 400 jaar geleden al bezig met vragen over het gebruik van de zee. Inmiddels zijn er in Nederland honderden onderzoekers uit zeer uiteenlopende disciplines nog steeds doende vragen over het gebruik van de zee te beantwoorden en de daarvoor benodigde fundamentele kennis te verzamelen.

In de afgelopen periode is steeds duidelijker de noodzaak tot verdere afstemming en betere samenwerking naar voren gekomen op het terrein van het zee- en kustonderzoek. Diverse nationale rapporten, waaronder het advies van de commissie Hermans over de positie van het Koninklijk NIOZ, het advies van de Raad voor Milieu en Natuur Onderzoek (RMNO) getiteld 'de Zee kent geen grenzen' en het advies van de commissie Meijer over het beheer van de Waddenzee, wijzen op een te grote versnippering in dit veld maar tevens op de noodzaak afstemming en aansturing in het mariene onderzoeksveld te verbeteren. Tegelijk wordt uit de beschikbare rapporten duidelijk dat er inhoudelijk sprake is van een kwalitatief sterk en maatschappelijk -voor Nederland- zeer relevant onderzoeksveld.

Op het gebied van zee- en kustonderzoek zijn er zeven onderzoeksinstituten, variërend in missie van fundamenteel tot toegepast (NIOZ, NIOO-KNAW, KNMI, Alterra, RIVO-DLO, TNO, WL), met een totale jaarlijkse inzet van 1100 mensjaar. Universitair onderzoek en onderwijs vindt plaats bij RUG, RU, TUD, TUE, UvA, UU, UL, UM, VU en WUR, met een totale geschatte inzet van 190 mensjaar. Daarnaast heeft het RIKZ/Adviesdienst Water van Rijkswaterstaat de taak de onderzoeksvragen van het Ministerie van Verkeer en Waterstaat (V&W) te formuleren en kennis(activiteiten) in te

kopen. Bundeling van krachten van deze instellingen zal versterking over de gehele breedte opleveren, een betere afstemming op departementale aandachtsterreinen en verhoging van de doelmatigheid. Een systeemverbetering van de Nederlandse publieke kennisinfrastructuur met meer regie van kust- en zeeonderzoek is vanuit nationaal belang noodzakelijk, maar ook noodzakelijk voor een goede positie van Nederland in de kennisinfrastructuur op regionaal Europese schaal. Nederland heeft de ambitie en potentie om wetenschappelijk tot de Europese top te (blijven) behoren. Het zee- en kustonderzoek is in sterke mate geïnternationaliseerd. Dat is van nature zo in verband met het 'grenzeloze' karakter van zeeën, poolgebieden en oceanen, het gegeven dat mariene organismen maar ook verontreinigingen geen grenzen kennen, en dat wordt versterkt door ontwikkelingen als gezamenlijke monitoring systemen voor kusten, zeeën, poolgebieden en oceanen en het delen van faciliteiten, ook op Europees niveau.

Op 15 februari 2005 werd door NWO een *high-level* bijeenkomst georganiseerd om het draagvlak voor een initiatief ter versterking van het zee- en kustonderzoek bij de betrokken partijen (op niveau van Directeur-Generaal bij departementen, College van Bestuur bij universiteiten en directeuren van onderzoekinstellingen) te verkennen. Tijdens deze bijeenkomst in Scheveningen is onder andere geconcludeerd dat het beschikbaar stellen van extra middelen met een heldere nationale regievoering zal leiden tot de voor dit veld zo noodzakelijke synergie. Fundamenteel, strategisch en toegepast onderzoek kunnen door het verbeteren van directe verbindingen, beter bij elkaar gebracht worden. De universiteiten hebben aangegeven om op termijn -naast het *graduate* onderzoek- ook via het onderwijs, door middel van een speciale *masters* opleiding voor jong talent, bij te willen dragen aan deze ontwikkeling. Onderzoekinstellingen zoals Koninklijk NIOZ en NIOO-KNAW zijn bereid dergelijk nationaal/gecoördineerd onderwijs, waar mogelijk, personeel en materieel (bijvoorbeeld zeegaande activiteiten) te faciliteren.

Door NWO is deze uitdaging opgepakt voor de realisatie van een 'nationaal wetenschaps- en ontwikkelingsplan voor het zee- en kustonderzoek, inclusief de poolgebieden'. Het bevorderen

en stimuleren van deze ontwikkeling sluit zeer goed aan bij de nieuwe strategiebepaling van NWO, waarin wordt ingezet op het aanbrengen van focus en massa, middels nationale onderzoek initiatieven.

Dit nationaal onderzoeksprogramma heeft als samenhangende maatschappelijke probleemstelling: 'Duurzaam behoud en gebruik van Zee en Kust'. Deze probleemstelling is uitgesplitst in een vijftal maatschappelijke uitdagingen; veiligheid, economische opbrengst, natuur, ruimtelijke ordening en waterkwaliteit. Deze uitdagingen vragen om wetenschappelijke analyse en zijn het meest urgent in de Noordzee en de Nederlandse kustzone, met als actuele onderwerpen ecosysteembenadering visserij, aquacultuur, toerisme, scheepvaart, windmolenparken, olie-, gas- en zandwinning, verzilting, kustverdediging, tweede Maasvlakte, zeereservaten en toepassing van de Vogel- en Habitatrichtlijnen (VHR) en Kaderrichtlijn Water (KRW). Maar ook in de gebieden die bij geen enkel land horen, de zogenaamde '*Global Commons*', de oceanen en poolgebieden, spelen vele van deze problemen.

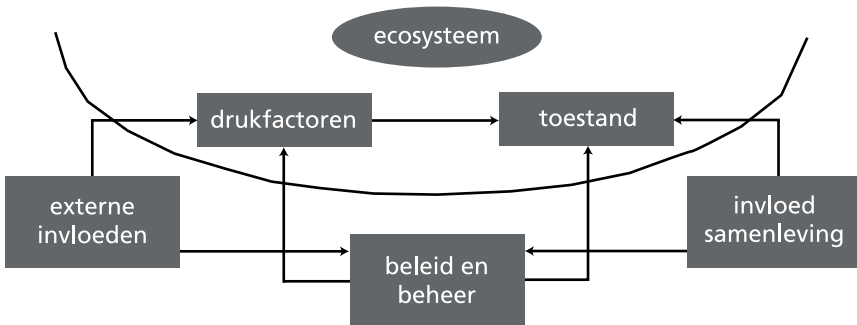
De aandacht voor deze maatschappelijke opgaven wordt versterkt door klimaatveranderingen (temperatuur, wind, neerslag, verdamping, zeespiegel, UV-B straling, verzuring van zeewater) en kwaliteitsveranderingen (chemische verontreiniging en biologische samenstelling, invasieve organismen) ten gevolge van menselijk handelen. Voor het mondiale klimaat spelen de oceanen en poolgebieden een cruciale rol. De jaarlijkse waterverversing van de Noordzee, komt bijvoorbeeld voor 98% via de Atlantische Oceaan en voor slechts 2% via zoetwater uit rivieren. Een goed begrip van systeemverandering en variabiliteit in de Noordzee vergt derhalve fundamentele kennis van de invloed vanuit de open oceaan. Daarbij kunnen veranderingen in de Noordzee weer hun weerslag hebben richting de kust, wadden en estuaria. Het is daarbij voor het beleid wenselijk een onderscheid te kunnen maken tussen natuurlijke variaties en variaties veroorzaakt, of versterkt, door menselijk ingrijpen. Voor een gedegen beleid is het derhalve nodig breder te kijken dan enkel het systeem van de 'eigen' Noordzee.

In de nadere uitwerking van de verschillende uitdagingen tot concrete onderzoeksvragen, is een geografische opsplitsing gehanteerd naar Nederlandse kustzone, Noordzee, oceanen en poolgebieden. De voor het onderzoek noodzakelijke vernieuwing van de infrastructuur wordt apart toegelicht. Tenslotte is er een apart hoofdstuk over de te realiseren versterking van de kennisinfrastructuur, waarin de kennisuitwisseling tussen het onderzoek en beleid, de vertaalslag van het onderzoek naar de maatschappelijke vragen en (inter)nationale bundeling en coördinatie worden uitgewerkt.

Het doel van dit nationale onderzoeksprogramma is een structuur te schetsen waarin het totale Nederlandse zee- en kustonderzoek een plaats vindt, en aan te geven hoe door de betrokken instellingen middels gebundelde programma's gezamenlijk kan worden bijgedragen aan het beantwoorden van een groot aantal, vooral maatschappelijk georiënteerde, onderzoeksvragen. Als *spinoff* van een degelijke bundeling van kennis kunnen er nieuwe multi/interdisciplinaire thema's worden geformuleerd rondom actuele maatschappelijk relevante opgaven.

2 Maatschappelijke uitdagingen voor duurzaam behoud en gebruik van zee en kust

Maatschappelijke thema's, en de beleidsontwikkeling daarvoor, leveren de uitgangspunten voor de vraagsturing van op toepassing gericht onderzoek. Een raamwerk waarmee deze vraagsturing kan worden geconcretiseerd is de *Drivers-Pressure-State-Impact-Response (DPSIR)*-cyclus.



DPSIR beschrijft:

- de causale keten van externe invloeden (gebruik en autonome ontwikkeling) via stress factoren en toestandsveranderingen in/van het ecosysteem naar de invloeden op de samenleving, oftewel de maatschappelijke betekenis van die toestandsveranderingen,
- de terugkoppelingen tussen deze causale keten en de respons van (sturing door) beleid en beheer.

Een eerste ingang die DPSIR oplevert is die van **effecten(keten) onderzoek**, opgehangen aan de D van maatschappelijke *drivers*. Een hoofdonderscheid van *drivers* en bijbehorende stress, en daarmee een rubricering van effecten-onderzoek, is:

- 1 klimaatverandering, zeespiegel, temperatuur, hydrologie, circulatie;
- 2 maatschappelijke activiteiten en resulterende stofstromen, eutrofiëring, toxicanten, enz.;

- 3 ruimtegebruik, occupatie, druk op arealen en kwaliteit/stress van habitats, invasieve organismen;
- 4 winning van materialen, (oppervlakte)delfstoffen, olie en gas;
- 5 visserij, aquacultuur.

Natuurlijk is er overlap en samenhang tussen de verschillende effectenketens, niet in de laatste plaats omdat verschillende invloeden en drukfactoren gelijktijdig op het ecosysteem en haar onderdelen inwerken.

Een tweede ingang is die van **stelselonderzoek**, opgehangen aan de *S* van *state(dynamics)*. De primaire motivatie voor een ecosysteembenadering in het onderzoek is de vaststelling dat ecosystemen niet zomaar voorspelbaar en proportioneel reageren op externe verstoringen. In dat geval zou effectenonderzoek aan afzonderlijke effectenketens volstaan. Ecosystemen doen echter, net als maatschappelijke systemen, ook aan zelf-regulatie. Interne causaliteit (dempende en versterkende terugkoppelingen, en auto-katalyse) leidt enerzijds tot een zekere robuustheid voor druk van buitenaf; anderzijds tot spontaan coherent gedrag en daardoor onvoorspelbare variatie zonder externe aanleiding. Wanneer de stress van buitenaf te groot wordt, een drempel overschrijdt, kan een plotselinge, eveneens onvoorspelbare en snelle verandering naar een irreversibele set van nieuwe toestanden optreden. Dit portret van een ecosysteem als *Self-Organizing Holarchic Open (SOHO) system* betekent dat (deel)ecosystemen geen losstaande, statische entiteiten zijn die als postzegels kunnen worden verzameld, gerubriceerd en gewaardeerd, maar:

- dynamisch zijn: deels causaal voorspelbaar, maar ook robuust, spontaan variabel en, soms, katastrofaal gedrag vertonen;
- alleen in een context, dus in hiërarchisch onderling verband, betekenis hebben, zowel binnen het ecosysteem (bijvoorbeeld stroming en transport, als context voor concentraties, en nutriënten als context voor algenproductie) als tussen ecosysteem en beleid/beheer/gebruik.

Onderzoeksresultaten van een ecosysteembenadering bestaan hierdoor uit onderling samenhangende verhaallijnen ('*narratives*') die niet alleen deterministisch en kwantitatief causaal beschrijven maar ook de verrassende flexibiliteit van het

ecosysteem. Deze flexibiliteit is bepalend voor de draagkracht, oftewel gebruiksruimte, voor functies. Ecosysteembenadering en draagkracht(onderzoek) zijn daarom centrale begrippen in dit programma.

De derde (en laatste) ingang is die van de (externe) **Respons** van (sturing door) beleid en beheer. Hier is de indeling in de vijf navolgende maatschappelijke uitdagingen relevant. Die indeling geeft immers de beleidscontext weer en daarmee de motivatie, urgentie en legitimatie van de sturing door beleid en beheer. Hier is de (onderzoeks)vraag: welke sturing, en welke andere handelingsperspectieven, zijn effectief voor de betreffende beleidsdoelen, gegeven de relevante effecten (ingang 1) en het systeemgedrag (ingang 2). Deze derde ingang motiveert tot '**ontwerpend onderzoek**'. Dit type onderzoek is een nieuwe uitdaging in dit nationaal onderzoeksprogramma: ontwerp natuurontwikkeling (zelfbeherende gebieden, dus geen/weinig beheerinspanning), ontwerp gebruiksfuncties, functiecombinaties en meervoudig ruimtegebruik (benutting) en vooral ontwerp nieuwe anticiperende sturingsconcepten (naast bescherming en mitigatie) die optimaal aansluiten op (gebruikmaken van) de zelforganiserende eigenschappen van de ecosystemen. Hierin past onder andere het idee van adaptief management in relatie tot draagkracht en visserij (hoofdstuk 4.1). Dit ontwerpend onderzoek, potentieel het meest innovatieve deel van het programma geeft een paradigma *shift*: het herkent adaptief gedrag van en in ecosystemen en ontwerpt adaptieve maatschappelijke reacties die daar op inspelen. In dit nationaal onderzoeksprogramma worden de volgende vijf maatschappelijke uitdagingen geadresseerd.

