

KLIMAAT ONDERZOEK
BIJ HET
NEDERLANDS INSTITUUT VOOR ONDERZOEK DER ZEE

H.J.W. de Baar, J.J. Beukema, H.G. Fransz, J.H.F. Jansen en C. Veth



NIOZ Climate Research Unit

KLIMAAT ONDERZOEK BIJ HET NIOZ

Klimaat Onderzoeks Groep
Nederlands Instituut voor Onderzoek der Zee

Climate Research Unit
Netherlands Institute of Oceanic Sciences

Dr.Ir. H.J.W. de Baar chemie (voorzitter)
Dr.Ir. H.G. Fransz pelagische systemen (secretaris)
Dr. J.J. Beukema kustsystemen
Dr. J.H.F. Jansen geologie
Drs. C. Veth fysica

POSTBUS 59, 1790 AB DEN BURG (TEXEL)
telefoon 02220-19541
telefax 02220-19674

NIOZ RAPPORT 1989-5

INHOUD

Overweging	2
Inleiding	3
Inventarisatie van huidig NIOZ onderzoek	6
1. Bronnen	6
2. Mondiale processen	8
3. Klimaatvoorspelling	14
4. Effecten op ecosystemen	14
Lijst van Bijlagen	16
Bibliografie	17

OVERWEGING

Iedereen met inzicht in het klimaat als onderdeel van het biosfeer/geosfeer systeem ziet dit complex gaarne als een geheel van fascinerende, vaak onbegrijpelijke, doch onlosmakelijke relaties. Een kleine oorzaak kan tot grote, ogenschijnlijk chaotische, gevolgen leiden. Het is niet uitgesloten dat het systeem in principe onvoorspelbaar zal blijken. Ondanks nieuwe inzichten en gegevens zijn we op een bepaald moment misschien niet meer in staat de nauwkeurigheid van scenario's voor bijvoorbeeld het broeikas-effect verder te verbeteren tot het nu reeds door politici en beleidsmakers gewenste niveau.

Chaostheorie en serendipiteit genieten op dit moment een grote populariteit; symptoom van het zoeken naar een nieuwe, meeromvattende, wetenschappelijke aanpak. In de jaren zeventig werd door Lovelock en Margulis de hypothese van zelf-regulering (Gaia) van de aarde voorgesteld, op een niveau dat zich tot dusver aan onze waarneming of inzicht onttrekt. Mede hierom is of kan de hypothese niet worden getoetst. De originele proponent Lovelock heeft zich inmiddels weer grotendeels gedistantieerd van het concept zelfregulering, doch anderen hebben het idee enthousiast omarmd. Door zich vast te klampen aan de niet toetsbare zelfregulering dreigt helaas de mystiek weer door de achterdeur het rationeel bolwerk van wetenschap binnen te dringen (GaiaSofie).

De nieuwe problemen die op ons afkomen vragen echter wel degelijk om een nieuwe aanpak, een elan dat zo treffend verwoord wordt door de alomvattende en daarom tegelijk nietszeggende term holisme.

In de oceanografie zijn we in ieder geval al gewend om disciplines met elkaar te verbinden. De chemicus meet stoffen in het water, maar kan er alleen iets zinnigs over zeggen als hij weet hoe het oceanwater fysisch stroomt en mengt. De chemische stof kan een voedingsstof zijn voor plankton en de bioloog op zijn beurt neemt zowel de chemie als de fysica op in zijn beschrijving van het ecosysteem. Sommige chemische en biologische tracers vertellen aan de fysicus weer over stroompatronen en leeftijd van het oceanwater. De oceanografie is een van de weinige takken van onderzoek waar de term multidisciplinair werkelijk leeft in de actualiteit van alledag.

De huidige wetenschap is door haar opdeling in vele vakgebieden en ook wat betreft methode (experimenteel toetsen van hypothesen) en beoordeling (peer review) een kind van de 19de eeuw. Fragmentarisch, zonder antwoord op de oeroude vraag naar een allesomvattend harmonieus wereldbeeld, ook niet geheel toereikend voor onze nieuwe problemen. Al met al toch een heel succesvol concept, blijkens de revolutionaire wetenschappelijke successen in de afgelopen 100 jaar. Overigens wel interessant op te merken dat op het grensvlak tussen vakgebieden vaak de nieuwe ontwikkelingen komen, het grensvlak van biologie en chemie (biochemie) als treffend voorbeeld voor echte grensverlegging in de afgelopen 20-30 jaar. In afwachting van een wetenschappelijke methode meer toereikend voor onze huidige problemen zullen we nog even met de oude spelregels en indelingen van onderzoek moeten leven. Tenslotte zijn deze, in analogie met de democratie, het 'minst slecht' wat we tot op heden konden bedenken.

NIOZ Climate Research Unit

INLEIDING

Het huidige klimaat onderzoek bij het NIOZ is een combinatie van reeds lang lopende alsmede vrij onlangs gestarte projecten. De Klimaat Onderzoeks Groep heeft als opdracht een en ander zoveel mogelijk te stimuleren, bijvoorbeeld door coordinatie van bestaande projecten, door organiseren van expedities alsmede door steun te verlenen bij het opzetten van nieuw onderzoek.

In dit rapport zullen we het lopend en voorgesteld klimaat onderzoek bij het NIOZ blijven aangeven met zwaartepunten, indelen naar vakgebied, of plaats in de oorzaak/gevolg keten van het klimaat, of hoe dan ook in mootjes hakken die vervolgens in hokjes worden ingevangen, tot afgrijzen van de doorgewinterde holist. Elke onderzoeker heeft echter wel degelijk inzicht in de rol van zijn onderzoek in het grote geheel. Vele projecten zijn ook verbonden in een wirwar van dwarsverbanden onderling zowel als internationaal. Deze links zijn belangrijk maar zullen slechts spaarzaam worden genoemd. Tenslotte vindt binnen het NIOZ elke dag weer, bij koffie, colloquia of een rustig moment aan boord, een kruisbestuiving van ideeën plaats. Nationale samenwerking vindt plaats o.a. met de RUG (in een samenwerkings convenant), met de VU (waarbij convenant in voorbereiding), met RUL en TUD, alsmede met o.a. RIN, RIVM, KNMI, RWS (DGW). Daarnaast wordt met VROM, NWO/SOZ, NWO/AWON, NWO/CO2, NWO/BION, O&W en VROM niet alleen samengewerkt maar dragen deze organisaties ook bij door directe financiële ondersteuning van NIOZ projecten.

Vanouds was internationaal, en dus ook bij het NIOZ, het klimaat onderzoek vaak gericht op het verleden, met nauwe affiniteit tot de geologie, waarbij vakgebieden als stratigrafie, paleontologie, paleo oceanografie in gedachten komen. Bij het NIOZ is en blijft dit onderzoek sterk vertegenwoordigd, met het voordeel dat het NIOZ daarnaast zeer veel expertise in huis heeft over de hedendaagse, moderne, oceaan: het heden als sleutel tot het verleden.

Sinds pakweg 1850 is de mensheid echter ook begonnen aan grootschalige beïnvloeding van het klimaat systeem, met name door introductie van de zgn. broeikasgassen zoals CO₂, CH₄, N₂O. Dit heeft over de gehele wereld het klimaat onderzoek in een stroomversnelling gebracht, nu met de nadruk op het heden en voorspellingen voor de toekomst. Gezien het grote belang van de oceanen voor het totale klimaat wordt bij het NIOZ ook hieraan veel onderzoek verricht, met de nadruk op de moderne oceaan als sleutel tot de toekomst. Bij diverse oceanografische instuten over de gehele wereld zijn lopende onderzoeks programma's in de afgelopen jaren aaneengesmeed tot internationale projecten zoals vereist om de mondiale problemen die ons nu bedreigen afdoende te kunnen bestuderen.

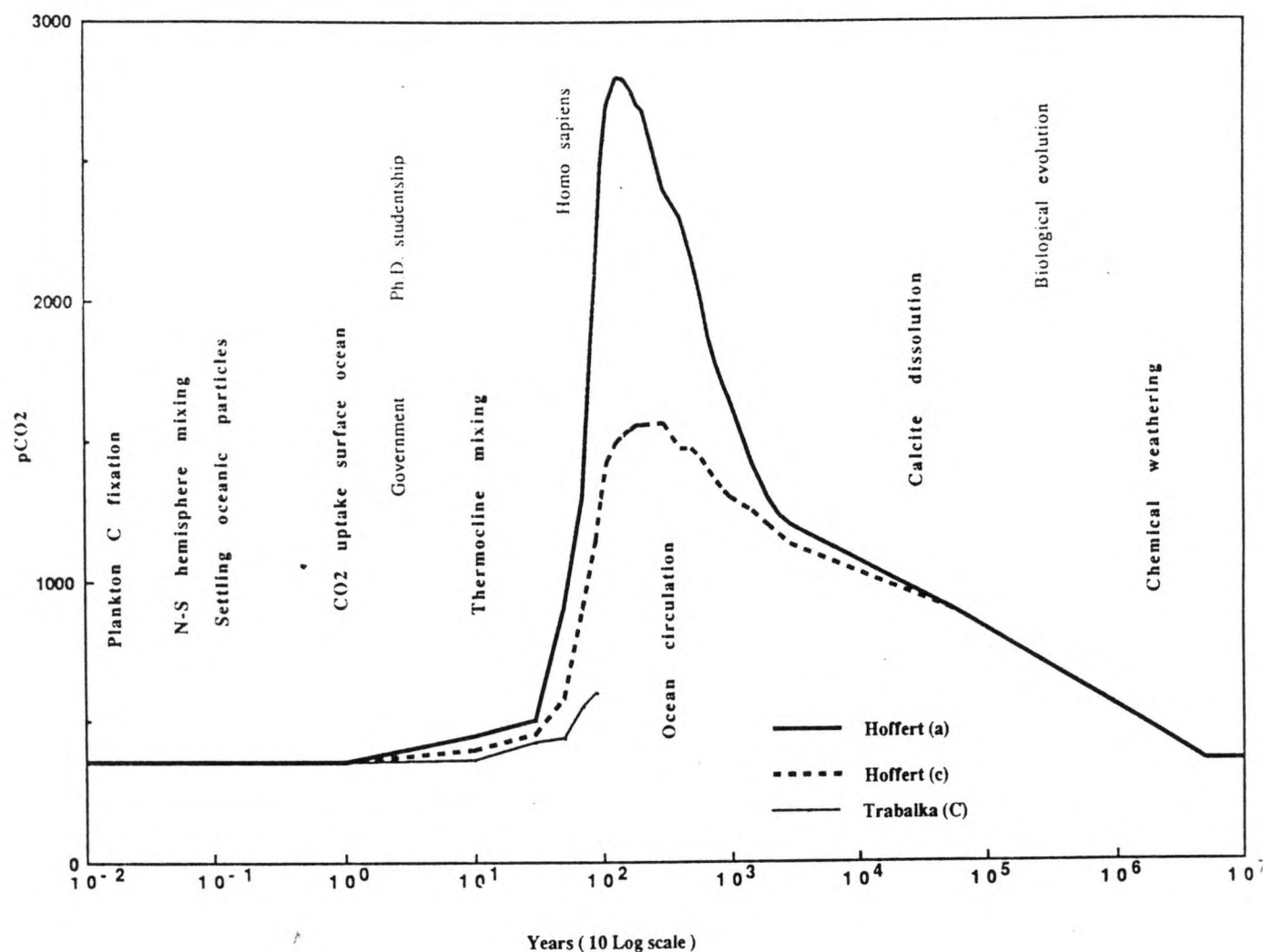


Figure 1. Sketch of the typical time response of the geosphere-biosphere to the rapid emission of fossil fuel CO₂. Logarithmic horizontal axis covers responses over the range from one month (0.1 year) to 10 million (10⁷) years. Vertical axis for the predicted atmospheric CO₂ concentration in parts per million [ppm] or 10⁻⁶ atm units. The curves (a) and (c) of Hoffert c.s. represent an emission of 7000 GtC within 150 years of which 100 % directly into the atmosphere (a) or only 50 % into the atmosphere and 50 % injected into the deep sea. The low emission scenario (C) of TRABALKa c.s. (ref. 91) as inspired by Lovins c.s. All scenario's predict a peak of CO₂ within the next 100-200 years. Biology cannot adapt itself (evolution) so very rapidly. The short life time of our governments is on the other hand not favorable for effective decision-making on long term problems.

