

IZWO
Instituut voor Zeewetenschappelijk Onderzoek (vzw)
Institute for Marine Scientific Research
VICTORIAAN 3 - B-8400 OOSTENDE BELGIUM
Tel. +32-(0)59-321045 -- Fax: +32-(0)59-321136

Giftige algen en de reductie van de nutriëntenbelasting

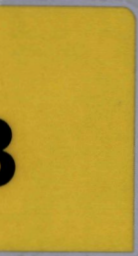
Competitie tussen algen

Jaarverslag 1996

Beleidsgericht
ecologisch onderzoek
van de
Noordzee/Waddenzee



**NIOZ
RWS-RIKZ
WL**



Giftige Algen en de Reductie van de Nutriëntenbelasting (BEON-GARdeN)

Competitie tussen algen

Jaarverslag 1996

684

R. Riegman (NIOZ)
K. Peeters (RWS-RIKZ)
H. Los (WL)

April 1997

BEON Rapport nr. 97-5

BEON project NIOZ 95 E 02

ISSN 0924-6576

IZWO
Instituut voor Zeewetenschappelijk Onderzoek (v.z.w.),
Institute for Marine Scientific Research
VICTORIALAAN 3 - B - 8400 OOSTENDE BELGIUM
Tel. +32-(0)59-321045 — Fax: +32-(0)59-321111

Inhoudsopgave

	Pagina
1. Inleiding	2
2. Materiaal en methoden	2
3. Resultaten	5
4. Conclusies.....	9
5. Werkplan 1997	10
6. Bijdrage en WL.....	11
7. Samenvatting.....	13
8. Dankzegging	13
9. Literatuur	14

1. Inleiding.

De nutriëntconcentraties in het nederlandse kustwater liggen nog steeds boven de achtergrondconcentraties (Anonymous, 1991; Klein & van Buuren, 1992; Laane, 1992; Peeters et al., 1993). Inmiddels is de nutriëntenbelasting van het Nederlandse kustwater aan het verminderen. Fosfaat loopt evenwel sneller terug dan stikstof. De vraag is of stikstof(N-)reductie ter bescherming van de Noordzee en Waddenzee geïntensiveerd dient te worden. Een zorgvuldige afweging is nodig omdat N-reductie erg duur is en omvangrijke economische en maatschappelijke consequenties zal hebben. Het is zeer waarschijnlijk dat bij de huidige trend er belangrijke verschuivingen in de algensoort-samenstelling zullen gaan optreden. Daarnaast lijkt de frequentie nieuwe toxische algenbloei toe te nemen (Zevenboom et al., 1991; Peperzak, 1994).

Wijzigingen van habitats leiden ongetwijfeld tot een veranderende soortensamenstelling. Het GARdeN project is bedoeld om uit te zoeken welke algen de nieuw gecreëerde habitats zouden kunnen gaan bezetten. Bij de aanvang van het project werd uitgegaan van de gedachte dat de soortensamenstelling in de natuur voornamelijk bepaald wordt door competitie tussen soorten om de groei-beperkende factor. De voornaamste beperkende groeifactoren voor algen in de natuur zijn nutriënten en licht. Door middel van competitieexperimenten met verschillende mengsels van algen werd onderzocht hoe verschillende nutriëntbelastingen invloed kunnen hebben op de soortensamenstelling. De resultaten werden gebruikt om de verspreiding van deze soorten in de natuur te verklaren. In 1995 (Fase 1 rapport) is een serie experimenten uitgevoerd met de toxische alg *Chrysochromulina polylepis*. Hieruit kwam naar voren dat deze mixotrofe alg vooral na de voorjaarsbloei onder fosfaat limiterende omstandigheden bij de aanwezigheid van stratificatie en veel heterotrofe bacteriën dominant zou kunnen worden. In tegenstelling tot de Scandinavische kust (Thingstad et al., 1993) doen deze omstandigheden zich bij de Nederlandse kust niet voor hetgeen betekent dat de kans op het optreden van een schadelijke algenbloei door dit organisme zeer klein is. Mixotrofen komen in het Nederlandse kustwater echter wel voor en vormen in sommige perioden van het jaar en belangrijke functionele groep. Voor het betrouwbaar modelleren van algendynamiek is het dus noodzakelijk deze functionele groep wel in te bouwen in het model. Tevens kwam uit de experimenten naar voren dat diatomeeën onder vrijwel alle omstandigheden betere competitors zijn dan dinoflagellaten; zolang er maar voldoende silicaat voor hun groei beschikbaar is (Fase 1 rapport). Omdat veel schadelijke algensoorten behoren tot de taxonomische groep der dinoflagellaten, zijn deze soorten in 1996 onderling met elkaar vergeleken ten aanzien van hun competitie vermogen. De resultaten van dit onderzoek worden in dit rapport vermeld. Tevens werden deze resultaten gebruikt ter evaluatie en verbetering van het MANS-BLOOM model.

2. Materiaal en methoden

Dit hoofdstuk bevat de elementen b, c, en d zoals beschreven in paragraaf 5.2 uit de algemene bepalingen BEON contracten.

Voor onderzoek naar het competitie vermogen van verschillende dinoflagellaten en een vergelijking met andere niet-diatomeeën is gekozen voor de soorten:

Chrysochromulina polylepis (Sommer, Univ. Kiel, Germany), *Emiliania huxleyi* type B (v.d. Wal, NIOZ, The Netherlands), *Fibrocapsa japonica* (Atkinson, Cawthron Institute, New Zealand), *Gymnodinium simplex* (Vrieling, Univ. Groningen, The Netherlands), *Gyrodinium aureolum* (Fenchel, Univ. Copenhagen, Denmark), *Heterocapsa triquetra* (Atkinson, Cawthron Institute, New Zealand), *Heterosigma akashiwo* (Atkinson, C.I., New Zealand), and *Prorocentrum micans* (NIOZ). Deze soorten werden voor-geadapteerd gedurende een maand in aparte batchcultures en in de laat-exponentiële fase met elkaar gemengd in een gelijke biovolumeverhouding. Deze mengsels werden gebruikt in negentien verschillende sets van limiterende groei-experimenten. Een gedetailleerde opsomming van de gebruikte mediumsamenstellingen staat in tabel 1.

In principe gaat het om een serie nutriënt-gelimiteerde cultures (ammonium-limitatie: exps. 1-4; nitraat-limitatie: exps. 5-7; fosfaat-limitatie: exps. 8-12) en een serie (uitvoering in tweede kwartaal) waarbij nutriënten in overmaat zijn, met verschillende

licht regimes (sterk fluctuerend licht: exp. 13; licht-inhiberende omstandigheden: exps. 14-15; en licht-limiterende omstandigheden exps. 16-19).

Tabel 1. Macro-nutriënt concentratie, licht niveau's en periodiciteit (licht-donker cycli in uren (h), en verdunningssnelheden als % van het culture volume na elk interval (in dagen) zoals gebruikt is in de experimenten met een mengsel van dinoflagellaten en prymnesiophyceae. Sr staat voor de concentratie van de limiterende factor in het gebruikte medium.

