

De eutrofiëring van de Noordzee en Waddenzee, een tussenbalans Zien we al resultaten van het saneringsbeleid?

1. Inleiding

Een hoge concentratie van nutriënten in de winter, het voorkomen van buitengewoon sterke algengroei, de aanwezigheid van toxische algen, lage zuurstofconcentraties, gevolgd door sterfte onder bodemdieren, vissterfte, mosseltoxiciteit en verschijnselen als schuim op het strand, worden gewoonlijk als negatief beoordeeld en in verband gebracht met de verhoogde aanvoer van voedingsstoffen naar de Noordzee.



G. M. JANSSEN
Rijkswaterstaat
Dienst Getijdewateren

Dit was aanleiding om in nationaal en internationaal verband afspraken te maken om maatregelen te nemen om de kans op het optreden van deze verschijnselen in eutrofiëringsgevoelige gebieden te verminderen.

Door bemesting van watersystemen met voedingsstoffen produceren algen overvloedig organisch materiaal, wat geconsumeerd wordt door secundaire producenten. Bij deze gunstige voedselcondities kan de biomassa van verschillende organismen toenemen, zodat exploitatie van sommige commercieel interessante scheldieren of vissen positief wordt beïnvloed.

De effecten die in verband worden gebracht met eutrofiëring zijn voornamelijk aanwezig in de kustzone en enkele sedimentatiegebieden.

Dit artikel geeft een evaluatie van de huidige eutrofiëringstoestand van de Nederlandse kustwateren, onderbouwd met meetgegevens en signalen uit het ecosysteem. Hierbij wordt vooral de aandacht gericht op mogelijke veranderingen in het ecosysteem door de afname in de aanvoer van voedingsstoffen naar zee sinds het begin jaren tachtig een aanvang nam.

In de Derde Nota Waterhuishouding is het beleid voor vermindering van eutrofiëring in de zoute wateren vastgelegd [1]. Het beoogde tussendoel in 1995 is een vermindering van de afvoer van fosfor en stikstof naar het oppervlaktewater, door huishoudens, industrie en landbouw met 50% ten opzichte van 1985. Als einddoel wordt een vermindering van emissies nagestreefd ten opzichte van 1985 van 75% voor fosfor en van 70% voor stikstof.

Het waterkwaliteitsbeleid van de Rijksoverheid heeft als uitgangspunt een

Samenvatting

Nu het eutrofiëringsbeleid van de overheid sinds enkele jaren wordt uitgevoerd, wordt de vraag naar de effectiviteit van dat beleid steeds belangrijker. Sinds 1981 hebben maatregelen gericht op fosforreductie in Nederland en Duitsland met succes geleid tot een afname in de aanvoer via het zoete water naar de zee. Het stikstofbeleid blijkt tot nu toe echter minder effectief.

De daling in de aanvoer van fosfor, gemeten als het direct biologisch beschikbare opgelost anorganisch fosfaat heeft in het kustwater van de Noordzee tot een lichte daling van de concentratie fosfor geleid. Een daling van de concentratie fosfor is al beter waar te nemen in de Waddenzee. Het is voorbarig te spreken van een afname in concentratie van stikstof in zeewater. Er is nog geen aanwijzing gevonden dat hinderlijke verschijnselen zoals overmatige algenbloei, het voorkomen van toxische algen, zuurstoftekort en schuim op de stranden verminderen. Ook in het voorkomen van bodemdieren, garnalen en vissen zijn nog geen duidelijke veranderingen waar te nemen door de verminderde aanvoer van voedingsstoffen naar zee.

integraal waterbeheer wat een zorgvuldige afweging tussen het ecosysteem van de Noordzee en Waddenzee enerzijds en het gebruik door de mens anderzijds impliceert.

Nu het eutrofiëringsbeleid en de daarbij behorende maatregelen al enkele jaren in uitvoering zijn, wordt de vraag relevant of de effecten hiervan op de Noordzee en de Waddenzee merkbaar zijn.

Daarom wordt hier een tussenbalans gepresenteerd om zo'n afweging mogelijk te maken. Hierbij speelt het probleem dat door de complexiteit van de voedselrelaties voor hogere niveaus in de voedselketen een verband met eutrofiëring moeilijk valt aan te geven. Allereerst worden de effecten van het beleid op de aanvoer van nutriënten bekeken, daarna op de concentratie in het zeewater. Vervolgens wordt stil gestaan bij de effecten op algen, zuurstofhuishouding, het zoöplankton, de bodemdieren, vissen en garnalen.

Over de rol van het detritus is nog maar weinig bekend. De bijdrage van bacteriën in de voedselketen in relatie tot eutrofiëring zou echter zo groot kunnen zijn dat veranderingen in de aanvoer van voedingsstoffen niet of nauwelijks de hogere trofische niveaus bereiken.

2. Aanvoer van nutriënten

Hoewel het beleid voor fosfor en stikstof is vastgelegd in termen van totaal-fosfor (TP) en totaal-stikstof (TN) is het door de directe beschikbaarheid van vooral de opgeloste anorganische fractie zinvol ook naar veranderingen in die fracties te kijken. Opgelost anorganisch fosfor wordt volgens de Engelstalige afkorting DIP (Dissolved Inorganic Phosphorus) genoemd en DIN (Dissolved Inorganic Nitrogen) staat voor opgelost anorganisch stikstof.