NIOZ Climate Research Unit

Het NIOZ neemt, tezamen met een aantal partners binnen Nederland, deel aan twee grote internationale projecten: JGOFS en WOCE. Beide internationale projecten zijn stevig ingebed in de internationale wetenschappelijke en gouvernementele organisaties zoals ICSU, SCOR, WMO, IOC. Het JGOFS project is tevens Core Project No. 2 van het International Geosphere Biosphere Program (IGBP), ook onder auspices van de ICSU.

In de toekomst zou volgens vele scenario's ons een zeespiegelrijzing, verhoogde UV instraling en wat dies meer zij te wachten staan. Onderzoek naar de gevolgen hiervan, vooral op regionaal niveau (Nederland, Waddenzee), vindt ook plaats bij het NIOZ, met name in de afdeling kustsystemen. Regionale veranderingen wil men ook graag registreren en documenteren, met name middels tijdreeksen zoals reeds ruim twintig jaar bij het NIOZ in uitvoering voor phytoplankton (Dr. Cadée) en bodemdieren (dr. Beukema) in de Waddenzee. De waarde hiervan wordt steeds hoger ingeschat. Vergeet niet dat de op dit moment meest geliefde tijdreeks, die van atmosferisch CO₂ gemeten op Mauna Loa (Keeling c.s) in de beginjaren als zijnde volstrekt nutteloos niet voor financiering in aanmerking kwam. Voor de Noordzee proberen we nu ook tijdreeksen van milieufactoren in de afgelopen 100-200 jaar te ontwikkelen, op basis van schelpen onderzoek (Dr. De Wilde).

Invalshoek voor een overzicht kan zijn naar schaal (regionaal tot mondiaal) zoals bijv. in 'Zorgen voor Morgen' of naar tijd (verleden, heden, toekomst; tijdschaal van minuut tot miljoen jaar zoals in Figuur 1). Hier gebruiken we een eenvoudige opsomming van oorzaak/gevolg als eerste benadering van het huidige broeikas/klimaat vraagstuk:

1. Bronnen. Emissie van CO₂, CH₄, N₂O, CFK's, DMS, al dan niet door mens (bijv. CFK) of natuur (bijv. DMS door oceaan). Reduceren van emissie door mens.
2. Mondiale processen in biosfeer/geosfeer. Actueel, verleden en toekomst.
3. Klimaatvoorspelling. Vooral actueel en toekomst, met verleden als calibratie van model.
4. Effect op ecosystemen. Schaal van regionaal tot mondiaal.
5. Sociaal/Economische effecten. Beleid en politieke beslissingen omtrent aanpassing van de maatschappij.

Zwaartepunten van onderzoek bij het NIOZ liggen bij 2. en 3. en 4. in ongeveer die volgorde, met een overlap naar 1. met name wat betreft stoffen die uit de oceaan naar de atmosfeer gaan zoals DMS en CH₄. De verkregen of te verkrijgen inzichten zijn van belang voor 5. maar overigens wordt bij het NIOZ niet of nauwelijks gekeken naar sociaal/economische effecten.

NIOZ Climate Research Unit

Men zou geneigd zijn het probleem op te lossen door enkel de bronnen te bestuderen en vervolgens te reduceren. Diverse bronnen zijn overigens niet door de mens veroorzaakt (bijv. DMS), dan wel zeer diffuus (bijv. CH₄). De meest voor de hand liggende bron om direct aan te pakken is de CO₂ emissie, die overigens maar voor 30 % uit puntbronnen (grote centrales) komt, en voor de overige 70 % uit o.a. verkeer. De sociaal/economische praktijk leert echter dat, zelfs wanneer negatieve milieu effecten afdoende zijn bewezen (bijv. Cadmium, PCB's, CFK's) het nog enige tijd kost voordat de bronnen adequaat worden gestopt. Voor CO₂ en andere broeikasgassen is duidelijk meer overtuigend inzicht in sectoren 2., 3., en 4. nodig alvorens het sociaal/economisch bestel door politieke beslissingen zal worden bijgestuurd. Gezien de grote onzekerheden in onze kennis van 2.-4. kan ook niet worden uitgesloten dat het broeikasprobleem, bij nader onderzoek, minder dramatisch zal blijken dan op dit moment in alle oprechtheid wordt ingeschat.

Een wijs beleid zal trachten de bronnen reeds te reduceren, maar daarnaast zijn onderzoeksgelden verdelen over alle aandachtsgebieden 1. tot en met 5.

INVENTARISATIE NIOZ KLIMAATONDERZOEK

1. Bronnen.

a. De CO₂ uitwisseling tussen oceaan/atmosfeer wordt gedeeltelijk bestudeerd binen het kader van het JGOFS project, zie onder 2 voor achtergrond informatie. Methodes voor vaststellen van CO₂ system (gehalte, evenwichten, isotopen) in zeewater zijn aanwezig en operationeel. Aanvulling is noodzakelijk ten behoeve van meting van CO₂ gehalte in de atmosfeer. Dit laatste zowel vanuit permanent meetstation op Texel, alsmede aan boord tijdens expedities om gradienten in het micromilieu (enkele meters boven het zee oppervlak) te kunnen vaststellen, ter berekening van fluxen in of uit het oppervlaktewater.

Mogelijke reductie van de CO₂ emissie in de atmosfeer zou bereikt kunnen worden door een gedeelte van het CO₂ van fossiel brandstoffen op te vangen en in de diepzee te pompen. Op verzoek van VROM werd onlangs een review artikel geschreven over 'Opslag van CO₂ in de Diepzee' als bijdrage aan het symposium Milieu en Klimaat in September 1989. Voor reductie van CO₂ emissie lijkt injectie in de diepzee overigens geen aantrekkelijke optie.

NIOZ Climate Research Unit

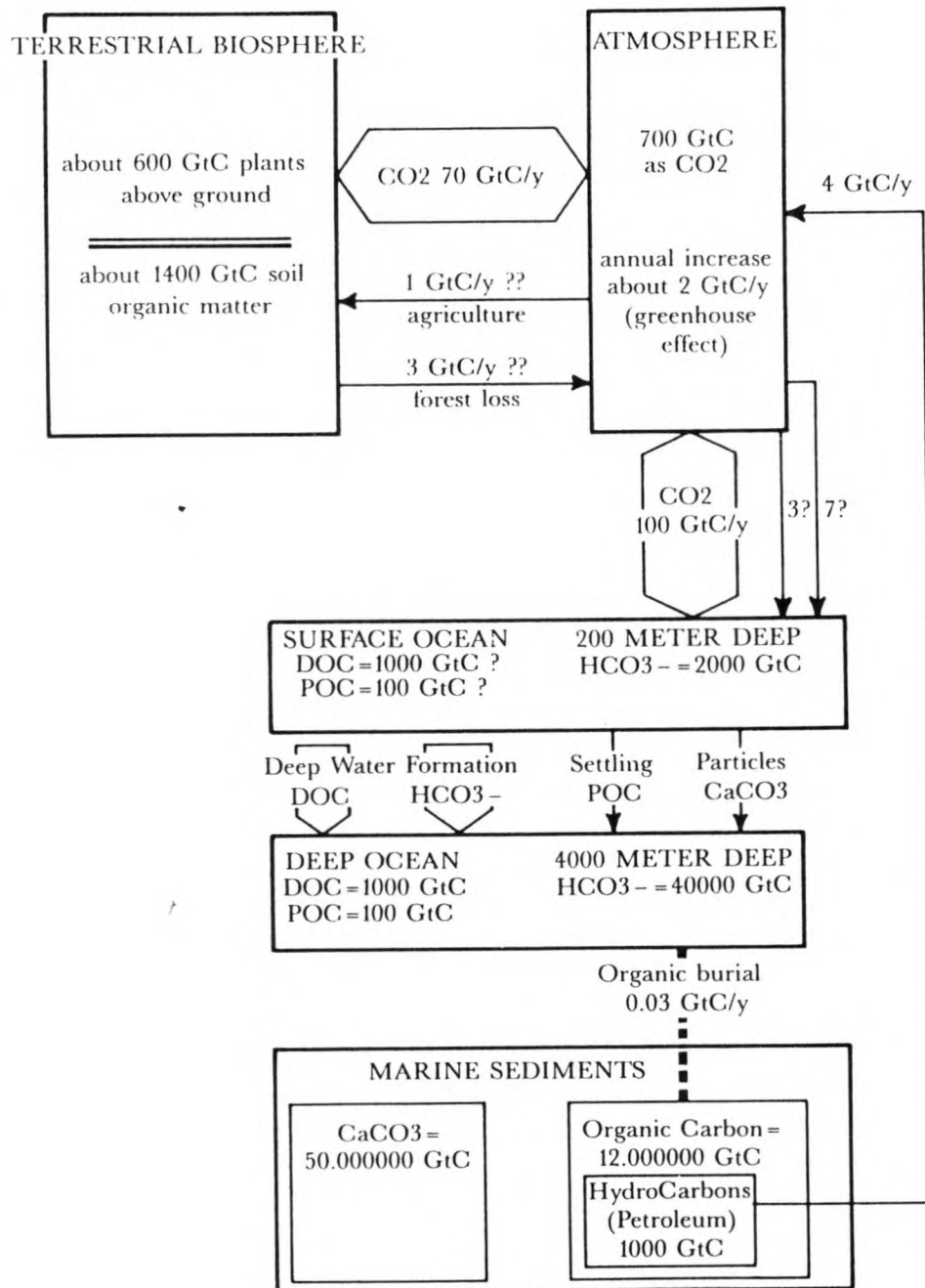


Figure 2. The global Carbon budget (after ref. 10). Inventories [1 Gigaton Carbon = 10¹⁵ gram C] and Fluxes [GtC/year] are large relative to Atmospheric CO₂ content and its annual increase. Large arrows for natural fluxes, small arrow fluxes arise from human activity.

NIOZ Climate Research Unit

b. De uitwisseling van N₂O (lachgas) tussen oceaan en atmosfeer is onderwerp van veel speculatie, en vraagt om experimentele vaststelling van richting en grootte van de stofstromen. Meetmethodes voor N₂O in zeewater en atmosfeer zijn operationeel en zijn deze zomer ook ingezet tijdens de JGOFS expedities. Voorgesteld wordt dit onderzoek in 1990 en daarna voort te zetten, met daarbij continu meting van N₂O op een permanent meetstation op Texel.

c. Algensoorten zoals Phaeocystis pouchetii en diverse coccolithophoridae, met name Emiliana huxleyi, zijn de grootste producenten van DiMethylSulfide (DMS). De oceaan is de belangrijkste bron van DMS voor de atmosfeer. In de atmosfeer wordt dit omgezet tot anorganische nucleatiekernen, die op hun beurt vorming van wolken stimuleren. Aldus wordt het klimaat gereguleerd, ook indirect omdat een toenemende wolkendeck, door toenemende reflectie van zonnestraling (albedo), het broeikas-effect kan reduceren.

