

# Brug tussen Beleid en Onderzoek

Rapportage over het eerste  
BEON Meerjarenprogramma  
1988-1992

# Brug tussen beleid en onderzoek

RAPPORT VAN HET EERSTE BEON MEERJARENPROGRAMMA 1988-1992

5033

Redactiecommissie:

Paul Hagel,

Dienst Landbouwkundig Onderzoek, Rijksinstituut voor Visserij Onderzoek

Han Lindeboom,

Nederlands Instituut voor Onderzoek der Zee

Remi Laane,

Directoraat-Generaal Rijkswaterstaat, Dienst Getijdewateren

Jan Visser,

Programma Bureau BEON

Dit rapport geeft de resultaten van onderzoek gedaan in het kader van het eerste BEON programma 1988-1992. De inhoud is de neerslag van een in november van 1992 gehouden workshop. Commentaar is geleverd door het Directeuren Overleg - het Overleg Departementale Contactpersonen - en de Coördinatiegroep BEON.

BEON Programma

Directeuren Overleg Ecologie Noordzee/Waddenzee

(IBN-DLO, IMW-TNO, NIOO-CEMO, NIOZ, RIVM, RIVO-DLO, RWS-DGW, RWS-DNZ, WL)

Overleg Departementale Contactpersonen BEON

(Def., EZ, LNV, O&W, VROM, V&W)

Programma Coördinatie:

Programma Bureau BEON

Den Haag, 15 april 1993

BEON Rapportnr. 21

ISSN 0924-6576



## Inleiding

### BEON als kennisreservoir voor beleids-onderbouwing

GESPREK MET JAN VISSER,  
HOOFD PROGRAMMA BUREAU BEON (BELEIDSGERICHT ECOLOGISCH  
ONDERZOEK NOORDZEE/WADDENZEE)

#### *Waarom BEON?*

BEON is de naam voor het samenwerkingsverband dat vijf jaar geleden in het leven is geroepen om het beleid op gecoördineerde en efficiënte wijze te voorzien van beleidsrelevante kennis van de verschillende onderzoeksinstanties over de Noordzee. Voordat BEON werd opgericht, vertoonde het Noordzee-onderzoek nauwelijks samenhang omdat het door de verschillende instellingen afzonderlijk werd uitgevoerd. Het beleid kon daardoor moeizaam met de resultaten uit de voeten. BEON verbetert de relatie tussen onderzoek en beleid.

Het initiatief werd ingegeven door de Nota Harmonisatie Noordzeebeleid, waarin werd geconstateerd dat voor een goede beleidsinvulling op veel terreinen relevante kennis over de Noordzee ontbrak. Zo ook op het gebied van het functioneren van het Noordzeemilieu. Dit heeft ertoe geleid dat we ons nu - dank zij BEON - in de unieke situatie bevinden dat de Noordzee-problematiek in ons land op integrale wijze wordt bestudeerd.

#### *Is niet één van de bijkomende uitgangspunten voor BEON het bewerkstelligen van samenwerking van de onderzoeksinstanties onderling?*

Ja, samenwerking stond voorop. Evenwel niet op alle onderzoeks-terreinen. Het eerste meerjarenprogramma 1988-92 richtte zich op drie speerpunten: eutrofiëring (de sterke toename van algengroei door overmatige toevoer van voedingsstoffen), bronnen en effecten van microverontreinigingen en de bodemverstoring door de visserij.

#### *Hoe geslaagd is die samenwerking?*

Het is geen gemakkelijke stap geweest die we met BEON hebben gezet. Het evaluatierapport, dat een jaar geleden is verschenen, getuigt ervan. Samenwerking blijkt gemakkelijker in theorie dan in de praktijk. Toch blijft iedereen er nog steeds van overtuigd dat we de relatie tussen beleid en onderzoek met vereende kracht moeten bevorderen en dat we ons samenwerkingsverband in BEON moeten voortzetten. Dit ondanks het feit dat je nu eenmaal niet kunt verwachten dat instellingen die zo lang op eigen

houtje hebben gewerkt op een dergelijk betrekkelijk korte termijn succesvol met elkaar en met het beleid gaan samenwerken.

Je zou kunnen zeggen dat we ons in een 'ontkokeringsproces' bevinden dat gepaard gaat met allerlei moeilijk vermijdbare strubbelingen. Als programmacoördinator ben ik blij dat BEON vooruitgang heeft mogen boeken op het gebied van samenwerking op de genoemde speerpunten, al hebben we ons doel nog lang niet bereikt. Een tastbaar resultaat is de verbetering van de uitwisseling van informatie en toepassing van gezamenlijke resultaten in nationale en internationale beleidsnota's, zoals de derde Nota Waterhuishouding en het Quality Status Report van de Noordzee.

*Nog even terug naar de verhouding tussen beleid en onderzoek. Hoe komt het dat de communicatie tussen die twee werelden zo stroef verloopt?*

Een wetenschapper die zich met onderzoek bezighoudt is vaak een specialist. Hij richt zich uitsluitend op het vergaren van feiten die een relatief klein gebied bestrijken. Een beleidsmedewerker kan zich niet uitsluitend op die feiten richten maar moet daarnaast ook rekening houden met andere factoren zoals economische en sociale omstandigheden, internationale afspraken. Hierdoor botsen die werelden weleens. Een onderzoeker kan er maar moeilijk begrip voor opbrengen dat het beleid besluiten neemt die niet uitsluitend gebaseerd zijn op de door hem aangeleverde informatie. Een wetenschapper mag echter niet de pretentie hebben dat zijn wetenschappelijke mening verheven wordt tot maatschappelijke norm. Het is de taak van een wetenschapper wetenschappelijk onderbouwde kennis aan te leveren. Hoewel hij advies kan aanreiken en signalen kan afgeven, blijft het de verantwoordelijkheid van de beleidsmedewerker aan te geven welke normen gehanteerd kunnen worden.

*Ook op basis van de onderzoeksgegevens binnen het algemene belangenveld, neem ik aan...*

Ja, met het advies en de gegeven signalen van de onderzoeker in het achterhoofd vertaalt de beleidsmedewerker de wetenschappelijke informatie naar beleid, onder meer op basis van de maatschappelijk gevoerde discussie. Hij wordt hierbij geholpen als de onderzoeker de wetenschappelijke kennis zodanig presenteert dat er keuzes gemaakt kunnen worden. Hoe dan ook, de politiek beslist. Hierbij wordt in toenemende mate het accent gelegd op het gebruik van het Noordzeesysteem en de daaraan - als gevolg van de door het beleid aangebrachte beperkingen - verbonden consequenties.

Dit betekent echter niet dat, evenmin als de onderzoeker dat mag, de beleidsmedewerker zich na gedane arbeid kan terugtrek-

ken. Op hem berust evengoed de taak een stimulerende rol te spelen door aanzetten te geven voor bijvoorbeeld een geharmoniseerde maatschappelijke aanpak en het duidelijk aangeven van de zaken waarop het onderzoek zich kan richten. Voorwaarde is dat onderzoekers en beleidsmedewerkers openstaan voor elkaars ideeën en problemen en - ook in moeilijke tijden - in dialoog met elkaar blijven. BEON fungeert hiervoor als platform en katalysator. Nu het eerste meerjarenprogramma is afgesloten, kunnen we stellen dat we op de goede weg zijn. Het is de weg naar een succesvol samenwerkingsverband met BEON als kennisreservoir voor beleidsonderbouwing.

**BEON - Beleidsgericht Ecologisch Onderzoek Noordzee en Waddenzee: een Nederlands samenwerkingsverband van departementen en onderzoeksinstituten voor beleidsrelevante kennis over de beïnvloedingen van het ecosysteem van de Noordzee.**

BEON Organisatie						
Beleid				Onderzoek		
Minsteries	ICONA IWC ICZO	DCP		DO	Coördinatie- Groep	Werk- groepen  Project- groepen
			DEF EZ LNV O&W VROM V&W voorzitter			
<b>Programma Bureau BEON</b>						

BEON	Beleidsgericht Ecologisch Onderzoek Noordzee en Waddenzee	DGW-RWS	Dienst Getijdewateren- Rijkswaterstaat (Den Haag)
ICONA	Interdepartementale Commissie voor Noordzeeaanleggenheden	DNZ-RWS	Directie Noordzee - Rijkswaterstaat (Rijswijk)
IWC	Interdepartementale Wadden Commissie	IBN-DLO	Instituut voor Bos- en Natuuronderzoek - Dienst Landbouwkundig Onderzoek (Wageningen)
ICZO	Interdepartementale Commissie voor Zee Onderzoek	IMW-TNO	Instituut voor Milieuwetenschappen-TNO (Delft)
DCP	Overleg Departementale Contact Personen BEON	NIOO-CEMO	Nederlands Instituut voor Oecologisch Onderzoek- Centrum voor Estuarine en Mariene Oecologie (Yerseke)
DEF	Defensie	NIOZ	Nederlands Instituut voor Onderzoek der Zee (Den Burg Texel)
O&W	Onderwijs en Wetenschappen	RIVM	Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieuhygiëne
EZ	Economische Zaken	RIVO-DLO	Rijksinstituut voor Visserij Onderzoek - Dienst Landbouwkundig Onderzoek (IJmuiden)
LN	Landbouw, Natuurbeheer en Visserij	WL	Waterloopkundig Laboratorium (Delft)
VROM	Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieu		
V&W	Verkeer en Waterstaat		
DO	Directeuren Overleg Ecologie Noordzee Waddenzee		



## Inleiding

In het in 1986 opgerichte samenwerkingsverband BEON werden de krachten gebundeld van zes departementen en negen onderzoeksinstellingen om een zodanig samenhangend beeld tot stand te brengen van het functioneren van het Noordzee-ecosysteem dat men de gevolgen van menselijk handelen en maatregelen kon bepalen en bij voorkeur ook voorstellen.

### Algemene doelstellingen:

- \* Verkrijgen van meer inzicht in het ecosysteem van de Noordzee, de Waddenzee en de estuaria in relatie tot de menselijke beïnvloeding en het maatschappelijk gebruik.
- \* Bevorderen van kennisoverdracht en samenwerking tussen beleid en onderzoek.
- \* Bevorderen van de internationalisering van onderzoek en van het gebruik en de toepassing van kennis in beleid en beheer.

### Speerpunten

Om het onderzoek naar de gevolgen van menselijk handelen op het Noordzee-ecosysteem te structureren zijn de volgende drie menselijke beïnvloedingen als speerpunten voor het eerste onderzoeksprogramma 1988-1992 gekozen:

- \* eutrofiëring;
- \* microverontreinigingen;
- \* bodemverstoring door bodemvisserij.

Eutrofiëring houdt zich bezig met de invloed van extra door de mens in het systeem ingebrachte voedingsstoffen. De bronnen hiervan liggen doorgaans op het land (landbouw, huishoudens, industrie). Dit geldt in belangrijke mate ook voor de

microverontreinigingen. De visserij, daarentegen, is een invloed die direct op zee plaatsheeft.

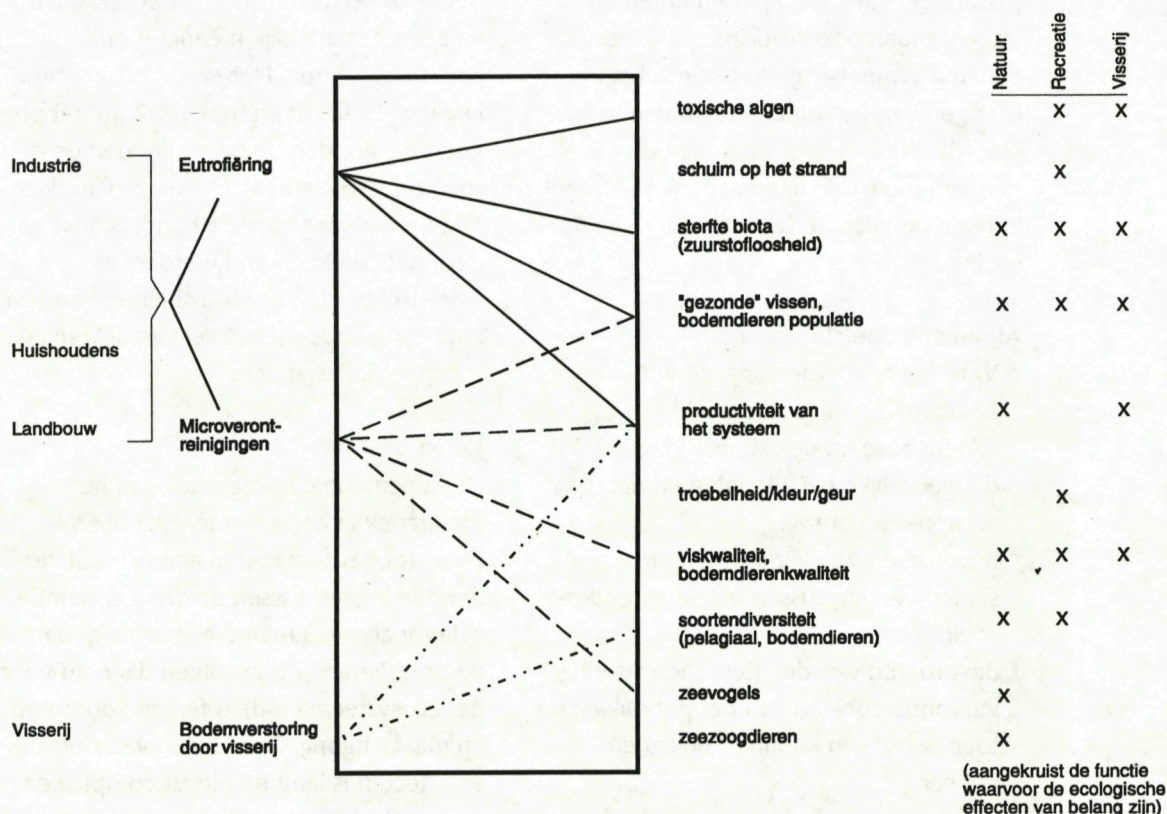
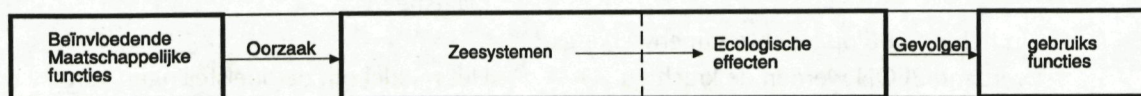
Het middel om de doelstellingen van BEON te verwezenlijken is het opstellen van een gezamenlijk meerjarig onderzoeksprogramma. Het eerste programma liep van 1988 tot en met 1992. In dat programma stonden de bovengenoemde drie speerpunten centraal. De keuze van deze drie thema's lag voor de hand, omdat ze door het beleid erkend werden als Noordzeebrede beleidsproblemen, en een koppeling hadden met vele actuele maatschappelijke aspecten.