Experiment	Eenheden	NH ₄ ⁺	NO ₃ ⁻	PO ₄ ³⁻	Licht	Opmerkingen
		μM	μM	μM	μE.m. ⁻² .s ⁻¹	16-8h licht -donker
	Limitatie					
1	Ammonium	15	0.05	10	80	10% per dag verdunning
2	Ammonium	15	0.05	10	80	30% per 3d
3	Ammonium	0.2	0.05	10	80	30% per 3d (Lagere Sr)
4	Ammonium	15	0.05	10	80	60% per 6d
5	Nitraat	0.2	30	10	80	10% per dag
6	Nitraat	0.2	30	10	80	30% per 3d
7	Nitraat	0.2	30	10	80	60% per 6d
8	Fosfaat	0.2	60	1	80	10% per dag
9	Fosfaat	0.2	60	1	80	30% per 3d
10	Fosfaat	0.2	60	0.1	80	30% per 3d; 18 °C
11	Fosfaat	0.2	60	0.1	80	30% per 3d (Lagere Sr)
12	Fosfaat	0.2	60	1	80	60% per 6d
13	Periodiciteit	0.2	60	10	80	8*(0.5-0.5h L-D)+16h D
14	Photo	0.2	60	10	500	12-12h L-D
15	-inhibitie	0.2	60	10	500	
16	Licht	0.2	60	10	15	Hoge nutriënten
17	Licht	1.5	0.05	10	15	Laag ammonium
18	Licht	0.2	30	10	15	Laag nitraat
19	Licht	0.2	60	0.1	15	Laag fosfaat

Kweekmedia werden bereid van nutriëntarm zeewater (0.2 μM NH₄⁺, 0.05 μM NO₃⁻, 0.02 μM PO₄³⁻, 0.37 μM Si₂O₃²⁻) afkomstig uit de centrale Noordzee en gefiltreerd over een 0.2 μm celluloseacetate filter. Vóór sterilisatie (20 min. bij 120 °C) werd 1ml 1.2 N HCl per liter medium toegevoegd ter voorkoming van neerslagen. Steriele nutriëntoplossingen werden toegevoegd bij kamertemperatuur. Spore-elementen en vitaminen werden toegevoegd zoals beschreven in Hansen (1989). Licht werd toegediend in verschillende regimes m.b.v. cirkelvormige TL buizen (Cool White 33) in een (tenzij anders vermeld) 16:8 uur licht-donker periode. De temperatuur werd geregeld door de plaatsing van de mengcultures in een gethermosteerd waterbad. Een probleem is dat sommige dinoflagellaten niet kunnen tegen continue menging. Daarom werden de cultures elke dag om 8 uur en om 17 uur met de hand gemengd. Verdunningen werden dagelijks, drie-dagelijks, en eens per zes dagen toegepast ten einde mede de invloed van frequentie nutrientaddities nader te onderzoeken. Hierbij werd respectievelijk 10, 30 of 60% van de cultures vervangen door vers medium om een gelijke gemiddelde verdunningssnelheid te verkrijgen. Dit procedé van discontinue verdunning werd minstens één tot twee maanden per culture uitgevoerd. Iedere drie dagen werden monsters genomen, waarvan na fixatie met lugol en glutaaraldehyde de

algensoortensamenstellingen microscopisch werd bepaald d.m.v. de sedimentatie telkamer methode (Utermöhl, 1958). Aangenomen werd dat de algen na vier weken volledig aangepast waren aan het opgelegde regime. Uit de data van de periode hierna werd bij elk experiment de groeisnelheid van de verschillende soorten vastgesteld.

3. Resultaten

Voorbeelden, representatief voor de verschillende limitaties, van de dynamiek in de soortensamenstelling gedurende de gemengde algen kweekexperimenten zijn gepresenteerd in figuur 1. Onder stikstof-limitatie groeide *Emiliana huxleyi* sneller op nitraat (exp. 6) dan op ammonium (exp. 2) als stikstofbron. *Chrysochromulina polylepis* groeide sneller dan bijvoorbeeld *Prorocentrum micans*. De dinoflagellaat *Gyrodinium aureolum* verdween snel uit de cultuur. Dit gebeurde onder alle geteste condities waaruit geconcludeerd moet worden dat dit organisme niet in staat was om in het kweekstelsel te groeien. Onder de aanname dat de algen waren geadapteerd aan de heersende limitatie na minimaal vier weken in de gemengde cultures, werd de groeisnelheid van de verschillende soorten vastgesteld. Deze groeisnelheid is indicatief voor het vermogen van een organisme om te kunnen concurreren om de groeibeperkende factor.

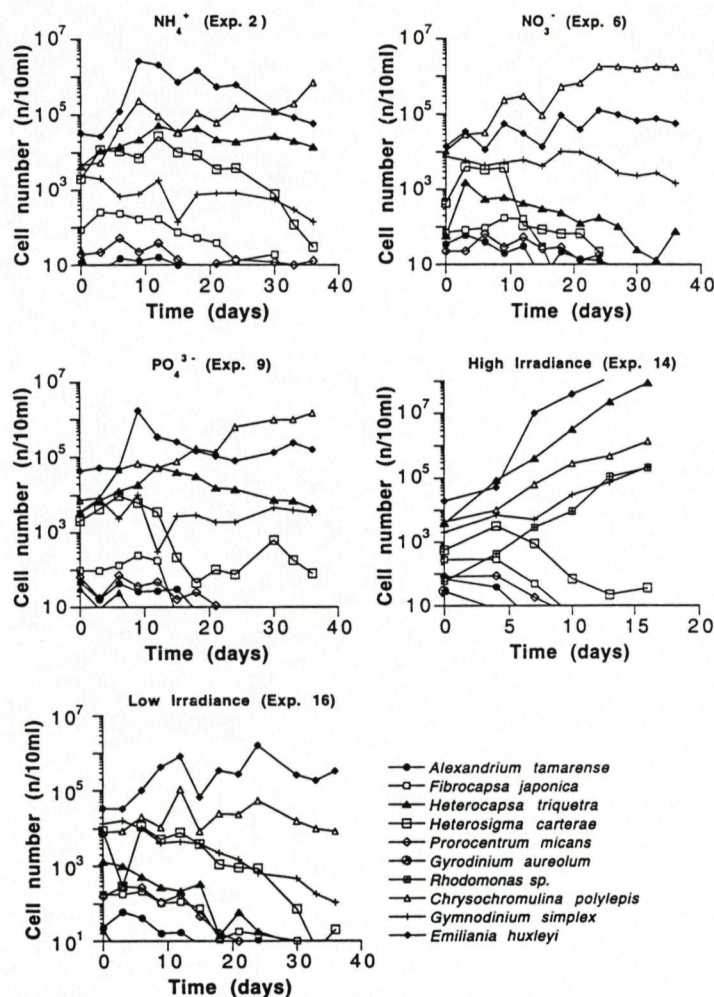


Fig 1. Voorbeelden van de groei van verschillende soorten dinoflagellaten en prymnesiophyceae in mengcultures. Gekweekt werd bij niet-verzadigende ammonium-, nitraat-, of fosfaat concentraties en $80 \mu\text{mol quanta}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$, of lagere ($15 \mu\text{mol quanta}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$) lichtintensiteiten.