Deze algen worden zelf wel bestudeerd bij NIOZ (Veldhuis). er zijn ook goede contacten met de RUL (Westbroek c.s.) waar veel expertise aanwezig is over met name kalkvorming door E. huxleyi. Feitelijke meting van DMS wordt gedaan bij de RUG (Stefels, Gieskes), met wie de nauwe samenwerking binnen JGOFS weer gezien kan worden als invulling van samenwerkingsconvenant NIOZ/RUG. Stefels zal in 1990 persoonlijk aan een JGOFS tocht deelnemen voor DMS werk. Gieskes neemt ook al in de 1989 tocht deel, is lid van de nationale JGOFS stuurgroep en zal ons ook vertegenwoordigen bij SCOR/JGOFS in Hawaii, September 1989.

2. Mondiale processen.

a. JOINT GLOBAL OCEAN FLUX STUDY. Uitgebreide informatie over probleemstelling en doelstelling, alsmede het Nederlandse programma voor 1989, 1990 in bijgaande rapporten, bijlagen I en II. Kortgezegd omhelst JGOFS het volgende:

Fluctuaties van de mondiale koolstof distributie zijn in verleden, heden en toekomst grotendeels gereguleerd door de oceanen. Op dit moment nemen de oceanen ongeveer de helft op van de toevoeging van kooldioxide (CO₂) aan de atmosfeer door verbranding van aardgas, kolen en olie. De oceanen remmen dus de toename van CO₂ in de atmosfeer, werken als buffer voor het broeikas-effect. Ons huidige inzicht in de uitwisseling tussen oceaan en atmosfeer is echter zeer beperkt. Meer kennis, te verkrijgen door exacte metingen, is nodig om de regulerende werking van de oceanen op de koolstof (C) cyclus te kunnen inschatten, met name voor nauwkeuriger voorspelling van het broeikas-effect. De wereldwijde schaal van dit probleem, alsmede de gecompliceerde interacties tussen fysische, biologische en chemische mechanismen, vereisen zowel een internationale als werkelijk multi-disciplinaire aanpak.

NIOZ Climate Research Unit

JGOFS PLANNING 1989-1997

Netherlands JGOFS Steering Group

- 1989 North Atlantic Pilot Study Upper Ocean Leg 1
 (Autumn bloom) Coordinated with WOCE startup
 Benthic Leg 2
- 1990 North Atlantic Pilot Study Upper Ocean Leg 1
 (Spring bloom) Coordinated with WOCE
 Benthic Leg 2
- 1991 Proposed North Atlantic, 20W, 47N and 20W, 60N
 Upper Ocean Processes, complementary to WOCE expedition
 Late Spring, 3-4 weeks only.
- 1992 Proposed Southern Ocean Study aboard RV Polarstern
 October-November, about 6 weeks; Weddell/Scotia Seas
 (recent proposal to SOZ/Antarctic Committee).
Simultaneous operations by French RV Marion Dufresne and
British RV James Clarke Ross.
- 1993 Proposed Equatorial North Atlantic Ocean study.
 The Deep Chlorophyll Maximum in relation to New
Production. Proposal by Gieskes and Fransz was recently
discussed in SOZ Biology Committee. This will be worked out to
incorporate physical and chemical components.
- 1994 Southern Ocean ?
1995 as in 1993
1996 Southern Ocean ?
1997 as in 1993

WOCE PLANNING 1989-1996:

(Van Aken, Otto, Veth, c.s.)

DUTCH-WARP Deep and Upper Transport, Circulation and Hydrography.
(Woce Atlantic Research Program).

Iceland Basin and adjacent waters of the Northeast Atlantic Ocean

- 1989 startup around 60N, 20W (coordinated with JGOFS)
1990 first WOCE cruise Iceland Basin (matching JGOFS)
1991 proposed second WOCE cruise Iceland Basin (matching JGOFS).
1992-1996 Iceland Basin and NE Atlantic
1997-2001 same

TABEL 2. Planning van Nederlandse bijdragen aan internationale
JGOFS (boven) en WOCE (onder) projecten.

NIOZ Climate Research Unit

Speciale aandacht verdient de belangrijke rol van het plankton in de C kringloop, waarbij interacties met andere (spoor)elementen een grote rol spelen. Voor exacte berekeningen aan de C kringloop op wereldschaal moet men gebruik maken van grootschalige observatie met satellieten, in combinatie met scheepswaarnemingen in zorgvuldig gekozen gebieden en op juist gekozen tijdstippen.

Het JGOFS programma is opgezet binnen de International Council of Scientific Unions (ICSU), onder de Scientific Committee on Oceanic Research (SCOR). Onlangs werd overeengekomen dat JGOFS een Core project zal worden van het International Geosphere-Biosphere Programma (IGBP), zie bijgaande 'Joint Announcement'(Bijlage III). In andere woorden JGOFS is vanaf heden de oceanografische invulling van het IGBP programma.

Doelstelling van JGOFS voor de komende tien jaren is

"Het begrijpen door metingen op wereldwijde schaal van de massastromen (fluxen) van koolstof en andere biologisch belangrijke chemische elementen in de oceanen, met nadruk op variaties als functie van tijd (dagen, seizoenen, jaren). Van groot belang is daarbij het vaststellen van de uitwisselingen met de atmosfeer, de zeebodem en de continenten."

Planning voor 1989-1999 is gericht op (1) proces-studies in zorgvuldig gekozen gebieden; (2) tijdserie observaties; (3) mondiale monitoring met satellieten (vanaf 1991 ook chlorophyll kleur met SeaWifs camera aan boord van Landsat 6). De gekozen studiegebieden zijn: Noord-Atlantische Oceaan, Stille Oceaan, Antarctische Oceaan, NoordWest Indische Oceaan.

In 1989, 1990 zal begonnen worden met een proefstudie in de Noord-Atlantische Oceaan. Hieraan nemen onderzoekers en schepen van zes landen deel. Observaties worden ook uitgevoerd vanuit een vliegtuig en met de NOAA satelliet, vooruitlopend op lancering van Landsat 6. Vanaf april 1989 tot en met oktober 1989 zullen schepen werken op een lijn (20 W) ongeveer tussen IJsland en Madeira, met belangrijke stations op 33, 47 en 60 N. Aan boord van het Nederlandse schip TYRO zal in augustus/september gewerkt worden aan processen in de bovenste, eufotische zone. Vervolgens in de laatste weken van september een studie van processen in en nabij de zeebodem. We hopen de najaars plankton bloei aan te treffen. Diverse metingen zullen worden uitgevoerd volgens hetzelfde voorschrift op alle deelnemende schepen, zodat we tezamen een set metingen krijgen die de gehele periode april-oktober beslaat.

In maart 1990 zal een modelering workshop worden gehouden bij de Royal Society in London, te organiseren door IGBP en JGOFS tezamen. Later in maart 1990 zullen alle resultaten van de 1989 expedities worden uitgewerkt in een workshop in Kiel. Kort daarna begint het 1990-vaarprogramma, met voor TYRO weer twee tochten, beiden in het voorjaar, nu met het oog op de voorjaars planktonbloei.

NIOZ Climate Research Unit

Inmiddels is een Nederlands JGOFS voorstel geformuleerd voor voortzetting van Nederlandse deelname in 1991 tot en met 1997. Dit is aangegeven op Tabel 1. Tijdens de jaarlijkse SCOR/JGOFS vergadering in Hawaii, September 1989 werd door Dr. Gieskes de Nederlandse voorstellen toegelicht en zorg gedragen voor coördinatie met andere landen. Met name voor de 1992 Antarctica-tocht wordt ook reeds in Engeland (UK BOFS en British Antarctic Survey), Frankrijk en Australië plannen gemaakt. Ons eigen Antarctica voorstel is in samenwerking met de Bondsrepubliek, als voortzetting van de succesvolle EPOS tochten in 1988/1989.

Een en ander is vermeld in bijgaand recent rapport van de Nederlandse Antarctica Commissie (Bijlage IV), die zijn secretariaat heeft bij de NWO Stichting Onderzoek der Zee.

b. World Ocean Circulation Experiment (WOCE).

De Nederlandse deelname aan het WOCE programma is een samenwerking tussen NIOZ, Institute for Meteorology and Oceanography (IMOU, De Ruyter c.s; RUU), KNMI, TUD, Centrum voor Isotopen Onderzoek (CIO, Mook c.s., RUG). De zwaartepunten van nationale inspanning zijn weergegeven in Bijlage V.

De bijdrage van het NIOZ bestaat vooral uit een programma gebaseerd op hydrografische waarnemingen in wateren bezuiden IJsland. In 1989 werd in samenwerking met de JGOFS al een kleine start gemaakt. Dit programma is verder gepland voor de periodes 1990,1991 en 1992-1996 en 1997-2001, zie Tabel 2. Het projectvoorstel voor vaartochten in de eerste twee jaar onder de titel DUTCH WARP (Woce Atlantic Research Program) is bijgesloten als Bijlage VI. Een nauwe samenwerking met het Nederlandse JGOFS programma in hetzelfde gebied nabij en ten zuiden van IJsland waarborgt dat de met veel inspanning verkregen meetgegevens van beide programma's optimaal worden benut. Daarnaast is de nationale WOCE inspanning, net als JGOFS, ook zorgvuldig ingebed in het internationale framework. Binnen het WOCE project zal ook aandacht worden besteed aan chemische tracers, met name zuurstof, silicaat, nitraat, fosfaat. Het werk aan silicaat als voortzetting van eerder werk in de Noord atlantische Oceaan door Van Bennekom (zie hieronder). Daarnaast zullen diverse stabiele en radio isotopen zoals die van koolstof (C) en zuurstof (O) worden gemeten in samenwerking met het CIO/RUG (Mook c.s.). Voorstel is om in samenwerking tussen JGOFS en WOCE nu ook metingen te gaan opzetten van ChloorFluoroKoolstof verbindingen, de CFK's of freons.

NIOZ Climate Research Unit

Inmiddels is een Nederlands JGOFS voorstel geformuleerd voor voortzetting van Nederlandse deelname in 1991 tot en met 1997. Dit is aangegeven op Tabel 1. Tijdens de jaarlijkse SCOR/JGOFS vergadering in Hawaii, September 1989 werd door Dr. Gieskes de Nederlandse voorstellen toegelicht en zorg gedragen voor coördinatie met andere landen. Met name voor de 1992 Antarctica-tocht wordt ook reeds in Engeland (UK BOFS en British Antarctic Survey), Frankrijk en Australië plannen gemaakt. Ons eigen Antarctica voorstel is in samenwerking met de Bondsrepubliek, als voortzetting van de succesvolle EPOS tochten in 1988/1989.

Een en ander is vermeld in bijgaand recent rapport van de Nederlandse Antarctica Commissie (Bijlage IV), die zijn secretariaat heeft bij de NWO Stichting Onderzoek der Zee.

b. World Ocean Circulation Experiment (WOCE).

De Nederlandse deelname aan het WOCE programma is een samenwerking tussen NIOZ, Institute for Meteorology and Oceanography (IMOU, De Ruyter c.s.; RUU), KNMI, TUD, Centrum voor Isotopen Onderzoek (CIO, Mook c.s., RUG). De zwaartepunten van nationale inspanning zijn weergegeven in Bijlage V.