2.1 Veiligheid (kustverdediging, waterbeheer)

Het kustbeleid en -beheer staan de komende jaren voor grote uitdagingen. Vanuit zee staat de kust onder druk door erosie, zeespiegelstijging en een verwachte toename in stormfrequentie. Op basis van nieuwe inzichten in de golfbelasting op de kust is gebleken dat de waterkeringen nu al, los van klimatologische veranderingen, zwaarder worden belast dan werd gedacht.

Tegelijkertijd zet op het land de ruimtebehoefte voor ontwikkeling van bebouwing voor recreatie- en havenvoorzieningen de kustzone steeds meer onder druk. De ruimteclaim vanuit andere functies beperkt nu al de (landwaartse) ruimte voor het versterken van de waterkeringen, waar dat nodig is om de bescherming van het achterland tegen overstroming te kunnen waarborgen. Voor het effectief uitvoeren van deze kerntaak van het Ministerie van V&W, moet daarom steeds meer rekening worden gehouden met de andere functies en belangen die een plaats hebben in de kustzone.

De vraagstukken in de kustzone (ruimtedruk, zeespiegelstijging) zijn sector- en regio-overschrijdend en spelen op verschillende, soms lange tijdschalen. De ontwikkelingen zijn niet los te zien van ruimtelijke en socio-economische ontwikkelingen in het achterland. Wensen op het gebied van waterkeren, waterbeheer, economie, vervoer, natuur, recreatie en woningbouw vragen om een samenhangende, integrale benadering.



2.2 Economische opbrengst (visserij, transport, energie, toerisme)

De mariene omgeving is een belangrijke motor voor de Nederlandse economie. De winning van olie en gas in de Noordzee en Waddenzee, het functioneren als belangrijke transportroutes, visserij en strandrecreatie, zijn (deels van oudsher) belangrijke activiteiten. Daar komen nu een snel groeiende aquacultuur (incl. zilte landbouw) en een zich uitbreidende zandwinning en energiewinning uit wind bij (en in de toekomst mogelijk de winning en ontziltling van zout/brak water of ondergrondse CO₂ opslag), terwijl toenemende open-waterrecreatie en kustuitbreidingen, havengebieden, of kunstmatige eilanden verdere druk op de beschikbare ruimte gaan leggen. Soms gaan deze functies samen, soms niet. Er is dringend behoefte aan het verder verkennen en uitwerken van multifunctioneel ruimtegebruik, het op verantwoorde wijze inschatten van de (cumulatieve) effecten van de verschillende gebruiksfuncties op korte maar ook op langere termijn (klimaat). Optimalisatie van een duurzame economische opbrengst die in evenwicht is met de primaire gebiedsfuncties en draagkracht van het mariene systeem is daarbij een belangrijke leidraad. Hierbij ligt er een grote uitdaging voor het Gemeenschappelijke Visserij Beleid van de Europese Unie (EU), waarbij visserij in een ecosysteem benadering, of middels nieuwe concepten zoals '*Ocean Farming*', moet worden ingepast.

Voor de Waddenzee, Delta en Mariene Beschermde Gebieden in de Noordzee geldt dat (economische) gebruiksfuncties slechts zijn toegestaan als ze de ecologische waarden niet significant beïnvloeden. In het overige gebied is meer ruimte voor gebruik, mits dit geen indirect effect naar te beschermen gebieden heeft. Wetenschap en beleid hebben de taak de mogelijke grenzen voor dit economische gebruik aan te geven en door middel van lange-termijn fysische, chemische en ecologische observaties, en daaraan gekoppeld oorzaak-effect onderzoek, dit duurzame gebruik in een veranderend en variabel marien ecosysteem te optimaliseren. Dit geldt ook voor andere plaatsen in de wereld waar Nederlandse vissers en waterbeheerders actief zijn.

Uiterlijk 2015 dienen afspraken te zijn gemaakt voor duurzaam beheer van natuurlijke hulpbronnen in gebieden die niet aan afzonderlijke landen zijn toebedeeld: de *'Global Commons'* Antarctica en de Oceanen. Alle landen die het verdrag van de Verenigde Naties (VN) met betrekking tot de *'Law of the Sea'* hebben ondertekend, hebben hier een verantwoordelijkheid. Nederland ratificeerde het verdrag op 28 juni 1996. Nederland gaat uit van eerlijke verdelingsmechanismen die toegang tot aanwezige hulpbronnen, met name voor de visserij en de winning van mineralen en fossiele brandstoffen, garanderen. Rond de Noordpool neemt de olie- en gaswinning, ook voor en door Nederland, snel toe. Verdere verbetering en naleving van internationale afspraken is noodzakelijk. Beide polen bieden een kans tot versterken van het innovatievermogen van de Nederlandse economie en de daarvoor benodigde kennisbasis.

2.3 Natuur (VHR, gebied- en soortenbescherming)

De door de EU gegeven Vogel- en Habitatrichtlijnen (VHR), een drietal internationale overeenkomsten (*Seal Agreement*, *ASCOBANS*, *African Eurasian Waterbird Agreement*) onder het Verdrag ter Bescherming van Trekkende Diersoorten (Bonn Conventie), en de komende Europese Mariene Strategie (EMS), vragen om een betere bescherming van de mariene natuur, zowel bij ons als in de oceanen en Antarctica. Voor de Waddenzee en Delta zijn de VHR gebieden al aangemeld, maar liggen er nog vragen over bijvoorbeeld, in hoeverre schelpdiervisserij en –kweek en andere gebruiksfuncties inpasbaar zijn. Voor de Noordzee heeft Nederland de verplichting om zogenaamde *Marine Protected Areas* (MPAs: 'Speciale Beschermings Zones') aan te wijzen. Het proces hiertoe is in gang gezet, maar er liggen nog vele vragen ten aanzien van het effect van MPAs op gebruiksfuncties, optimalisatie van de omvang van MPAs noodzakelijk voor natuurbescherming en mogelijk multifunctioneel gebruik van MPAs.

In de VHR en de *Agreements* onder de Bonn Conventie zijn lijsten van zowel te beschermen habitats als soorten opgenomen. Voor

de open zee zijn de EU-lijsten (nog) niet geschikt en is aanpassing noodzakelijk. Voor alle gebieden geldt dat onvoldoende bekend is wat de veranderingen en variaties in het voorkomen van deze habitats en soorten bepaalt, en hoe hiermee bij het vaststellen en implementeren van instandhoudingdoelstellingen rekening moet worden gehouden. Naast menselijk gebruik lijken vooral de verandering van het klimaat, met name temperatuur, wind en verzuring van de zee, sturende parameters, waarnaar verder onderzoek nodig is. Vanuit het gebruik en beheer van de Noordzee zal specifiek moeten worden ingezet op het binnen het visserijbeleid vormgeven van de ecosysteembenadering, de ontwikkeling binnen het Verdrag van Oslo-Parijs (OSPAR) van *Ecological Quality Objectives* (EcoQOs) als uitwerking van de ecosysteembenadering, de EMS en de Maritieme Strategie (Groenboek), met eveneens de ecosysteembenadering en ecologische doelen om de grenzen van het menselijke gebruik aan te geven.

Het bovenstaande leidt tot een kennisbehoefte over indicatoren die een relatie leggen tussen menselijk gebruik en (aansprekende dan wel cruciale) elementen van het ecosysteem, plus limieten en doelen. Alles met oog voor de internationale beleidsontwikkelingen en de kosten van monitoring.

Het Nederlandse natuurbeleid reikt echter verder dan de Nederlandse kust en de Noordzee. Binnen het Koninkrijk is er een speciale verantwoordelijkheid inzake de Antillen. De Nederlandse regering stimuleert daarnaast ook bewust vele lokale natuurbeschermingsinitiatieven in ontwikkelingslanden, waar bijvoorbeeld kustbeveiligingsprojecten worden uitgevoerd. Hierbij verdient het voorkomen van eventuele negatieve effecten bijzondere aandacht.

Bij de invulling en duurzaam beheer van de mondiale Ecologische Hoofdstructuur, waarvan de '*Global commons*' oceanen en Antarctica een belangrijk onderdeel zijn, zijn grote problemen, zoals overbevissing, overexploitatie, soortenbescherming en vervuiling, niet opgelost. Deze onderwerpen staan het komende decennium hoog op de internationale beleidsagenda.

2.4 Ruimtelijke ordening

De ruimtelijke druk op de kustwateren en de Noordzee neemt de komende decennia toe. Omdat het veelal zeegebonden activiteiten betreft (olie-, gas-, zand- en grindwinning, windenergie, visserij, scheepvaart), waarvan het economisch nut is bewezen, vraagt het van de (internationale) overheid ruimtelijke sturing en prioritering om intrinsieke waarden van de kustwateren en Noordzee (natuur, ruimte, vrije horizon) te beschermen en eventueel nieuwe kansen, zoals voor ondergrondse CO₂ opslag, te benutten. De ecosysteembenadering biedt hiervoor de kaders en zal de komende jaren wettelijk verankerd worden in de 'Europese Mariene Kaderrichtlijn'. Daarbinnen zijn ruimtelijke differentiatie en cumulatieve effecten van zeegebonden activiteiten een nieuw en complex werkveld, zowel technisch-inhoudelijk als bestuurlijk-procesmatig. Het beheren van de zee en zeebodem vergt een betere, transparante, op kansen en risico's gebaseerde, aanpak, vergelijkbaar met EU Welcome.

2.5 Waterkwaliteit (KRW, EMS en volksgezondheid)

Waterkwaliteit is een belangrijk onderwerp in (inter)nationaal verband. Er is grote vooruitgang geboekt bij het terugdringen van vele soorten verontreinigingen, maar de nieuwe Europese Kaderrichtlijn Water (KRW) drukt ons met de neus op het feit dat er toch nog veel moet gebeuren. Via de grote rivieren en de atmosfeer vindt nog steeds aanvoer van verontreinigingen plaats, waaronder talloze nieuwe stoffen waarvan we de effecten en gezondheidsrisico's niet kennen. Ook de effecten van het vrijkomen van eerder in sediment opgeslagen verontreinigingen zijn lastig voorspelbaar. Ook begrijpen we nog steeds niet goed wat het bloeien van toxische algen veroorzaakt, en wat de gevolgen zijn van hieraan gerelateerde biotoxinen voor mens en dier. We blijken ook nog nauwelijks in staat, de effecten van toenemende en afnemende eutrofiering, op de hogere trofische niveaus van het ecosysteem, te voorspellen.

Nederland heeft afspraken in het kader van de EU en het OSPAR verdrag. Bij de EU gaat het enerzijds om doelstellingen voor de waterkwaliteit in kust en zee, die voortvloeien uit de KRW, de VHR, de EMS (met focus op bescherming van het mariene milieu) en een EU Groenboek voor maritiem beleid (met focus op duurzaam gebruik). Anderzijds zijn maatregelen nodig aan de emissiekant als gevolg van KRW en uiteindelijk via een nieuwe EU-stoffenregelgeving *Registration, Evaluation and Authorisation of Chemicals* (REACH). Ook in OSPAR kader worden afspraken gemaakt over normering op het gebied van stoffen.

Om te voldoen aan (inter)nationale regelgeving is kennis omtrent ingreep-effect relaties noodzakelijk. Dat geldt niet alleen voor verontreinigingen. Regelmatig moeten we constateren dat we het effect van grootschalige ingrepen als vaargeulverdieping, stort van havenslib, en kunstmatige objecten op de waterkwaliteit van ons kust- en zeesysteem niet goed kunnen voorspellen, omdat integrale kennis van – en inzicht in – processen, functies en gedrag van zee- en (dynamische) kustecosystemen ontbreekt. Grote onbekenden zijn in dit perspectief de interactie van het lichtklimaat met essentiële voedingsstoffen en sporelementen voor regulering van de primaire productie (groei van algen), die de algemene basis is van de gehele voedselketen, en de doorwerking daarvan naar de hogere niveaus. Een verstoring aan de basis van de voedselketen werkt door in de relatie tussen organismen en sedimentdynamiek en de korte- en lange-termijnontwikkelingen van de biodiversiteit van deze systemen, inclusief de introductie van invasieve soorten (via ballastwater of aquacultuur).

3 Kust

Kustgebieden vertonen een natuurlijke morfologische ontwikkeling en reageren op veranderende omgevingscondities en menselijk ingrijpen. Toenemende verstedelijking enerzijds en bestrijding van erosie van de kust anderzijds hebben geleid tot het steeds meer ingeklemd raken van de kust ('*coastal squeeze*'). Daarnaast krijgen kust en zee steeds meer nieuwe functies. De effecten van die nieuwe typen van gebruik moeten worden onderzocht, evenals de draagkracht van het systeem voor die functies. Binnen het kustonderdeel van het nationale onderzoekprogramma worden vier maatschappelijke opgaven geadresseerd.