Onder alle omstandigheden groeide *C. polylepis* erg snel onder de verschillende limitaties (Fig. 2). In de ammonium-, nitrate en fosfaat- gelimiteerde cultures was de groeisnelheid respectievelijk 0.16, 0.13 en 0.21 dag⁻¹ welke hoger was dan de verdunningsnelheid. Bij overmaat aan nutriënten vertoonde *C. polylepis* een afname in de groeisnelheid onder sterk fluctuerende licht-omstandigheden (exp. 13). Dit zou een reden kunnen zijn waarom *C. polylepis* geen rol van betekenis speelt in het Nederlandse kustwater waar een frequente menging over een sterke verticale lichtgradiënt plaats vindt.

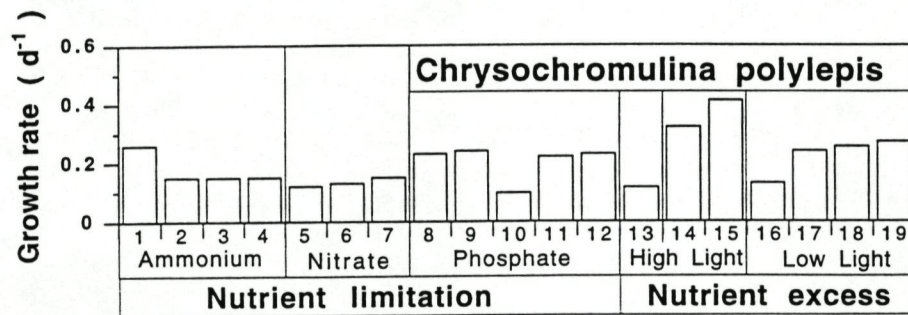


Fig 2. Specifieke groeisnelheid van *C. polylepis* in de mengcultures bij verschillende nutriënt-limitaties (Exp. 1-12) en bij overmaat nutriënten bij verschillende lichtintensiteiten (Exp. 13-19).

Omdat alle organismen onder dezelfde condities groeiden in de mengcultures, reflecteren verschillen in specifieke groeisnelheden van verschillende soorten het competitie vermogen. Dit is weergegeven door de specifieke groeisnelheid van een soort te relateren aan de groeisnelheid van *C. polylepis* als referentieorganisme onder de heersende condities. De andere organismen (figuur 3) vertoonden grotere verschillen in hun groei respons. In experiment 3 en 11 was *C. polylepis* aanwezig in lagere celdichtheden. In vergelijking met experimenten 2 en 9 groeiden de andere soorten niet significant harder bij een lagere celdichtheid van *Chrysochromulina*. Daaruit moet geconcludeerd worden dat er geen sprake was van mogelijke allelopathische effecten van *C. polylepis* op de groei van andere soorten. De gecalcificeerde cellen van *Emiliania huxleyi* werden niet meer waargenomen onder een ammoniumlimitatie. De hoogste groeisnelheden werden waargenomen onder een nitraatlimitatie en bij overmaat aan nutriënten (experimenten 13-19). De dinoflagellaat *Prorocentrum micans* bleek een slechte concurrent onder alle geteste omstandigheden m.u.v. ammoniumlimitatie (exp. 2). *Alexandrium tamarense* groeide ook traag in de meeste cultures. *Fibrocapsa japonica* bleek zeer gevoelig voor hoge lichtintensiteiten (exp. 14 en 15), maar groeide wel snel onder fluctuerende licht omstandigheden en bij limiterende intensiteiten. *Heterocapsa triquetra*, een kleinere dinoflagellaat, was relatief ongevoelig voor hoge lichtintensiteiten, maar concurreerde ook goed om ammonium (exp. 1-4), onder fluctuerende licht omstandigheden (exp. 13), en bij lage, niet verzadigende intensiteiten (exp. 16-19). *Gymnodinium simplex* vertoonde een vergelijkbare ecologische niche als *H. triquetra*, maar groeide een stuk langzamer. Uit de gemiddelde groeisnelheden van de representanten van de verschillende taxonomische groepen voor elke set van limitaties (Figuur 4) blijkt duidelijk dat dinoflagellaten onder alle geteste limitaties gemiddeld beduidend langzamer groeien dan de Prymnesiophyceae. Met name onder stikstoflimitatie met nitraat als N-bron, bleken de Prymnesiophyceae veruit superieur.

Een andere manier van resultaat analyse betreft de celgrootte afhankelijkheid van het competitievermogen. In het algemeen wordt verondersteld dat kleine algen betere concurrenten zijn dan grotere soorten (Stolte & Riegman, 1995). Uitzondering op deze regel vormen diatomeeën die onder een fluctuerend nitraataanbod concurreren onder een N-limitatie. Onder deze specifieke omstandigheid zijn het juist de grotere diatomeeën soorten die sneller groeien dan de kleinere (Stolte et al., 1994). Ditzelfde fenomeen is tijdens de competitieexperimenten met dinoflagellaten niet waargenomen. Dit kan verklaard worden uit het feit dat het opslagreservoir voor nitraat, de vacuole, bij dinoflagellaten vele malen kleiner is dan bij diatomeeën. Ondanks deze taxonomische

verschillen, bleek dat experimenteel vastgesteld kon worden dat kleinere soorten onder concurrerende omstandigheden inderdaad harder groeien dan grotere (Figuur 4). Omdat kleinere soorten ook een hogere maximale groeisnelheid bezitten welke vertoond wordt onder nutriënt-verzadigende omstandigheden (Banse, 1976) moet geconcludeerd worden dat grotere algen soorten in de natuur dominant worden op grond van andere eigenschappen dan hun competitie vermogen m.b.t. nutriëntratio's.