### Keten

Het algemene uitgangspunt van het onderzoek in het gezamenlijke BEON-onderzoek is te trachten een causaal verband te leggen tussen de drie genoemde categorieën van menselijke beïnvloeding, de oorzaken en de gevolgen daarvan voor het ecosysteem en de effecten voor mens en maatschappij. Deze keten van oorzaak en effecten is lang en uiterst complex en daarom is deze ten behoeve van de structurering van het onderzoek opgedeeld in de volgende onderwerpen:

- \* bronnen;
- \* trends;
- \* transport;
- \* speciatie;
- \* ecologische effecten;
- \* menselijke effecten;
- \* maatschappelijke effecten;
- \* risico-analyse;
- \* oplossingsgericht onderzoek.

# Keten van oorzaak en effecten



## Samenwerking

Aangezien het BEON-onderzoek gericht is op de Noordzee, de Waddenzee en de estuaria van ons land, en voornamelijk is gefinancierd met Nederlandse fondsen, is het niet verwonderlijk dat het Nederlandse deel van de zee centraal staat in de onderzoeksresultaten. In de afgelopen vijf jaar is door de instituten ook internationaal samengewerkt, zodat ook gegevens konden worden verzameld van de hele Noordzee. Een volledig beeld van het ecosysteem kon ontstaan dank zij deze gegevens.

BEON is onder andere vertegenwoordigd in de North Sea Task Force (NSTF). De NSTF is een overlegorgaan waarin de Noordzeelanden en verschillende organisaties zijn vertegenwoordigd. De taak van NSTF is een Noordzeebrede afstemming van onderzoek als onderbouwing voor het internationale Noordzeebeleid. Dit jaar wordt door de NSTF een Quality Status Report van de Noordzee afgerond. Hierin is ook de kennis uit het BEON-circuit gebruikt. BEON-kennis is ook gebruikt in het Internationaal Waddenoeverleg.

### **Kaart**

Studies met betrekking tot de Noordzee en de Waddenzee hebben vaak betrekking op onderdelen van het gebied. Het zijn onderdelen die onderling een verschillend gedragspatroon vertonen waarvan ook de eigenschappen onderling verschillen.

Onderdelen die regelmatig in dit rapport worden genoemd zijn:

- \* de estuaria;
- \* de kustzone;
- \* de Waddenzee;
- \* het Friese Front;
- \* de centrale Noordzee;
- \* de zuidelijke bocht;
- \* de noordelijke Noordzee.

Op de kaart op pagina 10 zijn deze onderdelen aangegeven. Hoewel de aangegeven grenzen niet als zeer star moet worden beschouwd, geeft de kaart een goede indicatie van de omvang en ligging van deze gebieden.

### **Verantwoording**

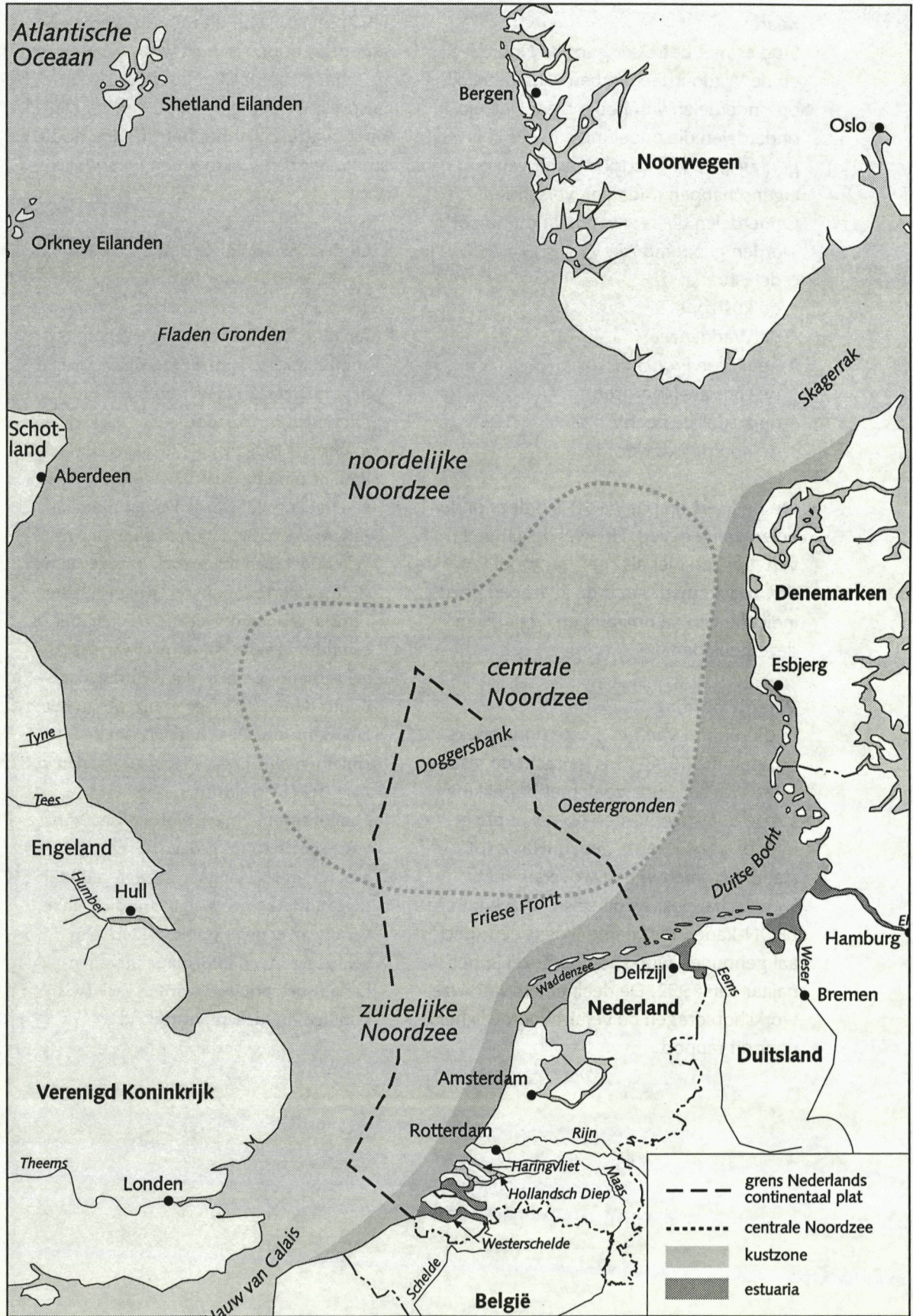
In dit rapport van het eerste onderzoeksprogramma 1988-92 is getracht de resultaten van het onderzoek met betrekking tot de drie speerpunten op beknopte en directe wijze weer te geven. Het is tot stand gekomen in nauw overleg met wetenschappers en beleidsmedewerkers in BEON-kader, met name tijdens een speciaal gehouden workshop op Texel in het najaar van 1992. De deelnemers van deze workshop dragen de verantwoordelijkheid voor dit rapport.

Elk hoofdstuk van dit rapport wordt voorafgegaan door een kort vraaggesprek met de verantwoordelijke redacteur. Deze gesprekken zijn te beschouwen als een samenvatting van het betreffende hoofdstuk maar dan wel met een persoonlijk accent.

### **Onderzoekstechnieken**

In het BEON-onderzoek is gebruik gemaakt van vele technieken. Veelal leveren deze technieken, mits toegepast in combinatie, een grote meerwaarde aan het onderzoek. Klassiek en nog steeds relevant zijn veldstudies door middel van onderzoeksschepen die met speciale faciliteiten zijn uitgerust. Naast waarnemingen in het 'veld' worden experimenten uitgevoerd in het laboratorium. Steeds vaker doet men onderzoek in zogenaamde 'mesocosms', ook wel 'semi-velddlaboratoria' genoemd. Het zijn bakken met een inhoud van 1 m<sup>3</sup> of meer waarin de veldsituatie veel beter kan worden nagebootst dan in de 'reageerbuizen' van het laboratorium. De resultaten van de experimenten blijken vaak beter te vertalen naar de echte veldsituatie.

Langdurige metingen worden vaak vanaf vaste meetstations gedaan, terwijl men met remote-sensing technieken gelijktijdige indrukken verkrijgt van ruimtelijke variatie over grote oppervlakten. Om de vele gegevens en informatie in samenhang te beschouwen worden vaak (wiskundige) modellen ontwikkeld.





# 1 Eutrofiëring

## Hoogste tijd voor een echt integrale aanpak

GESPREK MET HAN LINDEBOOM, HOOFD  
AFDELING BELEIDSGERICHT WETENSCHAPPELIJK ONDERZOEK, NEDERLANDS  
INSTITUUT VOOR HET ONDERZOEK DER ZEE

*Wat is het belangrijkste resultaat van vijf jaar onderzoek naar eutrofiëring?*

Dat je stikstof en fosfor niet zomaar op één hoop moet gooien, zoals in het verleden gebeurde, maar dat je de verhouding waarin ze voorkomen goed moet bekijken. Die verhouding bepaalt voor een deel de effecten van eutrofiëring in de zee. De soorten-samenstelling van algen wordt beïnvloed door de verhouding stikstof, fosfaat en silicaat. Op silicaat na worden deze stoffen beïnvloed door de mens. Eutrofiëring op zee is in de eerste plaats een gevolg van bronnen op het land, zoals de landbouw.

*Het probleem ligt dus op het land...*

Ja, en daar moet het opgelost worden, want de zee mag er dan wel wat wrange vruchten van plukken, de zoetwatersystemen hebben er nog veel meer last van. Eutrofiëring is een probleem dat alleen opgelost kan worden als we het daadwerkelijk integraal aanpakken. De tijd van brandjes blussen is voorbij, we moeten nu de bron aan gaan pakken en een goed begrip krijgen van het totale systeem. Hierbij moeten we er ook aan denken dat we de verspreiding van eutrofiërende stoffen kunnen beïnvloeden.

*U pleit dus voor een integrale aanpak van het onderzoek naar eutrofiëring...*

Inderdaad. we moeten onderzoeken wat de relatie is tussen eutrofiëring en visserij, bijvoorbeeld. Algen komen en algen gaan, maar waar ligt dat aan? Is er een natuurlijke oorzaak? Of is de mens met zijn overvloedige voedingsstoffenafvoer de boosdoener? We moeten de zaak ook multidisciplinair bekijken. Het systeem is erbij gebaat als we al onze wetenschappelijke disciplines bundelen: fysica, chemie en biologie tezamen geven een integraal beeld van de problematiek.

*Voor een dergelijke aanpak lijkt mij samenwerking onontbeerlijk.*

Ja, maar samenwerking is ook niet zaligmakend. Je kunt alleen samenwerken als je samen iets te delen hebt. Wetenschap ontplooit zich min of meer spontaan en kan niet altijd opgedrongen

worden. Maar, willen we inderdaad een stap verder komen in het begrip van het gigantische systeem Noordzee, dan moeten we over elkaars gegevens beschikken en samenwerken.

*In 1987 meende men dat de uitstoot van eutrofiëring opwekkende stoffen moest worden teruggebracht met 50%.*

Ja, en dat was een goed scenario ook al was het nog niet wetenschappelijk onderbouwd. Die 50% reductie, die toen is gesteld, wordt voor fosfaat wel bereikt, onder andere door het verbod op fosfaten in wasmiddelen. Alleen de reductie van stikstof is achtergebleven. En dat is zorgelijk als we bedenken dat een te grote verschuiving in de stikstof-fosfor verhoudingen tot ongewenste algenbloeien kan leiden. Toch lijkt 50% reductie van fosfaat en stikstof me voldoende voor wat de zee als geheel betreft. Hoewel, als je het hebt over het terugdringen van de voorjaarsbloei in de kustzone, dan is 50% waarschijnlijk onvoldoende. Ik maak me meer zorgen over de kwaliteit van rivier- en grondwater. De tijd lijkt gekomen voor een echt integrale aanpak van de totale eutrofiëringsproblematiek in grondwater, zoet oppervlaktewater en zeewater.

*Wat heeft nu voor u de prioriteit in het eutrofiëringsonderzoek?*

We zullen nog eens goed moeten kijken naar de invloed van het weer op de omvang van algenbloeien en zuurstofloosheid. We moeten er nu alles aan doen om het complexe systeem Noordzee in kaart te brengen. Want die kennis is onontbeerlijk voor het beleid van de toekomst. Onderzoeksonderwerpen zijn onder andere de rol van het microzoöplankton, de doorwerking naar hogere trofische niveaus. Verder ontbreekt er kennis over de effecten van veranderende fosfor-stikstofverhoudingen op planktonpopulaties en de toxiciteit van algen. Ook de daadwerkelijke oorzaak van schuimvorming blijft onduidelijk.

*Is eutrofiëring nu goed of slecht?*

Teveel eutrofiëring is slecht, want het leidt tot allerlei ongewenste bijverschijnselen, zoals zuurstofloosheid en verhoogd risico van giftige algenbloeien. Laten we echter niet vergeten dat dank zij natuurlijke eutrofiëring de Noordzee één van de rijkste visgebieden is van de wereld. Kortom, er zitten goede en slechte kanten aan eutrofiëring. Voor toekomstig beleid is het nu de kunst de gulden middenweg te vinden.

••••••••••

## Eutrofiëring: goed of slecht?

Aan de basis van het voedselweb staan de algen, de zogenaamde primaire producenten. In 1988 was nog niet bekend wat de betrekkingen waren tussen de primaire productie en de andere componenten van het systeem: bacteriën, dierlijk plankton, bodemdieren, vissen, zeezoogdieren en vogels. Er was niet alleen dringend kennis nodig over de eerste schakel in het web, de relatie tussen de aanvoer van voedingsstoffen (nutriënten) en de primaire productie, maar ook over de doorwerking hiervan in de andere componenten van het systeem. Al in een vroeg stadium besloot men de analyse van de eutrofiëringsproblematiek op integrale wijze tot stand te laten komen.

Met betrekking tot de inbreng van voedingsstoffen heeft het beleid drie vragen gesteld die dienden als uitgangspunt voor het eutrofiëringsonderdeel van het BEON-uitvoeringsprogramma 1988-92.

- \* Welke voorwaarden zijn te stellen vanuit de kwaliteit van de zee aan de aanvoer van voedingsstoffen (via rivieren, atmosfeer, oceaan, directe dumpingen) in de zee?
- \* Welke voorwaarden zijn te stellen aan de kwaliteit van de zee, gezien vanuit kwaliteitseisen van estuaria en wadden?
- \* Wat zijn de te verwachten verbeteringen in termen van concentraties en effecten als gevolg van beleidsmaatregelen met betrekking tot de aanvoer?

Op de tweede Noordzee Ministersconferentie in 1987 is afgesproken dat de door de mens veroorzaakte aanvoer van stikstof (N) en fosfor (P) in 1995 met 50% gereduceerd moet zijn ten

opzichte van 1985 in die gebieden waar de 'overmaat' aan aanvoer van voedingsstoffen direct of indirect problemen veroorzaakt.