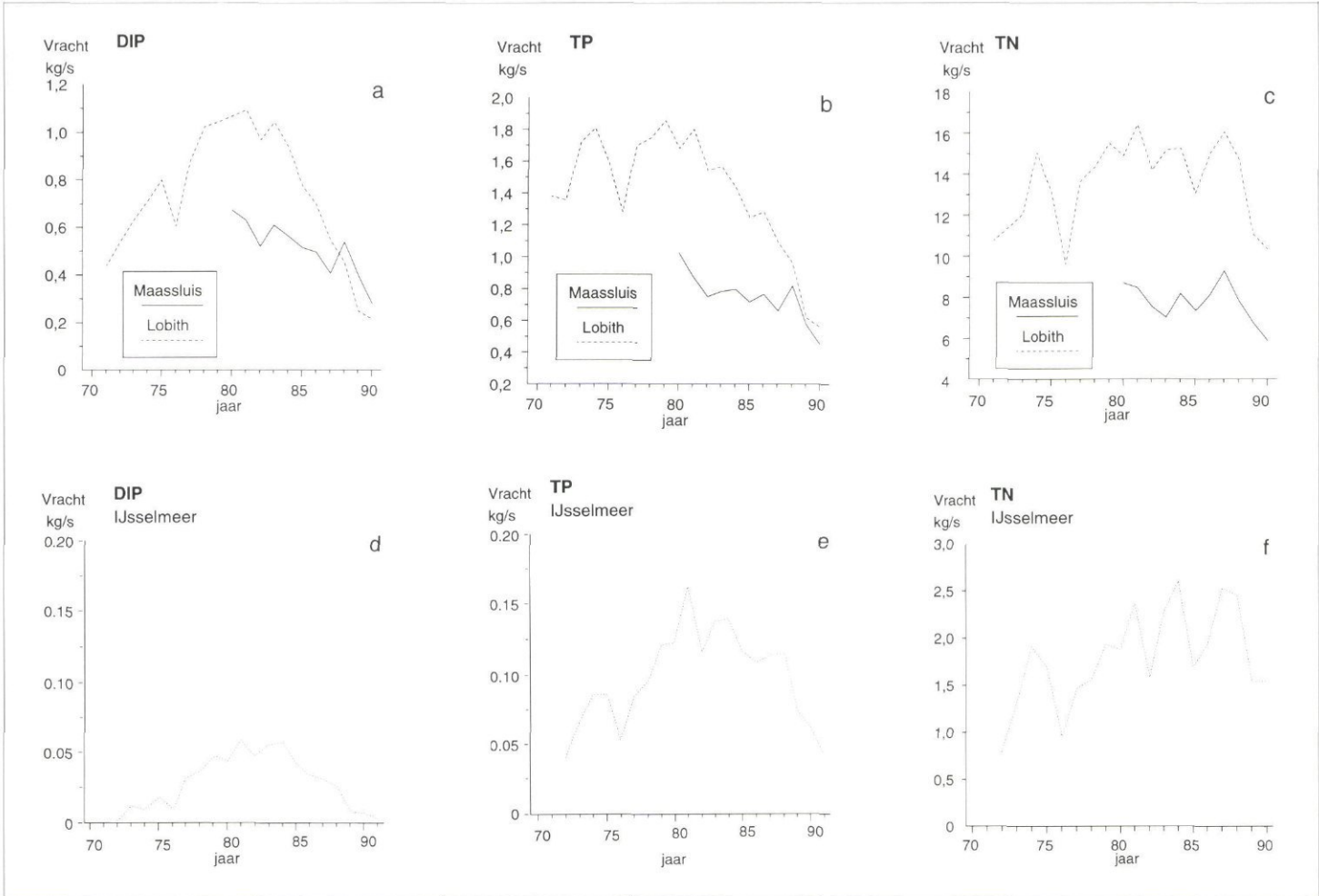
Sinds 1981 neemt de vracht DIP bij

Lobith af (afb. 1a). In 1990 is die aanvoer nog maar 20% van de vracht gemeten in 1981. De vracht DIP zoals die bij Maassluis wordt gemeten is echter minder spectaculair gedaald. In 1990 bedroeg de vracht circa 50% van de vracht in 1981. Deze geringere afname van de vrachten bij Maassluis ten opzichte van die bij Lobith zijn te verklaren uit de grote bijdrage van emissies van DIP door de kunstmestindustrie bij de Nieuwe Waterweg. Voor TP gelden in grote lijnen dezelfde waarnemingen (afb. 1b). In 1990 is bij Lobith de vracht TP 45% van de vracht in 1985. Bij Maassluis gemeten is de vracht TP in 1990 echter nog 65% van de vracht in 1985. Daarmee is de beleidsdoelstelling voor 1995 nog niet gehaald maar wel op de goede weg. De vermindering in de aanvoer van DIP en TP zoals die bij Lobith valt waar te nemen geeft een duidelijke vermindering van de aanvoer via het IJsselmeer naar de Waddenzee te zien. De aanvoer van zowel DIP (afb. 1d) als TP (afb. 1e) via het IJsselmeer naar de Waddenzee is in 1990 gedaald tot 25% van de aanvoer in 1981. In 1990 is de vracht TP 50% van de vracht in 1985.

In 1990 bedroeg de vracht TN zowel bij Maassluis als bij Lobith circa 65% van de vracht in 1985 (afb. 1c). 1989 en 1990 werden echter gekenmerkt door lage waterafvoeren. De vracht TN vanuit het IJsselmeer naar de Waddenzee vertoont weliswaar ook sinds 1987 een daling (afb. 1f). De jaarlijkse fluctuaties zijn bij het IJsselmeer zo mogelijk nog groter dan bij Lobith en Maassluis. Hierdoor is het moeilijk om te beoordelen of er sprake is van een begin van een definitief ingezette vrachtvermindering voor stikstof.