De bijdrage van het NIOZ bestaat vooral uit een programma gebaseerd op hydrografische waarnemingen in wateren bezuiden IJsland. In 1989 werd in samenwerking met de JGOFS al een kleine start gemaakt. Dit programma is verder gepland voor de periodes 1990, 1991 en 1992-1996 en 1997-2001, zie Tabel 2. Het projectvoorstel voor vaartochten in de eerste twee jaar onder de titel DUTCH WARP (Woce Atlantic Research Program) is bijgesloten als Bijlage VI. Een nauwe samenwerking met het Nederlandse JGOFS programma in hetzelfde gebied nabij en ten zuiden van IJsland waarborgt dat de met veel inspanning verkregen meetgegevens van beide programma's optimaal worden benut. Daarnaast is de nationale WOCE inspanning, net als JGOFS, ook zorgvuldig ingebed in het internationale framework. Binnen het WOCE project zal ook aandacht worden besteed aan chemische tracers, met name zuurstof, silicaat, nitraat, fosfaat. Het werk aan silicaat als voortzetting van eerder werk in de Noord atlantische Oceaan door Van Bennekom (zie hieronder). Daarnaast zullen diverse stabiele en radio isotopen zoals die van koolstof (C) en zuurstof (O) worden gemeten in samenwerking met het CIO/RUG (Mook c.s.). Voorstel is om in samenwerking tussen JGOFS en WOCE nu ook metingen te gaan opzetten van ChloorFluoroKoolstof verbindingen, de CFK's of freons.

c. Noord Atlantische Oceaan. Heden en Verleden. Van Bennekom. Samenwerking met Helder, Van Weering.

Het geologische werk in dit project richt zich onder andere op de Rockall Bank waar tijdens de 1987 TYRO tocht vele diepe kernen werden gestoken. De groep rond Van Weering onderzoekt daarin variaties in het verleden van onder ander stromingspatronen van het Noord Atlantische Diep Water en van verspreiding van diverse soorten organismen, waarbij vooral de foraminifera centraal staan. Tijdens dezelfde expeditie werd door Helder c.s. onderzoek verricht aan de uitwisseling van chemische stoffen tussen bodem en water.

Veranderingen in de diepe circulatie in dit en andere gebieden van de Atlantische Oceaan zijn onderwerp van doorlopend onderzoek bij het NIOZ. De vorming en het gedrag van bodemwater zijn van groot belang voor het transport van CO₂ naar de diepzee, alsmede voor de warmtebalans van het oceaan/atmosfeer systeem. De warmteinhoud van de oceanen is zeer groot vergeleken met de atmosfeer, kleine schommelingen in het warmtebudget van de oceaan kunnen grote gevolgen hebben voor de atmosfeer, ergo het klimaat. Het bodemwater in de oceanen is afkomstig uit polaire gebieden; modelberekeningen laten zien dat de opwarming ten gevolge van het broeikas effect het grootste zal zijn in diezelfde polaire streken. Op termijn zullen deze effecten merkbaar zijn, niet alleen in de samenstelling maar ook in de circulatiepatronen van het bodemwater. De verspreiding van het Antarctisch Bodemwater en het Noord Atlantisch Diep Water (die samen het bodemwater van de Atlantische Oceaan vormen) is een onderzoeksthema van de werkgroep Geologie en Geochemie, in samenwerking met het CIO/RUG (Mook c.s.) voor bepalingen van tritium (³H) en ¹⁴C. De verschillen in dichtheid tussen beide watersoorten zijn miniem, zodat het onderlinge verdelingspatroon een gevoelige indicator kan zijn voor klimaatsverandering in polaire gebieden. Bepaalde gebieden in de Atlantische Oceaan, met name het IJsland bekken en de Romanche breukzone, zijn geschikt voor dit onderzoek omdat daar de grootste gradienten optreden. Voor beide watersoorten is inderdaad in de laatste tientallen jaren een kleine verandering geconstateerd: het bodemwater wordt iets kouder en zoeter. Alleen voortgezet onderzoek kan uitwijzen of het hier slechts een korte schommeling of een langdurige trend betreft. Het onderzoek in het IJsland bekken zal vanaf 1990 worden voortgezet in het kader van de Nederlandse WOCE bijdrage. Onderzoek in de Romanche breukzone, het Guinee en Angola Bekken heeft plaats gevonden tijdens een expeditie in najaar 1989.

d. Klimaat en Oceaan in het Verleden.

(Paleo-klimatologie en Paleo-oceanografie, Jansen c.s.)
Diepzeesedimenten bevatten signalen van het klimaat van de oceanen en van het land. Zo is in het carbonaat van de diepzee meer C opgeslagen dan in elk ander compartiment van de mondiale koolstofcyclus (Figuur 2). In de afgelopen jaren is door de werkgroep Geologie en Geochemie gewerkt aan sedimenten van de Zaire diepzeefan. Dit werk omvat onder andere studies van de fluxen van kalkschelpjes (calciumcarbonaat), biogeen opaal (ook schelpmateriaal) en organische C in relatie met paleoproductiviteit (planktongroei) en chemische oplossingsprocessen van kalk. Uit signalen van het terrestrische klimaat, totale sedimentflux, kleimineralen, terrigene microfossielen, is een registratie van de geschiedenis van de droogte in equatoriaal Afrika over de laatste 500.000 jaar gereconstrueerd. Dit is een orde van grootte verder terug in de tijd dan op basis van landgegevens alleen mogelijk is. In de Zaire diepzeefan werd een klimaatverschuiving op zeer lange termijn waargenomen die waarschijnlijk een symptoom is van de 413.000 jaar durende cyclus van de excentriciteit van de aardbaan. Nieuw is ook de ontdekking van struktureigenschappen van slecht-kristallijne kleimineralen, die mede verband houden met variaties in verwerking ten gevolge van variaties in klimaat en vegetatie. Deze eigenschappen worden waargenomen met volstrekt unieke, op het NIOZ ontwikkelde, apparatuur.

Het onderzoek van de komende jaren is gericht op vergroting van inzicht in deze klimaatsignalen van diepzeesedimenten en verder terugkijken in het verleden dan nu reeds mogelijk is. Diverse klimaatsignalen zullen worden onderzocht (kalk, opaal, mangaan, microfossielen, isotopen, biomarkers, kleimineralen) waarbij samenwerking met geochemici inzicht moet verschaffen over chemische processen in het sediment die het originele signaal al dan niet zouden doen vervagen of wijzigen. Samenwerking met diverse groepen van de RUU, TUD, VU, UvA en onder andere CNRS (France), Columbia University (New York) en de universiteiten van Parijs, Oslo, Milaan en Ontario. Deelprojecten zijn:

d.1. Biomarkers als indicatoren van het marien klimaat (met De Leeuw, TUD).

d.2. De kwartaire en recente ontwikkeling van het mariene klimaat met de droogte in equatoriaal Afrika.

e. Variabiliteit van moessoneffecten op de tijdschalen vastgelegd in sedimenten (sedimentary record) van de NW Indische Oceaan, inclusief variaties in de afgelopen 200.000 jaar. Van Weering. Samenwerking met Van Hinte (VU), Helder, De Wilde.

f. Ecologie en diversiteit van pelagische populaties in door de moesson beïnvloede NW Indische Oceaan. Baars.

3. Klimaat voorspelling.

Onze lopende programma's leveren belangrijke randvoorwaarden voor modelleers die met behulp van bijvoorbeeld Global Circulation Models (GCM's) scenario's modelleren voor toekomstige klimaatverandering, met name mogelijke temperatuurstijging. Het opzetten van en werken met zulke modellen valt echter duidelijk buiten ons huidige bestek. Voorzover groepen binnen Nederland zich hier wel mee bezig houden (RIVM, KNMI) lijkt het uiterst zinvol mogelijke punten van aansluiting bij NIOZ onderzoek te inventariseren.

4. Effecten op ecosystemen.

a. Zeespiegelrijzing en veranderingen in sediment balans van de Waddenzee (D.Eisma). Onder de gezamenlijke supervisie van de Rijks Geologische Dients, de afdeling sedimentologie van de RU Utrecht en de afdeling Mariene Geologie en Geochemie van het NIOZ wordt door twee assistenten-in-opleiding onderzoek gedaan naar de gevolgen van versnelde zeespiegelrijzing voor sedimentatie en erosie in de Waddenzee.

b. Veranderingen mariene ecosystemen Nederlandse kustgebied (Beukema).

Bij het NIOZ werd van 11 tot 15 november 1988 de workshop 'Expected effects of climatic change on marine coastal ecosystems' gehouden. Een en ander werd vastgelegd in een viertal rapporten (Brouns, Brouns, De Vooys, Kramer) waarvan 1 als Bijlage VI is bijgevoegd.

Oecosystemen zoals die van de Waddenzee zullen veranderingen ondergaan indien de huidige trends van toenames in de concentraties van "broeikasgassen" zich zullen voortzetten en wereldwijd niet alleen de koolzuurconcentraties zullen stijgen, maar ook de temperaturen, het niveau van UV-B straling en de zeespiegel. Hoewel mogelijk niet al deze factoren in gebieden als de Waddenzee werkzaam zullen zijn, dient toch tijdig voldoende kennis te worden verzameld om een basis te hebben voor voorspellingen over aard en omvang van de te verwachten effecten.

Lange-termijn monitoring van zowel het fytoplankton (Cadee) als de grotere bodemfauna (Beukema) in de Westelijke Waddenzee maakt reeds lang deel uit van het programma van de afdeling kustsystemen. Vooral veel componenten van de bodemfauna blijken duidelijk te reageren op de (winter)temperaturen.

Gezien de bestaande kennis, ervaring en aansluiting bij lopend onderzoek, wil de Afd. Kustsystemen in het bijzonder een nadere studie maken van de te verwachten gevolgen van een eventuele trendmatige verandering in het toekomstig temperatuurverloop. In de nu waarneembare verschijnselen bestaan voor een dergelijke studie twee aangrijpingspunten:

- 1. de (grote) jaar-op-jaar variatie in zomer- en wintertemperaturen, en
- 2. de geografische variatie in het temperatuurregime in vergelijkbare oecosystemen gelegen op verschillende breedtegraad langs Europese kusten.

Gebleken is reeds dat beide soorten variatie van invloed zijn op het verloop van belangrijke processen, die de grootte bepalen van populaties van allerlei diersoorten (vooral bodemdieren en vissen zijn bestudeerd). Zulke processen zijn o.m. overleving, groeisnelheid en voortplanting. De uitkomsten van dergelijke processen beïnvloeden in hoge mate de soortensamenstelling en stabiliteit van de oecosystemen in onze kustgebieden. Van speciaal belang voor deze studies zijn de soorten, die in ons kustgebied de grens van hun verspreidingsgebied benaderen. Dergelijke areaalgrenzen lijken vooral door temperatuurscondities te worden bepaald. Vergelijkbaar onderzoek gebeurt aan de RUG aan algensoorten (v.d. Hoek, Breeman). Populatiodynamische studies aan een aantal geselecteerde soorten bodemdieren in verschillende Europese kustgebieden worden gecoördineerd uitgevoerd in het raamwerk van het EG-programma COST-647.

e. Tijdseries. Variaties in klimatologische omstandigheden in de Noordzee en Noordelijke Atlantische Oceaan aan de hand van groei-ring patronen vastgelegd in langlevende schelpsoorten.

(De Wilde c.s.).