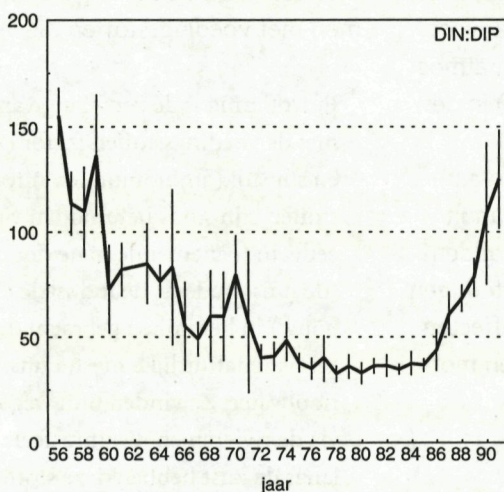
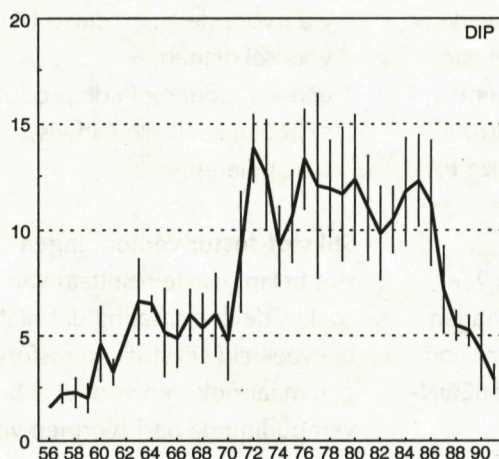
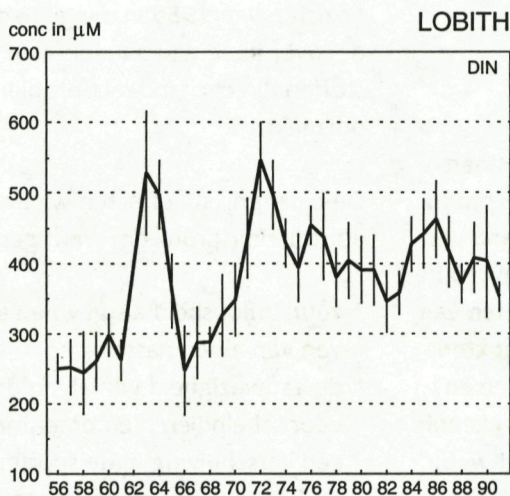
De belangrijkste effecten waaraan het eutrofiëringsprobleem werd gerelateerd zijn:

- \* zuurstofloosheid als gevolg van afsterven van algenmassa's;
- \* de aanwezigheid van algen die giftig zijn voor schelpdieren en predatoren;
- \* een verschuiving in de soortensamenstelling van algen, met mogelijke doorwerking naar hogere trofische niveaus waarvoor de algen direct of indirect als voedsel dienen;
- \* een verandering in de productie van het systeem, zoals die van vissen, schaal- en schelpdieren.

### Stikstof-fosfor verhoudingen

Het belangrijkste resultaat van het onderzoek is de constatering dat niet alleen de hoeveelheid stikstof- en fosforverbindingen maar ook - en vooral - hun onderlinge verhouding de basis vormen voor het eutrofiëringsprobleem. Onder eutrofiëring verstaan we de belasting van watersystemen met voedingsstoffen die veroorzaakt

Eutrofiëring is de verrijking van de zee met de voedingsstoffen fosfor (fosfaten) en stikstof (ammonium en nitraat). Deze stoffen zijn sinds het midden van deze eeuw in toenemende mate door de mens (de huishoudens, de industrie en de landbouw) in het milieu gebracht door lozingen van natuurlijke mest, kunstmest en rioolwater. Ze vinden hun weg naar zee via de rivieren en de atmosfeer. Vooral langs de kust hebben deze stoffen geleid tot gestegen algenconcentraties en in enkele gebieden tot een verhoogde kans op zuurstofloosheid.



*Concentratieverloop van anorganisch stikstof (DIN), opgelost fosfaat (DIP) en hun ratio in de Rijn bij Lobith in de maanden januari-maart*

is door menselijk handelen en dus groter is dan de natuurlijke belasting. Eutrofiëring leidt tot overmatige algengroei.

Onderzoek heeft uitgewezen dat de voedingsstoffen fosfor en stikstof in de kustzone de belangrijkste controlerende factoren zijn voor de ontwikkeling van algenbiomassa's. In de open zee blijkt stikstof de belangrijkste controlerende factor.

Gebleken is dat vooral in de kustzone de beschikbaarheid van licht een belangrijke factor is voor algen. Het is daarom zinvol verticale absorptie in de waterkolom routinematig te meten, vooral in samenhang met eventuele veranderingen in de slibhuishouding van de (zuidelijke) Noordzee.

#### Bronnen

Belangrijke voedingsstoffenbronnen voor de Noordzee en de Waddenzee zijn de rivieren, de atmosfeer en de oceaan. Vijf jaar geleden was er relatief veel bekend over de toevoer van de voedingsstoffen door rivieren, maar veel minder door de andere bronnen. De atmosferische aanvoer van fosfor is klein ten opzichte van de andere bronnen.

In het algemeen kan worden gesteld dat de aanvoer van voedingsstoffen vanuit de atmosfeer in de kustzone gemiddeld over het jaar voor stikstof maximaal 10% is. Daar staat tegenover dat depositie van stikstofverbindingen lokaal (bijvoorbeeld in de kustzone van de Noordzee) een belangrijke rol kan spelen onder nutriëntbeperkende omstandigheden in de zomer.

De oceaan is een belangrijke bron van voedingsstoffen voor de Noordzee. Zowel via het Kanaal als over de noordrand komen aanzienlijke hoeveelheden voedingsstoffen naar binnen. Schattingen lopen zeer sterk uiteen. Huidige gegevens zijn 2 tot 2,3 maal hoger dan die in eer-

dere wetenschappelijke literatuur werden genoemd. Duidelijk is gebleken dat de aanvoer vanuit de oceaan zeer variabel is en er geen trend valt waar te nemen. Bovendien wordt de grootte van de voedingsstoffenaanvoer sterk bepaald door de oceaan. Gemiddeld over de gehele Noordzee is de natuurlijke aanvoer van voedingsstoffen vanuit de oceaan tientallen malen groter dan de aanvoer via rivieren. In de kustzone, waar de problemen zich concentreren, overheerst echter de rivieraanvoer. We moeten niet vergeten dat de antropogene fractie in de voedingsstoffenconcentratie in het Kanaalwater vele malen kleiner is dan in het rivierwater.

### Trends

Trends in de voedingsstoffenconcentraties in de rivieren over de afgelopen jaren zijn goed bekend. Aangetoond is dat de orthofosfaatvrachten de laatste jaren duidelijk zijn afgenomen, terwijl ook een afname in totaal-fosforvrachten is geconstateerd. De vrachten van totaal stikstof zijn tot nu toe niet of nauwelijks afgenomen. Dit heeft geresulteerd in een toegenomen stikstof-fosforverhouding in de door de Rijn aangevoerde voedingsstoffen. De afgelopen decennia heeft zich door de toename van de zuiveringscapaciteit een verschuiving voorgedaan in de ratio van ammonium naar nitraat als voornaamste anorganische stikstofverbinding in de aanvoer door de Rijn naar het kustgebied van de Noordzee.

Veranderingen in de concentratie voedingsstoffen in zee kunnen het duidelijkst gevolgd worden door het bestuderen van de winterconcentraties. 's Winters is de opname van voedingsstoffen het kleinst zodat de concentraties voornamelijk bepaald worden door menging. In de kustzone vertonen de wintervoedingsstoffenconcentraties aanzienlijke fluctuaties. De ammoniumconcentratie is de

afgelopen vijftien jaar ongeveer gehalveerd. De concentratie orthofosfaat in de Nederlandse kustzone in de winter is in deze periode ook teruggelopen, evenals de totale fosforconcentratie. Als we de fosfaatconcentraties echter corrigeren voor het zoutgehalte (waardoor de waarnemingen in de tijd goed vergeleken kunnen worden), dan zien we dat er bij een bepaald zoutgehalte geen afname meer is waar te nemen. In de Rijn bij Lobith is een duidelijke daling waargenomen in de concentratie orthofosfaat. Bij de uitwateringspunten in het IJsselmeer en bij het Haringvliet is deze daling ook te zien; echter bij Rotterdam minder sterk. Hier wordt door de kunstmestfabrieken een hoeveelheid fosfaat in het water gebracht die de ingezette daling ongeveer halveert.

In de open zee zijn geen specifieke trends in voedingsstoffenconcentraties waargenomen. In de lente en in de zomer nemen de opgeloste voedingsstoffenconcentraties af en wel zodanig dat één of meer voedingsstoffen de algengroei beperken. In deze situatie is elke aanvoer van voedingsstoffen vanuit de rivieren, de atmosfeer, de oceaan, de bodem, vanuit andere waterlagen of door afbraak van organisch materiaal van directe invloed voor de primaire produktie. Voor het vaststellen van trends in de antropogene voedingsstoffenbelasting in de Nederlandse kustzone is het in de toekomst voldoende de riviervrachten en -concentraties goed te meten. Voor bijvoorbeeld het bepalen van de relatie tussen de antropogene bijdrage en de natuurlijke variatie in voedingsstoffen blijft monitoring op zee nodig. Daarnaast blijft het voor het volgen van de effecten van reducties op zee nodig ook de concentraties in het kustwater te meten. Veldwaarnemingen zijn noodzakelijk voor validatie en calibratie van modellen.

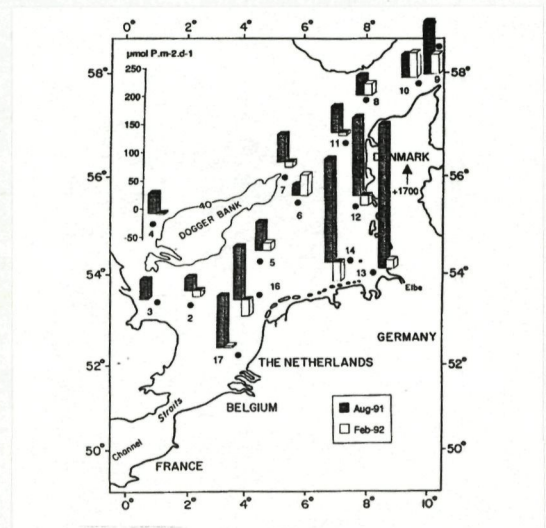
### Transport en speciatie

Transport van voedingsstoffen is nauw gerelateerd aan de waterbewegingen. In het thema speciatie wordt vooral het belang onderzocht van de bodem als bron of put in de voedingsstoffencycli. In dit onderzoek onderscheiden we de directe bijdrage van de bodem in de 'recycling' van stikstof en fosfor, de rol van de bodem als opslagplaats voor voedingsstoffen en de vastlegging of verwijdering van voedingsstoffen.

De directe bijdrage van de bodem in de 'recycling' van stikstof en fosfor, de directe vastlegging en verwijdering zijn in kaart gebracht. In de Duitse Bocht is de nalevering van voedingsstoffen uit de bodem groot genoeg om direct algenbloeien te kunnen veroorzaken. In de bodem van het Friese Front en de Oestergronden wordt een deel van de algenproductie van de gehele Zuidelijke Bocht geregenereerd. Hier kan nalevering van stikstof en fosfor met name in de zomermaanden aanleiding zijn voor verhoogde algenconcentraties. Verwijdering van stikstof door denitrificatie is op het Nederlands continentaal plat relatief klein ten opzichte van de belasting vanuit de Rijn. Transport, speciatie, ophoping en verwijdering op een Noordzeebrede schaal van stikstof en fosfor maar ook sedimentatie van voedingsstoffen zijn echter nog onvoldoende onderzocht. Om een indruk te krijgen van de te verwachten najeffecten uit de bodem na vergaande reducties en de daarbij passende herstelperiode is kennis over de rol van de bodem in deze processen gewenst.

### Ecologische effecten

Uit veldonderzoek is naar voren gekomen dat lage zuurstofconcentraties niet vaak worden waargenomen in het Nederlandse deel van de Noordzee. Slechts op plaatsen waar organische stof zich tijdelijk ophoopt



*Sediment-water uitwisseling van fosfaat ( $\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{d}^{-1}$ ) gemeten tijdens de INP-BELS tochten in augustus 1991 en februari 1992. Alleen diep in de Duitse Bocht (13) is de nalevering vanuit de bodem in de zomer groot genoeg om direct algenbloei te kunnen veroorzaken. Data Slomp & van Raaphorst (NIOZ)*

onder gestratificeerde omstandigheden (bijvoorbeeld in de Oestergronden) zijn verlaagde concentraties gemeten. Uit de veldgegevens en later uit de modellen bleek dat lage zuurstofwaarden in deze depositiegebieden alleen voorkomen onder extreem rustige weersomstandigheden. Als het een hele tijd kalm mooi weer is geweest, is de stratificatie van de waterlagen zeer stabiel en neemt de zuurstofconcentratie in de onderlaag sterk af. Dit sluit echter niet uit dat het risico van lage zuurstofconcentraties verband houdt met eutrofiëring. Het verdient aanbeveling de monitoring van zuurstof onder gestratificeerde omstandigheden voort te zetten. Modelberekeningen geven aan dat bij een 50% reductie van stikstof de Oestergronden uit de gevarenzone zijn. Tijdens de voorjaarspiek hangt de biomas-

sa van het plantaardig plankton af van de beschikbare hoeveelheden voedingsstoffen. In de kustzone is de afgelopen decennia een stijgende of gelijkblijvende algenbiomassa waargenomen. Dit blijkt onder meer uit waarnemingen in het Marsdiep. Bij verminderde voedingsstoffenbelasting zal de algenbiomassa in de kustzone tijdens de voorjaarspiek afnemen. Of de jaarlijkse gemiddelden echter veranderen is onzeker, omdat de zomerbloeien mogelijk via andere reguleringsmechanismen dan alleen voedingsstoffen gestuurd worden, zoals begrazing en weersomstandigheden.

De soortensamenstelling van algen blijkt in belangrijke mate af te hangen van het absolute niveau van voedingsstoffen (inclusief silicaat), van de stikstof-fosfor verhouding en van de verhouding tussen ammonium en nitraat. Als in deze hoeveelheden en/of verhoudingen verschuivingen optreden, zullen andere algensoorten of -vormen dominant worden.

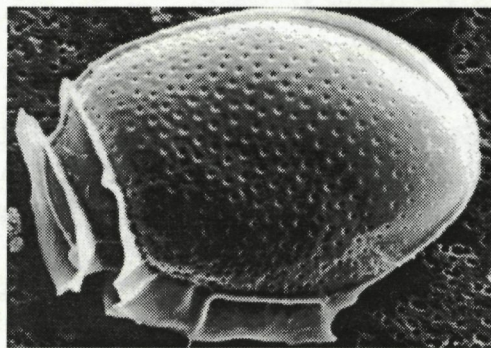
#### Phaeocystis en giftige algen

De niet giftige alg *Phaeocystis* is op dit moment dominant in het Nederlandse kustwater in het voorjaar en de zomer. Bij verdere daling van de fosforbelasting en stijging van de stikstof-fosfor verhouding in het zeewater zal de dominantie van *Phaeocystis* tijdens de voorjaars- en zomerbloeien afnemen. Recente bloeien van giftige algen in de Noordzee hadden plaats in gebieden waar de stikstofbelasting aanzienlijk hoger was dan de fosforbelasting. Het is onduidelijk welke algensoorten deze dominantie zullen overnemen.