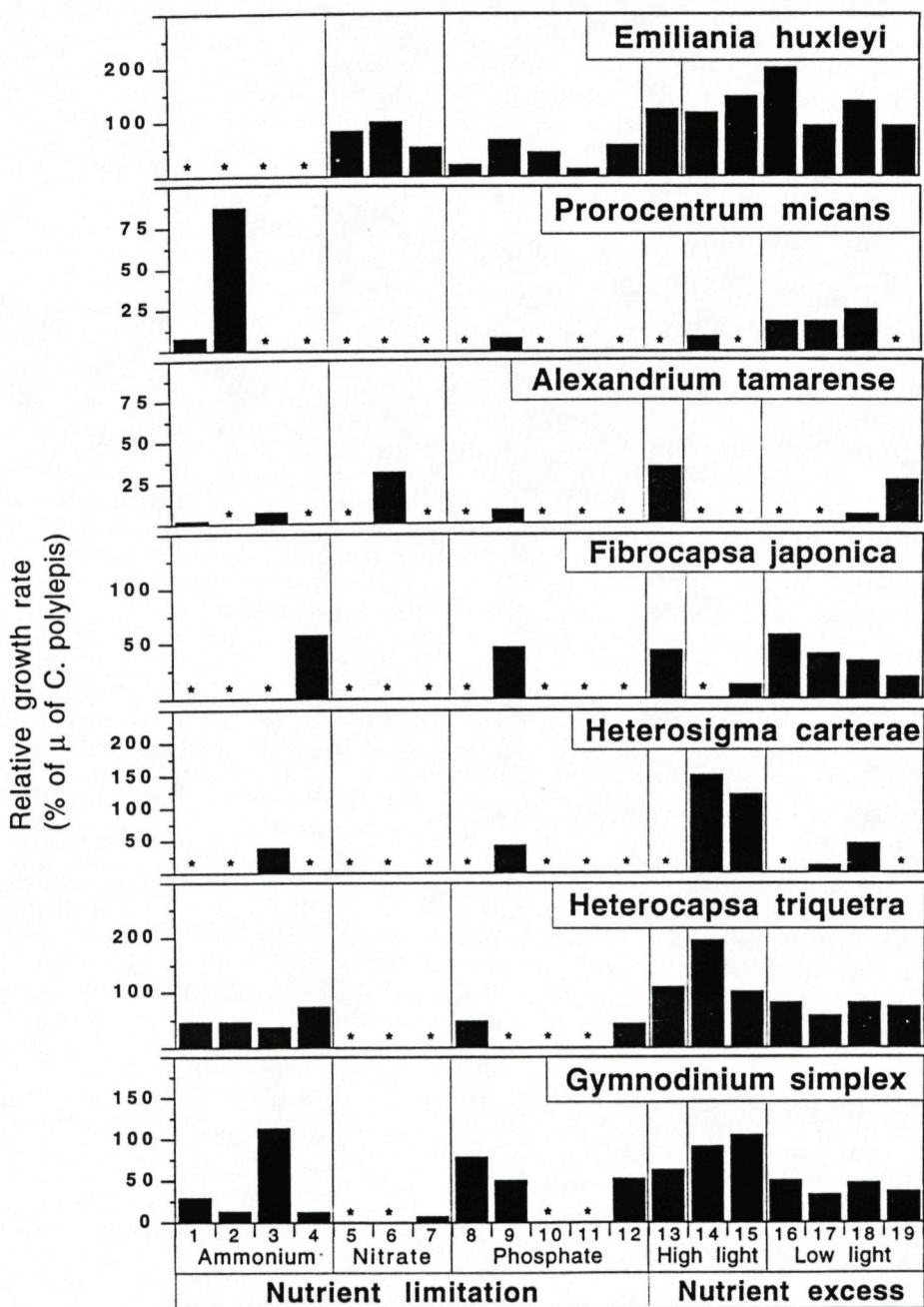


Fig 3. De relatieve groeisnelheid van verschillende soorten in de mengcultures, uitgedrukt als percentage van de groeisnelheid van *C. polylepis* in dezelfde mengculture. Een sterretje betekent geen of negatieve groeisnelheid.

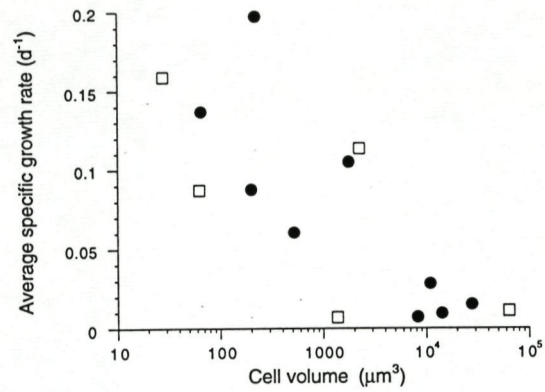


Fig 4. De specifieke groeisnelheid van dinoflagellaten en haptophyceae (cirkels), en diatomeeën (vierkanten), gekweekt bij verschillende nutriënt-limiterende omstandigheden in relatie tot celgrootte. Voor iedere soort berekend als gemiddelde groeisnelheid in die nutriënt-gelimiteerde cultures waarin de betreffende soort ook groei vertoonde.

4. Conclusies

Op basis van de experimenten, uitgevoerd in 1995 en 1996, kan geconcludeerd worden dat met dit soort onderzoek meer inzicht verkregen wordt in de dynamiek van algen in hun natuurlijk milieu. De dominantie van diatomeeën tijdens de voorjaarsbloeï is duidelijk toe te schrijven aan hun hoge groeisnelheden onder licht limiterende condities bij lagere temperaturen, in combinatie met de aanwezigheid van silicaat. Daarnaast wordt de specifieke selectie naar grotere soorten diatomeeën bevorderd door grootte-selectieve begrazing door microzooplankton tijdens de ontwikkeling van een bloei (Riegman et al., 1993). Dominantie van *Synechococcus* is te verwachten in lichtgecontroleerde systemen bij temperaturen boven de 10 °C, hoewel hoge biomassa's niet bereikt zullen worden door deze begrazingscontrole. In het veld worden inderdaad de hoogste biomassa's waargenomen gedurende de zomer in licht- of fosfaatgecontroleerde systemen (Anderson et al., 1994).

De giftige dinoflagellaten bleken duidelijk slechte concurrenten om nutriënten, hoewel zij bij hogere temperaturen iets beter konden concurreren. Hun verspreiding in het veld zal enigszins gerelateerd zijn aan de beschikbaarheid van ammonium in nutriënt-gecontroleerde systemen.

De bloei van *Chrysochromulina polylepis* voor de Scandinavische kust in 1988 vond plaats na de voorjaars bloei van diatomeeën. De potentiële rol van mixotrofen is in dit verband uitvoerig besproken in het eerste fase rapport.