Kern van dit onderzoek is een gedetailleerde studie van groeivariaties van de bivalven soort Arctica islandica aan de hand van groei-ringen in de schelp. Volgens de literatuur kan deze een hoge leeftijd, allicht meer dan 100 jaar, bereiken. Hoewel eigen onderzoek laat zien dat grote exemplaren inderdaad over talrijke groei-ringen beschikken, moet meer zekerheid worden verkregen over de vraag in hoeverre groeilijnen overeenkomen met jaarringen, voordat de variatie geïnterpreteerd kan worden in termen van lange termijn variatie van milieufactoren. Hiervoor is contact opgenomen met Dr. van der Borg (RUU) die met behulp van massaspectrometrische technieken (¹⁴C) het opsporen van ijkringen een goede kans geeft. Samenwerking met Utrecht zal nader worden uitgewerkt.

Aan de hand van de overeenkomst in breedtes van jaarringen van verschillende exemplaren van een locatie kunnen lange termijn patronen worden vastgesteld. Onderzoek aan materiaal afkomstig uit verschillende delen van de Noordzee, Oostzee en Atlantische Oceaan moet de ruimtelijke verspreiding van deze patronen aantonen. Op grond hiervan kan mogelijk een uitspraak worden gedaan of variaties in groei te wijten zijn aan mondiale (klimatologische) of locale factoren zoals de door de mens veroorzaakte eutrofiering. Dit oogmerk komt tegemoet aan de doelstelling van de subtidal benthos werkgroep binnen COST, die zich bezighoudt met de analyse van lange termijn fluctuaties van het sublittorale benthos. Aansluiting met het mesocosm onderzoek wordt verkregen door de groei van Arctica islandica experimenteel te benaderen als onderdeel van het geïntegreerde eutrofierings-onderzoek in de Noordzee.

NIOZ Climate Research Unit

BIJLAGEN.

I. Report: The Netherlands 1989, 1990 North Atlantic Pilot Program of the Joint Global Ocean Flux Study. NWO/SOZ.1988.

II. Report: Towards a Joint Global Ocean Flux Study: Rationale, Objectives, Planning and Implementation. NIOZ 1988-14.

III. Attached: Joint Announcement SCOR/JGOFS and IGBP.1989.

IV. Report: The Netherlands Antarctic Research Programme, 1989-1994. NWO/SOZ

V. Attached: Netherlands Contribution to the World Ocean Circulation Experiment (WOCE)

VI. Report: Dutch WARP (World Ocean Circulation Experiment). NIOZ (Van Aken c.s.)

VII. Report: The Impact of Elevated Carbon Dioxide levels on Marine and Coastal Environments. (Brouns) NIOZ 1988-7; RIN 88-58.

VIII. Projectvoorstel Nationaal Onderzoeks Programma.

BIBLIOGRAPHY

DEPARTMENT OF CHEMICAL OCEANOGRAPHYH.J.W. de Baar

- Hydes, D.J., G.J. de Lange & H.J.W. de Baar, 1988. Dissolved aluminium in the Mediterranean. *Geochim. Cosmochim. Acta* 52: 2107-2114.
- Baar, H.J.W. de, C.R. German, H. Elderfield & P. van Gaans, 1988. Rare earth element distributions in anoxic waters of the Cariaco Trench. *Geochim. Cosmochim. Acta* 52: 1203-1219.
- Baar, H.J.W., 1989. The Joint Global Ocean Flux Study; Rationale and Objectives. *Proceedings Joint Oceanographic Assembly, Acapulco, Mexico* (in press).
- Saager, P.M. & H.J.W. de Baar, 1989. Manganese and iron in the Northwest Indian Ocean. *Geochim. Cosmochim. Acta* 53, 2259-2267.
- Baar, H.J.W. de, & M.H.C. Stoll, 1989. Storage of Carbon Dioxide in the Deep Ocean. *Proceedings Symposium 'Environment and Climate', Kluwer Publishing Company* (in press).
- Baar, H.J.W. de, A.G.J. Buma, R.F. Nolting, G.C. Cadée, G. Jacques, P.J. Tréguer, 1989. On the effect of iron and manganese on phytoplankton from the Southern Ocean. Submitted.

E.K. Duursma

- Duursma, E.K., A.G.A. Merks & J. Nieuwenhuize, 1988. Exchange processes in an estuary as the Westerschelde. In: "Hydrobiology and chemistry of the Schelde and Westerschelde". *Hydrobiol. Bull* 22: 7-20.
- Duursma, E.K., J.J. Beukema, G.C. Cadée, H.J. Lindeboom & P.A.W.J. de Wilde, 1988. Assessment of Environmental Impact of Nutrients. In: "Environmental Protection of the North Sea". WRC Int. Conf. Edited by P.J. Newman & A.R. Agg, Heinemann Prof. Publish. Ltd. Oxford: 176-188.
- Salomons, W., B.L. Bayne, E.K. Duursma & U. Förstner (eds), 1988. Pollution of the North Sea. An assessment. Springer-Verlag: 687 pp.

W. Helder

- Helder, W. & R.T.P. de Vries, 1986. Dynamics of dissolved silicium and nitrogen-nutrients at low temperature in the Ems-Dollard estuary. *Neth. J. Sea Res.* 20: 277-284.
- Andersen, F.O. & W. Helder, 1987. Comparison of oxygen microgradients, oxygen flux rates and electron transport system activity in coastal marine sediments. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 37: 259-264.
- Helder, W. & F.O. Andersen, 1987. An experimental approach to quantify biologically mediated dissolved silicate transport at the sediment-water interface. *Mar. Ecol. Progr. Ser.* 39: 305-311.
- Helder, W., 1989. Early diagenetic processes and sediment-water exchange in the Savu-basin (Eastern Indonesia). *Neth. J. Sea Res.* (in press).
- Sweerts, J.P., H. van Gernerden & W. Helder, 1989. Decomposition and bacterial stratification in marine and fresh water sediments. *Biogeochemistry* (in press).

W.M. Kieskamp

- Kieskamp, W.M., K. Eijkman & W. Helder, 1988. The effect of mercury (II) chloride on the determination of N₂O profiles in marine sediments. *Neth. J. Sea Res.* 22: 199-203.

R.J. Nolting

- Nolting, R.F., 1986. Copper, Zinc, Cadmium, Nickel, Iron and Manganese in the Southern Bight of the North Sea. *Mar. Poll. Bull.* 17: 113-117.
- Nolting, R.F. & D. Eisma, 1988. Elementary composition of suspended particulate matter in the North Sea. *Neth. J. Sea Res.* 22: 219-236.
- Nolting, R.F., B. Sundby & J.C. Duinker, 1989. Minor and major elements in suspended matter in the Rhine and Meuse rivers and estuary. *Neth. J. Sea Res.* 23: 255-261.
- Hoekstra, P., R.F. Nolting & H.A. van der Sloot, 1989. Supply and dispersion of water and suspended matter of the rivers Solo and Brantas into the coastal waters of East Java, Indonesia. *Neth. J. Sea Res.* 23: 501-515.
- Nolting, R.F., 1989. Preliminary results about dissolved and particulate trace metals in sediments of the Gulf de Lion (France). *EROS 2000 symposium Paris*, 7-9 March, 1989.

H. Postma

- Postma, H., 1985. Eutrophication of Dutch coastal waters. *Neth. J. Zool.* 35: 348-359.
- Postma, H., 1988. Physical and chemical oceanographic aspects of continental shelves. In: H. Postma & J.J. Zijlstra. *Continental Shelves* (part 27 of: D.W. Goodall. *Ecosystems of the world*). Elsevier Science Publ., Amsterdam: 5-37.
- Postma, H., 1988. Tidal flat areas. In: B.O. Jansson. *Coastal-offshore ecosystem interactions. Lecture notes on coastal and estuarine studies*, vol. 22. Springer Verlag, Berlin: 102-121.
- Postma, H. & W.G. Mook, 1988. The transport of water through the east Indonesian deep-sea waters. A comparison of Snellius-I and -II results. *Proc. Snellius-II Symp. (theme 2)* *Neth. J. Sea Res.* 22: 373-381.
- Postma, H. & J.J. Zijlstra (eds). *Continental Shelves* (part 27 of: D.W. Goodall. *Ecosystems of the world*). Elsevier Science Publ., Amsterdam: 1-421.

M.H.C. Stoll

- Stoll, M.H.C., J. Rommets & H. de Baar. A comparison between two methods for calculating TCO₂ and alkalinity data and the coulometric TCO₂ Method. I. The gran plot versus non linear curve-fitting. (in press).

J.W. Rommets

- Rommets, J.W., 1988. The carbon dioxide system; its behaviour in decomposition processes in east Indonesian basins. *Neth. J. Sea Res.* 22: 383-393.

S.B. Tijssen

Tijssen, S.B., M. Mulder & J.F. Wetsteyn, 1989. Production and consumption rates of oxygen, and vertical oxygen structure in the upper 300 m in the eastern Banda Sea during and after the upwelling season, August 1984 and February/March 1985. *Neth. J. Sea Res.* (in press).

R.T.P. de Vries

Goeijens, L., R.T.P. de Vries, J.F. Bakker & W. Helder, 1987. An experiment on the relative importance of denitrification, nitrate reduction and ammonification in coastal marine sediments. *Neth. J. Sea Res.* 21: 171-175.

F.J. Wetsteyn

Wetsteyn, F.J., A.G. Ilahude & S.B. Tijssen, 1989. Nutrient distribution, up- and downwelling, advective "New Production" and water circulation in the upper 300 m of the eastern Banda Sea and Arafura Sea during and after the upwelling season, August 1984 and February 1985. *Neth. J. Sea Res.* (in press).

DEPARTMENT OF PHYSICAL OCEANOGRAPHY

H.M. van Aken

- Aken, H.M. van, 1986. The onset of seasonal stratification in shelf seas due to differential advection in the presence of a salinity gradient. *Cont. Shelf Res.* 5: 475-485.
- Aken, H.M. van, G.J.F. van Heijst & L.R.M. Maas, 1987. Observations of fronts in the North Sea. *J. Mar. Res.* 45: 579-600.
- Aken, H.M. van & D. Eisma, 1987. The circulation between Iceland and Scotland derived from water mass analysis. *Neth. J. Sea Res.* 21: 1-15.
- Aken, H.M. van, 1988. Transports of water masses through the Faroese Channels determined by an inverse method. *Deep-Sea Res.* 35: 595-617.
- Aken, H.M. van, J. Punjnanan & S. Saimima, 1988. Physical aspects of the flushing of the East Indonesian basins. *Neth. J. Sea Res.* 22: 315-339.
- Aken, H.M. van & H. Verbeek, 1988. The hydrography and ventilation of Kau Bay in Halmahera. *Neth. J. Sea Res.* 22: 403-413.

R.W.J. Dirks

- Dirks, R.W.J. & D. Spitzer, 1987. Solar radiance distribution in deep natural waters including fluorescence effects. *Appl. Optics* 26: 2427-2430.
- Dirks, R.W.J. & D. Spitzer, 1987. On the radiative transfer in the sea including fluorescence and stratification effects. *Limnol. Oceanogr.* 32: 942-953.

J.J.M. van Haren

- Haren, J.J.M. van & L.R.M. Maas, 1987. Temperature and current fluctuations due to tidal advection of a front. *Neth. J. Sea Res.* 21: 79-94.

Haren, J.J.M. van, 1989. Sub-tidal dynamics of a near coastal zone in the North Sea. *Neth. J. Sea Res.* (in press).