Er is nog weinig zicht op de gevolgen van vergrote beschikbaarheid van voedings-

stoffen en verschuivingen in de stikstof-fosforverhouding in het Nederlandse kustwater voor bloeien van giftige algen. Om hier meer duidelijkheid over te verkrijgen moet het onderzoek zich in eerste instantie richten op de verschillen in de cycli van stikstof en fosfor (opname, recycling, sedimentatie) en uiteindelijk op de consequenties daarvan voor de structuur van het voedselweb.

De jaarlijkse primaire produktie vertoont, zowel in het kustwater als in open zee, een grote variatie. Deze produktie kan jaarlijks variëren met een factor 2. Het niveau van de primaire produktie is gerelateerd aan de voedingsstoffenbelasting. Variaties in de primaire produktie worden echter mede bepaald door klima-meteorologische omstandigheden.



*Dinophysis acuminata*, de ongeveer 50  $\mu\text{m}$  grote veroorzaker van diarree bij het consumeren van schelpdieren

In de afgelopen decennia is een toename geconstateerd van het grotere dierlijk plankton in het Nederlandse kustwater. Van het microzoöplankton, dat mogelijk een sleutelrol vervult in het voedselweb, is niets bekend. Bij het terugdringen van de eutrofiëring zal de produktiviteit van het mesozoöplankton afnemen.

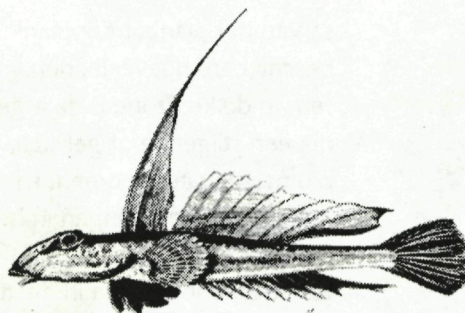
Eutrofiëring kan via de voedselketen uiteindelijk leiden tot een verhoogd voedselaanbod voor de hogere trofische niveaus, zoals schaaldieren, vissen en vogels. In het

water kan dit verhoogde voedselaanbod beschikbaar komen voor vissen via een toegenomen produktie van dierlijk plankton. De verrijking van de bodem zou plaatshebben door middel van een verhoogde sedimentatie van organisch materiaal. Er is met name in sedimentatie gebieden (bijvoorbeeld de Oestergronden en het Friese Front) een verband gesuggereerd tussen eutrofiëring en geconstateerde verschuivingen in de soortensamenstelling van bodemdieren (van schelpdierdominantie naar wormendominantie), hoewel niet kan worden uitgesloten dat de visserij een dergelijke verschuiving heeft veroorzaakt. Een probleem daarbij is dat mogelijke effecten kunnen worden overschaduwd door natuurlijke variabiliteit, veroorzaakt door onder andere meteorologische omstandigheden.

#### Pitvis

Voor de pitvis - een algemene bodemvis in de kustzone die gebruikt is als indicator-organisme om de effecten van eutrofiëring te bestuderen - is vastgesteld dat de individuele groeisnelheid de laatste decennia niet is veranderd, ondanks de toegenomen eutrofiëring. Er zijn aanwijzingen dat waargenomen veranderingen in het voorkomen en de leeftijdsopbouw van deze soort eerder onder druk van de visserij zijn veroorzaakt dan door eutrofiëring.

De doorwerking van eutrofiëring naar de hogere trofische niveaus in het pelagische voedselweb is onvoldoende bekend. Ook weten we weinig over de invloed van eutrofiëring op de sedimentatie van organisch materiaal en de verrijking van het bodemsysteem (diversiteit, biomassa, produktie). De relatie van de energiestromen door het 'small-food web' versus de



*Pitvis (Callionymus lyra)*

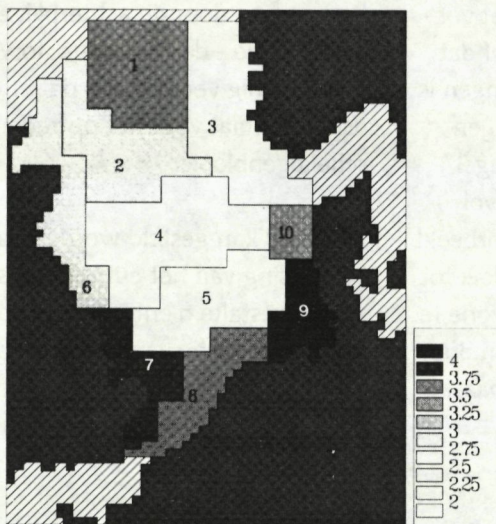
grotere bodemdieren is nog niet volledig ontrafeld.

De effecten van eutrofiëring op niet-commerciële bodemvissen en andere bodemorganismen zoals garnalen en krabben, lijken te worden overschaduwd door de effecten van de visserij. Er is vastgesteld dat er een parallele ontwikkeling bestaat tussen de gemiddelde lengte van bepaalde commerciële bodemvissoorten en de fosfaatbelasting van de Rijn bij Lobith. Tussen 1950 en 1980 is een stijging in fosfaatconcentraties en de lengte van platvissen waargenomen. Sinds 1980 dalen beide weer. Er zijn aanwijzingen dat dit misschien ook geldt voor de totale opbrengst van commerciële vis en garnalen. Voor andere soorten geldt dit echter niet. Over de vraag of hier sprake is van een oorzaak-effect relatie bestaat echter geen consensus.

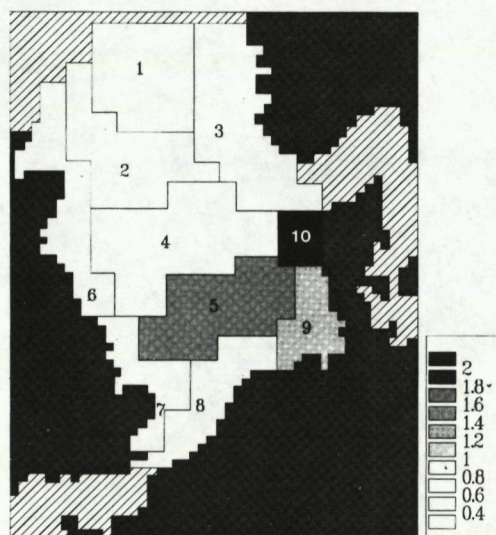
Omdat de effecten van eutrofiëring op de hogere trofische niveaus nog onvoldoende bekend zijn, verdienen ze meer onderzoek. Een referentiegebied waar de visserij niet wordt toegelaten is noodzakelijk om de effecten van eutrofiëring op de hogere trofische niveaus afzonderlijk te kunnen bestuderen.

#### Effecten voor mens en maatschappij

Nadelige effecten van eutrofiëring voor de volksgezondheid zijn niet waargenomen. Er zijn geen duidelijke gevallen van schade



Gemiddelde begrazingsdruk door vis in de waterkolom ( $g\ Cm^{-2}jaar^{-1}$ ) zoals berekend voor de verschillende boxen in het ERSEM model



Gemiddelde begrazingsdruk door vis op het bodemecosysteem ( $g\ Cm^{-2}jaar^{-1}$ ) zoals berekend voor de verschillende boxen in het ERSEM model

door het voorkomen van schuim op het strand. Er zijn geen aanwijzingen gevonden dat mens en maatschappij ernstige effecten ondervinden door eutrofiëring.

#### Risico-analyse

De mogelijkheden voor het uitvoeren van betrouwbare risico-analyses zijn beperkt.

Toekomstige modelontwikkelingen dienen te worden geïntegreerd in experimenteel onderzoek. Ook moet het detailniveau van fysische modellen en ecosysteemmodellen op elkaar worden afgestemd. De instituten die betrokken zijn bij de ontwikkeling van de modellen dienen samen te werken en hun modellen te 'delen'.

Op basis van experimentele resultaten (onder andere uit het semi-veldonderzoek) zijn enkele effecten van eutrofiëring en saneringsmaatregelen onderzocht. Mathematische (ecosysteem-)modellen zijn ingezet voor een meer gedetailleerde voorspelling en risico-analyse, bijvoorbeeld de overschrijdingskans van doelen. Eutrofiëringmodellen voor de Noordzee zijn en worden zowel in Nederland als in het buitenland ontwikkeld en toegepast.

De huidige modellen zijn in staat een goede beschrijving te geven van algenbiomassa's tijdens de voorjaarspiek, voedingsstoffenconcentraties en zuurstofgehalten in de waterkolom. Voor het simuleren van veranderingen in de soortensamenstelling van algen zijn de mogelijkheden nog beperkt. Effecten van eutrofiëring op hogere trofische niveaus (dierlijk plankton, bodemfauna, vissen, zeezoogdieren) kunnen nog niet betrouwbaar worden voorspeld. De verdere ontwikkeling van modellen wordt beperkt door gebrek aan kennis van onderlinge causale relaties in het voedselweb. Het gebruik van modellen wordt mede beperkt door het deels ontbreken van de voor calibratie en validatie noodzakelijke veldgegevens.

#### Oplossingsgericht onderzoek

Er is nog geen specifiek oplossingsgericht onderzoek gedaan naar het beheersen van de stikstof- en fosfaatbelasting van de zee. Toch zijn er op basis van de toegenomen kennis mogelijkheden aan te geven. Op de

vraag of de belasting van de zee met voedingsstoffen kan worden vergroot of dat deze juist moet worden teruggedrongen is het antwoord dat er geen aanwijzingen zijn dat de genomen reductiemaatregel van 50% minder fosforbelasting onvoldoende is. Om streefbeeld (bijvoorbeeld het terugdringen van de voorjaarsbloei tot 200% van de referentie) in de kustzone te realiseren zal het nodig zijn grotere reducties dan 50% door te voeren. Daarnaast is

het zo dat - door de achterblijvende stikstofreductie - de stikstof-fosforverhoudingen zodanig verschuiven dat er een reëel risico ontstaat voor het optreden van toxische algenbloeien.

Al met al kan gesteld worden dat de beheersing van het eutrofiëringsprobleem vooral gestalte dient te krijgen op het land door de reductie van emissies van voedingsstoffen.



## 2 Microverontreinigingen

### Fundamenten leggen voor reductiemaatregelen

GESPREK MET REMI LAANE, HOOFD MILIEU-CHEMIE, DIENST GETIJDWATERS VAN DE RIJKSWATERSTAAT

*Wat is het belangrijkste resultaat van vijf jaar onderzoek naar microverontreinigingen?*

Om hier een goed beeld van te krijgen, moeten we teruggaan in de geschiedenis en wel naar de jaren zestig toen Rachel Carson haar verontrustende boodschap publiceerde in haar boek *Silent Spring*. Het door haar geschetste onheil omvatte ook de dreiging van de toeneming van microverontreinigingen binnen het ecosysteem van de zee. Op dat moment drong de waarschuwing slechts door tot enkele biologen. Met de jaren groeide echter het bewustzijn dat we voorzichtiger om moeten gaan met het lozen van verontreinigingen in zee. Te lang ontbrak gedetailleerde kennis over de effecten van microverontreinigingen. In de jaren tachtig wist men weliswaar uit onderzoek dat er veel microverontreinigingen aanwezig waren in zeewater en dat we er beter aan deden om ze terug te dringen, maar men had er nauwelijks een idee van welke effecten deze stoffen hadden op organismen in watersystemen. Hoewel men wist dat ze werden aangevoerd door rivieren en atmosfeer, kon men moeilijk de fundamenten leggen voor beleidsmatige reductiemaatregelen. Dat kwam omdat de bronnen niet bekend waren. Toch was men zo verstandig het zekere voor het onzekere te nemen en stante pede reducties voor te stellen. Met het microverontreinigingenonderzoek binnen het BEON-programma 1988-1992 hebben we deze maatregelen van de nodige fundamenten kunnen voorzien. Na vijf jaar intensief onderzoek hebben we veel kennis over het voorkomen, de bronnen en effecten in huis gekregen waardoor nog meer effectieve beleidsmaatregelen mogelijk zijn geworden.

*Kunt u meer specifiek aangeven wat het onderzoek heeft opgeleverd?*

Ja, in de eerste plaats hebben we de atmosferische depositie en andere transportwegen van microverontreinigingen gedetailleerd in kaart gebracht, waardoor de bronnen zichtbaar werden. Een positief gevolg van dit onderzoek is dat er beleid is gemaakt waardoor de aanvoer van microverontreinigingen zoals enkele metalen en bijvoorbeeld PCB's, drastisch is afgenomen. De derde Nota Waterhuishouding kondigde een uitbanning af voor PCB's die gerealiseerd moest zijn in 1991, uiterlijk in 1995. Een verstan-

dige politieke beslissing was dat, zeker nu uit onderzoek is gebleken dat er aantoonbare chronische effecten zijn van microverontreinigingen op organismen. Berekend is bijvoorbeeld dat een reductie van PCB's met tenminste 80% nodig is om de voortplanting van zeehonden in de Waddenzee normaal te laten verlopen.

*Waarom is het zo lastig een precieze staalkaart aan te leggen met de effecten van microverontreinigingen op het ecosysteem?*

Dat komt, heel eenvoudig, omdat verstoring van het ecosysteem door microverontreinigingen en de effecten ervan op populaties overschaduw worden door de natuurlijke variabiliteit en de effecten van andere gebruiksvormen, zoals visserij. Het is daarom nodig onderzoek te doen naar de effecten van microverontreinigingen in combinatie met andersoortige effecten. Daarnaast is er meer samenhang vereist in het onderzoek naar bronnen en effecten: van bron naar effect en van effect naar bron. De afgelopen vijf jaar is het onderzoek sterk gericht geweest op de Noordzee alleen, terwijl we ons nu pas goed realiseren dat er een koppeling gelegd moet worden tussen zout en zoet. Immers, veel transport van microverontreinigingen geschiedt via zoetwaterwegen. Stroomgebiedsaanpak is daarom noodzakelijk. Een gebied als dat van de Waddenzee moet je vanuit het oogpunt van microverontreinigingen beschouwen als onderdeel van de Rijn. Hierdoor wordt de hele problematiek rond de zeehond onderzoeksmatig en beleidsmatig van een nationaal op een internationaal niveau gebracht.

Een ander probleem is dat je wel alle microverontreinigingen afzonderlijk kunt analyseren (een onbetaalbare zaak) en dat je in het laboratorium kunt bepalen welke effecten die stof in afzondering heeft op een organisme, maar dat het bijna onbegonnen werk is de effecten van stoffencombinaties te beschrijven. Wat we in de afgelopen vijf jaar hebben geleerd is dat je niet generaliserend moet praten over PCB's. Van die hele grote groep van 209 PCB's zijn er maar enkele die daadwerkelijk schadelijk zijn. We weten zo onderhand wel wat voor effecten zich op korte termijn kunnen voordoen, maar het is nog steeds behoorlijk lastig deze terug te voeren tot de stoffen die de effecten veroorzaken.

*Is er een stof waarvan eenduidig aangetoond kan worden dat die schadelijk is voor organismen?*

Jazeker. Organotinhoudende verf blijkt rampzalige gevolgen te hebben voor het voortplantingsvermogen van de purperslak. Purperslakken zijn onder meer van belang voor de instandhouding van de diversiteit van begroeiing op dijklichamen, omdat dit organisme het jonge mosselbroed eet en er zo toe bijdraagt levensruimte te scheppen voor andere organismen. Dank zij het

onderzoek naar organotinverf is de wetgeving in een stroomversnelling geraakt en is er nu een nationaal en internationaal verbod op deze verf voor schepen kleiner dan 25 meter. Internationaal onderzoek, gecoördineerd door de North Sea Task Force, heeft aan het licht gebracht dat het organotinprobleem niet alleen tot de haven is beperkt maar dat het langs de hele Noordzeekust aantoonbaar is, van Schotland tot Noorwegen en Zweden. Verdere maatregelen zullen noodzakelijk zijn.