Morfodynamiek van de kust betreft de dynamische ontwikkeling van de vorm en aard van de kust. Dit is maatschappelijk zeer relevant en direct gerelateerd aan Veiligheid, Ruimtelijke ordening en Natuur.

Waterkwaliteit is bij de kust vooral gekoppeld aan stofstromen (slib, nutriënten) met hun indirecte effecten (oa. lichtklimaat en microbiologische activiteit), die een belangrijke drijver voor het ecosysteem zijn. De beleidscontext is de KRW van de EU welke straks zal vragen om maatregelen voor herstel van chemische en ecologische toestanden.

Draagkracht ecosysteem is gerelateerd aan Economische opbrengst en Natuur en neemt het ecosysteem als uitgangspunt. Het is het ecosysteem dat ons diensten levert (*ecosystem services*) en dat ook steeds vaker uitgangspunt is voor beleid, bijvoorbeeld in de ecosystembenadering in de *International Council for the Exploration of the Sea* (ICES) en OSPAR/EMS.

Biodiversiteit van kust en de kustwateren (schorren en slikken, kwelders en wadden) richt zich op levensgemeenschappen en soorten, die specifiek zijn voor onze kustgebieden en zeldzaam in Europa. Dit geldt vooral voor wad- en watervogels. Hoewel beschermingsmaatregelen van kracht zijn, zijn er nog grote vragen wat betreft herstel en beheer van de Natuur.

3.1 Waterbeweging, Morfodynamiek en Sedimenttransport

Het fysisch kustonderzoek zal zich richten op het vergroten van het fundamenteel inzicht in de aan wind en getij gekoppelde waterbeweging, het sedimenttransport en de morfodynamiek van de ondiepe kustzone, met inbegrip van waddengebieden, estuaria, delta's en het continentale plat. Dit inzicht is momenteel nog zeer beperkt, hetgeen zich oa. uit in de geringe voorspelkracht van de huidige generatie wiskundige modellen voor morfologische veranderingen. De morfodynamiek beïnvloedt 'habitatontwikkeling', zoals bedoeld in de KRW. Ook voor een beter begrip van het functioneren van het ecosystemen, bijvoorbeeld via de verspreiding van slib en daaraan gerelateerde lichtklimaat, zijn deze processen van cruciaal belang. Dit impliceert:

- de noodzaak tot het inwinnen en analyseren van lange-termijn (> jaren – decades) datareeksen met een hoge temporele resolutie (dagen – jaren) van de morfologie, met inbegrip van de sturende factoren (hydrodynamica, sediment transport);
- het op incidentele basis uitvoeren van gedetailleerde procesmetingen, zowel in het veld als in geavanceerde laboratoriumfaciliteiten, met nadruk op sedimenttransportprocessen, drie-dimensionale hydrodynamische verschijnselen rondom kustsuppletie en duinafslag, alsmede tijdens superstormen en rondom infrastructuren op zee;
- koppeling van numerieke zeewater- en zeebodemsimulatiemodellen op terrein van morfologie, bodemdaling, sedimenttransport, waterbeweging en meteorologie;
- koppeling van bovenstaande fysische modellen met procesgeoriënteerde ecologische modellen en later ook met structuurgeoriënteerde biologische modellen;
- integratie van deze data in numerieke simulatiemodellen middels data-assimilatie;
- het toepassen en verbeteren van gedetailleerde procesmodellen, gedragsmodellen en geïdealiseerde analytische modellen ter vergroting van ons inzicht in elementaire kustprocessen;
- verbeterde risicoschattingen met betrekking tot de veiligheid van de kust en mogelijke ingrepen aan de kust.

Deze activiteiten leiden niet alleen tot inzicht in het functioneren van het systeem, maar leveren ook kennis en gereedschappen die

nodig zijn om van tevoren de effectiviteit te kunnen schatten van maatregelen om ongewenste ontwikkelingen tegen te gaan of te beperken. Het ontwikkelen van dergelijke maatregelen is een belangrijke uitdaging, ook wetenschappelijk, en past in de algemene maatschappelijke probleemstelling van het nationale onderzoeksprogramma: duurzaam behoud en gebruik van zee en kust.

3.2 Waterkwaliteit (KRW), met name in Delta, Wadden en kustzone

De implementatie van de KRW heeft het voor Nederlandse beleidsmakers duidelijk gemaakt dat er nog veel onderzoek moet plaatsvinden om tot integraal waterkwaliteitsbeheer te kunnen komen. Het inzicht in de verschillende stofstromen en hun (micro)biologische en ecologische effecten dient te worden vergroot. Dit deel van het nationaal onderzoeksprogramma richt zich op de kustzone, vanaf de riviermonden tot ongeveer 20 mijl uit de kust. In deze zone is de grootste dynamiek aanwezig en vinden de meeste interacties plaats.

Daartoe moet onderzoek plaatsvinden aan de volgende onderwerpen:

- integrale stoffenkringlopen (atmosfeer, bodem, oppervlaktewater, kustwater) en uitwerking ervan op de kustzone, met accent op
 - uitwisselingen tussen waterbodem, -kolom en atmosfeer (o.a. emissie methaan en CO₂);
 - uitwisselingen tussen zoete en zoute watersystemen;
 - ecotoxicologische effecten van milieuvreemde stoffen.
- interacties tussen fysisch-chemisch-biologisch systeem, functies en gedrag van kustecosystemen, inclusief de zandige kustzone en overgangswateren (zoet/zout), met kwantificering van:
 - oorzaak-gevolg relaties van verstoringen, algemeen;
 - effect van ingrepen (verdieping, stort, drempel) op bodemleven en lichtklimaat;
 - biobeschikbaarheid, biotransformatie, microbiologische activiteit, opname en bioaccumulatie van biotoxines geproduceerd door organismen en de effecten op de voedselketen;

- technieken en methoden (indicatoren, wegingskaders, criteria en trendanalyse) om geïntegreerde monitoring en assessments uit te voeren voor on line bepaling van de kwaliteit van het chemische en biologische systeem.

3.3 Draagkracht en opbrengst Delta, Wadden en kustzone

Draagkracht, de hoeveelheid biomassa die het ecosysteem kan onderhouden, is een kernbegrip in een flexibel en duurzaam gebruik van ecosystemen. Vragen over draagkracht spitsen zich toe op de toepassing van Europese richtlijnen (KRW en VHR), beheer van (schelpdier)visserij en bestrijding van eutrofiëring. Echter, onze kennis van de onderliggende processen is nog beperkt, met als gevolg dat er veel discussie is over de effecten en duurzaamheid van menselijke ingrepen als visserij, aquacultuur, baggeren, etc. Belangrijk wordt hierbij het begrip ecosysteembenadering, maar dat moet nog worden geoperationaliseerd. Hiervoor moet nog een onderzoeksstrategie worden ontwikkeld en een groot aantal vragen beantwoord.

Draagkracht wordt op de eerste plaats bepaald door de primaire productie van algen maar veranderingen in nutriëntenbeschikbaarheid leiden niet alleen tot een toename/afname van primaire productie, maar ook tot veranderingen van de soortensamenstelling (biodiversiteit). Dit kan zowel binnen het fytoplankton plaatsvinden (verschuivingen tussen kiezelwieren, plaagalgen en toxische soorten) als tussen groepen van primaire producenten (zeegrassen, fytoplankton, bentische microalgen). Deze verschuivingen hebben direct gevolg voor de voedselbeschikbaarheid voor het hogere trofische niveaus: zoöplankton en voor de bodemdieren, de vissen en de vogels.

De draagkracht van ecosystemen hangt ook samen met het al dan niet voorkomen van bepaalde habitats. Ingrepen in de morfologie van kustsystemen voor scheepvaart of veiligheid kunnen resulteren in een verschuiving tussen arealen (bv. hoogdynamische versus laagdynamische platen). Deze verschuivingen zijn complex, omdat

biologische processen zelf ook de dynamiek van het sediment kunnen veranderen (bv. door sedimentstabiliteit te beïnvloeden, door filteractiviteiten etc.). Tevens kunnen dit soort ingrepen een effect hebben op de sedimentdynamiek en -balans en het doorzicht (en dus lichtregime) van het water. Bovendien bepalen habitatveranderingen (bv. intergetijde/getijde verschuivingen; pelagische versus benthische secundaire productie) in sterke mate of secundaire productie voor vogels of vissen beschikbaar komt.

In de context van draagkracht en economische (visserij) opbrengst is er een drietal onderzoeksvragen:

- wat is het effect van micro-organismen en bodemdieren op de stabiliteit en dynamiek van sedimenten en in hoeverre zijn het voorkomen en de talrijkheid van bodemdieren een functie van sedimentdynamiek?
- wat is de interactie tussen veranderingen in de nutriëntenbeschikbaarheid en optimale, duurzame (schelpdier)visserij en aquacultuur?
- fundamentele kennis over interactie binnen de driehoek visserij-eutrofiëring-biodiversiteit is zeer beperkt; kan een beter begrip leiden tot kwantitatieve voorspellingen?

Naast menselijk ingrijpen speelt ook klimaatsverandering een rol, met ondermeer veranderingen in watertemperatuur die tal van biologische processen beïnvloeden. Dit leidt tot de volgende onderzoeksvragen:

- wat zijn de effecten van klimaatsverandering op soorten en soortensamenstelling, ook op niveau van genetische structuur?
- zijn er methoden voor het bepalen van effecten van klimaatsverandering, in relatie tot effecten veroorzaakt door menselijk ingrijpen (variatie, variabiliteit, significantie)?

3.4 Biodiversiteit in Delta, Wadden en kustzone en de rol van de VHR

Belangrijke vragen zijn de aard en functionaliteit van biodiversiteit, de variatie in biodiversiteit als functie van natuurlijke processen, klimaatverandering en menselijke invloeden, en de rol van beschermings- en beheersmaatregelen in het handhaven of versterken van de biodiversiteit. Speciale aandacht vraagt de mogelijkheid dat de soortensamenstelling van ecosystemen compleet verandert, doordat het systeem onder invloed van natuurlijke en menselijke invloeden in een geheel andere toestand terecht komt. De invasie van de Japanse oester is een treffende illustratie.



Japanse oesters koloniseren de dijken in Zeeland en (onder) de opmars in de Zeeuwse wateren. Data uit het NWO Biodiversity and Global Change programma omvat duizenden mariene soorten.



Opmars van de Japanse oester: het gevaar van "invasive species"

Door een zeer strenge winter in 1963 en door een ziekte werden de populaties van de Zeeuwse oester (*Ostrea edulis*) gedecimeerd, met grote economische gevolgen. De mossel- en oesterkwekers introduceerden hierop de Japanse oester (*Crassostrea gigas*) op de percelen bij Yerseke. Men dacht deze soort veilig te kunnen invoeren omdat hij toch niet kon reproduceren in ons koude water. Als gevolg van klimaatverandering werden vanaf de 80'er jaren de winters zachter. De geïntroduceerde oester begon te concurreren met de Zeeuwse mossel (*Mytilus edulis*) en de kokkel (*Cerastoderma edule*). In 2000 zijn mossels en kokkels in de Zeeuwse wateren grotendeels verdrongen door deze zich nu agressief verspreidende oestersoort die zelfs riffen vormt. Vanaf 1995 wordt de Japanse oester ook aangetroffen in de Waddenzee en verdringt ook daar mossel en kokkel. Anno 2005 heeft deze oester zich door de gehele Waddenzee verspreid en wordt nu al op Helgoland aangetroffen. Tijdreeksen van verspreidingsgegevens van organismen worden door NLBIF via het internet toegankelijk gemaakt. Vanaf 2006 kunnen biodiversiteitgegevens online worden geraadpleegd en direct in kaart worden gebracht (zie illustraties). Dit geeft snel inzicht in effecten van "invasive species" in onze leefomgeving en eventuele gevolgen voor de economie. Bijvoorbeeld de omzet in mosselen op de Zeeuwse visafslag bedroeg 70 miljoen euro in 2001; veel mosselen worden nu geïmporteerd uit Ierland en Denemarken. De Japanse oester is een sprekend voorbeeld van een snelle invasie in twintig jaar tijd. De datasets maken het mogelijk ook andere minder opvallende "indringers" waar te nemen en tijdig maatregelen te nemen. Deze kunnen variëren van bijvoorbeeld het inzetten van "natuurlijke vijanden" tot aan het tijdig verleggen van exploitatieactiviteiten. Ook verdwijnende soorten kunnen zo in kaart worden gebracht. (MdK)

Veldonderzoek, experimenteel laboratoriumonderzoek en modellering zijn nodig op de volgende onderwerpen:

- Ecologisch en (moleculair) genetisch onderzoek, om (ongewenste) introducties van exotische (invasieve) soorten te onderkennen, te volgen en om eventueel maatregelen te ontwikkelen, om nieuwe introducties tegen te gaan en reeds gearriveerde schadelijke soorten te bestrijden. Hiervoor is ook technologisch onderzoek nodig;
- Sedimentologisch, ecologisch en genetisch onderzoek om de karakteristieke levensgemeenschappen van onze kustwateren (oa. kwelders, schorren, stranden, wadden, slikken, mosselbanken en zeegrasvelden) te herstellen, goed te beheren en maatregelen te treffen om de negatieve effecten van zeespiegelrijzing en klimaatverandering te voorspellen en waar mogelijk tegen te gaan. Een belangrijk onderdeel hiervan betreft het verzamelen van langjarige reeksen van waarnemingen. Speciale aandacht dient te worden gegeven aan flora en fauna (inclusief microflora) van stranden, vooroevers en voorste duinen waarbij de Waddeneilanden een uitstekend onderzoeksgebied vormen;
- Ecologisch onderzoek naar de oorzaken van onverklaarbaar sterke veranderingen in de levensgemeenschappen van de Waddenzee. Schelpdiersoorten die sinds mensenheugenis algemeen waren, zijn praktisch verdwenen. Jonge vis groeit niet meer op in de Waddenzee. Er zijn kennelijk grootschalige veranderingen aan de gang, maar we begrijpen niet wat er aan de hand is. Eén methode om daar verbetering in te brengen, is de huidige stofstroommodellen, die de basis van de voedselketen beschrijven, koppelen aan populatiemodellen, die het gedrag van vissen, vogels of zeehonden simuleren;
- Ecologisch en fysiologisch onderzoek aan zee- en wadvogels als basis voor hun bescherming in hun hele leefgebied, dus inclusief de poolgebieden en de tropen;
- Ecologisch, genetisch, bacteriologisch en virologisch onderzoek aan toppredatoren, met name zeehonden en bruinvissen, als basis voor het herstel en beheer van hun populaties.