3. Concentratie nutriënten in zeewater

De gegevens van DIP (afb. 2a en 2b) zijn gemiddelde winterconcentraties over de



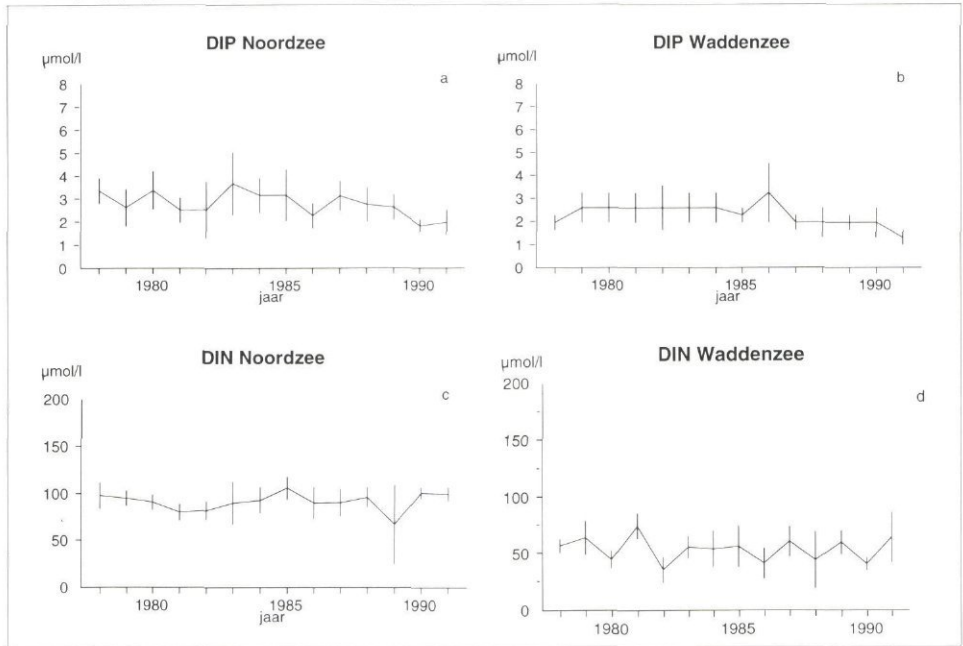
Afb. 1 a-c - Gegevens over de aanvoer van fosfor en stikstof bij Lobith en Maassluis: vracht DIP (1a); vracht TP (1b); vracht TN (1c). (Bron: Heymen en v. d. Weijden, 1991 [29]).

Afb. 1 d-e - Gegevens over de aanvoer van fosfor en stikstof vanuit het IJsselmeer naar de Waddenzee: vracht DIP (1d); vracht TP (1e); vracht TN (1f). (Bron: QSR Wadden Sea, 1993 in prep [30]).

maanden december, januari en februari. De laatste jaren is een lichte daling in de concentratie DIP in de Noordzee te zien in de zone tot circa 10 km uit de kust (afb. 2a) evenals in de Waddenzee (afb. 2b).

De gegevens van DIN (afb. 2c en 2d) zijn gestandaardiseerd naar saliniteit 27. Deze standaardisatie is gebaseerd op de aanname dat DIN zich in de wintermaanden conservatief gedraagt. Deze aanname wordt ondersteund door het statistisch significante lineaire verband tussen saliniteit en DIN en biedt de mogelijkheid om concentraties op verschillende tijden, in verschillende watermassa's, afhankelijk van de verdunning van het zeewater met rivierwater, met elkaar te vergelijken [2]. Door de standaardisatie naar saliniteit 27 wordt een goed beeld verkregen van de watermassa's in de kustzone tot circa 10 kilometer uit de kust. Voor DIN is geen duidelijk verloop in de tijd aanwezig [2]. Door het bufferende karakter van een

Afb. 2 - Gegevens over het concentratieverloop van DIP en DIN: DIP-Noordzee < 10 km (2a)[2]; DIP-Waddenzee (2b)[30]; DIN(NO₃+NO₂ + NH⁴)-Noordzee < 10 km (2c)[2]; DIN(NO₃+NO₂)-Waddenzee (2d)[30] (Noordzee Bron: Duin, 1992 [2]) (Waddenzee Bron: QSR Wadden Sea, 1993 in prep [30]).



zeer grote plas zeewater is de afname in de bron slechts na langere tijd zichtbaar in de Noordzee. Naarmate het zoutgehalte van de beschouwde watermassa's lager is en meer behoort tot het directe kustwater, is het effect van een afname in de bron eerder zichtbaar. Verder van de kust af (< 10 km) is een afname in concentratie van DIP en DIN niet waarneembaar [5].

4. Algen

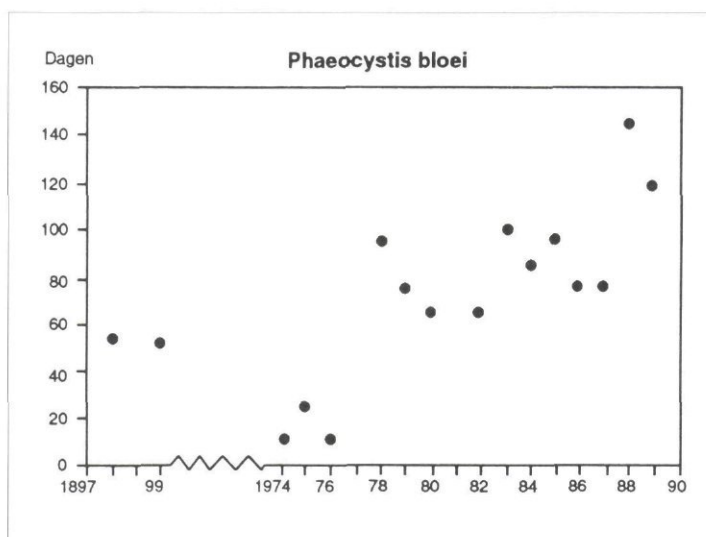
Een direct effect van eutrofiëring, bij voldoende licht, kan zijn een toename in primaire produktie, een wijziging in de dominantie van algensoorten en een toename van de totale algenbiomassa. Een in het oogspringend verschijnsel is de groei van *Phaeocystis pouchetii*, een niet-toxische schuimvormende microflagellaat waarvan de duur van de voorjaarsbloei in het Marsdiep tegenwoordig 2 à 3 keer langer is dan aan het eind van de vorige eeuw [3].