L.R.M. Maas

- Maas, L.R.M., 1987. Tide-topography interactions in a stratified shelf sea. Ph-D Thesis, University of Utrecht: 241 pp.
- Maas, L.R.M., J.T.F. Zimmerman & N.M. Temme, 1987. On the exact shape of the horizontal profile of a topographically rectified tidal flow. *Geoph. Astroph. Fluid Dyn.* 38: 105-129.
- Maas, L.R.M. & J.J.M. van Haren, 1987. Observations on the vertical structure of tidal and inertial currents in the central North Sea. *J. Mar. Res.* 45: 293-318.
- Ou, H.W. & L.R.M. Maas, 1988. Tides near a shelf-slope front. *Cont. Shelf Res.* 8: 729-736.
- Maas, L.R.M. & J.T.F. Zimmerman, 1989. Tide-topography interactions in a stratified shelf sea. I. Basic equations for quasi-nonlinear internal tides. *Geoph. Astroph. Fluid Dyn.* 45: 1-35.
- Maas, L.R.M. & J.T.F. Zimmerman, 1989. Tide-topography interactions in a stratified shelf sea. II. Bottom-trapped internal tides and baroclinic residual currents. *Geoph. Astroph. Fluid Dyn.* 45: 37-69.
- Maas, L.R.M., 1989. A closed form Green's function describing diffusion in a strained flow field.- *SIAM Journal on Applied Mathematics* (in press).

G. Marees

- Marees, G. & D. Spitzer, 1988. On the applicability of CAESAR for the remote sensing of bottom depth and bottom composition of shallow waters. Report NIOZ 1988-10.
- Marees, G., D. Spitzer, M.R. Wernand & R.W.J. Dirks, 1989. Interpretation of remote sensing measurements over Madura Bay from in situ radiometric and biochemical data. *Neth. J. Sea Res.* 23: 483-492.

L. Otto

- Otto, L., 1983. Currents and water balance in the North Sea. In: *North Sea Dynamics*, Sundermann/Lenz (ed). Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, New York: 26-43.
- Otto, L., 1989. Het World Ocean Circulation Experiment in: *NTT De Zee* 18: 304-306.
- Otto, L. & J.T.F. Zimmerman, 1989. Review of the physical oceanography of the North Sea. 1. General Review. *Neth. J. Sea Res.* (in press).
- Becker, G., L. Otto & J.T.F. Zimmerman, 1989. Review of the physical oceanography of the North Sea. 3. Southern and Central North Sea. *Neth. J. Sea Res.* (in press).
- Becker, G. & L. Otto, 1989. Review of the physical oceanography of the North Sea. 4. Long-term variations. *Neth. J. Sea Res.* (in press).
- Becker and L. Otto, 1990. Long-term variations. Contribution to North Sea Review to appear as special volume of *Neth. J. Sea Res.* (in press).

D. Spitzer

- Spitzer, D. & R.W.J. Dirks, 1985. Contamination of the reflectance of natural waters by solar-induced fluorescence of dissolved organic matter. *Appl. Optics* 24: 444-445.

- Spitzer, D. & M.R. Wernand, 1986. Assessment of solar irradiance spectra. *Appl. Optics* 25: 2466-2467.
- Spitzer, D., 1986. On the application of remote sensing for environmental monitoring. *Environmental monitoring and assessment* 7: 263-271.
- Spitzer, D. & R.W.J. Dirks, 1986. Chlorophyll fluorescence effects in the red part of the reflectance spectra of natural waters. *Cont. Shelf Res.* 6: 385-395.
- Spitzer, D. & R.W.J. Dirks, 1987. Bottom influence of the reflectance of the sea. *Int. J. Rem. Sen.* 8: 279-290.

C. Veth

- Veth, C., 1980. A laser-doppler velocimeter for small scale turbulence studies in the sea. In: *Marine Turbulence*, J.C.J. Nihoul (ed.), Elsevier Sci. Publ., Amsterdam, 303-317.
- Veth, C., 1983. Turbulence measurements in the stratified central North Sea with a laser-doppler velocimeter system. In: *North Sea Dynamics*, J. Sundermann & W. Lenz (eds). Springer, Berlin, Heidelberg, New York, 412-428.

M.R. Wernand

- Wernand, M.R. & D. Spitzer, 1987. Processing of underwater spectra collected by ASIR (Advanced Spectral Irradiance Meter) in Madura Bay. In: Naszil Hadjan. *Proceedings of the Joint Workshop on Remote Sensing of the Sea*, Jan. 1987. Jakarta, Indonesia: 160-167.
- Wernand, M.R. & D. Spitzer, 1987. Processing of airborne CORSAIR (Coastal Optical Remote Sensing Airborne Radiometer). - In: Naszil Hadjan. *Proceedings of the Joint Workshop on Remote Sensing of the Sea*, Jan 1987. Jakarta, Indonesia: 153-159.
- Wernand, M.R. & D. Spitzer, 1987. Correlation of airborne and shipborne optical measurements with seatruth data in Madura Bay. In: Naszil Hadjan. *Proceedings of the Joint Workshop on Remote Sensing of the Sea*, Jan. 1987. Jakarta, Indonesia: 365-373.

J.T.F. Zimmerman

- Zimmerman, J.T.F., 1984. Windscale effluent as an oceanographic tracer for continental shelf circulation. *Nature, Lond.* 311: 102-103.
- Zimmerman, J.T.F., 1985. Radar images of the sea bed. *Nature, Lond.* 314: 224-226.
- Vugts, H.F. & J.T.F. Zimmerman, 1985. The heat balance of a tidal flat area. *Neth. J. Sea Res.* 19: 1-14.
- Zimmerman, J.T.F., 1986. The tidal whirlpool: a review of horizontal dispersion by tidal and residual currents. *Neth. J. Sea Res.* 20: 133-154.
- Swart, H. de & J.T.F. Zimmerman, 1987. Tidal rectification in lateral viscous boundary layers of a semi-enclosed basin. *J. Fluid Mech.* 184: 381-397.
- Zimmerman, J.T.F., 1988. Estuarine residence times. In: B. Kjerfve (ed.), *Hydrodynamics of Estuaries vol 1. Estuarine Physics*. C.P.C. Press: 75-84.
- Zimmerman, J.T.F. & L.R.M. Maas, 1989. Renormalized Green's function for nonlinear circulation on the beta-plane. *Physical Review A* 39: 3575-3590.

- Kreeke, J. van de & J.T.F. Zimmerman, 1989. Gravitational circulation in well-mixed and partially mixed estuaries. In: B. Le Mehaute (ed.). "The Sea", vol 9 (in press).

DEPARTMENT OF MARINE GEOLOGY and GEOCHEMISTRY

A.J. van Bennekom

- Bennekom, A.J. van & G.W. Berger, 1984. Hydrography and silica budget of the Angola Basin. *Neth. J. Sea Res.* 17: 149-200.
- Bennekom, A.J. van, 1985. Dissolved silica as an indicator of Antarctic Bottom Water penetration, and the variability in the bottom layers of the Norwegian and Iceland Basins. *Rit Fiskideildar* 9: 101-109.
- Bennekom, A.J. van, 1987. De invloed van het aluminium-gehalte op de oplosbaarheid en de oplossnelheid van biogeen kiezel-dioxide. *Diatomedelingen* 2: 3-6.
- Bennekom, A.J. van, G.W. Berger, S.J. van der Gaast & R.T.P. de Vries, 1988. Primary productivity and the silica cycle in the Southern Ocean (Atlantic sector). *Palaeogeogr., Palaeoclim., Palaeoecol.* 67: 19-30.
- Bennekom, A.J. van, 1988. Deep-water transit times in the eastern Indonesian basins, calculated from dissolved silica in deep and interstitial waters. *Neth. J. Sea Res.* 22: 341-354.
- Bennekom, A.J. van, Kastoro & W.C. Patzert, 1988. Recirculation in the Banda throughflow, traced with dissolved silica. *Neth. J. Sea Res.* 22: 355-359.
- Bennekom, A.J. van & M. Muchtar, 1988. Reactive phosphate in the eastern Indonesian seas. *Neth. J. Sea Res.* 22: 361-367.
- Bennekom, A.J. van, J.H.F. Jansen, S.J. van der Gaast, J.M. van Iperen & J. Pieters, 1989. Aluminium-rich opal: An intermediate in the preservation of biogenic silica in the Zaire (Congo) deep-sea fan. *Deep-Sea Res.* 36: 173-190.
- Bennekom, A.J. van & F.J. Wetsteyn. The winter distribution of nutrients in the Southern Bight of the North Sea and the estuaries of the Scheldt and the Rhine/Meuse. *Neth. J. Sea Res.* (in press).
- Rutgers van der Loeff, M.M. & A.J. van Bennekom. Weddell Sea contributes little to silicate enrichment in Antarctic Bottom Water. *Deep Sea Research* (in press).

D. Eisma

- Eisma, D., 1987. The North Sea: an overview. *Phil. Trans. R. Soc. London B* 316: 461-485.
- Eisma, D. & J. Kalf, 1987. Distribution, organic content and particle size of suspended matter in the North Sea. *Neth. J. Sea Res.* 21: 265-285.
- Eisma, D., 1988. Transport and deposition of suspended matter in estuaries and the nearshore sea. In: A. Lerman & M. Meybeck (eds). *Physical and chemical weathering in geochemical cycles. NATO-ASI Series C*, vol. 251: 273-298.
- Eisma, D., G.W. Berger, Chen Wei-yue & Shen Jian, 1989. ^{210}Pb as a tracer for sediment transport and deposition in the Dutch-German Waddensea. *Proc. Coastal Lowlands Symp. May 1987. Geology and Geotechnology*: 237-253.

Eisma, D. & G.C. Cadée, 1989. Particulate matter processes in estuaries. SCOPE-UNEP volume Biogeochemistry of major world rivers, ch. 13, Wiley & Sons (in press).

S.J. van der Gaast

Gaast, S.J. van der & J.H.F. Jansen, 1984. Mineralogy, opal, and manganese of Middle and Late Quaternary sediments of the Zaire (Congo) deep-sea fan: origin and climatic variation. *Neth. J. Sea Res.* 17: 313-341.

J.M. van Iperen

Iperen, J. & W. Helder, 1985. A method for the determination of organic carbon in calcareous marine sediments. *Mar. Geol.* 64: 179-187.

Iperen, J.M. van, T.C.E. van Weering, J.H.F. Jansen & A.J. van Bennekom, 1987. Diatoms in surface sediments of the Zaire deep-sea fan (SE Atlantic Ocean) and their relation to overlying water masses. *Neth. J. Sea Res.* 21: 203-217.

J.H.F. Jansen

Jansen, J.H.F. (ed.), 1984. Quaternary geology and oceanography of the Zaire deep-sea fan and adjacent Atlantic. *Neth. J. Sea Res.* 17 (2-4): 145-441.

Jansen, J.H.F., T.C.E. van Weering, R. Gieles & J. van Iperen, 1984. Middle and Late Quaternary oceanography and climatology of the Zaire-Congo fan and adjacent eastern Angola Basin. *Neth. J. Sea Res.* 17: 201-249.

Bjørklund, K.R. & J.H.F. Jansen, 1984. Radiolaria distribution in Middle and Late Quaternary sediments and palaeoceanography in the eastern Angola Basin. *Neth. J. Sea Res.* 17: 299-312.

Jansen, J.H.F., 1985. Middle and Late Quaternary carbonate production and dissolution, and paleoceanography of the eastern Angola Basin, South Atlantic Ocean. In: K.J. Hsü & H.J. Weissert (eds). *South Atlantic paleoceanography*. Cambridge University Press, Cambridge: 25-46.