4 Noordzee

Zoals in het recent verschenen advies van de Raad voor Verkeer en Waterstaat wordt geconstateerd, is de druk op de Noordzee groot en gaat de veerkracht van de zee achteruit. De oorzaak ligt in menselijke activiteiten, zowel direct via economie, als indirect in de vorm van klimaatverandering. De kansen van, en de bedreigingen voor, de Noordzee en andere Europese kustzeeën staan volop in de aandacht bij de EU. In het nationaal onderzoeksprogramma worden een drietal maatschappelijke opgaven nader uitgewerkt.

Duurzame draagkracht van het mariene ecosysteem is gerelateerd aan Economische opbrengst, waarbij het vooral gericht is op duurzame optimale visserij.

Biodiversiteit van open-zee-ecosystemen betreft Natuur en Ruimtelijke ordening, waarbij bescherming van gebieden met bijzondere ecologische waarden centraal staat.

Kringlopen en stofstromen zijn direct van invloed op de Waterkwaliteit, en indirect via verspreiding van voedingsstoffen en primaire productie op de Economische opbrengst.

4.1 Duurzame draagkracht mariene ecosysteem en opbrengst visserij

Belangrijkste vraag is hierbij wat bepalend is voor de productie en afgeleide economische opbrengst van het open-zee-ecosysteem. Bij alle onderzoeksvragen zijn met name de effecten van klimaatverandering en van visserij, alsmede variatie in de ecologische dynamiek van populaties elementair.

Onderzoeksvragen zijn:

- Primaire productie. Hoe wordt de primaire productie gereguleerd, welke nutriënten, of andere factoren zijn wanneer limiterend en hoe en wanneer wordt deze limitatie (lokaal) opgeheven? Wat is de impact van zomerstratificatie en het effect

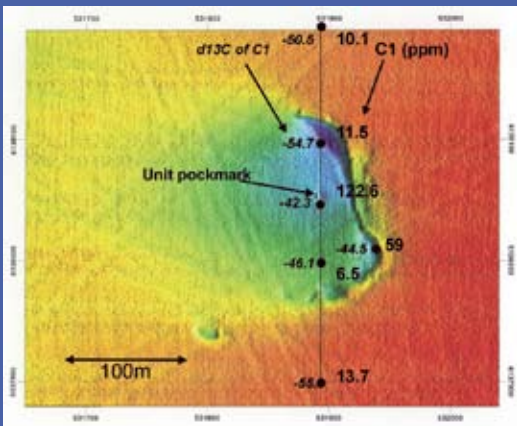
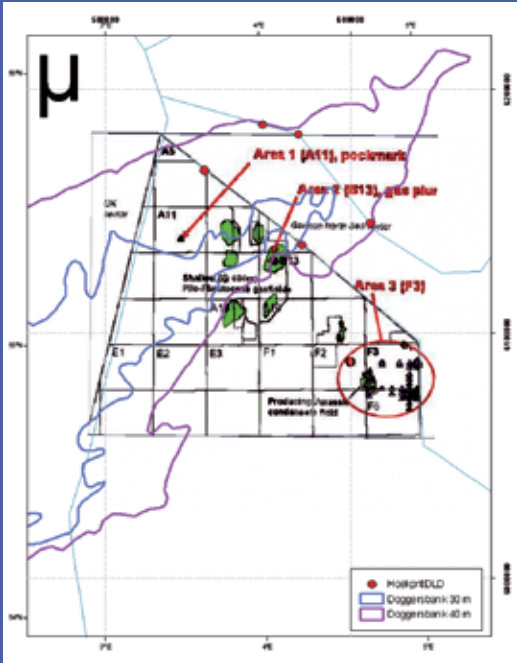
- van veranderingen in temperatuur en wind? Wat bepaalt en wat zijn de effecten van regionale verschillen (b.v. het Friese Front)?
- Secundaire productie. Hoe vertaalt de primaire productie zich in pelagische of bentische secundaire productie en hoe en wanneer komt dit ten goede aan vissen?
 - In hoeverre vertaalt variatie in primaire en secundaire productie zich in het (maximale) aantal vissen, vogels en zeezoogdieren? En wat is de hieruit af te leiden variatie in deze aantallen?
 - Hoe verandert de economische opbrengst van het zeesysteem als functie van een variabele draagkracht? En hoe is deze opbrengst binnen de kaders die het ecosysteem stelt te optimaliseren?

4.2 Biodiversiteit van open-zee-ecosystemen in relatie tot mariene parken en ruimtelijke ordening

Belangrijke vragen hierbij zijn de functionaliteit van biodiversiteit, de variatie in biodiversiteit als functie van klimaatverandering en menselijke invloeden en de rol van beschermingsmaatregelen in het handhaven of versterken van de biodiversiteit. Onder biodiversiteit valt daarbij zowel de soortenrijkdom als de genetische rijkdom.

Dit impliceert:

- Het in het veld vaststellen van de huidige biodiversiteit in te onderscheiden deelgebieden en het achterhalen van veranderingen en variatie daarin.
- Het in experimenten onderzoeken van de functionaliteit van biodiversiteit en van het effect van veranderende biodiversiteit op het functioneren van het mariene ecosysteem als geheel.
- Het bepalen van het effect van visserij en andere gebruiksfuncties op biodiversiteit en op de genetische diversiteit, het ontwikkelen van indicatoren t.b.v. beleid en beheer en het onderzoeken van de mogelijkheden deze effecten te minimaliseren.



De MPA Gasfonteinen in Noordelijke Noordzee, genomineerd als beschermd gebied. De multibeam opname van de bodem door RWS Directie Noordzee, toont sporen van boomkorvisserij. Het is onbekend of mogelijke bijzondere levensvormen, zoals bij vergelijkbare gas seeps in de Middellandse Zee, zijn vernietigd.

- Het onderzoeken van de effecten van het aanbrengen van harde substraten, bijvoorbeeld in de vorm van windmolenpalen of kunstriffen, op de biodiversiteit.
- Het onderzoeken van het effect van het instellen van beschermde gebieden op biodiversiteit, en het optimaliseren van de grootte en ligging van deze gebieden.
- Het modelleren van biodiversiteit in open-zeesystemen, waarbij zowel op populatieniveau als habitatniveau modellen dienen te worden ontwikkeld die effecten van klimaatsveranderingen en van adaptief management kunnen doorrekenen.

4.3 Kringlopen en stromingen in relatie tot waterkwaliteit

De Noordzee vormt de verbinding tussen de kust en de Noord Atlantische Oceaan. Verandering van de Noord-Atlantische oceaancirculatie (als gevolg van natuurlijke variabiliteit dan wel antropogene verstoringen) leidt tot onmiddellijke veranderingen in de uitwisseling tussen de Atlantische oceaan en de Noordzee en herschikking van stromingspatronen. Deze veranderingen hebben niet alleen consequenties voor de fysische eigenschappen (watertemperatuur, stratificatie, fronten), maar vooral ook voor de chemische en biologische componenten, zoals de verspreiding van voedingsstoffen en organismen, en daarmee voor de ecologische en economische draagkracht. De stabiliteit en variabiliteit van frontsystemen in de Noordzee en de gevolgen voor de kringlopen van koolstof en nutriënten vragen geïntegreerde fysisch-biologisch-chemische studies. Veranderingen in ecosysteem functies door circulatieverandering hebben ook consequenties voor hogere trofische niveaus, inclusief visserij.

Hieruit volgt een aantal onderzoeksvragen:

- Hoewel de Noordzee als geheel verantwoordelijk is voor een netto opname van koolstofdioxide, functioneert de zuidelijke, ongestratificeerde Noordzee als een bron en de noordelijke, in de zomer gestratificeerde, Noordzee als een put. Verandering in stromingspatronen in de Noordzee zullen dus een direct gevolg hebben op de koolstofdioxide-opname dan wel de

afgiftefunctie van de Noordzee. Hoe groot kunnen deze veranderingen zijn en wat zijn de consequenties?

- De bestaande kennis betreffende de ecologie en biogeochemie van zandige sedimenten, slib maar ook gasemissies uit de bodem, is ontoereikend en de rol van sedimenten in ecosystemedynamiek behoeft nadere studie.
- De koppeling tussen benthische en pelagische ecosysteem processen en biogeochemische kringlopen in gestratificeerde en niet-gestratificeerde systemen moeten worden bestudeerd en gemodelleerd teneinde tot gefundeerde, kwantitatieve voorspellingen te komen.

De kringlopen en stofstromen in de Noordzee worden ook direct door menselijke handelen beïnvloed. Atmosferische depositie van stof, organische componenten, contaminanten en nutriënten hebben stimulerende dan wel remmende effecten op de groei van organismen. De verhoogde toevoer van nutriënten, zwevend materiaal en koolstof vanuit de kustzone (rivieren, estuaria, Waddenzee) leidt ook tot veranderingen in de stofstromen. Wisselende rivierafvoer resulteert in niet-lineaire aanvoer van stoffen van de rivier naar de Noordzee. Belangrijke aandachtspunten hierbij zijn:

- In hoeverre deze veranderingen in stofstromen een respons in ecosystemefunctioneren laten zien (primaire productie, , eutrofiëring, verschillen in nutriëntensamenstelling, soortensamenstelling van plankton en benthos, etc).
- Of, en zo ja hoe, selectieve bevissing de stofstromen in de Noordzee heeft gewijzigd.

Het onderzoek naar de veranderingen in biogeochemische kringlopen in de Noordzee als gevolg van uitwisseling met de kustzone vraagt naast zeegaande componenten ook experimenteel laboratoriumwerk en integrerende modelstudies.

5 Oceaan

De oceanen vormen een belangrijke sturende factor door hun invloed op klimaatveranderingen en opname van antropogene broeikasgassen. Omgekeerd heeft menselijk ingrijpen, indirect via input van broeikasgassen en direct door intensieve visserij en exploitatie van minerale rijkdommen, een nog grotendeels onbegrepen invloed op de oceanen. De relevante maatschappelijke opgaven, waaraan in dit deel van het nationaal onderzoekprogramma nadere invulling wordt gegeven, zijn: *Veiligheid* (gevolgen van klimaatverandering), *Waterkwaliteit* (integrale studie van stofkringlopen) en *Natuur* (biodiversiteit).

5.1 Oceaan en klimaat

De oceaan is een hoofdcomponent van het klimaatsysteem. Abrupte klimaatveranderingen kunnen zich voordoen op een tijdschaal van slechts een of enkele decennia. Omvang en schaal zijn daarbij zeer groot, met maximale gevolgen voor de Noord-Atlantische sector.

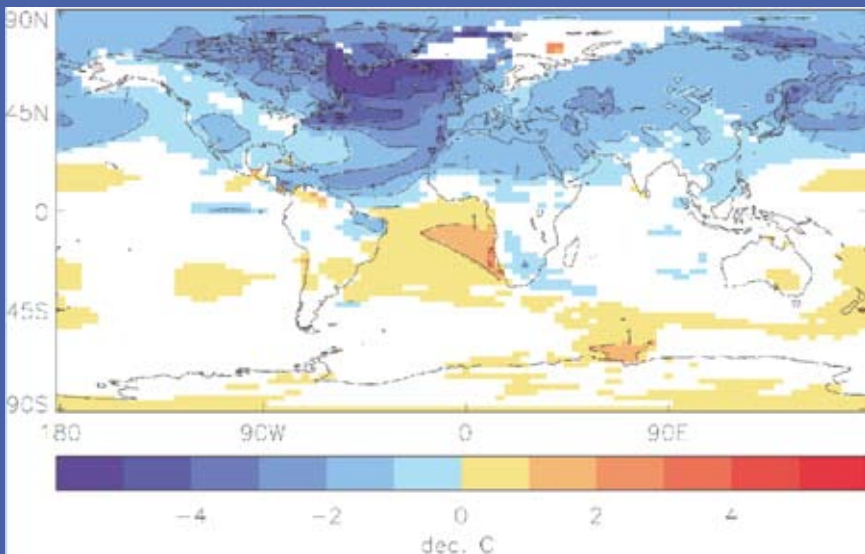
De snelle klimaatveranderingen kunnen het gevolg zijn van reorganisaties van de mondiale oceaancirculatie, samenhangend met natuurlijke variabiliteit van het systeem of met antropogene verstoring daarvan (zoals door broeikasgasemissies). De oceaancirculatie en de geassocieerde transporten van warmte, zoet water, zouten en andere stoffen vormen een mondiaal samenhangend systeem. Op basis hiervan zijn er de volgende aandachtsgebieden:

- waarnemingen en analyse van de samenhang, de stabiliteit en variabiliteit van de oceaancirculatie, zowel in het huidige systeem als in het verleden, en op de paden waarlangs en de snelheid waarmee verstoringen groeien en zich voortplanten.
- Impactstudies naar het effect van variaties in de oceaancirculatie op het klimaat.
- Paleo-reconstructies met het doel inzicht in de huidige oceaan- en klimaatvariabiliteit te leveren. Daartoe worden relevante interacties van fysische, chemische en biologische processen in het huidige systeem bestudeerd. Het resultaat van die interacties ligt, via bezinking, opgeslagen in het

sedimentarchief van de oceaانبodem en kan met de uitkomsten van de interactiestudies in het actuele systeem geïnterpreteerd worden.