*Welke veranderingen in de onderzoeksstructuur hebben zich de afgelopen vijf jaar voorgedaan?*

Het onderzoek heeft zich toegespitst op de aanwezigheid van PCB's, zware metalen, dioxines en een aantal andere microverontreinigingen. De verspreiding en de concentraties zijn bepaald. We weten nu globaal waar de stoffen zitten in de Noordzee en de Waddenzee. Effecten veroorzaakt door microverontreinigingen blijken zich voornamelijk op chronisch niveau af te spelen, bijvoorbeeld verminderde voortplanting van de zeehond in de Waddenzee. De concentraties en de effecten kennende heeft toxicologisch onderzoek ertoe geleid dat voor een groot aantal microverontreinigingen doelen zijn gesteld: in het zoete en in het zoute water. Door het onderzoek naar de bronnen, de aanwezigheid en de effecten van microverontreinigingen en het stellen van doelen is er een enorme kennis opgebouwd die niet alleen van belang is voor het BEON maar ook nationaal en internationaal. Alle kennis, die we hebben verzameld over bronnen, paden en lotgevallen van microverontreinigingen, is samengevat en gebundeld in het MANS (Management Analysis North Sea) en SAWES (Systeem Analyse Westerschelde) instrumentarium. Met deze beleidsanalytische instrumentaria kan men voor elke willekeurige plek in de Noordzee de relatieve bijdrage van de diverse landen berekenen, wat in internationaal beleid de samenwerking tussen onderzoekers en beleidsmakers van allerlei landen heeft vergroot en nog zal vergroten.



.....

## Microverontreinigingen: voorkomen en voorkomen?

Met het oog op de kennis, de mogelijke toekomstige en waargenomen effecten is door het beleid vijf jaar geleden aan BEON de opdracht gegeven onderzoek uit te voeren naar de effecten van microverontreinigingen. Deze effecten kunnen zich uiten op verschillende niveaus. Ten eerste zijn er acute en chronische effecten. Chronische effecten zijn bijvoorbeeld: gerede groei, achteruitgang in het reproductievermogen en gezwollen. Deze effecten uiten zich vaak op het niveau van het individu en kunnen per soort verschillen. Deze chronische effecten kunnen ook invloed hebben op de diversiteit en grootte van de populatie.

### Vragen

BEON werd twee vragen gesteld. Het beleid wilde in de eerste plaats weten welke effecten microverontreinigingen hebben op vissen, bodemdieren, zeezoogdieren en vogels en meer specifiek op:

- \* het individu;
- \* de soort;
- \* de diversiteit;
- \* de populatiegrootte;
- \* de kwaliteit van organismen als prooi voor predatoren.

De andere vraag richtte zich op de effecten die de mens zou kunnen ondervinden als consument van verontreinigde zeeproducten.

### Kwaliteit van vissen, bodemdieren, zeezoogdieren en vogels

In de afgelopen vijf jaar zijn er diverse technieken ontwikkeld en toegepast om op chronisch niveau effecten van micro-

verontreinigingen te kunnen observeren. De meest toegepaste techniek is gebaseerd op het meten van de toename van een enzymactiviteit (in bijvoorbeeld platvis en de grotere bodemdieren) die wordt aangewakkerd door microverontreinigingen. Wel is gebleken dat de verhoogde enzymactiviteit niet zonder meer aan de concentratie van bijvoorbeeld 'dioxineachtige' stoffen te koppelen is. Met natuurlijke variabelen diende te worden rekening gehouden. Desalniettemin blijkt verhoogde enzymactiviteit een goed 'early warning system' te zijn voor de aanwezigheid van microverontreinigingen.

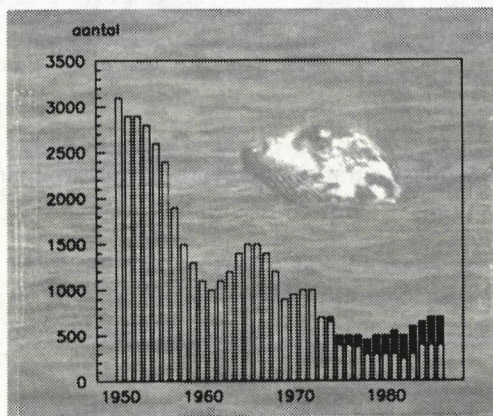
Geconstateerd is dat de huidige concentraties microverontreinigingen in de kustwateren en de estuaria chronische effecten hebben op:

- \* de overlevingskans van mosselen bij droogstand (stoffen onbekend);
- \* de voortplanting van de zeester (waarschijnlijk PCB's);

### Microverontreinigingen

Van nature, bijvoorbeeld door erosie, en door menselijk handelen (landbouw en industrie) komen duizenden stoffen in het water terecht. De afgelopen veertig jaar heeft de mens ervoor gezorgd dat de concentratie van stoffen die van nature voorkomen (voedingsstoffen en metalen, Polycyclische Aromatische Koolwaterstoffen) en van systeemvreemde stoffen (zoals Polychloorbifenylen) sterk is toegenomen. Deze toename in concentratie noemt men verontreiniging. 'Micro' staat voor stoffen die in zeer lage concentraties voorkomen. Voor de zee zijn juist de persistente (slecht afbreekbare) organische microverontreinigingen nadelig: bijvoorbeeld accumulaties in organismen, chronische effecten en transport en vervuiling van de oceanen.

- \* de voortplanting van de purperlak en mogelijkwerwijs de wulk (tributyltin);
- \* reproductievermogen van de zeehond in de westelijke Waddenzee (PCB's?);
- \* levertumoren bij bot (waarschijnlijk PAK's);
- \* vitamine A-opname bij aalscholvers en visdief (dioxine-achtige stoffen);
- \* verminderd broedsucces bij aalscholvers en visdief (dioxine-achtige stoffen);
- \* deformatie van bloedcellen in mosselen (stoffen onbekend).



*Achteruitgang van het aantal zeehonden in de Waddenzee. De laatste twintig jaar wordt de achteruitgang mede veroorzaakt door microverontreinigingen; zeer waarschijnlijk PCB's*

Ook zijn effecten aangetoond op soortensamenstelling veroorzaakt door microverontreinigingen. Rond booreilanden, waar men oliehoudende boorspoeling gebruikt, treedt tot op een afstand van ongeveer 250 m verstoring van het bodemleven op als gevolg van de grote hoeveelheden sedimenterende deeltjes en de daaraan gebonden verontreinigingen. In dit gebied rond de boortoren trof men uitsluitend opportunistische soorten aan (soorten die zich gemakkelijk aanpassen aan wisselende en extreme omstandigheden). Daarbuiten zijn echter tot op een afstand van maximaal 5 km in de richting van de overheersende reststroom de concentraties van olie en barium verhoogd en

#### Zeehonden en PCB's

Polychloorbifenylen (PCB's) zijn stoffen die niet van nature voorkomen. Sinds de jaren twintig worden ze geproduceerd. PCB is een verzamelnaam van een mengsel van 209 sterk op elkaar lijkende stoffen. Dank zij een aantal nuttige eigenschappen (ze zijn hittebestendig, geleiden slecht en zijn nauwelijks brandbaar) worden PCB's in veel producten toegepast: in oliën, inkt, lijm en verf (open systemen) en in transformatoren, condensatoren (gesloten systemen). Sinds het begin van de jaren zeventig is de toepassing van PCB's in open systemen verboden. Desondanks komen PCB's overal voor. Ze worden erg langzaam (over een periode van honderden jaren) afgebroken. Doordat zij slecht in water oplossen, hopen zij zich op in vetweefsel. Bij veel diersoorten vermindert hierdoor de vruchtbaarheid, wat uiteindelijk kan leiden tot het verdwijnen van de populatie. Het reproductievermogen van zeehonden in de Waddenzee wordt hoogst waarschijnlijk verminderd door de concentratie PCB's in het voedsel.

Duidelijk is naar voren gekomen dat voor een goede reproductie van zeehonden in de Waddenzee de PCB-concentraties in dat gebied tot tenminste 20% van de huidige waarden dienen te dalen. Dit is het niveau dat thans in het centrale deel van de zuidelijke Noordzee bestaat en daar voornamelijk wordt veroorzaakt door atmosferische depositie. Dit betekent, dat de PCB-aanvoer vanuit rivieren met 100% moet dalen. De concentraties van PCB's zullen nog tientallen jaren hoog blijven door de nalevering uit de bodem.

een aantal bodemdieren afwezig. De invloed van microverontreinigingen op de diversiteit en de populatiegrootte van organismen in de Noordzee en de Waddenzee is moeilijk aantoonbaar en valt in vele gevallen weg tegen de invloed van natuurlijke variatie en de invloed van bijvoorbeeld de visserij.

#### Eidereenden

In eerste instantie is de teneur dat, wanneer het slecht gaat met een organisme, dit veroorzaakt wordt door microverontreinigingen. Dat de zaak complexer is toont het geval van de eidereend duidelijk aan. De afgelopen jaren trad er grote sterfte op onder eidereenden in de Waddenzee, die vergezeld ging van een hoge infectiegraad met de parasiet *Paracoccus botulus*. Deze heeft de krab als tussengastheer. Een blootstellings-experiment met eidereenden is gedaan om de eventuele invloed van PCB's op de gevoeligheid van eidereenden voor infectie met deze parasiet te bestuderen. De waargenomen effecten, veroorzaakt door PCB's, hadden geen invloed op de infectiegraad met de parasiet. Voorlopig lijkt de hoge sterfte onder de eidereenden dus voornamelijk te wijten aan een lichamelijke verzwakking door het verminderen van het beschikbare voedsel (mossels en kokkels) in de Waddenzee.

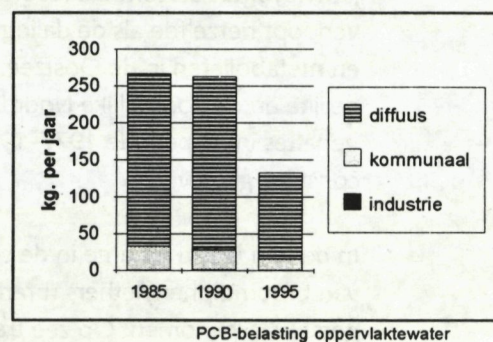
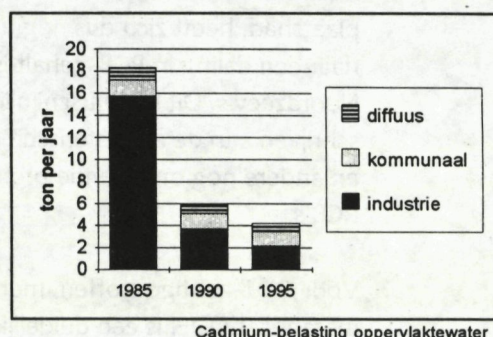
#### Kwaliteit van de prooi voor predatoren en organismen als consumptieartikel voor de mens

De concentratie van polonium (lozingen door de kunstmestfabrieken in de Rijnmond en de Schelde), kwik en PCB's in de kustzone van het Nederlandse deel van de Noordzee zijn in prooidieren voor zeeorganismen en voor de mens nog steeds hoger dan de voor deze stoffen gestelde doel of norm.

#### Trends

De afgelopen vijf jaar heeft het onderzoek naar microverontreinigingen zich niet uitsluitend bezig gehouden met de aan BEON gestelde vragen die gericht zijn op het voorkomen van effecten. Het onderzoek heeft zich er ook op gericht hoe men kan voorkomen dat die effecten optreden. Dat is gebeurd door het waarnemen van trends, het onderscheiden van bronnen, het stellen van doelen voor microverontreinigingen en het toepassen van deze kennis in beleidsanalytische modellen.

In de afgelopen vijf jaar zijn uit nationaal en internationaal onderzoek en monitoringsprogramma's relatief veel gegevens beschikbaar gekomen over de aanwezigheid van metalen en een aantal organische microverontreinigingen (bijvoorbeeld PCB's, DDT, DDE) in de Noordzee en Waddenzee.



Afname in de vracht van cadmium en PCB's door de Rijn naar de Noordzee

Daar de concentraties van de metalen en een aantal organische microverontreinigingen sinds begin jaren tachtig nauwkeurig kunnen worden gemeten, is het ook mogelijk trendmatige veranderingen van deze stoffen in de Noordzee en Waddenzee aan te geven. De duidelijkste trends in de concentratie van microverontreinigingen komen voort uit het mossel- en kabeljauwlevermeetnet.

De concentraties van de hoger gechloroerde PCB's en een aantal pesticiden in kabeljauwlever uit de Noordzee blijken geen duidelijke daling te vertonen in de periode 1977-1992. Wel is een significante daling waargenomen van de gehalten van de lager gechloroerde PCB's, zowel in de zuidelijke als in de centrale Noordzee. De daling van het PCB-gehalte in de aal uit de Rijn met circa 50%, die in deze periode maar met name tussen 1977 en 1982 plaats had, heeft zich dus nog niet vertaald naar een daling in PCB-gehalten in Noordzeevis. Dit is waarschijnlijk toe te schrijven aan de atmosferische depositie en andere nog onbekende bronnen van PCB's.

Voor DDT-achtige stoffen, met name de metaboliet DDE, is een duidelijke daling waargenomen van de gehalten in kabeljauwlever uit de centrale Noordzee. Deze verloopt hetzelfde als de daling van DDT en metabolieten in de Oostzee. In de zuidelijke en de noordelijke Noordzee zijn de gehalten in de periode 1977-1992 echter constant gebleven.

In de Rijn is een afname in de concentratie van broomdiphenylethers (brandvertragers) waargenomen. Op zee treedt echter weinig verandering in de concentratie van deze verbindingen op. De oorzaak hiervan is nog onbekend.

Opmerkelijk is dat de verspreidingspatronen van toxaphenen en chloordanen (bestrijdingsmiddelen) in de Noordzee het tegenovergestelde zijn van die van de PCB's; relatief hoog in de noordelijke Noordzee en relatief laag in de zuidelijke Noordzee. Als verklaring voor dit verschijnsel wordt genoemd transport door de lucht vanuit Amerika.

Uit het volgen van concentratieveranderingen van microverontreinigingen in de mossel is gebleken dat het gehalte van PCB's, cadmium en lood in het Hollandse kustwater in de afgelopen twintig jaar met een factor 3 à 4 is afgenomen. Deze afname danken wij aan de verbetering van de kwaliteit van het Rijnwater. Het gehalte van deze verbindingen in mosselen uit de Waddenzee is echter in de afgelopen tien jaar niet verminderd, wat duidt op een invloed van de nalevering van deze stoffen uit het sediment van de Waddenzee. Bij Texel worden thans hogere concentraties microverontreinigingen gevonden dan bij de monding van de Rijn, zowel in mosselen als in de worm *Nephtys*. Ook in de Oosterschelde is nog geen sprake van een verbetering van gehalten van PCB's en cadmium.