Jansen, J.H.F., A. Kuijpers & S.R. Troelstra, 1986. A mid-Brunhes climatic event: long-term changes in global atmosphere and ocean circulation. *Science* 332 (4750): 619-622.

Jansen, J.H.F. & S.J. van der Gaast, 1988. Accumulation and dissolution of opal in Quaternary sediments of the Zaire deep-sea fan (NE Angola Basin). *Mar. Geol.* 83: 1-7.

Jansen, J.H.F., C. Alderliesten, C.M. Houston, A.F.M. de Jong & K. van der Borg, 1989. Aridity in equatorial Africa during the last 225,000 years: a record of opal phytoliths/freshwater diatoms from the Zaire (Congo) deep-sea fan (northeast Angola Basin). *Radiocarbon* 31(3): 560-572.

J.H.F. Jansen, 1990. Glacial-interglacial oceanography of the southeastern Atlantic Ocean and the paleoclimate of west central Africa. In: R. Lanfranchi & D. Schwartz (eds). *Paysages quaternaires de l'Afrique centrale atlantique*. ORSTOM-CICIBA Publ., Paris (in press).

T.C.E. van Weering

- Qvale, G. & T.C.E. van Weering, 1985. Relation of surface sediments and benthic foraminiferal distribution patterns in the Norwegian Channel (northern North Sea). *Mar. Micropal.* 9: 469-488.
- Weering, T.C.E. van, G.W. Berger & J. Kalf, 1987. Recent sediment accumulation in the Skagerrak, northeastern North Sea. *Neth. J. Sea Res.* 21: 177-189.

DEPARTMENT OF BENTHIC SYSTEMS

R.P.M. Bak

- Dodge, R.E., T.D. Jickells, A.H. Knop, S. Boyd & R.P.M. Bak, 1984. Reef-building coral skeletons as chemical pollution (Phosphorus) indicators. *Mar. Pol. Bull.* 15: 178-187.
- Bak, R.P.M. & R.W.P.M. Laane, 1987. Annual black bands in skeletons of reef corals (*Scleractinia*). *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 38: 169-175.
- Bak, R.P.M. & G.D.E. Povel, 1989. Ecological variables, including physiognomic-structural attributes, and classification of Indonesian coral reefs. *Neth. J. Sea Res.* 23: 95-106.
- Bak, R.P.M., 1989. The marine environment and conservation in the Netherlands Antilles. *Ned. Comm. Int. Natuurbesch. Med.* 25: 69-76.

G.C.A. Duineveld

- Duineveld, G.C.A., A. Kunitzer, U. Niermann, P.A.W.J. de Wilde & J. Gray. The macrobenthos of the North Sea: a review. *Neth. J. Sea Res.* (in press).

J.H. Vosjan

- Nieuwland, G. & J.H. Vosjan, 1987. Respiratory activity and biomass of microorganisms. *Ber. Polarforsch.* 39: 42-44.
- Vosjan, J.H. & G. Nieuwland, 1987. Microbial biomass and respiratory activity in the surface waters of the east Banda Sea and northwest Arafura Sea (Indonesia) at the time of the southeast monsoon. *Limnol. Oceanogr.* 32: 767-775.
- Vosjan, J.H., G. Nieuwland, W. Ernst & T. Bluszczy, 1987. Shipboard comparison of two methods of extraction and measurements of ATP applied to antarctic water samples. *Neth. J. Sea Res.* 21: 107-112.
- Vosjan, J.H., 1988. The ATP and ETS method in a study of surface layers and deep-sea basins of the East Indonesian waters. *Archs. Hydrobiol. Beih. Ergebn. Limnol.* 31: 221-228.
- Vosjan, J.H., G. Nieuwland & Ruyitno, 1989. Monsoonal differences in microbial biomass, respiratory activity and bacterial numbers in the Banda Sea. *Neth. J. Sea Res.* (in press).
- Vosjan, J.H., S.B. Tijssen, G. Nieuwland & F. Wetsteyn, 1989. Respiratory activity and biomass of microorganisms in the Fladen Ground Area (Northern North Sea) during springtime. *Neth. J. Sea Res.* (in press).
- Vosjan, J.H., G. Döhler and G. Nieuwland (manuscript). Effect of UV-B irradiance on the ATP content of microorganisms of Antarctic waters of the Weddell Sea.

B. van der Werf

Werf, B. van der & J.H. Vosjan, 1984. Respiratory activity and ATP of microorganisms in the North Equatorial Current of the Atlantic Ocean. *Antonie van Leeuwenhoek* 50: 109-110.

P.A.W.J. de Wilde

- Wilde, P.A.W.J. & J.J. Beukema, 1984. The role of zoobenthos in the consumption of organic matter in the Dutch Wadden Sea. *Neth. Inst. Sea Res. Publ. Ser.* 1984-10: 145-158.
- Wilde, P.A.W.J. de, E.M. Berghuis & A. Kok, 1984. Structure and energy demand of the benthic community of the Oyster Ground, central North Sea. *Neth. J. Sea Res.* 18: 143-159.
- Wilde, P.A.W.J. de, E.M. Berghuis & A. Kok, 1986. Biomass and activity of benthic fauna on the Fladen Ground (northern North Sea). *Neth. J. Sea Res.* 20: 313-323.
- Wilde, P.A.W.J., W.W. Kastoro, E.M. Berghuis, I. Aswandy, I. Al Hakim & A. Kok, 1989. Structure and energy demand of the benthic soft-bottom communities in the Java Sea and around the islands of Madura and Bali, Indonesia. *Neth. J. Sea Res.* 23: 449-461.
- Kastoro, W., I. Aswandy, I. Al Hakim, P.A.W.J. de Wilde & J.M. Everaarts, 1989. Soft-bottom benthic community in the estuarine waters of East Java. *Neth. J. Sea Res.* 23: 463-472.

DEPARTMENT OF PELAGIC SYSTEMS

M.A. Baars

- Baars, M.A. & H.G. Fransz, 1984. Grazing pressure of copepods on the phytoplankton stock of the central North Sea. *Neth. J. Sea Res.* 18: 120-142.
- Oosterhuis, S.S. & M.A. Baars, 1985. On the usefulness of digestive enzyme activity as index for feeding activity in copepods. *Hydrobiol. Bull.* 19: 89-100.
- Daro, M.H. & M.A. Baars, 1986. Calculations of zooplankton grazing rates according to a closed, steady-state, three-compartment model applied to different ^{14}C methods. *Hydrobiol. Bull.* 19: 159-170.
- Baars, M.A. & J.J. Zijlstra, 1989. Monsoon-induced changes in the pelagic ecosystem of the Banda Sea: preliminary results of the Indonesian-Dutch Snellius-II Expedition. *Proc. IOC WESTPAC-Symposium The Indo-Pacific Convergence* (in press).
- Baars, M.A., S.S. Oosterhuis, A.B. Sutomo & O.H. Arinardi, 1989. Zooplankton abundance in the eastern Banda Sea and northern Arafura Sea during and after the upwelling season, August 1984 and February 1985. *Neth. J. Sea Res.* (in press).
- Arinardi, O.H., M.A. Baars & S.S. Oosterhuis, 1989. Grazing patterns in tropical copepods measured by gut fluorescence during and after the upwelling season in the Banda Sea (Indonesia). *Neth. J. Sea Res.* (in press).
- Cheng, L., M.A. Baars & S.S. Oosterhuis, 1989. Monsoonal differences in abundance and species composition of Halobates in the Banda Sea (Indonesia). *Bull. Mar. Sci.* (in press).

R. Daan

- Daan, R., 1989. Factors controlling the summer development of copepod populations in the Southern Bight of the North Sea. *Neth. J. Sea Res.* 23: 305-322.

H.G. Fransz

- Fransz, H.G. & W.W.C. Gieskes, 1984. The unbalance of phytoplankton and copepods in the North Sea. Rapp. P.-v. Réun. Cons. perm. int. Explor. Mer 183: 218-22.
- Fransz, H.G., J.C. Miquel & S.R. Gonzalez 1984. Mesozooplankton composition, biomass and vertical distribution, and copepod production in the stratified central North Sea. Neth. J. Sea Res. 18: 82-96.
- Fransz, H.G. & S. Diel, 1985. Secondary production of Calanus finmarchicus (Copepoda: Calanoidea) in a transitional system of the Fladen Ground area (northern North Sea) during the spring of 1983. In: P.E. Gibbs. Proc. 19th European Marine Biology Symposium. Cambridge Univ. Press, Cambridge: 123-133.
- Fransz, H.G. & J.H.G. Verhagen, 1985. Modelling research on the production cycle of phytoplankton in the Southern bight of the North Sea in relation to riverborne nutrient loads. Neth. J. Sea Res. 19: 241-250.
- Fransz, H.G., 1986. Effects of freshwater inflow on the distribution, composition and production of plankton in the Dutch coastal waters of the North Sea. NATO ASI Series, Vol. G7. In: S. Skreslet. The role of freshwater outflow in coastal marine ecosystems. Springer-Verlag, Berlin: 241-249.
- Fransz, H.G., W. Hagen, I. Hempel, H.-P. Marschall, S. Marschall, E. Mizdalski & S. Schiel, 1987. Zooplankton. Ber. Polarforsch. 39: 197-205.
- Fransz, H.G., 1988. Vernal abundance, structure and development of epipelagic copepod populations of the eastern Weddell Sea (Antarctica). Polar Biol. 9: 107-114.
- Fransz, H.G., 1989. Adaptations in Antarctic copepod populations. Circumpolar Journal 2-3: 62-70.
- Colebrook, J.M., H.G. Fransz, J.C. Gamble & M. Krause. Zooplankton of the North Sea. (Review, Int. Symp. Ecology of the North Sea, Texel, 1988). Neth. J. Sea Res. (in press).
- Fransz, H.G., R. Jones, J.P. Mommaerts & G. Radach. Ecological modelling of the North Sea. (Review, Int. Symp. Ecology of the North Sea, Texel, 1988). Neth. J. Sea Res. (in press).
- Fransz, H.G., S.R. Gonzalez & W.C.M. Klein Breteler, 1989. Fecundity as a factor controlling the seasonal population cycle in Temora longicornis (Copepoda, Calanoida). Proc. 23rd EMBS, Swansea, Olsen & Olsen. (in press).

W.W.C. Gieskes

- Gieskes, W.W.C. & G.W. Kraay, 1984. State-of-the-art in the measurement of primary production. In: M.J.R. Fasham. Flows of energy and materials in marine ecosystems. Plenum Press, New York: 171-190.
- Gieskes, W.W.C. & G.W. Kraay, 1984. Phytoplankton, its pigments, and primary production at a central North Sea station in May, July and September 1981. Neth. J. Sea Res. 18: 51-70.
- Gieskes, W.W.C. & M. Elbrächter, 1986. Abundance of nanoplankton-size chlorophyll-containing particles caused by diatom disruption in surface waters of the southern ocean (Antarctic Peninsula region). Neth. J. Sea Res. 20: 291-303.