- Regionale processtudies in sleutelgebieden van de oceaancirculatie. Deze richten zich op gevoelige schakels ('choke points') in het mondiale circulatiesysteem en op de essentiële fundamentele processen (zoals interne menging) en feedbacks daarin.
- Flankerende syntheseprogramma's noodzakelijk voor bassin-schaal en mondiale oceaanomodeltering, data-assimilatie, incl. incorporatie van remote sensing gegevens, alsook theoretische en numerieke processtudies. De modelontwikkeling moet uiteraard hand in hand gaan met innovaties in meettechnieken, gefocuste programma's, en langjarige waarnemingen via verankeringen, zoals in het hoofdstuk over instrumentatie nader wordt omschreven.

Verandering in de luchttemperatuur na het stilvallen van de thermohaline circulatie in de Noordelijke Atlantische Oceaan (uit M. Vellinga, Hadley Centre, e.a., 2002, *Climate Change* 54 (3), 251-263)



Volgens modelberekeningen hebben veranderingen in de Golfstroom een direct effect op de Noordzee en het klimaat van NW-Europa. Verankeringen, zoals via LOCO gefinancierd, meten wijzigingen in de oceaanstromingen en vormen een early-warning systeem.

5.2 Integrale studie van biogeochemie en ecosystemen in de oceaan

Het biogeochemische en ecologische onderzoek in de oceaan spitst zich toe op enkele deelonderwerpen. Ook deze hebben de respons van de oceaan op mondiale veranderingen (klimaat zowel als meer direct aan menselijk gebruik gerelateerd) en de terugkoppeling van de oceaan op de overige componenten van het systeem aarde als leidraad. Dit onderzoek wordt internationaal afgestemd via onderzoeksprogramma's van de *Scientific Commission on Ocean Research (SCOR)* en het *International Geo-Biosphere Programme (IGBP)*. Nationaal is er verdere afbakening door toe te spitsen op regionale basis en twee hoofdonderwerpen:

- De interactie tussen biodiversiteit, ecosysteemfunctioneren en biogeochemische fluxen in een veranderende wereld. Dit onderwerp omvat onderzoek aan integrale voedselwebben om het effect van veranderingen op hogere trofische niveaus (bijvoorbeeld overbevissing) op lagere trofische niveaus te begrijpen en vice versa; hoe planten veranderingen in nutriëntbeschikbaarheid voor algen zich via het voedselweb voort naar hogere trofische niveaus? Nieuwe biomarker- en moleculair-biologische technieken moeten ontwikkeld en toegepast worden om biogeochemische fluxen en microbiologische gemeenschappen expliciet te koppelen. De directe effecten van verhoogde atmosferisch koolstofdioxideconcentraties, en daarmee gepaard gaande verlaagde zuurgraad (pH) op ecosystemen, biogeochemische kringlopen en organismen, moeten ook onderzocht worden.
- De rol van de oceaan in de mondiale kringlopen. Kringlopen van koolstof, zuurstof en de nutriënten (met inbegrip van sporenelementen) in de oceaan en uitwisseling tussen de oceaan enerzijds en de atmosfeer, het continent en de sedimenten anderzijds dienen onderzocht te worden om de rol van de oceaan in de mondiale kringlopen beter te begrijpen, de opslag van antropogeen koolstofdioxide beter te kwantificeren en de response van de oceanische kringlopen op veranderingen in stromingspatronen te bepalen. Verandering in water temperatuur, stromingspatronen, atmosferische concentraties, stof toevoer en rivierwater afvoer, al dan niet

natuurlijk, hebben een invloed op het functioneren van mariene ecosystemen. Ecosysteemaanpassingen resulteren veelal in een verandering van de biogeochemische kringlopen. Dit behelst zowel herschikking van stofstromen binnen de oceaan als herschikking van oceaan-atmosfeer-continent interacties.

Beide onderwerpen omvatten studies van zowel recente processen in de waterkolom en de oceaanbodem en het ontwikkelen en valideren van proxies als onderzoek aan paleoecologische veranderingen als gevolg van regionale en mondiale veranderingen in het verleden.

5.3 Biodiversiteit van de oceaan in relatie tot exploitatie

De oceanen leveren een hoge bijdrage aan de biodiversiteit van de Aarde. Daarvan neemt de bodem van de oceaan het grootste deel voor zijn rekening met niet alleen een grote rijkdom aan micro-organismen en diersoorten, maar ook het voorkomen van levensvormen en levensgemeenschappen die elders op de wereld niet te vinden zijn. Een voorbeeld is de levensgemeenschap rond hete bronnen op de oceaanbodem. De levensgemeenschappen van de oceaanbodem zijn waarschijnlijk zeer kwetsbaar voor verstoringen, oa. omdat de meeste hogere organismen zeer oud worden en populaties er dus lang over doen om te herstellen van beschadigingen. Het is niet uitgesloten dat we rekening moeten houden met een herstelduur van eeuwen.

Tegelijkertijd beïnvloedt de mens de oceaanbodem steeds sterker. Bodemtrawlvisserij gaat steeds dieper en blijkt een desastreus effect te hebben op de benthische levensgemeenschappen, waaronder de koudwaterkoralen langs de Europese continentrand. Olie- en gaswinning vinden eveneens op steeds grotere diepte plaats. Maar de kennis om dergelijke ingrepen te beoordelen en eventueel te reguleren ontbreekt grotendeels.

Voorgesteld wordt om het verspreide Nederlandse onderzoek naar natuurlijke en menselijke invloeden die de biodiversiteit van de oceanen beïnvloeden, te bundelen in twee richtingen:

- Door enerzijds af te stemmen op internationale programma's
 - zoals de *Census of Marine Life* (CoML) – die zich richten op exploratie van de oceanen en het verwerven van fundamentele kennis;
- En anderzijds op onderzoek dat kan bijdragen aan de regulering van menselijke activiteiten.

6 Poolgebieden

Het belang van de beide poolgebieden voor Nederland is groot. Gevoed door het groeiende inzicht dat wereldwijd het klimaat verandert, de zeespiegel rijst en door de ontdekking van de gaten in de ozonlaag boven de beide polen, zijn deze gebieden volop in de belangstelling komen te staan. We beseffen nu dat onze veiligheid en Waddennatuur samenhangen met veranderingen in de poolgebieden, dat de polen uitstekende *early warning* systemen zijn voor klimaatverandering, ook bij ons, en dat het smeltende ijs grote problemen voor de lokale flora, fauna en mens kan veroorzaken. Daartegenover staat een groeiend economisch belang in de vorm van toenemend toerisme, nieuwe vaarroutes en mogelijkheden voor delfstofwinning en visserij. Om deze gebieden optimaal te beschermen, maar ook duurzaam en verantwoord te benutten en om voorbereid te zijn op verdere klimaatverandering is een toenemende en wijder verbreide kennis van deze gebieden essentieel. Het *International Polar Year (IPY)*, waarin wereldwijd een enorme poolonderzoeksinspanning wordt gepleegd, is het moment voor het in internationaal kader vergaren van deze kennis. Opdat ook wij bijdragen aan, en gebruik kunnen maken van, deze kennis, is het essentieel dat ons land met een gedegen eigen onderzoeksprogramma participeert in het omvangrijke, internationale programma van het vierde Internationale Pooljaar 2007-2008, gecoördineerd door de *International Council for Science (ICSU)* en de *World Meteorological Organisation (WMO)*.

In het IPY en het Nationale Polaire Programma zal aandacht worden geschonken aan een viertal maatschappelijke uitdagingen:

- *Veiligheid en klimaat*; Rijzende zeespiegel (houden we droge voeten), verstoring van polaire ecosystemen, en de mogelijkheid van een stagnerende warme Golfstroom.
- *Economie*; Duurzaam beheer van natuurlijke hulpbronnen in gebieden die niet aan afzonderlijke landen zijn toebedeeld zoals Antarctica en de polaire Oceanen. Olie en gaswinning, toerisme, transport en duurzame visserij.
- *Natuur*; Invulling en duurzaam beheer van de mondiale Ecologische Hoofdstructuur met de polaire oceanen en Antarctica, waar niemand direct verantwoordelijk is voor overbevissing, overexploitatie, introductie exotische species en vervuiling.

- *Waterkwaliteit*; Een duurzaam gebruik van water en milieu in mondiale context en de relaties tussen ons handelen hier, en de gevolgen daarvan voor de poolgebieden.

Nederlandse onderzoekers hebben al met succes vele onderzoeksvoorstellen bij de internationale IPY commissie ingediend. Negen zijn er aangewezen als leadprojects terwijl vele andere in diverse internationale projecten zijn opgenomen. Het Nederlandse wetenschappelijke onderzoek binnen het Internationale Pooljaar richt zich op vier hoofdonderwerpen welke in meer of mindere mate een relatie hebben met zee- en kustonderzoek.

6.1 Opbouw en afbraak van gletsjers en ijskappen door klimaatverandering

- Nader onderzoek naar het dynamische antwoord van Arctische Gletsjers op mondiale opwarming. Zonder een beter begrip van afkalvende gletsjers (en dat zijn er veel in het Noordpoolgebied) zal het niet mogelijk zijn om betrouwbare projecties te maken van de toekomstige afvoer van arctische gletsjers, iets wat ook ons klimaat direct beïnvloedt.
- De stabiliteit van de Groenlandse ijskap, van het grootste belang voor klimaatveranderingen en de zeespiegel. Hiervoor is een groot meetexperiment nodig, te koppelen aan ijsstromingsmodellen en regionale atmosfermodellen.
- Een zoektocht op de ijskap van de Zuidpool naar de oudste lucht die we op aarde hebben door een mondiaal consortium van instituten, gespecialiseerd in onderzoek aan luchtbellen in ijskernen. Er is een traverse gepland over een tot nu toe weinig onderzocht deel waarbij, op het volgens rekenmodellen koudste stukje aarde, een automatisch weerstation zal worden opgezet.
- Ook zijn er voorstellen voor onderzoek aan troposferische aerosolen en variatie in dunne wolken boven het Oost Antarctische Plateau.



Is het zeeijs op de Arctische Oceaan aan het eind van de eeuw verdwenen? Nederlands onderzoek, in het kader van het Integrated Ocean Drilling Programme (IODP), heeft aan de hand van fossiel eendekroos in Nature aangetoond dat een spectaculaire temperatuurstijging in het Noordpoolgebied niet ondenkbaar is.

6.2 Veranderingen in de Zuidelijke en Arctische Oceaan door klimaat en menselijk toedoen

- Het voorkomen van essentiële sporenelementen en hun effect op de primaire productie en de CO₂ balansen, in zowel de Arctische als Antarctische oceanen. Hiermee wordt nader inzicht verkregen in de rol van deze oceanen in de mondiale koolstof cyclus.
- De gevolgen van veranderingen in de ozonlaag en zeewatertemperatuur voor Arctische microbiële gemeenschappen. Deze kunnen worden onderzocht middels veldcampagnes met behulp van moleculaire en fysiologische technieken in microkosmosopstellingen.

Andere onderzoekvoorstellen in dit thema betreffen zeeijsbiogeochemie, verder onderzoek naar het effect van ijzerfertilisatie op hogere trofische niveaus, synoptische surveys van plankton, krill en vissen voor een beter begrip van een veranderend voedselweb en het effect van interne golven op menging op daarvoor gevoelige breedtegraden.

6.3 Polaire ecosystemen en global change

- De overeenkomst en het verschil tussen polaire terrestrische ecosystemen en de daaruit te leren lessen. De effecten van veranderingen in temperatuur, vochtregime en UV-B instraling kunnen in *Open Top Chambers* worden bestudeerd, waarbij ook voedselketenonderzoek en nutriëntenbalansen aandacht krijgen.
- Respons van het ecosysteem in zowel Noordpool als de Zuidpool op veranderingen. Daarbij staan de evolutionaire geschiedenis, de manier waarop de biodiversiteit het hedendaagse functioneren beïnvloedt, en het voorspellen hoe biota verder zullen reageren op klimaatverandering centraal.
- Onderzoek naar de variabiliteit van het klimaat in het Noordpoolgebied in verleden, heden en toekomst.
- Kennis van vogels, met de nadruk op de soorten die vanuit Nederland naar het hoge noorden trekken, is voor het

Nederlandse natuurbeleid van groot belang. De rol van ziektes en parasieten in de verspreiding en grootte van populaties en het bestuderen en voorspellen van de effecten van klimaatveranderingen op wadvogels en ganzen staat daarbij centraal.