Voor het beleid is op dit moment de belangrijkste conclusie dat vooral de grotere dinoflagellaten soorten vrij slechte concurrenten zijn. Dit betekent dat het al- of niet voorkomen van deze soorten waarschijnlijk niet direct gerelateerd is aan nutriënten verhoudingen. Juist in deze categorie komen veel soorten voor die toxines kunnen vormen en daardoor als potentiëel schadelijke algensoorten worden aangemerkt. De toename van deze soorten in eutrofe gebieden zal dus anders verklaard moeten worden. Een klassieke theorie is die van MacArthur en Wilson (1967) welke de processen beschrijft die plaats vinden bij soortselectie tijdens de invasie van eilanden. In feite zijn watermassa's ook eilanden in een grotere zee die na verrijking de gelegenheid bieden tot kolonisatie door algen. Na een aanvankelijke kolonisatie door snelgroeiende soorten (r-selectie) treedt er tijdens de "rijping" van het voedselweb een verschuiving op naar de selectie van "K-soorten". Dit zijn soorten die hun bestaansrecht niet zozeer ontleen aan hun reproductie vermogen dan wel aan hun overlevingsmogelijkheden. Zo kan er sprake zijn van een situatie waarbij na een bepaalde periode een verschuiving plaatsvindt naar soorten die slechter gegeten worden. De productiviteit van de hogere trofische niveau's neemt in dat geval niet meer toe, of zelfs af met toenemende eutrofiëring. Een voor het beheer zeer krachtig instrument zou een empirisch vastgestelde relatie kunnen zijn tussen giftige algenbloeien enerzijds en verblijftijd van de watermassa (tijdsduur van voedselweb ontwikkeling) en nutriëntenbelasting (mate van top-down control; Riegman, 1995) anderzijds. Op grond van een literatuurstudie naar eutrofiëringsproblemen in kustsystemen zou een dergelijke relatie kunnen worden vastgesteld. De gevonden grenswaarden zouden kunnen worden gebruikt voor het vaststellen van streefwaarden (normen) ten aanzien van de na te streven waterkwaliteit. Dit beleidsinstrumentarium zou richtlijnen kunnen omvatten voor zowel de kwaliteit als de productiviteit (denk aan visserij) van het ecosysteem. Het verdient aanbeveling dit plan verder uit te werken in Europees verband. Een dergelijk beleidsinstrumentarium zou toepasbaar zijn in alle Europese kustwateren.

5. Werkplan 1997

In het komende jaar zal onderzocht worden wat de invloed is van verschillende stikstof verbindingen op de algensoortensamenstelling. Een extra, tweede, set van competitie experimenten zal daarom worden uitgevoerd tussen *Cymatosira belgica*, *Ditylum brightwellii*, *Lauderia borealis*, *Odontella aurita*, *Streptotheca thamesis*, *Alexandrium tamarense*, *Fibrocapsa japonica*, *Gymnodinium simplex*, *Ceratium tripos*, *Chrysochromulina polylepis*, *Prorocentrum micans*, *Rhodomonas* sp. en *Synechococcus* ("groen") met afzonderlijk ammonium, nitraat, humuszuren of ureum als stikstof bron (zie tabel 2). Deze set wordt in aan- en afwezigheid van silicaat uitgevoerd omdat er ook nagenoeg niets bekend is van de invloed van stikstof speciatie op diatomeën. Inclusief voorbereiden en voorkweken (twee maanden), microscopische tellingen (twee maanden), uitwerking (één maand), rapportage (twee weken) wordt dit minimaal zeven mensmaanden werk.

Tabel 2. Geplande medium samenstelling voor serie competitie experimenten waarbij wordt uitgezocht wat de invloed is van stikstof speciatie op de algensoortensamenstelling.

	PO4	Si	NH4	NO3	Urea	Humic acids
	μM	μM	μM	μM	μM	μg/L
Exp. 1	10	150	15	-	-	-
Exp. 2	10	150	-	15	-	-
Exp. 3	10	150	-	-	15	-
Exp. 4	10	150	-	-	-	10
Exp. 5	10	-	15	-	-	-
Exp. 6	10	-	-	15	-	-
Exp. 7	10	-	-	-	15	-
Exp. 8	10	-	-	-	-	10

6. Bijdrage WL Delft

Door WL is in het kader van het BEON GARdeN project in 1996 gewerkt aan de volgende onderwerpen:

1. Inbouwen van dynamische zooplanton module.
2. Inbouwen van mixotrofie.
3. Opzet van een één-segments versie van het model en toepassing hiervan op de laboratorium experimenten.

6.1 Dynamische zooplankton module

Een belangrijk proces, dat tot op heden niet expliciet in MANS -BLOOM is opgenomen, is graas door zooplankton. Tot nu toe zijn de effecten van graas "gelumped" in de natuurlijke sterfte coëfficiënt, die in het model slechts een functie is van de temperatuur. Hierbij wordt geen onderscheid gemaakt tussen soortsgroepen onderling.

Om de effecten van graas expliciet mee te nemen kan worden gekozen uit een forcing function aanpak dan wel een dynamische graas module. Een forcing function module bestaat voor het belangrijkste zoetwater eutrofiëringsmodel van WL en wordt veelvuldig toegepast. De module is opgenomen in de DELWAQ procesbibliotheek en kan daarom zonder meer worden gebuikt in MANS - BLOOM. Deze module zal ook in de pilotversie van het Generieke Estuarium Model (GEM) worden opgenomen.

Voor het beleid is het echter ook belangrijk voorspellingen te doen omtrent de toekomstige invloed van graas op de primaire produktie. Daarom is het model in 1996 uitgebreid met een dynamische graas module. Deze berekent per algengroep de graasdruk, rekening houdend met de preferenties van zooplankton. Vooralnog wordt geen onderscheid gemaakt tussen verschillende soorten zooplankton. Evenmin wordt een relatie gelegd met de rest van het ecosysteem (vissen bijvoorbeeld).

De ontwikkeling van deze module is in belangrijke mate gefinancierd in het kader van WL speurwerk en omvat de eigen bijdrage voor 1996. In 1996 zijn indicatieve berekeningen uitgevoerd om de module te testen. Deze zijn positief verlopen. Er heeft echter nog geen kalibratie van de module plaatsgevonden. (Her)kalibratie van het gehele model (inclusief zooplankton) is het hoofdonderwerp voor 1997 als alle experimentele resultaten beschikbaar zijn.

6.2 Mixotrofie module

In het zoutwatermilieu komen een aantal mixotrofe algen voor, die soms van groot belang zijn. Een voorbeeld hiervan is *Chrysochromulina*, waaraan in 1995 al aandacht is besteed binnen GARdeN. In het afgelopen jaar is een nieuwe module ontwikkeld waarmee mixotrofe algen binnen MANS - BLOOM gemodelleerd kunnen worden.

Het principe werkt als volgt. Voor elke algensoort in het model kan naast de al bestaande types voor licht- en nutriëntenlimitatie een nieuw type worden gedefinieerd, dat zijn nutriënten behoefte kan dekken door directe opname van detritus. Dit type heeft hiermee dus een belangrijk competitief voordeel onder nutriënt-limitatie. Overeenkomstig de waarnemingen en experimenten is echter in het model aangenomen dat de mixotrofe algen relatief langzaam groeien. Hierdoor wordt voorkomen, dat ze sterk gaan overheersen.

De nieuwe module is grondig getest en lijkt technisch goed te functioneren. Er is een begin gemaakt met de toetsing aan de hand van laboratoriumexperimenten, maar deze werkzaamheden zijn nog niet afgerond. Er is nog geen directe relatie gelegd met de nieuwe graasmodule, maar er zijn sterke aanwijzingen dat veel mixotrofe algen slecht eetbaar zijn en daaraan een extra voordeel ontleenen. Verder onderzoek aan hand van laboratoriumgegevens en de kalibratie op de Noordzee zal in 1997 plaats vinden.