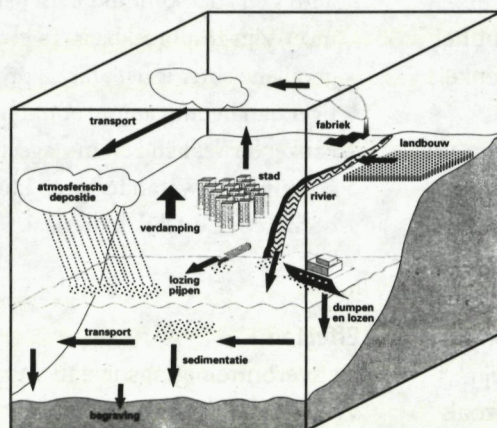
Over de gehele Noordzee worden in mosselen nog steeds relatief hoge oliegehalten aangetroffen. De aard van de olie maakt duidelijk dat deze niet van de offshore-industrie afkomstig is. De vele incidentele lozingen door de scheepvaart lijken voor de hoge oliebelasting verantwoordelijk te zijn.

De trendmatige veranderingen kunnen nu, door de resultaten van de internationale workshop 'Background concentrations of natural compounds' worden afgezet tegen de concentraties die van nature in de Noordzee voorkomen. Het blijkt nu dat in

het water en in de bodem van de Noordzee, en zeker in de kustzone en de Waddenzee, de concentraties van microverontreinigingen verhoogd zijn ten opzichte van de natuurlijke achtergrondconcentratie. Deze concentratie is voor verbindingen die niet van nature voorkomen, zoals PCB's, natuurlijk nul.

Door alleen het vóórkomen van stoffen in de Noordzee en de Waddenzee te bepalen, wordt niet voorkómen dat de vracht naar en de concentratie van microverontreinigingen in de Noordzee en Waddenzee afnemen. Een koppeling van het vóórkomen en de bronnen is daarom noodzakelijk.

### Bronnen



*Stoffen in de Noordzee zijn afkomstig van verschillende bronnen*

Van nature en door menselijk handelen komen meer dan honderdduizend stoffen in het Noordzeemilieu terecht. De belangrijkste bronnen zijn de rivieren, atmosfeer, lokale bronnen op zee (bijvoorbeeld scheepvaart en platforms) en de Atlantische Oceaan. Door de toegenomen kennis over het vóórkomen is nu een stoffenbalans gemaakt van een aantal microverontreinigingen voor de Noordzee

en Waddenzee. Kwantitatieve informatie is bekend over de aanvoer van de grote rivieren. Uit onderzoek is naar voren gekomen dat de atmosfeer een belangrijke bron is van een aantal metalen en vele organische microverontreinigingen. De resultaten van het model- en veldwerk met betrekking tot de atmosferische depositie van microverontreinigingen zijn echter kwalitatief van aard. Opvallend is de relatief grote bijdrage van de scheepvaart aan de totale toevoer van olie, tributyltin en PAK's.

Duidelijk is aangetoond dat de bronnen van microverontreinigingen niet alleen in Nederland liggen. Via de internationale rivieren, de atmosfeer en lozingen op zee komen veel microverontreinigingen in de Noordzee en Waddenzee terecht. In het algemeen is er voldoende (kwalitatieve) informatie beschikbaar over de belangrijkste lokale bronnen (uitstroom rivieren, dumplocaties, platforms), maar er ontbreekt voldoende informatie over diffuse bronnen (atmosfeer, scheepvaart).

### Stoffen

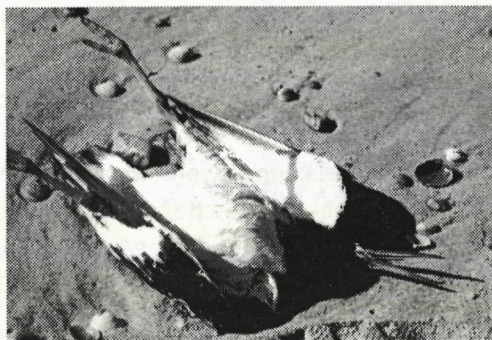
Van de microverontreinigingen die van nature voorkomen (bijvoorbeeld metalen) en systeemvreemde microverontreinigingen die door menselijk handelen in het aquatische milieu terecht komen, kan slechts een zeer klein percentage (minder dan één procent) worden geanalyseerd. De stoffen die we nu kunnen analyseren, worden gebruikt als gidsstoffen. Door gebruik te maken van fysisch-chemische karakteristieken van de onbekende stoffen is het mogelijk het gedrag van onbekende stoffen te voorspellen. Voor stoffen die wel kunnen worden geanalyseerd, zijn er vaak analytische problemen voor wat betreft de onderlinge vergelijkbaarheid van gegevens geleverd door laboratoria in binnen- en buitenland.

### 'Nieuwe' microverontreinigingen

Er is een verschuiving waarneembaar in de soort stoffen die wordt geanalyseerd en bestudeerd: van metalen naar niet-afbreekbare organische microverontreinigingen. De afgelopen vijf jaar is onderzoek gedaan naar de verspreiding van de volgende 'nieuwe' microverontreinigingen in de Noordzee en Waddenzee: UGILEC's (de vervanger van PCB's), chloordanen, toxaphenen, dioxines, broomdiphenylethers en organotinverbindingen.

Er heeft in de periode van het eerste BEON-programma een verschuiving plaatsgehad in het onderzoeksveld van microverontreinigingen. Steeds meer wordt gekeken naar stoffen die daadwerkelijk effecten veroorzaken. In eerste instantie werd er bijvoorbeeld naar een groot aantal PCB's gekeken, nu richt het onderzoek zich steeds meer op de enkele PCB's die de effecten veroorzaken. Dit geldt ook voor de dioxines, benzofuranen, PAK's en individuele oliecomponenten.

In toenemende mate wordt aandacht besteed aan stoffen die niet op grond van (acute) giftigheid milieugevaarlijk zijn, maar door andere eigenschappen (zoals slechte afbreekbaarheid, persistentie en vetoplosbaarheid) een potentiële bedreiging voor organismen vormen, zoals PAK's. In de afgelopen jaren is ook aandacht besteed aan vetoplossende drijven-



de oliën die een probleem vormen voor zeevogels.

Zeevogelsterfte als gevolg van niet-giftige oliën is geconstateerd in 1989 (palmolie/nonylfenolemulsie), 1990 (nonylfenol) en 1993 (paraffine-olie).

### PAK'S

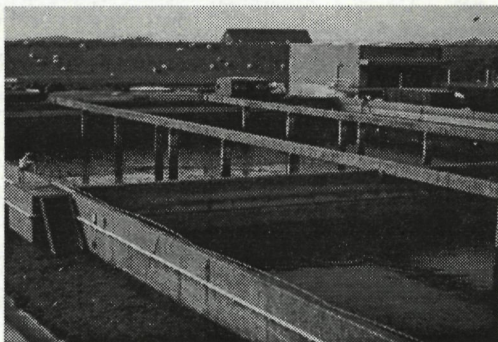
Polycyclische Aromatische Koolwaterstoffen (PAK's) komen van nature voor. Ze ontstaan bij onvolledige verbranding van organisch materiaal (bijvoorbeeld tijdens bosbranden). Het aantal verschillende PAK's, dat van nature en door menselijk handelen op aarde is, is niet bekend. De bekendste zijn de zes van Borneff. Bij verbrandingsprocessen komen ze vrij, van sigaret, het bakken van vlees tot auto's en cokesproductie. In het algemeen zijn ze afbreekbaar. In een aantal gevallen echter is het afbraakproduct giftiger dan het uitgangspunt. PAK's zijn kankerverwekkend en mutageen, dat wil zeggen dat ze veranderingen kunnen veroorzaken in erfelijk materiaal.

### Effecten

Het verontreinigingsniveau van de Westerschelde, het Hollandse kustwater, de westelijke Waddenzee en de regio Delfzijl heeft aantoonbare effecten op de organismen. Met name veld- en semi-veldexperimenten hebben duidelijk gemaakt dat de groei van mosselen, de ontwikkeling van de hoeveelheden dierlijk plankton en *Corophium* en de reproductiecapaciteit van kokkels en zeepieten nadelig worden beïnvloed door microverontreinigingen. De effecten zijn evenwel niet op grond van geanalyseerde microverontreinigingen alleen te verklaren!

Het semi-veldonderzoek naar de gevolgen van baggerspeciëstort heeft meer inzicht

gegeven in de verhouding tussen de effecten van microverontreiniging en eutrofiëring. Zo is duidelijk naar voren gekomen dat de capaciteit van dierlijk plankton om bij een extra nutriëntenbelasting een zomerbloei van fytoplankton weg te eten sterk vermindert, omdat de reproductie van dierlijk plankton wordt geremd door microverontreinigingen.



*Grootschalige experimenten (mesocosm) leggen de verbinding tussen veld en lab*

Op zich zegt een verhoogde concentratie van een stof niet zoveel. Het is noodzakelijk alle mogelijke effecten van stoffen aan te geven: effecten op het ecosysteem en effecten op de gebruiker. Mariene toxicologen kunnen nu voor een klein aantal microverontreinigingen aangeven bij welke concentratie organismen geen risico ondervinden. Zij hebben voor een aantal microverontreinigingen doelen gesteld, uitgedrukt in een maximaal toelaatbare risicoconcentratie en een concentratie waarbij de kans op effecten verwaarloosbaar is.

In de afgelopen vijf jaar is een begin gemaakt met het ontwikkelen en toepassen van 'toxicologische' toetsen, die als een 'early warning system' toegepast moeten worden.

#### **Oplossingsgericht onderzoek**

Het onderzoek heeft zich gericht op het voorkomen van microverontreinigingen in

het veld en het aantonen van de chronische effecten. Daarbij is de relatie gelegd met de bronnen op het land en in de zee van deze stoffen. Voor microverontreinigingen is getoetst of de voorgenomen vrachtreductiemaatregelen daadwerkelijk zijn geëffectueerd of in de nabije toekomst haalbaar geacht zullen worden. Daarbij bleek dat, gezien de gestelde doelen met betrekking tot de effecten op land en zee, het ook in de nabije toekomst niet alleen noodzakelijk is de vracht te reduceren, maar ook de maximale concentratie. Tevens is er een aantal microverontreinigingen onderzocht en is gebleken dat er op korte termijn beleid gemaakt moet worden voor de Polycyclische Aromatische Koolwaterstoffen (PAK's) en andere stoffen.

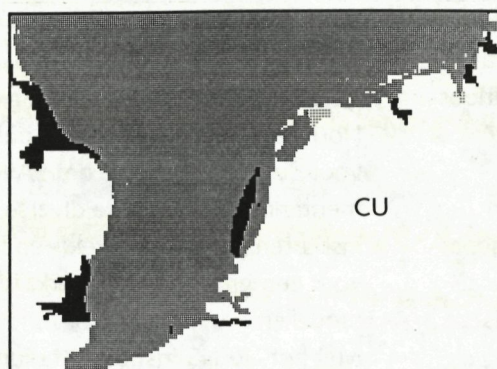
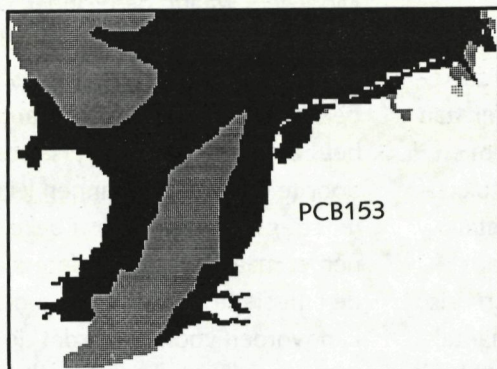
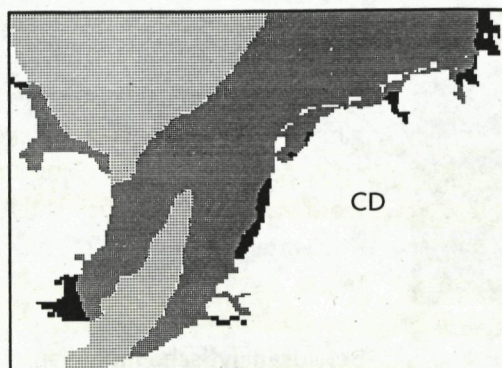
#### **Beleidsanalytische modellen**

Modellen, waarin de bronnen op land en zee en de effecten in zee aan elkaar worden gekoppeld, zijn een onmisbaar beleidsanalytisch instrumentarium om voor het beleid en beheer diverse scenario's door te rekenen die kunnen leiden tot maatregelen. Als de bron bekend is, kunnen er maatregelen worden genomen om de emissie te verkleinen. Op deze manier kan worden voorkómen dat de concentratie van stoffen te hoog wordt.

In de afgelopen vijf jaar is voor het beschrijven van de bronnen, paden en lotgevallen van microverontreinigingen in de Noordzee het MANS-model ontwikkeld, voor de Westerschelde het SAWES-instrumentarium. De door de diverse BEON-instituten verzamelde veld- en labkennis is voor een groot deel verwerkt in deze modellen.

Met het MANS-instrumentarium is te berekenen wat op een bepaalde plaats in de Noordzee de bijdrage aan de concentratie van cadmium en PCB's is van de diverse bronnen. De 'predicted environ-

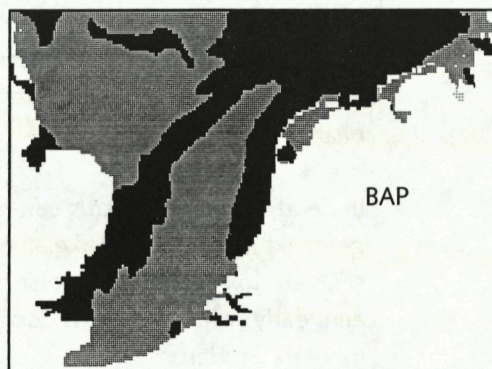
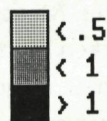
mental concentration' (PEC) wordt in MANS vergeleken met de 'no effect concentration' (NEC) van diverse organismen of met doelen, zodat op basis van de waterkwaliteitsmodellen risico's op effecten kunnen worden geïndiceerd. Voor een nadere specificatie van de aard en omvang van risico's veroorzaakt door microverontreinigingen worden speciale modellen ontwikkeld.



In het SAWES-instrument is de kennis geaggregeerd over het estuariene gedrag van microverontreinigingen (metalen, PCB's en PAK's). Het is nu mogelijk de effecten van reductie van microverontreinigingen aan de bron door te trekken naar de effecten op organismen in het estuarium en de toevoer van deze stoffen naar de Noordzee.

Naast microverontreinigingen hebben ook andere gebruiksvormen en natuurlijke variaties effecten op het ecosysteem. Een begin is gemaakt met een ecologische risicobeoordeling waarbij de effecten van de verschillende gebruiksfuncties onderling worden gewogen.

BEON-resultaten op het terrein van de microverontreinigingen, die zijn voortgekomen uit veld- en modelonderzoek, hebben de wetenschappelijke onderbouwing geleverd voor diverse nationale en internationale nota's en beleidsmaatregelen.