6.4 Invloed van menselijke activiteiten op poolgebieden, en invloed van klimaatverandering op mensen

- Het door Nederland te leiden *Arctic Circumpolar Coastal Observatory Network* (ACCO-Net) richt zich op de door permafrost gedomineerde kusten die momenteel sterk te lijden hebben van toegenomen erosie, terwijl het verdwijnen van permafrost ook tot extra ontsnappen van broeikasgassen leidt.
- De impact van invasieve soorten (*aliens* in Antarctica) en de routes waarlangs deze micro-organismen, schimmels, planten en dieren hier zijn terecht gekomen. De rol van de mens in de verspreiding van deze soorten staat daarbij centraal.
- Archeologisch onderzoek aan grootschalige industriële exploitatie van de poolgebieden in het verleden, inclusief de ecologische gevolgen van de steenkoolwinning op Spitsbergen.

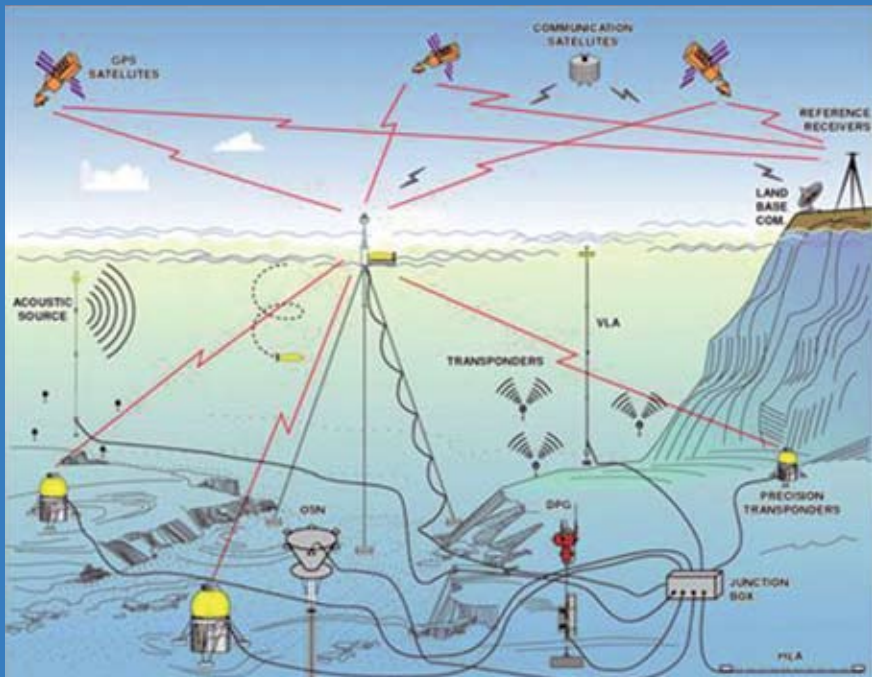
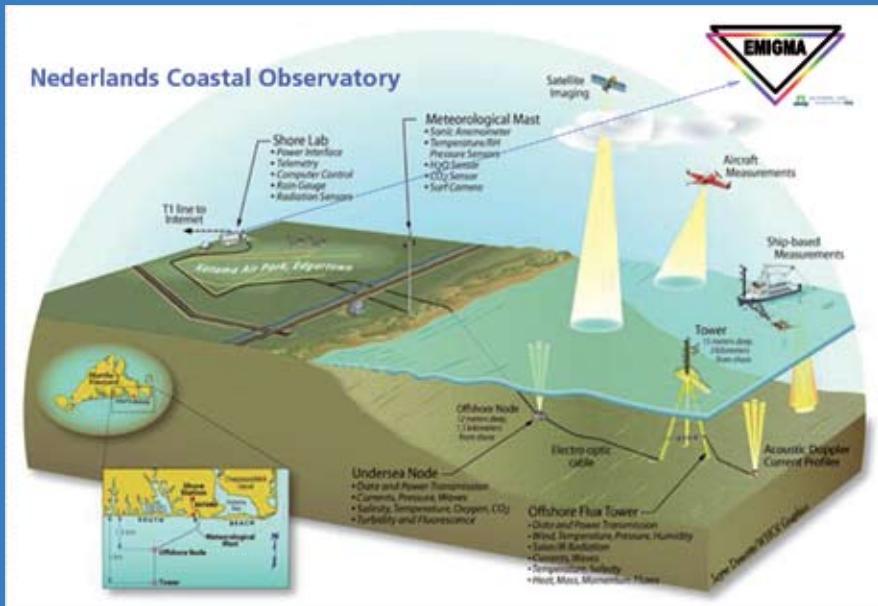
Andere mogelijke projecten betreffen sociale ontwikkeling in diverse Arctische culturen, de mogelijke effecten van klimaatverandering op deze culturen, het effect van oude en nieuwe verontreinigingen op beide poolsystemen en toekomstige menselijke activiteiten bij globale en regionale veranderingen.

7 Noodzakelijke infrastructuur

Het onderzoek, zoals in voorgaande hoofdstukken omschreven, zal worden uitgevoerd door de deelnemende instituten en universiteiten. Daarbij is ook een belangrijke rol weggelegd voor Onderzoeker In Opleiding (OIO)-en/of PostDoc projecten. Bij dit onderzoek zal gebruik worden gemaakt van (een combinatie van) veldmetingen, zowel direct als indirect via *remote sensing*, laboratoriumexperimenten en modelsimulaties.

Naast de mogelijkheid (middelen) om voor projecten gebruik te kunnen maken van bestaande onderzoeksfaciliteiten (in situ, laboratorium, modellen), wordt in het kader van dit nationaal onderzoeksprogramma voorgesteld te investeren in de integratie van de (versnipperde) kennisinfrastructuur en in nieuwe onderzoeksfaciliteiten die voor de bredere zee- en kustgemeenschap van strategisch belang zijn:

- Integreeren van langdurige meetreeksen zoals door het opzetten van kustobservatoria en continueren van eenmalige gefinancierde verankeringen.
- Faciliteren van meerjarige vaarprogramma's in de Noordzee, Wadden Zee en Delta.
- Geïntegreerde multidisciplinaire meetcampagnes in de Noord-Atlantische en Indische Oceaan.
- Een marien moleculair-biologisch laboratorium.
- Een nieuwe generatie oceaan-klimaat model waarin verbanden worden gelegd tussen Oceaan en Noordzee en tussen fysica en ecologie, en zeebodem en waterkolom.
- Een nieuw Noordzee en kustecosysteem model waarin de interacties tussen waterstromingen, sediment dynamiek, chemie en ecologie (in het water en de zeebodem) expliciet beschreven worden.
- Een goed en voor allen toegankelijk datasysteem dat van cruciaal belang is voor het vastleggen en ontsluiten van opgebouwde kennis.



Observaties in de zee en op de platen en de zeebodem worden direct, on-line, beschikbaar gesteld via Internet

7.1 Uitvoering en integratie van langdurige veldmetingen in kust, zee en oceaan

In kustzones van veel landen worden inmiddels zgn. ‘kustobservatoria’ opgezet voor de beantwoording van zowel wetenschappelijke, als maatschappelijke, vragen (zoals bv. opgezet in Liverpool Bay, Chesapeake Bay etc.). Deze observatoria voeren een combinatie van verschillende, langdurige metingen uit, die gecoördineerd worden uitgevoerd en opgeslagen en vrij toegankelijk beschikbaar worden gesteld. Hierbij wordt zoveel mogelijk gebruik gemaakt van zelf-registrerende sensoren, zoals die beschikbaar zijn voor oa. watertemperatuur, zoutgehalte, slibgehalte, fluorescentie en stromingen, die bevestigd worden aan meetpalen en/of veerboten. Monitoring gegevens die niet middels sensoren kunnen worden geregistreerd (bv. bodemfauna, vis- en vogelgegevens) dienen ook onderdeel van een dergelijk observatorium te zijn. De inzameling, eerste verwerking en het vrij toegankelijk maken van deze basisgegevens van een bepaald gebied (bv. Waddenzee, kuststrook, Delta) dient centraal te geschieden (vgl. de *National Oceanic & Atmospheric Administration* (NOAA) in de VS). Dit is ook conform het verdrag van Aarhus met betrekking tot milieu-informatie. Hiervoor is een infrastructuur noodzakelijk, waarbij diverse partners hun expertise bundelen en een qua opbrengst en kosten optimaal netwerk ontwikkelen. Ook dient de inpasbaarheid in Europese datasystemen, bv. via *Infrastructure for Spatial Information in Europe* (INSPIRE), meegenomen te worden.

Daarnaast is er op zee een schat van gegevens die minder frequent gemeten worden: de verkenningen waarin zeebodem- en zeewatermonsters genomen worden voor geochemische en hydrochemische analyses en waar geofysische metingen, zoals zwaartekracht, seismische, magnetische en electromagnetische metingen, verricht worden. Het is van groot belang dat deze gegevens ter beschikking komen van onderzoekers, en dat repeterende verkenningen uitgevoerd worden in gebieden waar de fysische-chemische-ecologische structuur en samenstellingen van zeewater en zeebodem relatief snel veranderen.

Speciale aandacht dient vervolgens gegeven te worden aan de integratie van de verzamelde data en het gebruik en de ontwikkeling van instrumenten die het mogelijk maken om deze data voor een breed scala van onderzoeks- en beleidsvragen te kunnen gebruiken. Ook meer gedetailleerde en fundamentele processtudies zullen veel baat hebben bij een dergelijk systematisch netwerk van metingen dat, gebruik makend van beschikbare Informatie en Communicatie Technologieën (ICT), voor iedereen vrij toegankelijk is.

Vanwege de mondiale schaal en samenhang ervan wordt het ocea-an- en poolonderzoek gecoördineerd in internationale samenwerkingsprogramma's, met name in het kader van het *World Climate Research Programme* (WCRP) en het IGBP. Door bundeling van krachten heeft de Nederlandse oceanografische gemeenschap in een aantal onderdelen van de mondiale programma's een duidelijke aanwezigheid verworven. Recente voorbeelden zijn de expedities naar de Zuid-Atlantische en Indische Oceaan ('rondjes Afrika') en de door NWO-groot gefinancierde nationale *Longterm Ocean Climate Observations*-faciliteit (LOCO), waardoor zowel in het Noord-Atlantische gebied als in de Indische Oceaan op een aantal kritieke locaties langjarige waarnemingen, via verankerde systemen van meetinstrumenten worden uitgevoerd. De LOCO metingen vormen een Nederlandse bijdrage aan het *Global Ocean Observing System* (GOOS). Inmiddels is gebleken dat er grote interjaarlijkse verandering in stromingen en transporten in de diepe oceaan kunnen zijn die mogelijk sterk gerelateerd zijn aan regionale klimaatveranderingen. Het is daarom van groot belang deze metingen ook na de eerste 'LOCO-periode' (2003-2008) te kunnen voortzetten, omdat deze immers mede leiden tot betere (regionale) klimaatvoorspellingen. Deze metingen vormen een, letterlijk en figuurlijk, ankerpunt voor gecoördineerde expedities waaraan door alle disciplines is, en kan worden, deelgenomen. Stimulering van gebundelde programma's, met een geïntegreerde observati-onele, modellerende en theorievormende component, gekoppeld aan de gekozen thema's, zal de Nederlandse connectie met de mondiale programma's versterken en de impact en wervingskracht van het Nederlandse oceaanonderzoek verder doen toenemen. Over een periode van 10 jaar wordt op een tweetal van dergelijke nationale meetprogramma's geanticiperd.

7.2 Moleculair biologische laboratoriumfaciliteit

Alle Nederlandse instellingen voor zeeonderzoek hebben basale faciliteiten voor een reeks van moleculair-biologische analyses. Tegelijkertijd hebben de meeste instellingen toegang tot zeer grote *high throughput* projecten zoals complete genoomsequenties, EST *library collections*, en *microarray* ontwikkeling. Tussen deze twee uiteinden van de schaal ontwikkelt zich nu een nieuwe generatie Ecologisch Genomics laboratorium, dat gebaseerd is op miniaturisatie tot nanoschaal van de meeste procedures, een nieuwe generatie capillaire sequencers en genotypers, bioinformatica en technische ondersteuning van hoge kwaliteit. Meer in het bijzonder zou er een dergelijke faciliteit moeten komen voor de mariene onderzoeksgemeenschap. Dat is omdat de meeste belangrijke soorten uit het mariene milieu (waaronder virussen, prokaryoten en benthische en pelagische planten en dieren) niet tot de 'modelsoorten' van de grote genomics laboratoria behoren, waardoor de gestandaardiseerde methoden vaak niet werken. Bovendien vragen de specifieke mariene vragen vaak op maat gemaakte methoden om ze te beantwoorden. Er is dus behoefte aan een marien Ecological Genomics laboratorium dat enerzijds de reeds ontwikkelde kennis en kunde in stand kan houden en anderzijds het centrum kan zijn voor nieuwe ontwikkelingen in het Nederlandse onderzoek. Ook kan het dienen als trainingscentrum voor jonge onderzoekers.