Sinds de afnemende aanvoer van voedingsstoffen vanaf het begin van de jaren tachtig is er daarentegen nog geen kortere bloeiduur geconstateerd (afb. 3), wat logisch lijkt gegeven de nog steeds hoge concentratie voedingsstoffen.

Na bestudering van gegevens over chlorofyl, aantal cellen van algen, primaire produktie in het Marsdiep constateren Cadée en Hegeman [4] dat er in 1990 voor deze aspecten geen sprake meer is van een verdere toename. Deze stabilisatie kan volgens hen worden toegeschreven aan de huidige eutrofiëringstoestand van het Marsdiep.

Recente gegevens over de reactie van het ecosysteem, gemeten in veranderingen in primaire produktie, zijn zeer summier. Dit maakt het moeilijk om een verband met de verminderde aanvoer van nutriënten te leggen [5]. Bovendien vindt geen consistente monitoring van de primaire produktie plaats, waardoor de interpretatie bemoeilijkt wordt. Het lijkt vooralsnog voorbarig om nu al veranderingen in deze schakel van de voedselketen te beschrijven als een voorspelde reactie op de afname van de aanvoer van nutriënten. Door De Jonge en Essink [6] werd een positief verband berekend tussen jaarlijkse fosfaatbelasting vanuit het IJsselmeer en de gemiddelde jaarlijkse chlorofyl-a concentratie, als indicatie voor de primaire produktie, in het Marsdiep in de periode 1972-1985. De gegevens na 1985 volgen dit verband echter niet meer. De chlorofyl-a concentratie bleef in de periode 1986-1988 zeer hoog ondanks de aanzienlijk verminderde aanvoer van fosfor. We zien dus nog niet de te verwachten reactie van de primaire

Afb. 3 - Duur van de *Phaeocystis* bloei in het Marsdiep sinds 1897 (perioden van meer dan 1.000 cellen per cm³) (Bron: Cadée en Hegeman, 1991 [3]).



producenten op de dalende aanvoer van voedingsstoffen.

Resultaten van de Nederlandse lucht-surveys, uitgevoerd in het kader van het Nederlandse monitoringprogramma, gedurende 1979-1990 tonen het jaarlijks voorkomen van grote gebieden met algenbloeien. Vanaf 1983 is bovendien een toename te zien in het totaal oppervlak met algenbloeien binnen het Nederlandse deel van de Noordzee. Naast de toegenomen beschikbaarheid van nutriënten in de Nederlandse kustwateren spelen klimatologische factoren een grote rol bij deze algenbloeien aan het oppervlak. De bloeien worden vooral gestimuleerd door geringe menging, onder omstandigheden van lage windsnelheid (< 5 BFT) en hoge lichtintensiteit.

Omdat er voldoende verticale menging is en daardoor ook een goede uitwisseling van zuurstof, zijn er in de kustzone en estuaria tot op heden geen grote problemen opgetreden met de zuurstofhuishouding in het water.

In sedimentatiegebieden zoals in de Waddenzee kunnen lokaal en tijdelijk wel lage zuurstofgehalten optreden [7].

Ook in gebieden die in de zomer gestratificeerd raken, zoals de Oostergonden, kan de afbraak van fytoplankton dicht bij de bodem tot een toename van het zuurstofgebruik en in extreme gevallen tot verlaagde zuurstofconcentraties leiden [8].

Zo zijn er in 1989 lage zuurstofgehalten, tot 4 mg/l, opgetreden in het Nederlandse deel van de Oostergonden. Volgens Peeters *et al.* [8] hing dit sterk samen met fysische factoren zoals de stabiliteit van de spronglaag, de dikte van de onderlaag, de duur van de stratificatie en de troebelheid van de bovenlaag. Al deze factoren worden in hoge mate beïnvloed door de meteorologische condities. Aangezien de

antropogene bijdrage aan de nutriëntengehalten in dit gebied vrij klein is, kon voor dit deel van de Oostergonden geen verband tussen eutrofiëring en zuurstofconcentratie in de onderlaag worden vastgesteld [8].

Een afwijkende N/P-verhouding wordt ook in verband gebracht met het massaal voorkomen van *Phaeocystis pouchetii* [10], evenals de sterk toegenomen verhouding flagellaten/diatomeeën in de Duitse Bocht [9]. Mogelijk werd het massaal voorkomen van *Chrysochromulina polylepis*, een toxische alg die vis- en benthossterfte veroorzaakte in 1988 langs de Zweedse en Noorse kusten ook vooral gestimuleerd door een afwijkende N/P-verhouding [9]. Samenvattend kan worden gesteld dat in het plankton in verschillende delen van de Noordzee belangrijke lange-termijnveranderingen zijn aangetoond die voor het grootste deel in verband gebracht worden met klimaatschommelingen in het gebied. Slechts in het continentale kustgebied zijn directe trends door de toegenomen belasting met antropogene nutriënten aanmerkelijk gemaakt [11]. Van een verandering op grond van een verminderde aanvoer van voedingsstoffen is bij algen nog niet duidelijk sprake.

5. Primaire en secundaire consumenten

5.1. Zoöplankton

Gegevens over zoöplankton in de Noordzee zijn beperkt aanwezig. En hoewel het zeer de vraag is of gegevens over zoöplankton rond de Britse eilanden kunnen worden gebruikt bij beschouwingen over de Nederlandse kustzone is het verloop in het voorkomen van zoöplankton (afb. 4) daar toch opvallend. Fransz *et al.* [12] beschrijven de hypothese van Dickson en anderen [13] over de oorzaken van de waargenomen afname in



Afb. 4 - Het voorkomen van zoöplankton uitgedrukt als standaarddeviaties van het gemiddelde jaarvoorkomen bij de Flamborough-raai in de Noordzee. (Bron: Fransz et al., 1991 [12]).

het voorkomen van zoöplankton in het water rond de Britse Eilanden in de periode 1950-1986. De verklaring voor deze waarnemingen is gezocht in groot-schalige weerspatronen over de Noordzee. De hypothese is dat een uitgestelde én verminderde produktie van fytoplankton in het voorjaar ontstaat door sterke menging, waardoor het voedselaanbod voor het zoöplankton wordt verminderd en het groeiseizoen wordt bekort. Na een periode van afname sinds 1950 volgde in de periode van 1978-1986 weer een toename in het voorkomen van zoöplankton.