- Gieskes, W.W.C. & G.W. Kraay, 1986. Floristic and physiological differences between the shallow and the deep nanophytoplankton community in the euphotic zone of the open tropical Atlantic revealed by HPLC analysis of pigments. *Mar. Biol.* 91: 567-576.
- Tilzer, M.M., M. Elbrächter, W.W.C. Gieskes & B. Beese, 1986. Light-temperature interactions in the control of photosynthesis in Antarctic phytoplankton. *Polar Biol.* 5: 105-111.
- Gieskes, W.W.C., G.W. Kraay, A. Nontji, D. Setiapermana & Sutomo, 1988. Monsoonal alternation of a mixed and layered structure in the phytoplankton of the euphotic zone of the Banda Sea (Indonesia): a mathematical analysis of algal pigment fingerprints. *Neth. J. Sea Res.* 22: 123-137.
- Gieskes, W.W.C. & G.W. Kraay, 1989. Estimating the carbon-specific growth rate of the major algal species groups in eastern Indonesia waters by ^{14}C labeling of taxon-specific carotenoids. *Deep-Sea Res.* (in press).
- Gieskes, W.W.C., G.W. Kraay, A. Nontji, D. Setiapermana & Sutomo, 1989. Phytoplankton growth rate and level of primary production in the eastern Banda Sea (Indonesia) during the southeast monsoon of 1984 and the northwest monsoon of 1985. *Neth. J. Sea Res.* (in press).
- Reid, P.C., W.W.C. Gieskes, C. Lancelot, E. Hagmeier & G. Weichart. Phytoplankton of the North Sea and its dynamics. (Review, Int. Symp. Ecology of the North Sea, Texel, 1988). *Neth. J. Sea Res.* (in press).

W.C.M. Klein Breteler

- Klein Breteler, W.C.M. & S.R. Gonzalez, 1985. Culture and development of *Temora longicornis* (Copepoda, Calanoida) at different conditions of temperature and food. *Syllogeus* 58: 71-84.
- Diel, S. & W.C.M. Klein Breteler, 1986. Growth and development of *Calanus* spp. (Copepoda) during spring phytoplankton succession in the North Sea. *Mar. Biol.* 91: 85-92.
- Klein Breteler, W.C.M. & S.R. Gonzalez, 1988. Influence of temperature and food concentration on body size, weight and lipid content in two calanoid copepod species. *Hydrobiologia*: 167/168: 201-210.

B.R. Kuipers

- Kuipers, B.R., R. Daan & H.J. Witte, 1989. On the function of the macroplankton in the Southern Bight Ecosystem. (Int. Symp. Ecology of the North Sea, Texel, 1988). *Neth. J. Sea Res.* (in press).

P.H. Schalk

- Schalk, P.H., 1987. Monsoon related changes in zooplankton biomass in the eastern Banda Sea and Aru Basin. *Biol. Ocean.* 5: 1-12.
- Schalk, P.H., J.IJ. Witte, S. Budihardjo & A.M. Hatta, 1989. Monsoon influences on micronekton of the Banda Sea. *Neth. J. Sea Res.* (in press).

M.J.W. Veldhuis

- Veldhuis, M.J.W., F. Colijn & L.A.H. Venekamp, 1986. The spring bloom of *Phaeocystis pouchetii* (Haptophyceae) in Dutch coastal waters. *Neth. J. Sea Res.* 20: 37-48.

- Veldhuis, M.J.W., W. Admiraal & F. Colijn, 1986. Chemical and physiological changes of phytoplankton during the spring bloom, dominated by Phaeocystis pouchetii (Haptophyceae): observations in Dutch coastal waters of the North Sea. *Neth. J. Sea Res.* 20: 49-60.
- Veldhuis, M.J.W. & W. Admiraal, 1987. Influence of phosphate depletion on the growth and colony formation of Phaeocystis pouchetii. *Mar. Biol.* 95: 47-54.
- Veldhuis, M.J.W., L.A.H. Venekamp & T. Ietswaart, 1987. Availability of phosphorus sources for blooms of Phaeocystis pouchetii (Haptophyceae) in the North Sea: Impact of the river Rhine. *Neth. J. Sea Res.* 21: 219-229.
- Lancelot, C., G. Billen, A. Sournia, J. Weisse, F. Colijn, M.J.W. Veldhuis, A. Davies & P. Wassman, 1987. Phaeocystis blooms and nutrient enrichment in the continental zones of the North Sea. *Ambio* 16: 38-46.
- Veldhuis, M.J.W., F. Colijn, L.A.H. Venekamp & L. Villerius, 1988. Phytoplankton primary production and biomass in the western Wadden Sea (The Netherlands); a comparison with an ecosystem model. *Neth. J. Sea Res.* 22: 37-49.

J.J. Zijlstra

- Zijlstra, J.J. (ed.), 1984. The biological productivity of North Atlantic Shelf Areas. *Rapp. P.-v. Reun. Cons. perm. int. Explor. Mer* 183: 1-284.
- Wolf, P. de & J.J. Zijlstra, 1988. The ecosystem. In: W. Salomons, B.L. Bayne, E.K. Duursma & U. Förstner. *Pollution of the North Sea, an assessment*. Springer-Verlag, Berlin: 118-151.
- Zijlstra, J.J., 1988. The North Sea ecosystem. In: H. Postma & J.J. Zijlstra. *Continental Shelves (part 27 of: D.W. Gooddall. Ecosystems of the world)*. Elsevier Science Publ., Amsterdam: 231-277.
- Zijlstra, J.J. & P. de Wolf, 1988. Natural events. In: W. Salomons, B.L. Bayne, E.K. Duursma & U. Förstner. *Pollution of the North Sea, an assessment*. Springer Verlag, Berlin: 164-180.
- Bergman, M.J.N., H.W. van der Veer & J.J. Zijlstra, 1988. Plaice nurseries: effects on recruitment. *J. Fish. Biol.* 33, (suppl. A): 201-218.
- Zijlstra, J.J., M.A. Baars, S.B. Tijssen, F.J. Wetsteyn, J.IJ. Witte, A.G. Ilahude & Hadikusumah, 1989. Monsoonal effects on the hydrography of the upper waters (< 300 m) of the eastern Banda Sea and northern Arafura Sea, with special reference to vertical transport processes. *Neth. J. Sea Res.* (in press).

DEPARTMENT OF COASTAL SYSTEMS

J.J. Beukema

- Beukema, J.J., 1982. Annual variation in reproductive success and biomass of the major macrozoobenthic species living in a tidal flat area of the Wadden Sea. *Neth. J. Sea Res.* 16: 37-45.
- Beukema, J.J., 1984. Zoobenthos survival during severe winters at high and low tidal flats in the Dutch Wadden Sea. In: J.S. Gray & M.E. Christiansen (eds). *Marine biology of polar regime and effects of stress on marine organisms*. John Wiley, Chichester: 351-361.

- Beukema, J.J., E. Knol & G.C. Cadée, 1985. Effects of temperature on the length of the annual growing season on the tellinid bivalve Macoma balthica (L.) living on tidal flats in the Dutch Wadden Sea. J. exp. mar. Biol. Ecol. 90: 129-144.
- Beukema, J.J. & G.C. Cadée, 1986. Zoobenthos responses to eutrophication of the Dutch Wadden Sea. Ophelia 26: 55-64.
- Beukema, J.J. & M. Desprez, 1986. Single and dual growing seasons in the tellinid bivalve Macoma balthica (L.). J. exp. mar. Biol. Ecol. 102: 35-45.
- Beukema, J.J. & K. Essink, 1986. Common patterns in the fluctuations of macrozoobenthic species living at different places on tidal flats in the Wadden Sea. Hydrobiologia 142: 199-207.
- Essink, K. & J.J. Beukema, 1986. Long-term changes in tidal flat macrozoobenthos as an indicator of stress by organic pollution. Hydrobiologia 142: 209-215.
- Beukema, J.J., 1987. Eutrophication of the North Sea: reason for satisfaction or concern? In: Reasons for concern. proc. 2nd North Sea seminar, 1986, Rotterdam 2: 25-36.
- Beukema, J.J., J. Dörjes & K. Essink, 1988. Latitudinal differences in survival during a severe winter in macrozoobenthic species sensitive to low temperatures. Senckenbergiana marit. 20: 19-30.
- Beukema, J.J., 1989. Molluscan life spans and long-term cycles in benthic communities: some comments. Oecologia 80:570.
- Beukema, J.J., 1989. Bias in estimates of maximum life span, with an example of the edible cockle, Cerastoderma edule. Neth. J. Zool. (in press).
- Beukema, J.J., 1989. Long-term changes in macrozoobenthic abundance on the tidal flats of the western Wadden Sea. Helgol. Meeresunters. 43, --(1989).
- Beukema, J.J. 1990. Expected effects of changes in winter temperatures on benthic animals living in soft sediments in coastal North Sea areas. In: J.J. Beukema, W.J. Wolff & J.J.W.M. Brouns. Expected effects of climatic change on marine coastal ecosystems. Kluwer Acad. Publ., Dordrecht, 1990.

G.C. Cadée

- Cadée, G.C., 1984. Has input of organic matter into the western part of the Dutch Wadden Sea increased during the last decades? Netherlands Institute for Sea Research. Publ. Ser. 1984-10: 71-82.
- Cadée, G.C., 1986. Increased phytoplankton primary production in the Marsdiep area (western Dutch Wadden Sea). Neth. J. Sea Res. 20: 285-290.
- Cadée, G.C., 1986. Recurrent and changing patterns in phytoplankton of the westernmost inlet of the Dutch Wadden Sea, 1969 to 1985. Mar. Biol. 93: 281-289.
- Cadée, G.C. & J. Hegeman, 1986. Seasonal and annual variation in Phaeocystis pouchetii (Haptophyceae) in the westernmost inlet of the Wadden Sea during the 1973 to 1985 period. Neth. J. Sea Res. 20: 29-36.
- Cadée, G.C., 1988. Organic carbon in the upper 100 m and downward flux in the Banda Sea; monsoonal differences. Neth. J. Sea Res. 22: 109-121.
- Cadée, G.C., 1988. The use of size-frequency distribution in paleoecology. Lethaia 21: 289-290.

- Cadée, G.C., 1989. Report on Session 3: Assessment of impacts from algal blooms. EC Workshop Brussels 26-28 Oct. 1988 (in press).
- Cadée, G.C., 1989. Increase of Phaeocystis since 1973 in the Marsdiep (western inlet Wadden Sea). EC Workshop Brussels 26-28 Oct. 1988 (in press).

APPLIED SCIENTIFIC RESEARCH

J.W. Baretta

- Baretta, J.W. & P. Ruurdij, 1988. Tidal Flat Estuaries. Simulation and analysis of the Ems estuary. Springer Verlag, Ecological Studies 71: 353 pp.

H.J. Lindeboom

- Lindeboom, H.J., W. van Raaphorst, H. Ridderinkhof & H.W. van der Veer. Ecosystem model of the western Wadden Sea: A bridge between science and management? Helgoländer Meeresuntersuchungen (in press).

W. van Raaphorst

- Raaphorst, W. van & H.W. van der Veer, 1989. The phosphorus budget of the Marsdiep tidal basin (Dutch Wadden Sea) in the period 1950 - 1985: importance of exchange with the North Sea. Hydrobiologia (in press).

H. Ridderinkhof

- Ridderinkhof, H., 1988. Tidal and residual flows in the Western Dutch Wadden Sea, I: Numerical model results. Neth. J. Sea Res. 22: 1-21.
- Ridderinkhof, H., 1988. Tidal and residual flows in the Western Dutch Wadden Sea, II: An analytical model to study the constant flow between connected tidal basins. Neth. J. Sea Res. 22: 185-198.
- Ridderinkhof, H., 1989. Tidal and residual flows in the Western Dutch Wadden Sea, III: Vorticity balances. Neth. J. Sea Res. (in press).

CONTENTS

Overweging	2
Inleiding	3
Inventarisatie van huidig NIOZ onderzoek	6
1. Bronnen	6
2. Mondiale processen	8
3. Klimaatvoorspelling	14
4. Effecten op ecosystemen	14
Lijst van Bijlagen	16
Bibliografie	17