7.3 Oceaan – klimaatmodellen

Om de veranderingen in de oceaancirculatie en de effecten hiervan op het ecosysteem te bestuderen en, zo mogelijk, te voorspellen, zijn goede oceaan-klimaat modellen, naast observaties, essentieel. Het klimaatbeleid heeft dringend een betere fundamentele basis nodig. De grote onzekerheden in voorspellingen van het toekomstige klimaat moeten kleiner worden. Zoals al genoemd speelt de oceaancomponent daarin een cruciale rol. Er is expertise in Nederland op het gebied van de modellering van het oceaan-klimaatstelsel op verschillende tijd- en ruimteschalen. Dit modelwerk wordt gevoed door veelzijdige observationele activiteiten en

door theoretische analyses van deelprocessen. Deze aanpak heeft tot belangrijke bijdragen en inzichten geleid in de mechanismen van zowel natuurlijke als antropogeen geïnduceerde klimaatverandering. Op dit moment zijn dit soort studies nog veelal beperkt tot de afzonderlijke subsystemen (bijv. oceaan, mariene biosfeer, ijs) en zijn diverse modellen in gebruik bij de verschillende instituten. Door integratie van modellen van deze subsystemen kunnen nieuwe interacties in het oceaansysteem worden bestudeerd, hetgeen gaat leiden tot baanbrekende inzichten in de werking ervan, tot meer betrouwbare lange-termijn (10 jaar) voorspellingen van regionale veranderingen in oceaan en klimaat en tot het kwantificeren van de diverse kringlopen.

Om deze integratie te bewerkstelligen, zal er geïnvesteerd moeten worden in een nationale modelinfrastructuur voor studies naar het oceaan-klimaatstelsel. Een integrerend thema, dat nauw aansluit bij het onderzoek naar de Noordzee en de kust, is de voorspelling van regionale veranderingen in zeehoogte, temperatuur, neerslag en de statistiek van extreme gebeurtenissen (zoals de oorzaken en effecten van 'superstormen' en 'tsunami's'). De partners van het Centrum voor Klimaat Onderzoek (CKO) van KNMI/IMAU/RIVM met participatie van NIOZ, SRON, TNO, WL en WUR hebben een plan ontwikkeld voor een dergelijke infrastructuur, *the Dutch Ocean-Climate Modeling Unit*. Deze bestaat uit een modelondersteuningsgroep, een *datasupport* groep samen met de hardware, zoals een *dataserver*. De noodzakelijke (super)rekencapaciteit wordt op nationaal niveau gegarandeerd via de Stichting Nationale Computer Faciliteiten (NCF). Een centrale activiteit binnen deze unit is het ontwikkelen van een nieuw oceaan- en klimaatmodel, waarin een aantal belangrijke processen (w.o. vorming van zeeijs, menging in de oceanen, lucht-zeewisselwerking, stofcycli ed.) op een *state-of-the-art* manier wordt beschreven. Dit zal ook een modelbasis vormen voor de boven beschreven integrale stofkringloopstudies en paleo-interpretaties.

Het model, de resultaten van de (ensemble) simulaties met dit model en de voorspellingen zullen beschikbaar worden gemaakt aan de onderzoeksgemeenschap en daarbuiten. Op deze manier kunnen deze resultaten ook gebruikt worden in studies en

voorspellingen van het regionale kust- en Noordzeesysteem. Geïntegreerde modelstudies voor de Noordzee en kust omvatten enerzijds de ontwikkeling en toepassing van deterministische modellen waarin waterstromingsmodulen gekoppeld worden aan ecosysteemmodellen en anderzijds data-assimilatie studies waarin monitoring, experimentele veld en *remote sensing* data worden geïntegreerd.

7.4 Ecosysteem modellen voor kust en zee

Kust en Noordzee ecosystemen zijn zeer variabel door enerzijds natuurlijke oorzaken en anderzijds door diverse verstoringen, waaronder klimaatveranderingen, visserijdruk en verandering in de riviertoevoer van water en stoffen. Beter begrip en accurate voorspellingen vragen niet alleen gedetailleerde en lange termijn observaties. Ook zijn er goede model voorspellingen noodzakelijk. Het huidige modelinstrumentarium voor ecosysteem modellering van kust en zee is ontoereikend. Er zijn modellen specifiek voor een bepaald ecosysteem (bijvoorbeeld Westerschelde of Waddenzee), maar een meer generiek toepasbaar kustecosysteem model is niet beschikbaar binnen de academische instellingen. Er is ook geen simpel, hoge resolutie gekoppeld fysisch-biologisch model voor de Noordzee beschikbaar dat de complexiteit van interacties tussen de bodem en de waterkolom adequaat in beschouwing neemt. De hydrodynamisch-sediment transport modellen zijn volledig losgekoppeld van de modellen voor kringlopen en voedselwebben, terwijl de sediment dynamiek het lichtklimaat bepaalt en dus van groot belang is voor correcte voorspellingen van primaire productie (zowel in het water als op de bodem). Tevens is het huidige modelinstrumentarium ongeschikt om moderne, synoptische datasets (bijvoorbeeld *remote sensing* van temperatuur, zeehoogte en chlorofyl) volledig te benutten. De model kennis en infrastructuur is verspreid aanwezig binnen de diverse instellingen (NIOZ, NIOO-KNAW, UU, RIKZ, WL en WUR) en er is integratie nodig van de diverse modellen en submodellen.

7.5 Datasystemen

Op verschillende niveaus moet het gegevensbeheer van excellente kwaliteit zijn en dient extra aandacht te worden gegeven aan de datakwaliteit en -assimilatie. Voor het beleid is het van belang dat de gegevens ook integraal gebruikt kunnen worden en voortdurend actueel worden gehouden. In Nederland moeten dus alle beschikbare meetreeksen van de Noordzee en Kust op een slimme manier beschikbaar worden gemaakt. Bij de verschillende instituten en departementen is al veel aanwezig maar nog niet geïntegreerd ontsloten.

Voor het verzamelen en beheren van meetgegevens zijn instituten zelf verantwoordelijk, maar ook centrale gegevensbeheerders, als het Nederlands Oceanografisch Data Centrum (NODC) en Data en Informatie Nederlandse Ondergrond (DINO), spelen hierbij een belangrijke rol. Voor de brug tussen wetenschap en beleid zijn echter meer integrale benaderingen noodzakelijk.

Als voorbeeld creëert het instrument Effect Modelling Indicatoren, Gebruik en Management (EMIGMA) een dataomgeving waarin geaggregeerde data en individuele onderzoeksresultaten overzichtelijk opgeslagen en gebruikt kunnen worden. Door het zoveel mogelijk bij elkaar brengen van data in tijd en ruimte over de ontwikkeling van sturende parameters, indicatoren, menselijk gebruik en management maatregelen is in de toekomst te achterhalen wat de belangrijkste oorzaken van waargenomen veranderingen zouden kunnen zijn. Nader onderzoek moet dan uitwijzen of de veronderstelde oorzaak-effect relaties inderdaad de oorzaak zijn geweest. Het instrumentarium is ook geschikt voor een DPSIR benadering. Ten behoeve van efficiency en internationale vergelijkbaarheid dienen parameterkeuze, kwaliteitsborging en dataformats waar nodig aan te sluiten op internationale afspraken in bijv. OSPAR, KRW, EMS en VHR.

Voor het oceaan- en pool onderzoek vindt de afstemming plaats binnen internationale kaders (bv. via WCRP-programma's) en worden via deze programma's zowel metingen als modelresultaten afgestemd en uitgewisseld. Als voorbeeld kunnen de lang-jarige

in-situ oceaan metingen dienen, waarin Nederland via het LOCO programma participeert, en de gegevens via het NODC en *World Data Centers* beschikbaar worden gesteld voor modelanalyses waarop het *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC) onder andere haar klimaatscenario's baseert.

8 Maatschappelijke vernieuwing

De maatschappelijke relevantie van het mariene(eco)systeem onderzoek is het logisch gevolg van het feit dat de verstoringen die in kust en zee plaatsvinden het gevolg zijn van menselijke handelen. Dit geldt zowel voor de veranderingen in de draagkracht, welke op korte termijn kunnen leiden tot catastrofes, alsmede klimaatsveranderingen. Menselijk handelen, lees economische activiteiten, creëert een oorzaak-gevolg keten in het mariene milieu die nieuwe uitdagingen stelt aan de interactie tussen onderzoek, beleid en maatschappij.

De economische activiteiten (*drivers*) leiden tot stress en druk op het milieu (*pressures*), deze leiden tot veranderingen in de kwaliteit en kwantiteit van het ecosysteem (*impact*) en vervolgens zeker na een catastrofe tot veranderingen op socio-economisch niveau (*respons*). Wil men dit proces van oorzaak-gevolg-respons adequaat beheersen dan moet aan de volgende drie voorwaarden worden voldaan. De eerste heeft betrekking op de kennisinfrastructuur en de daarop volgende twee op het proces van respectievelijk onderzoek en kennisuitwisseling, kennisoverdracht en educatie, en de vertaling van maatschappelijke vragen in onderzoek en vice versa.

8.1 Bundeling en coördinatie van de kennisinfrastructuur voor zee- en kustonderzoek

In de voorgaande hoofdstukken is beschreven wat het Nederlandse zee-onderzoek zou kunnen doen om een groot aantal maatschappelijke opgaven rond het duurzaam beheer van de kust en de zeeën te bestuderen, dan wel oplossen door middel van hoogwaardig strategisch onderzoek. Gezien de diversiteit en complexiteit van deze problemen is een brede en integrale aanpak nodig, waarbij naast onderzoekinstellingen ook de diverse andere belanghebbenden (te weten beheersoverheden, Non Gouvernementele Organisaties (NGO's) en industrie) zullen moeten worden betrokken. De realisatie van oorzaak-gevolg-response studies kan middels thematische projecten van een beperkte duur (b.v. 5 jaar).

Gezien de bevindingen in het verleden moeten deze projecten een onafhankelijke status krijgen, maar er moet wel een duidelijke wisselwerking met de directe belangenorganisaties / *stakeholders* plaatsvinden.

De programmering van deze kwalitatief hoogstaande onderzoeksprojecten kan in eerste aanleg vanuit NWO worden georganiseerd. In samenspraak met relevante partijen uit onderzoek, overheid en maatschappij zal een traject worden ingezet voor de verdere ontwikkeling tot een Maatschappelijk Top Instituut (MTI), waaronder op het mariene terrein maatschappelijk relevante projecten gaan vallen. Hierbij wordt gedacht aan een systeem van co-financiering waarmee de deelnemende instituten ook hun eigen inbreng concreter kunnen en moeten maken. Het MTI i.o. kan een coördinerende rol vervullen voor alle onderzoeksactiviteiten en fungeert tevens als het nationale aanspreekpunt voor maatschappelijk relevante vragen (open loket) op het gebied van kust en zee binnen Nederland. Deze bundeling en afstemming op nationaal niveau kan tevens gebruikt worden om de Nederlandse positie op internationaal niveau te versterken en als nationaal platform fungeren voor IOC-UNESCO, GMES, ICES, OSPAR, en IWC.

Om het MTI een eigen identiteit te geven zijn een eigen website, voorlichtingsmateriaal en beperkte bureauondersteuning noodzakelijk. De projecten worden geleid door themaleiders die zijn vertegenwoordigd in een programmaraad waarin tevens vertegenwoordigers van *stakeholders* zitten. De programmaraad wordt voorgezeten door een wetenschappelijk directeur. Hierboven is een hoogste bestuurlijke laag van *shareholders* bestaande uit directeuren van instellingen en *senior officials* van overheid en niet-overheidsinstellingen. De bestuurlijke laag is verantwoordelijk voor een kernachtige formulering van de huidige en toekomstige (pro-actief) maatschappelijke problemen in het mariene milieu en geeft de prioritering voor het onderzoek aan.