De trend in het voorkomen van zoöplankton, van belang als voedselbron voor jonge vis, is in feite tegenovergesteld aan de trend in de aanvoer van voedingsstoffen.

De vraag of de hoeveelheid algen door nutriënten, licht of door begrazing door zoöplankton wordt gereguleerd is één van de centrale vragen in het eutrofiërings-onderzoek [14] en blijft vooralsnog onbeantwoord.

5.2. Bodemdieren

Door het ontbreken van lange-termijn-waarnemingen in de Noordzee als geheel kan de vraag of eutrofiëring heeft geleid tot veranderingen in bodemdieren slechts voor een beperkt gebied worden bestudeerd. Voor de Duitse Bocht en de Waddenzee zijn enkele gegevens beschikbaar.

In de Duitse Bocht, waar de nutriëntenconcentraties de afgelopen jaren zijn toegenomen en waar ook grootschalige algenbloeien optreden, heeft het macrobenthos geen grote verandering ondergaan in soortensamenstelling en diversiteit [15]. Zelfs na het massaal afsterven van bodemdieren door lage zuurstofconcentraties, door de afbraak van organisch materiaal, herstelde de bodemlevensgemeenschap zich zeer snel. Dit wordt verklaard door de overwegende invloed van fysische factoren op de structuur van de levensgemeenschappen in dit beschutte zandige habitat [15] in combinatie met herkolonisatie uit naburige gebieden.

Toch wijzen de resultaten van onderzoek naar de effecten van lokale puntbronnen van organisch materiaal op mogelijk te verwachten effecten van eutrofiëring, zoals een grote verscheidenheid aan kortlevende, zich snel aanpassende soorten, ten koste van langlevende soorten [16,17]. Naast veranderingen in soortensamenstelling is het meest in het oogspringende effect van eutrofiëring de toename van biomassa van bodemdieren. In de Duitse Bocht is een sterke toename van de biomassa van benthische macrofauna te zien [16]. Dit is in overeenstemming met andere antropogeen organisch verrijkte gebieden in de Noordzee, zowel in het gebied onder de laagwaterlijn [18] als ook in het intergetijdegebied [19]. De biomassa van macrozoöbenthos op het Balgzand in de westelijke Waddenzee verdubbelde over een periode van circa 18 jaar (1970-1988).

De Jonge *et al.* [20] nemen, op grond van een positieve correlatie tussen de vracht DIP uit het IJsselmeer en de algenproduktie in het Marsdiep aan dat met het inzetten van de daling aan deze vrachten ook de biomassa bodemdieren zal gaan teruglopen.

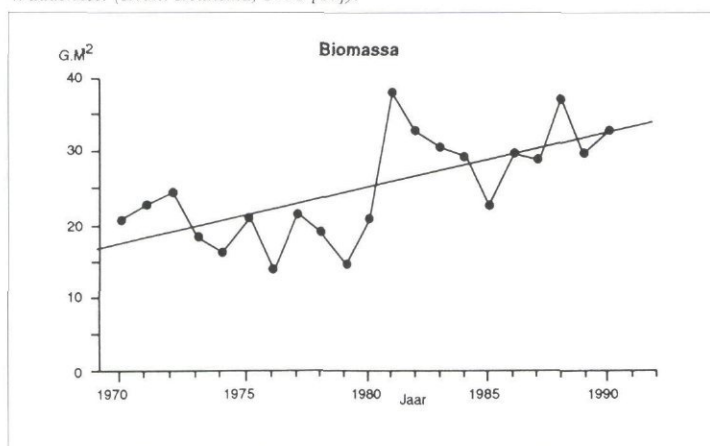
Volgens gegevens van Beukema [19] is er echter nog geen sprake van een afname in biomassa in de westelijke Waddenzee (afb. 5), ondanks een afnemende aanvoer van fosfor.

Wanneer we tenslotte kijken naar de oogst van mosselen uit de Waddenzee (afb. 6), dan valt de grote jaarlijkse fluctuatie op en kan niet worden gesproken van een afnemende opbrengst sinds begin jaren tachtig op grond van een afnemende aanvoer van voedingsstoffen.