*Met modellen is het mogelijk aan te geven hoeveel keer de waargenomen concentratie van een stof de norm overschrijdt (situatie 1985)*

.....

### 3 Bodemverstoring door de visserij

#### Schade beperken voor het ecosysteem

GESPREK MET PAUL HAGEL, ADJUNCT-DIRECTEUR RIJKSINSTITUUT VOOR  
VISSERIJ ONDERZOEK

*Wat is het belangrijkste resultaat van vijf jaar onderzoek naar bodemverstoring door de visserij?*

We hebben inzicht gekregen in de hoeveelheden organismen, waaronder vissen, die zonder dat de visserij er iets mee doet het loodje leggen. Bij het onderzoek hebben we ons met name gericht op de boomkorvisserij. Daar is de verspilling het grootst: voor elke kilo 'gewenste' consumptievis, wordt zo'n vijf kilo 'ongewenste' vis en andere organismen uit zee gehaald. Bovendien worden veel organismen die zich in de bovenste laag van de bodem bevinden - al dan niet onherstelbaar - beschadigd.

*Wat betekent dat voor het ecosysteem in de Noordzee?*

We draaien het ecosysteem echt de nek niet om. Wel zal er sprake zijn van een verschuiving in de verhouding tussen lang- en kortlevende organismen: de soorten met een korte levensduur krijgen de overhand, omdat zij zich sneller reproduceren. Bovendien zullen er bij de langlevende organismen naar verhouding meer jongere dieren komen. Zolang bepaalde soorten niet worden uitgeroeid, is deze 'schade' echter niet onherstelbaar.

*Hoe verhoudt zich dit tot de totale invloed van de visserij op het ecosysteem?*

De invloed van de onttrekking van biomassa zelf is groter. In een gebied dat intensief wordt bevestigd, stijgt het totaal aantal vissen. Omdat de oude, grote exemplaren worden gevangen - ondermaatse exemplaren glijpen door het net - komen er steeds meer jonge vissen. Oude vissen voeden zich met jonge. Een daling in het aantal oude vissen, doet de balans dus nog verder doorslaan in de richting van de jonge vis. Jonge vis voedt zich met andere dingen dan oude vis en dat werkt weer door in het hele ecosysteem.

*Visserij en ook de bodemverstoring door de visserij richten dus geen permanente schade aan?*

Nee. De duurzaamheid van het Noordzee-ecosysteem lijkt niet in gevaar. Als we nu zouden stoppen met de visserij, dan zou het ecosysteem zich in dertig jaar hebben hersteld. Ook bij eutrofiëring is dat het geval. Het leven in zee wordt beïnvloed door de

meststoffen, maar van een bedreiging voor toekomstige generaties is geen sprake. Bij de microverontreinigingen is het een heel ander verhaal. Organische microverontreinigingen zoals PCB's en DDT zijn zeer slecht afbreekbaar. Zelfs als we nu zouden stoppen met het lozen van deze microverontreinigingen dan zouden generaties in de verre toekomst nog met onze problemen opgezadeld zitten.

*En hoe verder met het onderzoek?*

Alle vormen van onderzoek zijn prachtig. Maar er is niet overal geld voor. Beleid is en blijft een kwestie van keuzes maken. Wat betreft het onderzoek naar de betekenis van bodemverstoring door de visserij voor het ecosysteem zouden wij het meest gebaat zijn bij ongestoorde referentiegebieden. Voor het onderzoek zou een gebied van minstens 30 x 60 mijl moeten worden afgesloten voor de visserij. Hiernaar is al oriënterend onderzoek verricht. Er gaan stemmen op om aan te haken bij al bestaande ideeën voor beschermde natuurgebieden op zee.

Los van de vraag naar de betekenis van bodemverstoring, zou daarnaast onderzoek moeten worden verricht naar visserijtechnieken die zo weinig mogelijk schade toebrengen aan het ecosysteem.

.....

## Bodemverstoring: kan bodemvisserij milieuvriendelijker?

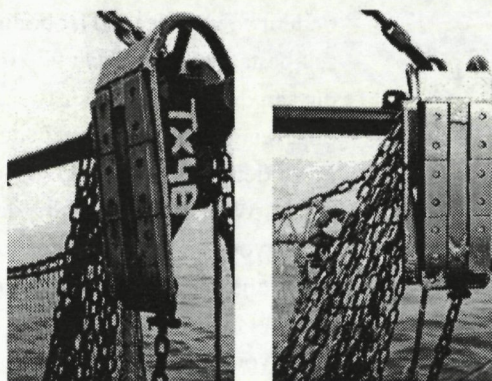
De laatste jaren is er vanuit het beleid enorm veel belangstelling ontstaan voor de interactie tussen de visserij en het functioneren van natuurlijke ecosystemen. Aanvankelijk werd vooral onderzoek verricht naar de beschikbaarheid van vispopulaties en de invloed van de visserij en hydrologische factoren hierop. Meer recent zijn echter ook de negatieve effecten van waterverontreiniging op de kwaliteit van visserijproducten belangrijk geworden.

Pas de laatste jaren heeft men de invloed van de visserij zelf op natuurlijke ecosystemen nadrukkelijk aan de orde gesteld. Deze invloed is het gevolg van: het onttrekken van relatief grote hoeveelheden vis aan aquatische ecosystemen en de verstoring van deze ecosystemen door het veroorzaken van sterfte onder zogenaamde 'non-target-organismen'. Bij dit laatste kan worden gedacht aan sterfte bij weer overboord gezette meegevangen niet-marktwaardige vissen en andere organismen, het beschadigen van organismen door passerende netten, en het verdrinken van mariene zoogdieren, die in netten zijn terechtgekomen.

Aanhakend bij de belangstelling voor de invloed van de visserij is in het BEON-programma (aansluitend bij het onderzoek naar milieubelastende activiteiten) ook aandacht besteed aan problemen die samenhangen met de verstoring van het Noordzee-ecosysteem door de visserij. Dit onderzoek naar de verstoring door de visserij, in het bijzonder het onderzoek naar de effecten van bodemverstoring door de visserij, is erop gericht geweest bijdragen



2000 PK Boomkorkotter klaar voor een nieuwe trek



Boomkortuig voor en direct na het vissen

te leveren aan het in kaart brengen en oplossen van problemen in het beheer van de Noordzee vanuit de ecologie. Daarbij is onder meer gedacht aan de bepaling van

**Bodemverstoring door boomkorvisserij**  
Vissers die jagen op de in de zeebodem levende platvis hebben een succesvolle vangstmethode ontwikkeld waarbij ze elk jaar grote delen van de Noordzeebodem omploegen. Het ecosysteem Noordzee ondervindt hiervan schade. Meegevangen onverkoopbare vis wordt meer dood dan levend overboord gezet, terwijl andere bodemorganismen beschadigd raken door de passerende kettingen. BEON heeft in 1988 opdracht gekregen de schadelijke gevolgen van de boomkorvisserij in kaart te brengen en voorstellen te doen voor verbetering van dit gebruik van het ecosysteem.

het herstelvermogen van het Noordzee-ecosysteem voor de effecten van de visserij en het ontwikkelen van beoordelingscriteria.

#### **Boomkorvisserij**

In de boomkorvisserij worden twee boomkortuigen aan giekken aan weerszijden van het visserijvaartuig over de zeebodem voortgesleept. Het boomkortuig zelf bestaat uit een stalen pijp (de boom) die aan de uiteinden door twee sloffen op ongeveer 60 cm van de zeebodem wordt gehouden. Hieraan is het net vastgemaakt. Wekkerkettingen, die de bodemvis tot voor de vangopening moeten jagen, zijn aan de onderkant van de sloffen bevestigd. Om ontsnappen onder het net te voorkomen wordt als grondpees een zware ketting gebruikt. Tussen deze grondpees en de achterste wekkerketting lopen enkele lichtere kettingen, de 'kietaars'. Deze moeten voorkomen dat de uit de bodem opgejaagde vis zich weer voor de naderende grondpees in de bodem ingraaft.

Het gewicht van boomkortuigen kan gemakkelijk 5 à 10 ton bedragen. Het voortslepen ervan over de zeebodem vergt daardoor veel brandstof (1 à 2 liter brandstof per kilogram marktwaardige bodemvis) en de slijtage aan kettingen en onderkant van het net is groot.

Vermindering van het gewicht van boomkortuigen door de zware wekkerkettingen te vervangen door andere vormen van stimulatie, bijvoorbeeld geluid, licht en elektriciteit, vermindert dus niet alleen de bodemverstoring maar ook het brandstofverbruik en de slijtage aan de kettingen.

Met het oog op de invloed van de visserij op natuurlijke ecosystemen is in het uit-

voeringsprogramma 1988-92 nader onderzoek verricht naar de effecten van de bodemverstoring door de boomkorvisserij op het Noordzee-ecosysteem.

Bij dit door de BEON-deelnemers gemeenschappelijk uitgevoerde onderzoek is prioriteit gegeven aan de volgende beleidsvragen.

- \* Wat is de omvang van de bijvangsten en in welke toestand worden deze bijvangsten in het systeem teruggebracht?
- \* Wat zijn de acute en chronische effecten op bodemsystemen?
- \* Wat is de betekenis van het in suspensie brengen van bodemmateriaal?
- \* Wat is de invloed op het functioneren en de produktiviteit in het water?

In het uitvoeringsprogramma 1988-1992 is de nadruk komen te liggen op:

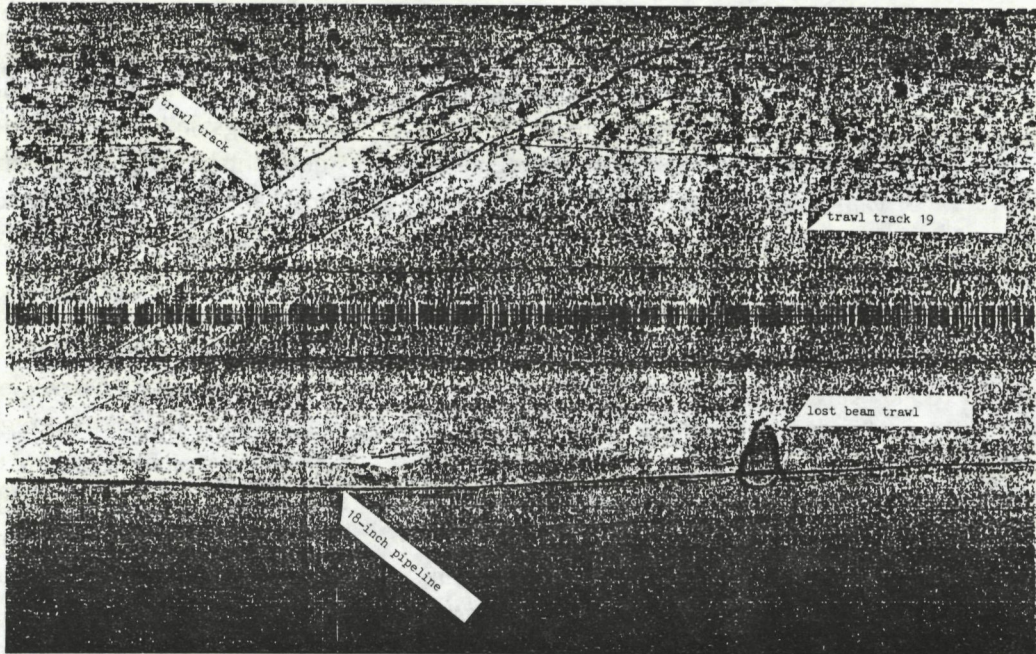
- \* het onderzoek naar bijvangsten;
- \* de penetratiediepte van vistuigen in de zeebodem;
- \* de acute en chronische effecten op bodemorganismen.

#### **Omvang en overlevingskansen bijvangsten**

De omvang van de bijvangsten in de boomkorvisserij is moeilijk te kwantificeren. De bijvangsten van vissen tonen een aanzienlijke variatie. Dit wordt veroorzaakt door verschillen in de verspreiding van (jonge) vis in tijd en ruimte. De verspreiding is met name seizoensgebonden. Ook zijn er grote verschillen in jaarklassterkte. Deze variatie wordt ook aangetroffen bij overige bodemorganismen.

Bij het kwantificeren van de omvang van de bijvangst dient eveneens rekening te worden gehouden met de verspreiding van de vissersvloot en de verschillende optuigingen (onder meer de gebruikte maaswijdte) van de schepen.

Uit discard-onderzoek, dat in het verleden is uitgevoerd, kwam naar voren dat ook



Boomkorsporen op de zeebodem dichtbij een pijplijn, opgenomen met een side-scan sonar

plaatselijk grote verschillen kunnen optreden. De omvang van dit onderzoek was echter niet grootschalig genoeg om een totale schatting van de bijvangsten te rechtvaardigen. Wel is enig inzicht verkregen in de orde van grootte. Op zes schepen bemonsterd in de periode september 1989 - juni 1990, varieerde het gewichtspercentage discard-vis in de totale vangst tussen de 5 en 43%. Hiervan bestond gemiddeld 60% uit schar. De overige bijvangsten varieerden tussen de 37% en 75% van het totaal.

De biomassa van de bijvangsten is sterk afhankelijk van een aantal factoren: het gebied, de periode waarin wordt gevestigd, de sterkte van de jaarklassen vis die op dat moment aanwezig zijn, en de gebruikte maaswijdte. In het onderzochte gebied, de zuidelijke Noordzee, werd met een tongnet met een maaswijdte van 8 cm gevestigd. In dit gebied bestond de vangst voor 65% uit vis en voor 35% uit overige bodemorganismen. De ondermaatse vis bestond voor 90% uit schar en schol. In het onderzochte gebied kwam per kilogram markt-

waardige tong tenminste 5 kg discard-vis en 1 kg bodemorganismen in het net terecht. De bijvangst aan overige bodemorganismen bestond voor 80-90% uit zeesterren, kamsterren of slangsterren. Bij de boomkorvisserij met een scholnet met een maaswijdte van 13 cm werd in het onderzoekgebied per oppervlakte-eenheid aanzienlijk minder bodemfauna gevestigd dan met het tongnet: 0,3 kg discard-vis en 0,1 kg overige bodemorganismen per kilogram consumptievis. Daarbij moet nog worden vermeld dat 1 kg ondermaatse discard-vis veel meer individuen bevat dan 1 kg consumptievis. In aantallen individuen uitgedrukt liggen de verhoudingen tussen bijvangsten en consumptievis dus nog verder uiteen dan op gewichtsbasis.

Bijvangsten van de boomkorvisserij omvatten een grote verscheidenheid aan bodemorganismen. De gevoeligheid van deze organismen voor beschadiging in het net of tijdens de vangstverwerking aan boord verschilt per soort.

Vrijwel alle vissen die worden meegevangen en met het net aan boord komen zijn dood of stervende. Van de bijvangsten aan noordkromp, een grote langlevende schelpdiersoort, raakt 90% van de meegevangen exemplaren dodelijk beschadigd. Zowel beschadigingen door de kettingen als de vangstverwerking aan boord van de vissersschepen lijken hierbij een rol te spelen. Het sterftepercentage voor de noordzeekrab is ook hoog, namelijk 85-90%. Van de meegevangen brokkelster, de zwemkrab, de kamster, de slangster en de helmkrab sterft 40-60%. Alleen organismen als de heremietkreeft, de wulk en de zeester hebben met een sterftekans van 0-20% een goede kans om het vangstproces te overleven.