Naast concreet maatschappelijk relevant toponderzoek zal er ook aandacht worden besteed aan de toekomstige generatie onderzoekstalent. Naast een (fundamentele) vakinhoudelijke opleiding op een specifiek marien deelgebied zullen deze onderzoekers ook

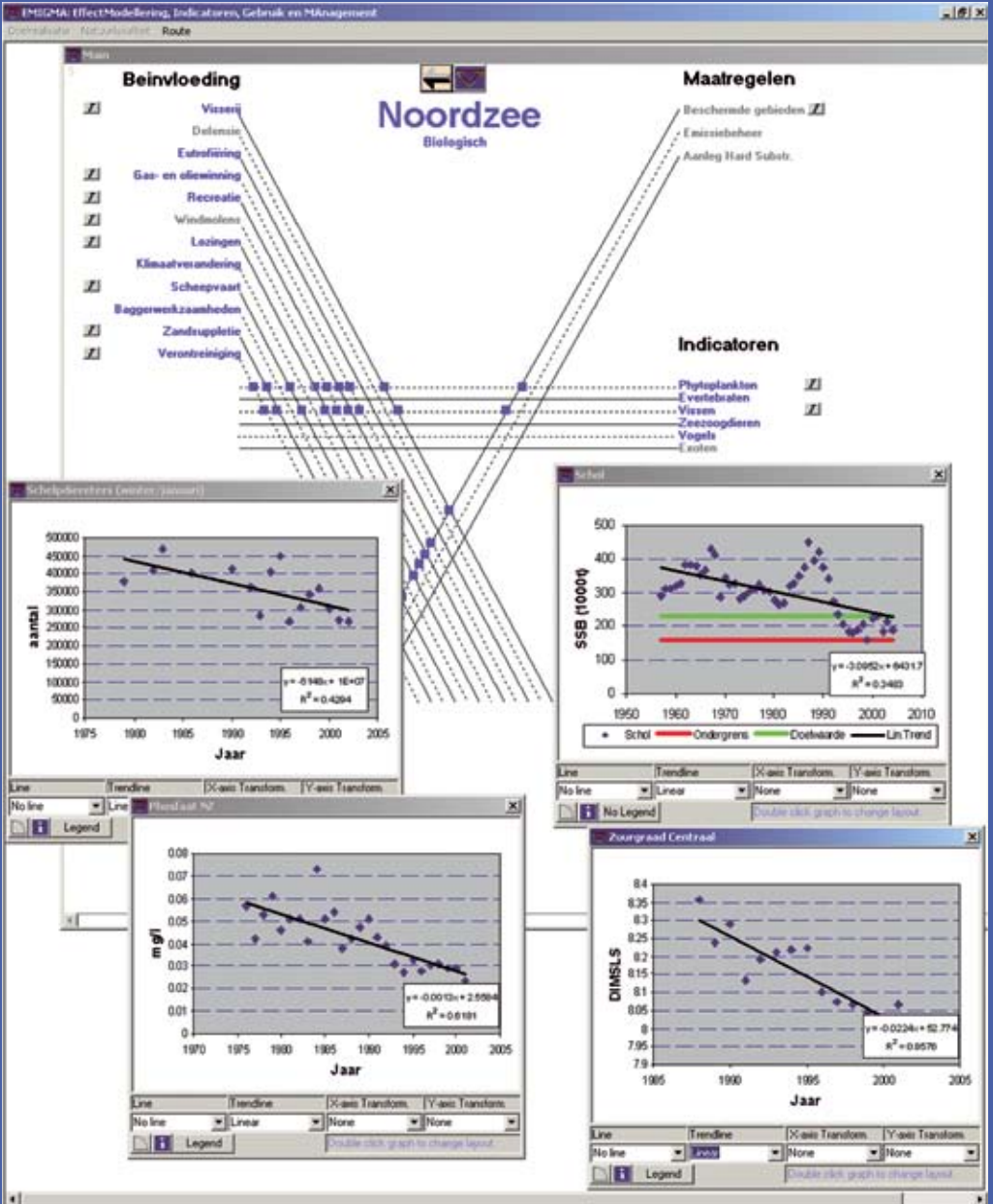
kennis gaan maken met brede maatschappelijke vraagstellingen. Hiervoor zullen de diverse mariene masteropleidingen aan de diverse universiteiten, uit verschillende disciplines en waar mogelijk met ondersteuning vanuit Koninklijk NIOZ en NIOO-KNAW, beter op elkaar worden afgestemd.

8.2 Kennisuitwisseling tussen beleid, wetenschap en maatschappij

De interactie van onderzoek en maatschappij moet niet alleen beperkt blijven tot op directeurs niveau. Bij het digitale informatieloket van het nationaal onderzoeksprogramma moet men naast kennisinformatie ook de mogelijkheid krijgen tot het stellen van vragen. Veelal zal men hiervoor doorverwijzen naar specialisten aanwezig in een van de deelnemende instellingen.

Voor kennisuitwisseling tussen beleid en wetenschap kan van verschillende bestaande platforms gebruik worden gemaakt:

- Thematische dagen zoals de Noordzeedagen als jaarlijkse ontmoetingsplaats tussen wetenschap en beleid; presentaties van behaalde resultaten, maar ook pro-actieve discussies met stakeholders over de vraagstelling voor nieuw onderzoek;
- Speciale sessies bij wetenschappelijke congressen zoals bv het Nederlands Aardwetenschappelijke Congres;
- Het Nederlands Centrum voor Kustonderzoek (NCK) waarin zowel onderzoeks- als beleidsinstellingen participeren
- Het Interdepartementale Directeuren Overleg Noordzee (IDON): de directeurs van de diverse departementen die met de Noordzee te maken hebben
- Een Waddenacademie, die een brug kan slaan naar regionale overheden in het waddengebied
- ICES als internationaal platform voor uitwisseling van wetenschappelijke kennis en afstemming van methoden voor monitoring en assessment. ICES beantwoordt kennisvragen voor OSPAR en EMS.
- *Marine Board* van de *European Science Foundation* voor nadere Europese afstemming tussen onderzoekinstellingen en financiers



Uitkomsten uit het EMIGMA model, dalende vogelaantallen, schollen, fosfaatgehalte en zuurgraad in het Nederlandse mariene gebied.

Dalende draagkracht: wetenschappelijke verklaringen en maatschappelijke consequenties

Om in 2006 zo snel mogelijk een start met actuele projecten te kunnen maken en ervaring op te doen voor het ontwikkelen van de voorgestelde MTI structuur wordt voorgesteld een pilot project op te starten gewijd aan een zeer actueel onderwerp in de Nederlandse kustwateren, waarbij een integrale aanpak vereist is en waaraan veel instituten kunnen bijdragen. De keuze is daarbij gevallen op de mogelijk veranderende draagkracht van het Nederlandse mariene systeem, de oorzaken hiervan en de consequenties voor beheer en gebruik.

Het laatste decennium is er een duidelijk dalende trend waargenomen van diverse vissoorten in Waddenzee en Noordzee en van bijvoorbeeld schelpdieren en schelpdier etende vogels in de Waddenzee (zie Figuur). Daartegenover staat een snel groeiend aantal zeezoogdieren. Dit leidt tot grote problemen voor de visserij en diverse NGOs maken zich zorgen over afnemende natuurwaarden. En wat gebeurt er met de draagkracht voor vogels als een invasieve soort zoals de Japanse oester ons toch al dalende mosselbestand in Oosterschelde en Waddenzee verdringt. Voor het toekomstig omgaan met visserij, natuur en waterkwaliteit is het van groot belang zo snel mogelijk te achterhalen wat er met de draagkracht van het ecosysteem in onze kustzone aan de hand is en hoe we hier beheersmatig op kunnen of moeten reageren. Om dat verantwoord te kunnen doen is een wetenschappelijk onderbouwde verklaring voor de waargenomen fenomenen noodzakelijk. Daarbij zijn meerdere mogelijkheden: er is een dalend fosfaatgehalte in de kustzone waargenomen, een daling van de pH in het gehele zeegebied, waarschijnlijk gedeeltelijk gekoppeld aan het stijgende CO₂ gehalte. Er zijn aanwijzingen dat de algen primaire productie daalt, maar of dit komt door veranderende nutriënten- of slibgehalten is nog niet duidelijk. Maar ook het klimaat verandert en dit kan leiden tot regiem verschuivingen. Het is ook mogelijk dat de dalende vis- of vogelbestanden worden veroorzaakt door menselijk handelen zoals visserij of verontreinigingen. En hoe verklaren we de toegenomen aantallen zeezoogdieren, gaat het bij ons zo goed, of elders juist zo slecht? Kunnen we in de opengevallen plekken in het ecosysteem meer van dit soort (invasieve) verschuivingen optreden en wat is het gevolg voor het totale voedselweb?

Om deze vragen wetenschappelijk verantwoord te kunnen beantwoorden is een integrale aanpak door participerende instituten noodzakelijk. Alleen een combinatie van monitoring, veldwerk, experimenten en modellering kan deze vragen beantwoorden.

Bij deze MTI-pilot zullen de concepten van gezamenlijke vraagarticulatie en integrated assessment worden ingezet. Om nog in 2006 van start te kunnen gaan, zal een in te stellen programmaraad aan de financierende departementen en instellingen concrete projectvoorstellen doen voor uit te voeren interdisciplinair onderzoek.

Bij een nadere uitwerking tot een MTI kan verder nog worden gedacht aan het organiseren van speciale activiteiten tussen departementen en onderzoekers:

- voor vraagformuleringen en/of begeleiding van projecten
- masterclasses voor kennisoverdracht naar ambtenaren of andere gebruikers waarbij bijvoorbeeld tijdens twee-daagse workshops actuele thema's interactief door de deelnemers van alle kanten worden doorgelicht.
- opstellen van speciale rapportages over actuele onderwerpen (pro-actief beleid)

Ten aanzien van kennisuitwisseling naar de maatschappij bestaan voor het IPY reeds vergevorderde plannen voor educatie, communicatie en *outreach*, die zowel inhoudelijk als organisatorisch nauw aansluiten op het kust- en zeeonderzoek. Het IPY kan als model fungeren om pro-actief het onderzoek te promoten via musea, scholen en verschillende relevante milieuorganisaties, zoals bijvoorbeeld de Stichting De Noordzee (SDN), om in voor leken begrijpelijke taal uit te leggen wat doelstelling, resultaten en voortgang van het zee- en kustonderzoek zijn. Er moet worden gezorgd dat er een continu aanwezig 'loket' is als ingang naar het onderzoek dat wijd gepubliceerd wordt als '*one-stop-shop*' voor informatie en achtergrond voor het gehele programma. Mogelijk dat een Waddenacademie ook een rol zou kunnen spelen bij dergelijke voorlichtingsactiviteiten.

8.3 Vraagarticulatie en vertaling van onderzoek via Integrated Assessment

Alleen (passieve) kennisuitwisseling tussen wetenschap en beleid, en alleen kennisoverdracht en educatie is, gegeven de complexiteit van de maatschappelijke vragen onvoldoende om te komen tot een bruikbare vraagarticulatie en bruikbare vertaling van onderzoeksresultaten. Voor dit probleem is in studies rond klimaatverandering een benadering ontwikkeld die wordt aangeduid als *Integrated Assessment* (IA). Hieronder wordt verstaan: een interdisciplinair proces van het combineren, interpreteren en

communiceren van kennis uit verschillende wetenschappelijke disciplines, op een zodanige wijze dat de hele reeks van oorzaak-effect relaties van een probleem vanuit een synoptisch perspectief kan worden gezien, met twee kenmerken: (i) het moet een toegevoegde waarde hebben boven een benadering vanuit een enkele discipline, en (ii) het moet bruikbare informatie opleveren voor besluitvormers.

Door IA toe te passen bij een (of meer) maatschappelijke opgaven rond kust en zee wordt ervaring opgedaan met deze benadering en kunnen zowel kwaliteit van de vraagarticulatie, als van de vertaling, van onderzoeksresultaten vergroot worden.

Appendix A Lijst met acroniemen

ACCO-net	<i>Arctic Circumpolar Coastal Observatory Network</i>
CKO	Centrum voor Klimaat Onderzoek
CoML	<i>Census of Marine Life</i>
DINO	Data en Informatie Nederlandse Ondergrond
DPSIR	Drivers-Pressure-State-Impact-Response
EcoQOs	<i>Ecological Quality Objectives</i>
EMIGMA	Effect Modelling Indicatoren, Gebruik en Management
EMS	Europese Mariene Strategie
EU	Europese Unie
GMES	<i>Global Monitoring for Environment and Security</i>
GOOS	<i>Global Ocean Observing System</i>
IA	<i>Integrated Assessment</i>
ICES	<i>International Council for the Exploration of the Sea</i>
ICSU	<i>International Council for Science</i>
ICT	Informatie en Communicatie Technologieën
IDON	Interdepartementaal Directeuren Overleg Noordzee
IGBP	<i>International Geo-Biosphere Programme</i>
INSPIRE	<i>Infrastructure for Spatial Information in Europe</i>
IOC-UNESCO	<i>Intergovernmental Oceanographic Commission</i>
IODP	<i>Integrated Ocean Drilling Programme</i>
IPCC	<i>Intergovernmental Panel on Climate Change</i>
IPY	<i>International Polar Year</i>
IWC	<i>International Whaling Committee</i>
KNMI	Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut
LOCO	<i>Longterm Ocean Climate Observations</i>
MPAs	<i>Marine Protected Areas</i>
MTI	Maatschappelijk Top Instituut
NCF	Stichting Nationale Computer Faciliteiten
NCK	Nederlands Centrum voor Kustonderzoek
NGO	Non Gouvernementele Organisaties
NOAA	<i>National Oceanic & Atmospheric Administration</i>
NODC	Nederlands Oceanografisch Data Centrum
NIOO-KNAW	Nederlands Instituut voor Oecologisch Onderzoek
NIOZ	Koninklijk Nederlands Instituut voor Onderzoek der Zee
OIO	Onderzoeker In Opleiding

OSPAR	Verdrag van Oslo-Parijs
REACH	<i>Registration, Evaluation and Authorisation of Chemicals</i>
RIVM	Rijksinstituut voor Volkshuisvesting en Milieu
RIVO-DLO	Nederlands Instituut voor Visserij Onderzoek
RMNO	Raad voor Milieu en Natuur Onderzoek
SCOR	<i>Scientific Commission on Ocean Research</i>
SDN	Stichting De Noordzee
SOHO	Self-Organizing Holarchic Open system
SRON	Stichting Ruimte Onderzoek Nederland
TNO	Nederlandse Organisatie voor toegepast-natuurwetenschappelijk onderzoek
V&W	Ministerie van Verkeer en Waterstaat
VN	Verenigde Naties
VHR	Vogel- en Habitatrichtlijnen
WCRP	<i>World Climate Research Programme</i>
WMO	<i>World Meteorological Organisation</i>
WL	Waterloopkundig Laboratorium Delft Hydraulics