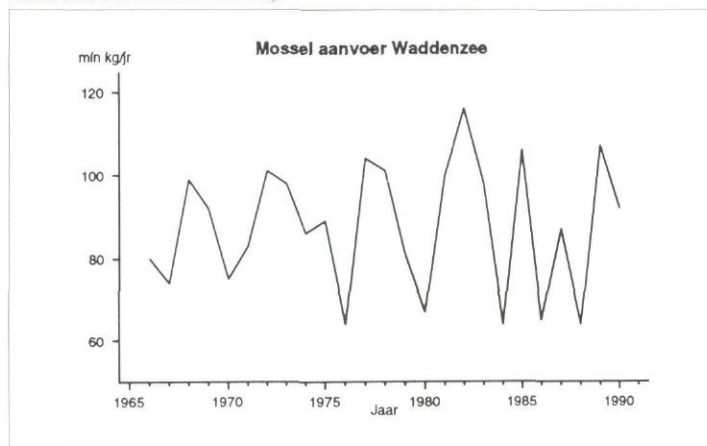
5.3. Vissen en garnalen

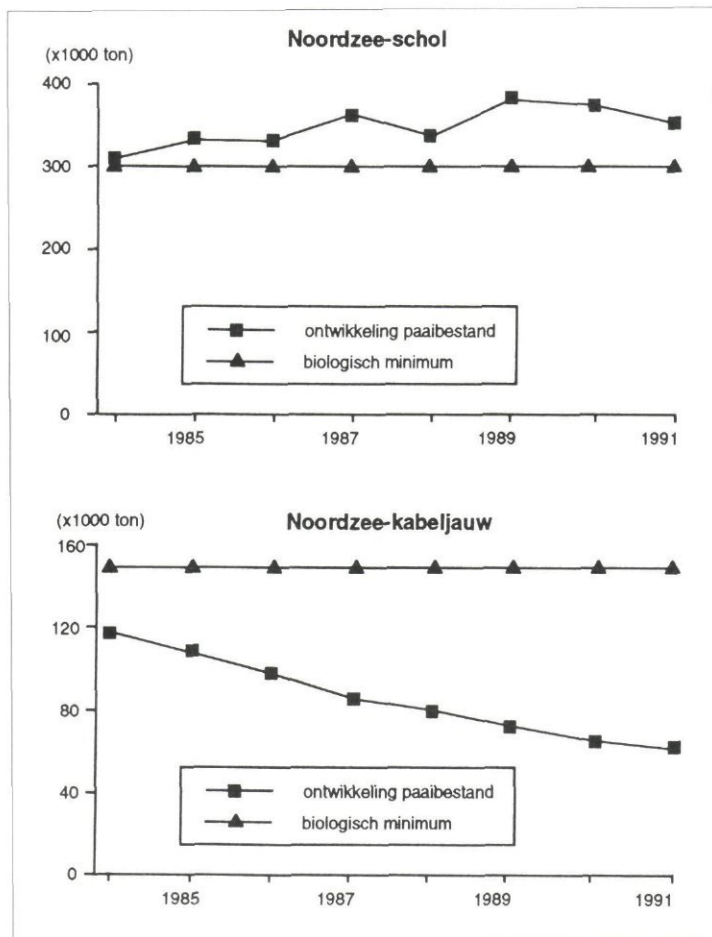
De Nederlandse sector van het continentale plat is vooral van belang vanwege de

Afb. 5 - Biomassa in gr.AFDW per m² van het macrozoöbenthos in de westelijke Waddenzee. (Bron: Beukema, 1991 [19]).



Afb. 6 - Aanvoergegevens mosselen uit de Nederlandse Waddenzee (BRON: Landbouw Economisch Instituut)





Afb. 7 - Ontwikkeling van het paaibestand van Noordzee-schol (7a) en Noordzee-kabeljauw (7b). (Bron: Ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij, 1992 [22]).

grote biomassa schol, tong, schar en haring.

De verspreiding van vissen gedurende verschillende levensfasen en de wijze waarop zij de omgeving benutten voor voortplanting en voeding is zeer verschillend [21].

De verspreiding van de meeste vissoorten is sterk afhankelijk van de leeftijd. Jongere jaarklassen bevinden zich in relatief ondiep kustwater, oudere jaarklassen in dieper water. Soorten als schol en tong groeien uitsluitend of voornamelijk op in specifieke opgroei gebieden, zoals de kustzone tot de 30 m dieptelijn, inclusief de estuaria. Zo groeit 60% van de Noordzee scholpopulatie in het eerste levensjaar op in de internationale Waddenzee, waarvan het merendeel in de Nederlandse Waddenzee, en 20% à 30% in de Nederlandse kustzone.

De ontwikkeling van het paaibestand van Noordzee-schol vertoont over de periode 1984-1991 een toenemende trend met 1989 als hoogste waarneming (afb. 7a). Ook de totale vangst is licht toegenomen [22]. Een afnemende aanvoer in voedingsstoffen sinds begin jaren tachtig is echter niet terug te vinden in verminderde hoeveelheden schol.

Al vanaf 1960 vertoont de biomassa van

de demersale, nabij de bodem levende, platvissen, zoals schol, een toenemende trend ondanks de verdubbelde visserij-mortaliteit [21]. Dit wordt verklaard door de stijgende trend in recrutering, de aanwas van aantallen, jonge schol. De overleving in het eerste jaar bepaalt in hoge mate de uiteindelijke jaarclasssterkte. In het algemeen geldt dat een hogere visserijmortaliteit leidt tot een geringer aantal jaarklassen in de populatie, waardoor de jaarlijkse variaties in de biomassa door fluctuaties in recrutering toenemen [21].

Of eutrofiëring in de kustzone een rol speelt bij deze toenemende recrutering is onduidelijk. Volgens Bergman *et al.* [11] is in ieder geval de groeisnelheid van 0-groep schol op het Balgzand in de Waddenzee al vanaf 1973 maximaal, zodat een toename in het voedselaanbod in de laatste 20 jaar geen verklaring lijkt te geven voor het toegenomen recrutering [23]. Dichtheidsafhankelijke regulatie van populatiegrootte van schol, vooral in de fase waarin eieren en larven nog op de Noordzee verblijven, nog vóórdat de kinderkamers zijn bereikt, zou hierbij een rol kunnen spelen [24].

Op grond van een parallelle trend in de aanvoer van DIP via de Rijn enerzijds en

de lengte van 4-jarige vrouwelijke schol wordt wel een oorzakelijk verband tussen eutrofiëring en toegenomen groei van schol verondersteld [25].

Gedurende het hele jaar vormen de copepoden in de Noordzee het belangrijkste deel van het kleinere zoöplankton. Zij zijn een belangrijke voedselbron voor jonge vis [12]. Zoals al eerder werd vermeld, is er althans rond de Britse eilanden juist een afname in copepoden waargenomen.

De biomassa van demersale rondvis, zoals kabeljauw (afb. 7b), schelvis, wijting en koolvis, vertoont al sinds 1969 een gestage afname, als gevolg van de door de visserij veroorzaakte afnemende jaarlijkse overlevingskansen [11].