6.3 Toepassing model om lab resultaten na te bootsen

Het is de bedoeling met behulp van het model een aantal laboratorium experimenten na te bootsen. Hiertoe is in het afgelopen jaar een één- segments versie opgezet en uitgetest. De eigenlijke toepassing op de experimentele resultaten heeft echter nog niet plaats gevonden.

7. Samenvatting.

Het doel van dit project is het vaststellen van het competitievermogen van verschillende algensoorten, om het effect van een vermindering van voedingsstoffen in het nederlandse kustwater beter te kunnen voorspellen. De algensoortensamenstelling langs de kust zou zich kunnen wijzigen als gevolg van een veranderende beschikbaarheid van nutriënten. Deze mogelijkheid wordt binnen het BEON-GARdeN project onderzocht door simulatie in experimentele kweekopstellingen.

De overheersing door diatomeeën tijdens de voorjaarsbloei is toe te schrijven aan hun hoge groeisnelheden onder licht-limiterende condities bij lagere temperaturen, in aanwezigheid van silicaat. De ontwikkeling van grotere soorten diatomeeën wordt bevorderd door het weggrazen van kleinere soorten door microzooplankton (Riegman et al., 1993).

De giftige dinoflagellaten konden slecht om nutriënten concurreren, maar bij hogere temperaturen doen zij het beter. Hun aanwezigheid in de natuur zal voor een deel samenhangen met de beschikbaarheid van ammonium in gevallen dat stikstof de beperkende factor is.

Voor het beleid is op dit moment de belangrijkste conclusie dat vooral de grotere dinoflagellaten slecht met andere soorten kunnen concurreren om nutriënten. Dit betekent dat het voorkomen van deze soorten waarschijnlijk niet samenhangt met verhoudingen tussen nutriënten. Juist deze soorten maken vaak toxines en kunnen daardoor als potentieel schadelijke algensoorten worden aangemerkt. De toename van deze soorten in gebieden met een grotere rijkdom aan voedingsstoffen zal dus op een andere manier verklaard moeten worden.

Een voor het beheer zeer krachtig instrument zou een empirisch vastgestelde relatie kunnen zijn tussen giftige algenbloeien enerzijds en de gemiddelde verblijftijd van de watermassa (tijdsduur van voedselweb ontwikkeling) en nutriëntenbelasting (mate van top-down control; Riegman, 1995) anderzijds. Op grond van een literatuurstudie naar eutrofiëringsproblemen in kustsystemen zou een dergelijke relatie kunnen worden vastgesteld. De gevonden grenswaarden zouden kunnen worden gebruikt voor het vaststellen van streefwaarden (normen) ten aanzien van de na te streven waterkwaliteit. Dit beleidsinstrumentarium zou richtlijnen kunnen omvatten voor zowel de kwaliteit als de productiviteit (denk aan visserij) van het ecosysteem. Het verdient aanbeveling dit plan verder uit te werken in Europees verband, omdat een dergelijk beleidsinstrumentarium toepasbaar zal zijn in alle kustwateren.

Het bestaande MANS-BLOOM model is verbeterd ten aanzien van de coëfficiënten, waarmee de fytoplankgroepen in het model worden gedefinieerd. Voor een realistischer verliespost van het fytoplankton is de begrazing door zooplankton dynamisch gemodelleerd. Tevens is een bgin gemaakt met het inbouwen van een module die de groei van mixotroof (tegelijkertijd autotroof en heterotroof) fytoplankton beschrijft. Wanneer deze modules goed functioneren, zal het hele model ge(her)calibreerd moeten worden. Dit zal het hoofdonderwerp in 1997 zijn, wanneer alle experimentele resultaten beschikbaar zijn.

8. Dankzegging.

De resultaten in dit rapport zijn mede tot stand gekomen door de inspanningen van twee studenten, die een gedeelte van hun doctoraalstudie op het NIOZ hebben doorgebracht. Lisette de Senerpont-Domis en Marijke de Boer van de Rijksuniversiteit Utrecht worden bedankt voor hun enorme inzet tijdens de uitvoering van de experimenten. De referenten worden bedankt voor hun stimulerend commentaar en Willem Stolte wordt bedankt voor de verwerking van de ge-opperde suggesties in dit rapport.

9. Literatuur.

- Anderson, A., P. Haecky & Å. Hagström (1994). Effect of temperature and light on the growth of micro- nano- and pico-plankton: impact on algal succession. *Mar. Biol.* 120:511-520.
- Anonymous (1991). Trends en toestand zoute wateren 1980-1990. DGW 1991.
- Banse, K. (1976). Rates of growth, respiration and photosynthesis of unicellular algae as related to cell size- a review. *J. Phycol.* 12: 135-140
- Hansen, P.J. (1989). The red tide dinoflagellate *Alexandrium tamarense* : effects on behaviour and growth of a tintinnid ciliate. *Mar. Ecol. Progr. Ser.* 53: 105-116.
- Klein, A.W.O. & J.T. van Buuren (1992). Eutrophication of the North Sea in the dutch coastal zone 1976-1990. Report Ws-92.003.
- Laane, R.W.P.M. (1992). Background concentrations of natural compounds. Report DGW-92.033.
- MacArthur, R. and Wilson, E.O. (1967) *The theory of Island Biogeography*. Princeton University Press, Princeton, N.J. 203 pp.
- Peeters, J.C.H., H.A. Haas, L. Peperzak & I. de Vries (1993). Nutrients and light as factors controlling phytoplankton biomass on the Dutch Continental Shelf (North Sea) in 1988-1990. Report DGW-93.004.
- Peperzak, L. (1994). Plaagalgien in de Noordzee. Rapport DGW-93.053.
- Riegman, R., B.R. Kuipers, A.A.M. Noordeloos, H.J. Witte. (1993). Size-differential control of phytoplankton and the structure of plankton communities. *Neth.J. Sea Res.* 31(3): 255-265.
- Riegman, R. (1995). Nutrient related selection mechanisms in marine phytoplankton communities and the impact of eutrophication on the planktonic foodweb. *Wat. Sci. Technol.* 32(4): 63-75.
- Stolte, W., T. McCollin, A.A.M. Noordeloos, Riegman, R. (1994). Effect of nitrogen source on the size distribution within marine phytoplankton populations. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 184: 83-97.
- Stolte, W., Riegman, R. (1995). Effect of phytoplankton cell size on transient state nitrate and ammonium uptake kinetics. *Microbiology* 141, 1221-1229.
- Zevenboom, W., M. Rademaker & F. Colijn (1991). Exceptional algal blooms in dutch coastal waters. *Wat. Sci. Techn.* 24-10: 251-260.
- Thingstad, T.F., E.F. Skjoldal & R.A. Bohne (1993). Phosphorus cycling and algal-bacterial competition in Sandsfjord, western Norway. *Mar. Ecol. Progr. Ser.* 99: 239-259.
- Utermöhl, H. (1958). Zur Vervollkommung der quantitativen Phytoplankton-Methodik. *Mitt. Int. Verein. Theor. angew. Limnol.* 9: 1-39

Reeds verschenen BEON rapporten:

BEON rapport nr.	1.	BEON Meerjarenplan 1988-1993.	1987
BEON rapport nr.	2.	BEON Jaarwerkplan 1988.	1988
BEON rapport nr.	3.	BEON Modelling.	1988
BEON rapport nr.	4.	BEON meerjaren Uitvoeringsprogramma 1988-1993.	1989
BEON rapport nr.	5.	BEON Jaarwerkplan 1989.	1989
BEON rapport nr.	6.	Findings of the BEON Workshop in preparation for the Third North Sea Conference.	1989
BEON rapport nr.	7.	Beleidspresentatie BEON 23 juni 1989 Den Haag.	1989
BEON rapport nr.	8.	Effects of Beamtrawl Fishery on the Bottom Fauna in the North Sea.	1990
BEON rapport nr.	9.	BEON Jaarwerkplan 1990.	1990
BEON rapport nr.	10.	BEON Voortgangsrapport 1988-1989.	1990
BEON rapport nr.	11.	Beleidspresentatie BEON 31 mei 1990 Den Haag.	1990
BEON rapport nr.	12.	Beleidspresentatie BEON 20 juni 1991 Den Haag.	1991
BEON rapport nr.	13.	Effects of Beamtrawl Fishery on the Bottom Fauna in the North Sea. II. The 1990 - studies.	1990
BEON rapport nr.	13 A.	BEON Jaarwerkplan 1991.	1991
BEON rapport nr.	14.	BEON Jaarwerkplan 1992.	1992
BEON rapport nr.	15.	Beleidspresentatie BEON 19 juni 1992 Den Haag.	1992
BEON rapport nr.	16.	Effect of Beamtrawl Fishery on the Bottom Fauna in the North Sea. III. The 1991 - studies.	1992
BEON rapport nr.	17.	Beleidspresentatie BEON 12 december 1991.	1992
BEON rapport nr.	18.	Trace Element Geochemistry at the Sediment Water Interface in the North Sea and the Western Wadden Sea.	1993
BEON rapport nr.	19.	Effecten van met benzo(a)pyreen verontreinigd sediment op de Helmkrab (<i>Corystes cassivelaunus</i>). Rapportage Project BEONADD I/II.I	1993
BEON rapport nr.	20.	Scavenging seabirds behind fishing vessels in the Northeast Atlantic. (With emphasis on the Southern North Sea). 1993	
BEON rapport nr.	21	Brug tussen Beleid en Onderzoek (Rapportage over het eerste BEON Meerjarenprogramma 1988-1992).	1993
BEON rapport nr.	93-1	Naar een duurzame ontwikkeling van de Noordzee. (Tweede Meerjarenprogramma BEON1993-1997).	1993
BEON rapport nr.	93-2	The appearance of scars on the shell of <i>Arctica Islandica</i> L. (Mollusca, Bivalvia) and their relation to bottom trawl fishery.	1993
BEON rapport nr.	93-3	BEON Jaarwerkplan 1993.	1993
BEON rapport nr.	93-4	BEON Beleidspresentatie "Zee en Wadvogels. "Voorkomen en invloeden daarop" d.d. 10 december 1993.	1993

1994

- BEON rapport nr. 94-1 Effecten van verschuivingen van nutriëntenconcentraties op biota in de Nederlandse kustwateren. Philippart, C.J.M. & E.G. de Groot, A.G. Brinkman, R.G. Jak, M.C.Th. Scholten (IBN 93 E 02).
- BEON rapport nr. 94-2 Vervalt; zie 96-3
- BEON rapport nr. 94-3 Jaarwerkplan 1994.
- BEON rapport nr. 94-4 Jaarverslag 1993: Algenonderzoek in mesocosms en modellering. Riegman, R. (NIOZ 93 E 01).
- BEON rapport nr. 94-5 Impact of anthropogenic activities on the productivity of the western Wadden Sea ecosystem. Veer, H.W. van der. (NIOZ 93 E 02).
- BEON rapport nr. 94-7 Risico-analyse Mariene Systemen (RAM*2 project) Eindrapport van de RAM-Auditgroep.
- BEON rapport nr. 94-8 Comparison of models describing species composition of marine phytoplankton. Michielsen, H & Berg, A. van den & Joordens, J., et al. (project MANS-FYFY, WL 93 E 01).
- BEON rapport nr. 94-9 Verslag BEON Workshop Risico-analyse, d.d. 27 april 1994, Den Haag.
- BEON rapport nr. 94-10 BEON Beleidspresentatie "Microverontreinigingen: effecten en trends", d.d. 21 juni 1994.
- BEON rapport nr. 94-11 De epi- en endofauna van de Nederlandse, Duitse en Deense kustzone: een analyse van 20 jaar bijvanggegevens. Buijs, J., J.A. Craeymeersch, P. van Leeuwen, A.D. Rijnsdorp. (BEONADD IV/V)
- BEON rapport nr. 94-12 De inductie van cytochroom P450 1 A in platvis door blootstelling aan polyaromatische koolwaterstoffen in de Noordzee. INP-programma 1991- 1992. Boon, J.P., H.M. Sleiderink, M.L. Eggens, A.D. Vethaak (NIOZ 93 M 05)
- BEON rapport nr. 94-13 Directe effecten van de visserij met de 12m en 4m boomkorren op het bodemleven in de Nederlandse sector van de Noordzee. Bergman, M.J.N. en J.W. van Santbrink. (NIOZ 93 V 07)
- BEON rapport nr. 94-14 Scavenging seabirds at beamtrawlers in the southern North Sea, distribution, relative abundance, behaviour, prey selection, feeding efficiency, kleptoparasitism and the possible effects of the establishment of protected areas'. Camphuysen, C.J. (BEONADD IV/V)
- BEON rapport nr. 94-15 The relationship between food supply, reproductive parameters and population dynamics in Dutch Lesser Black-backed Gulls *Larus fuscus*: a pilot study. Spaans, A.L., M. Bukacińska, D. Bukacińska. (BEONADD IV/V)
- BEON rapport nr. 94-16 Pilot study on the influence of feeding conditions at the North Sea on the breeding results of the Sandwich Tern *Sterna sandvicensis*. Brenninkmeijer, A. & E.W. M. Stienen. (BEONADD IV/V)
- BEON rapport nr. 94-17 BEON-studie naar de effecten van de teruglopende nutriëntenbelasting van de Nederlandse kustzone. Boddeke, R. en P. Hagel. (RIVO 93 E 03)

1995

- BEON rapport nr. 95-1 Effecten van de schelpdiervisserij op het bodemleven in de Voordelta. Van der Land, M.A. (RIVO 94 V 06).
- BEON rapport nr. 95-2 Jaarwerkplan 1995.
- BEON rapport nr. 95-3 Trends in het voorkomen van vissen en epibenthische evertebraten in de Noordzee: Een vergelijking van datasets. Van der Veer, H.W., J.A. Craeymeersch, J. Van der Meer, A.D. Rijnsdorp, J.I.J. Witte. (NIOZ 93 A 04)
- BEON rapport nr. 95-4 De ontwikkeling van een in vitro assay voor de bepaling van de invloed van biotransformatie op de bioaccumulatie van lipofiele organohalogenen verbindingen in mariene toppredatoren. I. Validatie van de assay met PCBs en de eerste resultaten met Toxafeen. Boon, J.P., van Schanke, A., Roex, E., de Boer, J., Wester, P. (NIOZ 94 M 01)
- BEON rapport nr. 95-5 BEON beleidspresentatie "Ontwikkelingen in het beleid", d.d. 9 december 1994.
- BEON rapport nr. 95-6 BEON beleidspresentatie "Modellering: de stand van zaken en het belang voor beleid en beheer", d.d. 31 maart 1995.
- BEON rapport nr. 95-7 Wetenschappelijke discussie. De visserij-intensiviteit van de Nederlandse boomkorvisserij op de Noordzee mede in het licht van de milieu effecten en gesloten gebieden.