*Scholnetvangst met bijvangst*

Het is niet uit te sluiten dat de bodemvisserij door de sterk uiteenlopende sterftepercentages van de verschillende bodemorganismen in de loop der tijd de samenstelling van de bodemfauna van de Noordzee wezenlijk heeft beïnvloed. Dit zou bijvoorbeeld een verklaring kunnen vormen voor de naar verhouding grote aantallen zeesterren die in de bijvangsten worden aangetroffen.

#### **Effecten op bodemsystemen**

De acute en chronische effecten van de boomkorvisserij op bodemsystemen kunnen worden veroorzaakt door:

- \* vangst in het boomkornet en vangstver-

werking aan boord van visserijvaartuigen;

- \* mechanische beschadiging als gevolg van vangst in het boomkornet gevolgd door ontsnapping via de mazen;
- \* mechanische beschadiging ten gevolge van het omwoelen van de zeebodem.

Het aspect vangst en vangstverwerking is ten dele al behandeld onder 'overlevingskansen bijvangsten'. De overlevingskansen van specifieke organismen zeggen echter betrekkelijk weinig over de te verwachten effecten op bodemsystemen als geheel. Boomkornetten zijn ontwikkeld om marktwaardige vissen te vangen. De hoeveelheid andere organismen die in de netten terecht komt, is in principe ongewenst en verschilt sterk per soort. Dit zou een reden kunnen zijn waarom er van de langlevende en kwetsbare noordkromp nog relatief veel over zijn in de huidige sterk beviste situatie. Andere soorten met eenzelfde levensspanne, die echter gemakkelijker te vangen en kwetsbaarder zijn, kunnen echter inmiddels vrijwel zijn verdwenen.

Van de vissen die via de mazen van het boomkornet ontsnappen en daarbij een mechanische beschadiging oplopen, sterft 0-40%. Het sterftepercentage verschilt per vissoort en per seizoen. De sterfte bij de overige bodemorganismen die via de mazen ontsnappen, zoals de brokkelster, de zwemkrab en de zeester, is zeer gering, nog geen 1%. Wat betreft de noordkromp kan worden opgemerkt dat dit organisme waarschijnlijk betere overlevingskansen heeft bij ontsnapping via de mazen van het net dan als bijvangst. Zoals vermeld onder 'bijvangsten' sterft bij het aan boord tillen en de vangstverwerking 90% van deze organismen. Bij 'tijdige' ontsnapping via de mazen van het boomkornet is de mechanische schade minder vaak fataal. Beschadiging van de noordkromp door

over de bodem slepende kettingen speelt mogelijk een rol. Recent is een onderzoek gestart naar effecten van dit 'aanvissen' van noordkrompen door bodemvistuigen.

#### **Mechanische beschadigingen**

In de periode 1988-92 is eveneens onderzoek verricht naar de mechanische beschadigingen die bodemorganismen oplopen door het omwoelen van de bovenste paar centimeters van de zeebodem met boomkornetten. Uit bodemonderzoek in het onderzochte gebied is gebleken dat de kettingen van boomkornetten het bodemsediment gemiddeld tot een diepte van 4 tot 8 cm omwoelen. De aanwezigheid van bepaalde, op die diepte levende, bodemorganismen in de netten duidt eveneens hierop.

De verwachting is dan ook dat extra sterfte zal optreden bij organismen die zich in deze bovenste laag van de bodem ophouden. Het kan daarbij gaan om directe mechanische schade als gevolg van het krachtige omwoelen van de zeebodem, maar ook om indirecte schade.

Beschadigde organismen lopen een verhoogde kans prooi te worden van andere dieren. Daarmee is tevens een mogelijke verklaring gevonden voor de toenemende vangsten van bodemvis op een zojuist bevestigd stuk zeebodem: bodemvissen in de omgeving komen af op beschadigde bodemorganismen die aan het bodempervlak verschijnen.

#### **In suspensie brengen van bodemmateriaal**

De effecten van het in suspensie brengen van bodemmateriaal door passerende bodemvistuigen zijn - voor zover onderzocht - waarschijnlijk gering. Afhankelijk van de soort stoffen treedt mobilisatie op van in de bodem aanwezige materialen, zijn de effecten 'neutraal' of is er sprake van extra binding aan het in suspensie gebrachte bodemmateriaal door onder-

ploegen. Bij voedingsstoffen lijkt sprake te zijn van een zekere mate van mobilisatie. De gevolgen voor het gehalte aan voedingsstoffen in het water lijken echter gering.

#### **Invloed op het functioneren en de produktiviteit in het water**

Aan dit aspect van de bodemverstoring door de visserij is - gezien het zeer gecompliceerde karakter - in de periode 1988-92 weinig aandacht besteed. Inschattingen van de mogelijke effecten van bodemverstoring op de primaire produktie in de waterkolom (stijging van de produktie door het beschikbaar komen van extra voedingsstoffen en vermindering van de lichthoeveelheid door vertroebeling) lijken er voorsnog op te duiden dat het water nauwelijks wordt beïnvloed door bodemverstoring.

#### **Effecten op het Noordzee-ecosysteem**

Bij het beoordelen van de effecten van de bodemvisserij op het Noordzee-ecosysteem moeten de directe effecten van de bodemverstoring in hun ecologische context worden geplaatst. Vastgesteld kan worden dat er met betrekking tot de diverse bodemorganismen en niet-commerciële vissoorten onvoldoende kennis beschikbaar is om de effecten van de bodemverstoring door de visserij op ecosystemniveau te kunnen aangeven. Er zijn zeer weinig gegevens beschikbaar over de natuurlijke variabiliteit van deze niet-commerciële vissoorten.

Bestudering van de verhouding tussen de produktie en de biomassa van de bodemfauna in de Noordzee laat zien dat de extra sterfte onder naar verhouding snel groeiende bodemorganismen in het algemeen gemakkelijk kan worden opgevangen door de natuurlijke produktie van deze dieren. Naar verwachting heeft de door de visserij veroorzaakte sterfte een

### Alternatief boomkorvistuig

Over de mate waarin boomkortuigen met hun kettingen het bodemleven verstoren of regelrecht vernielen zijn de meningen verdeeld. Dat de nodige bodemfauna als gevolg van het passeren van boomkortuigen het loodje legt staat vast. Los van de vraag wat deze schade nu precies betekent voor het Noordzee-ecosysteem, kan men zich afvragen of deze schade niet is te beperken. Het onderzoek is er daarom op gericht tot een alternatieve vorm van boomkorvisserij te komen, waarbij de zware kettingen van boomkorvaartuigen zijn vervangen door andere methoden van stimulatie van bodemvis. Een mogelijkheid is de kettingen te vervangen door elektroden die met een elektrisch spanningsveld de bodemvis in het net jagen. Een andere mogelijkheid is het vervangen van het over de bodem dreunen van de kettingen door een veld van geluidsgolven die eenzelfde stimulerende werking op de platvis hebben. Ook het gebruik van lichteffecten, om ongewenste waterbewoners af te schrikken en zo de bijvangst ervan te vermijden, zal worden onderzocht.

Bij de ontwikkeling van al deze alternatieve boomkortuigen lopen de belangen van het beschermen van het Noordzee-ecosysteem parallel aan de belangen van de visserij. Immers, niet alleen wordt door het verminderen van de bodemverstoring veel brandstof bespaard, ook het probleem van de verwerking en het weer overboord zetten van ongewenste bijvangsten kan aanzienlijk worden verkleind.

relatief geringe invloed op de biomassa van de bodemfauna in vergelijking met de natuurlijke sterfte. Voor afzonderlijke soorten organismen kan dit echter geheel

anders liggen.

Eén van de belangrijkste effecten van de visserij is een verhoging van de sterfte bij bepaalde categorieën organismen, waardoor een verschuiving zal optreden in de leeftijdsamenstelling van populaties en de soortensamenstelling van de fauna. De voortplantingscapaciteit en de daarmee samenhangende sterftekans verschilt per soort. Kortlevende soorten produceren doorgaans een groot aantal nakomelingen, terwijl langlevende soorten een klein aantal nakomelingen produceren. De verwachting is dan ook dat de leeftijdsamenstelling van langlevende soorten zal verschuiven naar jonge dieren. De soortensamenstelling zal verschuiven in de richting van kortlevende soorten.

Problemen voortvloeiend uit de bodemverstoring door de visserij zijn dan ook het eerst te verwachten voor langlevende soorten in intensief beviste gebieden.

Bij het beoordelen van de effecten van de bodemvisserij is het - in het licht van het herstelvermogen van de bodemfauna - ook van belang de mate van verstoring van de Noordzeebodem te kwantificeren. In intensief beviste delen van de Noordzee wordt elke vierkante meter bodem gemiddeld 7 maal per jaar verstoord tot een diepte van minimaal 4 en maximaal 8 cm. De verstoring van de Noordzeebodem is echter niet homogeen verdeeld.

Gemiddeld wordt elke vierkante meter van de zuidelijke Noordzee 2 tot 3 maal per jaar verstoord. In het centrale en noordelijke deel is de verstoringssintensiteit lager. Naast het gemiddeld aantal verstoringen in een bepaalde omgeving is ook de nauwkeurige locatie van de verstoringen van belang. Bepaalde plaatsen zijn, door de aanwezigheid van obstakels zoals scheepswrakken (waarvan er ongeveer 50.000 in de Noordzee liggen), mijnbouwinstallaties, stenen of rotsen, minder

geschikt voor de bodemvisserij. Dergelijke plaatsen zullen in het algemeen worden vermeden, waardoor andere plaatsen gemiddeld juist weer intensiever zullen worden bevestigd. Soms echter worden deze plaatsen juist opgezocht door vissersvloeden vanwege het aantrekkings-effect op vis. Er kan dus hoe dan ook geen sprake zijn van een homogene beïnvloeding van de Noordzeebodem door de bodemvisserij. Voor het beoordelen van de 'dosis-effect relatie' van de bodemverstoring door de visserij op het Noordzee-ecosysteem moeten zowel de ongelijke verdeling van de visserij-inspanning als de natuurlijke dynamiek van het ecosysteem zorgvuldig in de beschouwingen worden betrokken. Uitgaan van 'worst-case'-gevallen lijkt een goede manier om te komen tot een vorm van preventie die het hele systeem beschermt en bovendien een waarborg is voor duurzame ontwikkeling.

#### **Referentiegebieden**

Een zeer belangrijk probleem bij het beoordelen van de effecten van de bodemvisserij is, dat er op dit moment

geen referentiegebieden te vinden zijn in de Noordzee waar de visserij geen belangrijke directe (onttrekking biomassa) of indirecte (verschuiving soortensamenstelling) effecten heeft. Onderzoek heeft dan ook slechts inzichten kunnen opleveren over bepaalde korte termijn-effecten op het Noordzee-ecosysteem.

Onderzoek naar lange termijn-effecten van de bodemvisserij op het Noordzee-ecosysteem zal pas mogelijk zijn als onderzoekers kunnen beschikken over 'ongestoorde' referentiegebieden. Dit betekent, gezien de uitstralingseffecten van de visserij, dat per geval in een groot representatief gedeelte van de Noordzee (minimaal 30 x 60 mijl) de visserij moet worden geweerd. Inrichting van dergelijke gebieden zou kunnen aansluiten bij onderzoek in het kader van het Natuurbeleidsplan. Het betreft het onderzoek naar de wenselijkheid en de mogelijkheden om beschermde gebieden in te stellen in het Nederlandse deel van de Noordzee.



## Bijlage 1

*Deelnemers workshop BEON*

**Instituut voor Bos- en Natuuronderzoek-  
Dienst Landbouwkundig Onderzoek**

**Den Burg, Texel**

W. Wolff

N. Dankers

K. Philippart

**Rijksinstituut voor Visserij Onderzoek-  
Dienst Landbouwkundig Onderzoek**

**Umuiden**

P. Hagel

F. van Beek

R. Boddeke

J. de Boer

S. de Groot

**Instituut voor Milieuwetenschappen-TNO**

**Delft**

R. Dortland

M. Scholten

R. Jak

**Waterloopkundig Laboratorium**

**Delft**

F. Los

M. de Vries

**Rijksinstituut voor Volksgezondheid en  
Milieuhygiëne**

**Bilthoven**

B. Bannink

R. Leewis

**Ministerie van Economische Zaken**

**Directie Energie**

Den Haag

P. Seeger

**Ministerie van Landbouw, Natuurbeheer  
en Visserij**

**Directie Visserij**

Den Haag

M. Siemelink

**Ministerie van Landbouw, Natuurbeheer  
en Visserij**

**Directie Natuur, Bos, Landschap en Fauna  
IKC**

**Wageningen**

R. Uyterlinde

**Ministerie van Volkshuisvesting,**

**Ruimtelijke Ordening en Milieu**

**Directoraat Generaal Milieubeheer**

**Den Haag**

D. Jonkers

**CATO, Marine Ecosystems**

Kantens

C. ten Hallers-Tjabbes

**Nederlands Instituut voor Onderzoek der  
Zee**

Den Burg- Texel

K. Booij

H. Ridderinkhof

J. van der Meer

H. Lindeboom

R. Riegman

W. van Raaphorst

J. Boon

M. Fonds

M. Bergman

H. van der Veer

**Nederlands Instituut voor Oecologisch  
Onderzoek**

**Centrum voor Estuariene en Mariene**

**Oecologie**

**Yerseke**

J. Craeymeersch

L. Lambeck

**Ministerie van Verkeer en Waterstaat**  
**Directoraat-Generaal Rijkswaterstaat**  
**Den Haag**  
J. Montrée

**Ministerie van Verkeer en Waterstaat**  
**Directoraat-Generaal Rijkswaterstaat**  
**Dienst Getijdewateren**  
**Den Haag**  
J. Peeters  
I. de Vries  
F. Colijn  
R. Laane  
J. Everts

**Ministerie van Verkeer en Waterstaat**  
**Directoraat-Generaal Rijkswaterstaat**  
**Directie Noordzee**  
**Den Haag**  
S. de Jong

**Programma Bureau BEON**  
**Ministerie van Verkeer en Waterstaat**  
**Directoraat-Generaal Rijkswaterstaat**  
**Den Haag**  
J. Visser  
M. Scheffers



## Colofon

- Redactie: Direct Dutch, Den Haag
- Vormgeving: Visuele Vormgeving  
Dienst Getijdewateren,  
Den Haag
- Cartografie: Meetkundige dienst  
Afdeling Thematische  
kaarten  
Den Haag  
*pag 10*
- Fotografie: J.M.P. Buntsma-Hamers  
*pag 17*  
Dienst Getijdewateren  
*pag 26, 30, 31*  
Flying Focus  
*pag 35 boven*  
W. Blom  
*pag 35 onder (2x)*  
S.J. de Groot  
*pag 36*  
W. van der Hak  
*pag 37*

### *Informatie BEON*

Programma Bureau BEON  
p/a Directoraat-Generaal Rijkswaterstaat  
Dienst Getijdewateren  
Koningskade 4  
Postbus 20907  
2500 EX Den Haag  
Tel.: 070-3745142/3745144/3745148  
Telefax: 070-3282059