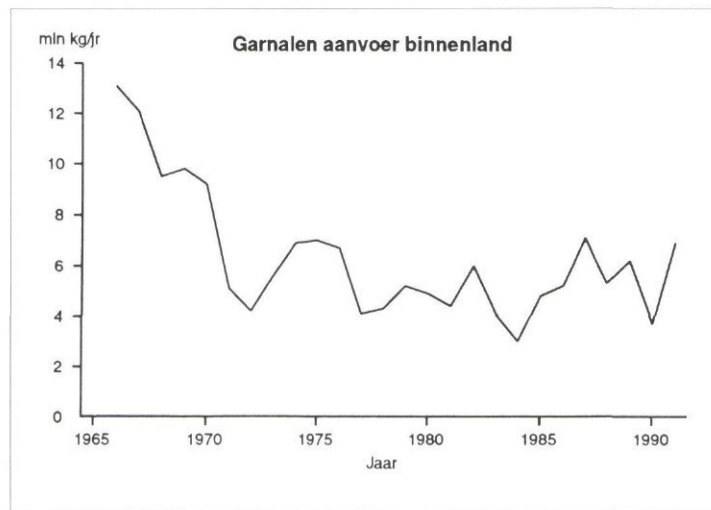
Bij kabeljauw zou bij een ongewijzigde visserijdruk in de nabije toekomst de aanwas van jonge vis beperkt kunnen worden door de geringe aantallen volwassen vissen [11]. Sinds 1982 beweegt de visserijsterfte zich op een onverantwoord hoog niveau, zodat het paaibestand beneden het veilig biologisch minimum ligt [22].

Volgens Daan *et al.* [21] zullen de door visserij geïnduceerde veranderingen nooit kunnen worden onderscheiden van de door het milieu geïnduceerde veranderingen.

Verhoogde aanvoer van nutriënten zou effect gehad kunnen hebben op de produktiviteit van het systeem: meer vis. Gegeven het exploitatieniveau zal dat echter waarschijnlijk ongeschikt zijn aan de effecten van visserij en daarom moeilijk aan te tonen [21]. Dit sluit overigens de mogelijkheid niet uit dat eutrofiëring in de kustwateren een totaal-effect zou kunnen hebben op de produktiviteit van belangrijke opgroei-gebieden, met een uitstraling naar grotere gebieden [21].

De garnaal komt zeer kustgebonden voor en de dichtheden nemen gaande vanaf de kust zeer snel af met toenemende diepte. In de periode 1964 tot 1972 werd een sterke afname van de aanvoer van garnalen uit de Waddenzee beschreven. De oorzaak hiervoor werd gezocht in de combinatie van zachte winters en zware predatie door uitzonderlijk sterke jaar-klassen van kabeljauw in de zuidelijke Noordzee [26].

Dichtheden van garnalenpopulaties langs de kust kunnen van jaar tot jaar sterk wisselen, vooral onder invloed van sterk wisselende dichtheden van predatoren, zoals kabeljauw en wijting [27]. In afb. 8 is het verloop van de binnenlandse aanvoer van garnalen weer-gegeven. Het zal duidelijk zijn dat hier geen direct verband aannemelijk kan



Afb. 8 - Het verloop van de binnenlandse aanvoer van garnalen in de periode 1966-1991. (1966-1978 Bron: Landbouw Economisch Instituut; 1979-1991 Bron: Visserij Centrum/Produktschap voor Vis en Visproducten).

worden gemaakt tussen de aanvoer van garnalen enerzijds en de aanvoer van voedingsstoffen via de Rijn anderzijds. De verlaagde fosfaatbelasting via het Rijnwater heeft wellicht wel geleid tot een aanzienlijke versmalling van de zone langs de Hollandse kust die buiten de wintermaanden door garnalen wordt bevolkt [28].

Boddeke en Hagel (1991) stellen dat de afname in de aanvoer van fosfor via de Rijn sinds 1981 zal leiden tot een afname in de beschikbaarheid van voedsel. Negatieve effecten op de populatie-omvang van garnalen, tweekleppigen en demersale vissen zouden nu al waarneembaar zijn [25].

Ofschoon de verwachting over de effecten van de reductie van de aanvoer van fosfor en ook stikstof wel met hen kan worden gedeeld, ondersteunen de in dit artikel getoonde waarnemingen deze conclusie nu nog niet.

6. Zien we al resultaten van het saneringsbeleid?

Dit artikel probeert de vraag te beantwoorden of de effecten van het gevoerde eutrofiëeringsbeleid zijn waar te nemen in veranderingen in primaire producenten en in primaire en secundaire consumenten in de Noordzee en de Waddenzee.

Het eutrofiëeringsbeleid, dat werd geformuleerd in termen van de reductie van de aanvoer van stikstof en fosfor via de rivieren naar eutrofiëeringsgevoelige gebieden, is voor fosfor zeker op de goede weg, maar in mindere mate voor stikstof. Er zijn in de ecosystemen van de zoute wateren zelf, met uitzondering van de concentratie opgelost anorganisch fosfor in de Waddenzee, nog geen directe aanwijzingen dat het eutrofiëeringsbeleid tot opmerkelijke veranderingen heeft geleid.

Door een goed, breed opgezet monitoringprogramma moeten mogelijke veranderingen in het ecosysteem worden gevolgd. In zo'n programma is zeker aandacht voor nutriëntenconcentraties en planktondichtheden nodig, maar ook voor processen die zich verder in de voedselketen afspelen, zoals de voedselrelaties tussen primaire en secundaire consumenten. Daarbij is het zaak geduld uit te oefenen. Misschien dat pas over 5 of 10 jaar de effecten van het al ingezette beleid duidelijk waarneembaar zullen zijn. Dit betekent zeker dat het ingezette beleid verder moet worden uitgevoerd, met nadruk op het achterblijven van een reductie van stikstof. Maar het betekent ook dat nog nauwelijks is aan te geven of al aanvullend beleid voor de emissiereductie van nutriënten moet worden voorbereid.