- BEON rapport nr. 95-8 Antropogene eutrofiëring en natuurlijke variaties. Consequenties voor de produktiviteit van de Noordzee. INP-MOORING/PELAGIC FOOD WEB/STED/ STRAECOS. Van Raaphorst, W., F.C. van Duyl, H. Ridderinkhof, R. Riegman, P. Ruardy. (NIOZ 94 E 01)
- BEON rapport nr. 95-9 Effecten van antropogene activiteiten op de produktiviteit van het ecosysteem in de Westelijke Waddenzee. Van der Veer, H.W., J.J. Beukema, G.C. Cadée, J. Hegeman, B. Mom, W. Van Raaphorst, J. IJ.. Witte (NIOZ 93 E 02)
- BEON rapport nr. 95-11 Biomarkers of Toxic effects chemoreception: effects of contaminated dredge spoil on chemoreception acuity in whelks. Ten Hallers-Tjabbes, C. and C.V. Fisher. (NIOZ 93 M 05)
- BEON rapport nr. 95-12 Habitatkarakteristieken van de Nederlandse kustzone. Wintermans, C. et al. (IBN 94 H 02)
- BEON rapport nr. 95-13 BEON Tweejaarverslag 1993-1994. Onderzoek en beleid kiezen samen het ruime sop; PB-BEON; augustus 1995.
- BEON rapport nr. 95-14 Toxische algen tussen Noordwijk- en Terschelling-raai. Peperzak, L. et al. (RIKZ 94 E 05; RKZ-040).
- BEON rapport nr. 95-15 Korte en lange termijn veranderingen in macrofauna veroorzaakt door verschillende vormen bodemvisserij. Bergman, M. et al. (NIOZ 94 V 01).
- BEON rapport nr. 95-16 Intercalibratie en toepassing Noordzee-modellen (MANS-FYFY) fase 2. (WL 94 E 04).

1996

- BEON rapport nr. 96-1 Boon, J.P., H.M. Sleiderink, J. De Boer, P. Wester, H.J. Klamer, B. Govers. De ontwikkeling van een in-vitro assay voor de bepaling van de invloed van biotransformatie op de bioaccumulatie en de mutageniteit van lipofiele organohalogenverbindingen in mariene toppredatoren. II. Toxafeen. (NIOZ 95 M 03).
- BEON rapport nr. 96-2 *Spisula subtruncata* als voedselbron voor Zeeëenden in Nederland. Leopold, M.F. (IBN 95 V 29).
- BEON rapport nr. 96-4 Algenbegrazing: Een nadere analyse van de invloed van toxicanten op het ontstaan van eutrofiëeringsproblemen. Jak, R.G., Michielsen, B.F. (TNO 95 E 07).
- BEON rapport nr. 96-5 Habitatkartering en beschrijving Nederlandse kustwateren (IBN 96 H 36)
- BEON rapport nr. 96-6 Onderzoek naar de invloed van fluctuaties in de lokale voedselbeschikbaarheid op de populatiedynamiek van de grote stern *Sterna sandvicensis*: tussentijdse resultaten. Stienen, E.W.M. & A. Brenninkmeijer. (IBN 95 H 24).
- BEON rapport nr. 96-7 Resultaten BEON Workshop NW4.
- BEON rapport nr. 96-8 Thema bijeenkomst Boomkorvisserij.
- BEON rapport nr. 96-9 Jaarwerkplan 1996.
- BEON rapport nr. 96-10 Screening tool for assessment of risks as result emissions of toxic substances into the North Sea (SCREMOTOX). Smits, J.G.C., J. Knoop, T. Smit, J.G. Boon, A.C. Baart, H.P.M. Schobben, H.G. Evers (WL 95 M 21).
- BEON rapport nr. 96-11 Effecten van de schelpdiervisserij op het bodemleven in de Voordelta: De schelpdierbestanden in de Voordelta in 1995. Van der Land, M.A. (RIVO 95 V 30).
- BEON rapport nr. 96-12 Verslag van de BEON workshop ter voorbereiding van de Nederlandse inbreng van de tussenconferentie van Noordzee- en Visserijministers (IMM 97).
- BEON rapport nr. 96-13 BEON thema bijeenkomst polycyclische aromatische koolwaterstoffen (PAK's). 22 februari 1996 Den Haag.
- BEON rapport nr. 96-14 Evaluatierapport BEON 1996. Tussentijdse evaluatie Tweede Meerjarenprogramma BEON 1993-1997. Rapport naar aanleiding van de BEON evaluatieworkshop d.d. 2 februari 1996, Den Haag.
- BEON rapport nr. 96-15 Onderzoek naar mogelijkheden tot vermindering van discard produktie door technische aanpassing van boomkornetten (NIOZ 95 V 05). Fonds, M. & W. Blom
- BEON rapport nr. 96-16 INP-Mooring 94-96: Antropogene eutrofiëring en natuurlijke variaties in de open Noordzee: metingen op een verankeringsstation in de Oestergronden (NIOZ 95 E 01)

1997

- BEON rapport nr. 97-1 Fluctuaties in de lokale voedselbeschikbaarheid in relatie tot de populatiedynamiek van de Grote Stern *Sterna sandvicensis*: resultaten 1995-1996 (IBN 95 H 24). Stienen, E.W.M. en A. Breninkmeijer.
- BEON rapport nr. 97-3 Jaarwerkplan 1997.
- BEON rapport nr. 97-4 De betekenis van het zout- en silicaatgehalte in Nederlandse kustwateren voor het zeegrasareaal. Kamermans, P., M.A. Hemminga, D. de Jong, K.S. Dijkema. (NIOO 96 EH 07).

Informatie BEON:

PROGRAMMA BUREAU BEON
p/a Directoraat-Generaal Rijkswaterstaat
Rijks Instituut voor Kust en Zee
Kortenaerkade 1
2518 AX Den Haag
Postbus 20907
2500 EX Den Haag
070- 3114257/3114258/3114259/3114260
Telefax: 070- 311432

e-mail: beon@rikz.rws.minvenw.nl.