Literatuur

1. Rijkswaterstaat (1989). *Derde Nota Waterhuishouding*. Tweede Kamer, vergaderjaar 1988-1989, 21 250, nrs. 1-2.
2. Duin, R. (1992). *De statistische verwerking van de QSR-gegevens*. Rijkswaterstaat/DGW-92.142x.
3. Cadée, G. C. en Hegeman, J. (1991a). *Historical phytoplankton data of the Marsdiep*. Hydrobiol. Bull. 24(2):111-118.
4. Cadée, G. C. en Hegeman, J. (1991b). *Phytoplankton primary production, Chlorophyll and species composition, organic carbon and turbidity in the Marsdiep in 1990, compared with foregoing years*. Hydrobiol. Bull. 25(1), 29-35.
5. Klein, A. W. O. en Van Buuren, J. T. (1992). *Eutrophication of the North Sea in the Dutch Coastal zone*. RWS/DGW-rapport WS-92.003.
6. De Jonge, V. N. en Essink, K. (1992). *Lange-termijn veranderingen in nutriëntenbelasting en daarmee gepaardgaande primaire en secundaire productie in de Nederlandse Waddenzee*. RWS-DGW rapport nr.: DGW-92.002.
7. Beukema, J. J., Cadée, G. C. (1987). *De eutrofiëring van ons kustwater: genoeg of al te veel?* Vakbl. Biol. 67(9):153-157.
8. Peeters, J. C., Haas, H. A., Peperzak, L. (1991). *Eutrofiëring, primaire productie en zuurstofhuishouding in de Noordzee*. RWS/DGW Nota GWAO-91.083.
9. Colijn, F. (1991). *Changes in plankton*

- communities: when, where and why?* ICES 1991/ Variability Symp./Paper No. 13/Session 2.
10. Riegman, R., Noordeloos, A. A. M., Cadée, G. C. (1992). *Phaeocystis blooms and eutrophication of the continental coastal zones of the North Sea*. Mar. Biol. 112:479-484.
 11. Bergman, M. J. N., Lindeboom, H. J., Peet, G., Nelissen, P. H. M., Nijkamp, H., Leopold, M. F. (1991). *Beschermde gebieden Noordzee- noodzaak en mogelijkheden*. NIOZ-rapport 1991-3.
 12. Fransz, H. G., Colebrook, J. M., Gamble, J. C., Krause, M. (1991a). *The zooplankton of the North Sea*. Neth. J. Sea Res. 28(1/2):1-52.
 13. Dickson, R. R., Kelly, K. M., Colebrook, J. M., Wooster, W. S. and Cushing, D. H. (1980). *North winds and production in the eastern North Atlantic*. J. Plankt. Res. 10(1):151-169.
 14. Fransz, H. G., Mommaerts, J. P., Radach, G. (1991b). *Ecological modelling of the North Sea*. Neth. J. Sea Res. 28(1/2):67-140.
 15. Duineveld, G. C. A., Künitzer, A., Niermann, U., De Wilde, P. A. W. J., Gray, J. S. (1991). *The macrobenthos of the North Sea*. Neth. J. Sea Res. 28(1/2):53-65.
 16. Rachor, E. (1990). *Changes in sublittoral zoobenthos in the German Bight with regard to eutrophication*. Neth. J. Sea Res. 25(1/2):209-214.
 17. Warwick, R. M. (1986). *A new method for detecting pollution effects on marine macrobenthic communities*. Mar. Biol. 92:557-562.
 18. Rosenberg, R., Gray, J. S., Josefson, A. B. and Pearson, T. H. (1987). *Is the Oslofjord and eastern Skagerrak enriched?* J. Exp. Mar. Biol. Ecol. 105:219-251.
 19. Beukema, J. J. (1991). *Changes in composition of bottom fauna of a tidal area during a period of eutrophication*. Marine Biology 111, 293-301.
 20. Jonge, V. N. de, Essink, K., Boddeke, R. (1992 in press). *The Dutch Wadden Sea: A Changed Ecosystem*. In: E. P. H. Best and J. P. Bakker (eds). *The Netherlands Wetland*. Hydrobiologia xx (Kluwer, Dordrecht).
 21. Daan, N., Bromley, P. J., Hislop, J. R. G., Nielsen, N. A. (1990). *Ecology of the North Sea fish*. Neth. J. Sea Res. 26(2-4):343-386.
 22. Ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij. (1992). *Vissen naar evenwicht*. Structuurnota Zee- en Kustvisserij.
 23. Zijlstra, J. J., Dapper, R. and Witte, J. J. (1982). *Settlement, growth and mortality of post-larval plaice (Pleuronectes platessa) in the western Wadden Sea*. Neth. J. Sea Res. 15:250-272.
 24. Veer, H. van der (1986). *Regulation of the population of 0-group plaice (Pleuronectes platessa L.) in the Wadden Sea*. Thesis. University of Groningen.
 25. Boddeke, R. en Hagel, P. (1991). *Eutrophication on the North Sea continental zone, a blessing in disguise*. ICES C.M. 1991/E:7 Mar. Env. Qual. Comm. Sess. Y.
 26. Postuma, K. H., Rauck, G. (1978). *The fishery in the Wadden Sea*. In: *Fishes and fisheries of the Wadden Sea* (eds. Dankers, N., Wolff, W. J., Zijlstra, J. J. report 5 Wadden Sea Working Group).
 27. Boddeke, R. (1989). *Beschrijving van de populaties van de garnaal (Crangon crangon, (L.)) langs de Nederlandse kust en in de estuaria*. RWS/DGW-ecologisch profiel vissen.
 28. RIVO (1991). *Visserijonderzoek/jaarverslag 1990*. Dienst Landbouwkundig Onderzoek Rijksinstituut voor Visserijonderzoek.
 29. Heymen, R. en Weijden, M. van der (1991). *Resultaten van het waterkwaliteitsonderzoek in de Rijn in Nederland 1971-1990*. Rijkswaterstaat/RIZA notanr. 91.047.
 30. CWSS (1993 in prep.). *Quality Status Report Wadden Sea*. Wadden Sea Assessment Group. Common Wadden Sea Secretariat.