

DE PRODUCTIVITEIT VAN DE ZEE.

Door Dr B. HAVINGA (Amsterdam),
Rijksinstituut voor Visserij-Onderzoek.

In één der laatste afleveringen van « La Pêche Maritime » (15 Juni 1951) komt de volgende uitlating voor :

« La fertilisation des mers n'est pas une chimère, mais une méthode d'avenir » en verder

« L'assimilation rapide des engrais permet leur application à nos mers ouvertes ».

Kan men werkelijk de open zeeën bemesten met kans op economisch succes ?

In mijn voordracht zal ik U mijn mening over deze vraag geven.

Ongeveer 71 % van de aardoppervlakte bestaat uit water, 29 % uit land. Van deze 29 % land is slechts een gedeelte bruikbaar voor de productie van voedsel voor de mens. Toch is de betekenis van de hoeveelheid voedsel, die het water produceert zeer gering in vergelijking met wat de vaste bodem met zijn betrekkelijk kleine oppervlakte opbrengt.

Het water op aarde heeft een oppervlakte van 361 miljoen km², de productie van voedsel, als vis, schelpdieren, kreeftachtigen en walvissen wordt in het laatste jaarverslag van FAO (1950) geschat op 25 miljoen ton. De productie per km² bedraagt dus iets minder dan 70 kg, dit is per ha slechts 700 g. Wanneer men dan verder in aanmerking neemt, dat een zeer belangrijk deel van het mariene voedsel gewonnen wordt uit enkele betrekkelijk kleine zeeën, meestal kustzeeën, dan is het duidelijk, dat de grote oceanen van wegvallende betekenis zijn als bron van voedsel.

Twee vragen doen zich hier direct voor : 1^o Wat is de oorzaak dezer geringe productie ?; 2^o Kan deze productie aanzienlijk verhoogd worden ?

Om de eerste vraag te beantwoorden is het nodig de kringloop anorganische stof-organische stof in het water te beschouwen. Vorming van organische stof vindt in het water vrijwel uitsluitend door het phytoplankton plaats. Dit

phytoplankton wordt door middel van een zeer wisselend aantal tussenschakels omgezet in voedsel voor de mens.

Door vele onderzoeken in de mariene biologische stations, vooral in Engeland en de Verenigde Staten, beginnen wij enig inzicht te krijgen in de productie van organische stof, phytoplankton dus, in zee en in de wijze, waarop dit door de verschillende dierlijke organismen uit het plankton en van de bodem als voedsel wordt verbruikt en benut voor de opbouw van hun lichaam.

De belangrijkste factoren bij de vorming van organische stof zijn wel anorganische voedingszouten, licht en temperatuur. Het zal ons evenwel te ver voeren ook licht en temperatuur in onze beschouwing te betrekken.

Het is thans wel algemeen bekend, dat het de fosphaten zijn, meer nog dan nitraten, die in zo geringe hoeveelheid voorkomen, dat zij de beperkende factor voor verdere ontwikkeling van het phytoplankton zijn. In het Engelse Kanaal is het totaal gehalte aan phosphor-verbindingen ruim 10 mg per m³, in de Golf van Maine, aan de Oostkust der Verenigde Staten 30-40 mg en in de Zuidelijke Noordzee kan dit nabij de kust tot 100 mg stijgen.

Het is echter niet alleen van belang, welke hoeveelheden P verbindingen op een gegeven ogenblik ter beschikking staan van het phytoplankton, van zeer grote betekenis is vooral of deze voortdurend aangevoerd worden, naarmate ze verbruikt worden.

Zelfs wanneer in de bovenste lagen van een oceaan, op zeker ogenblik voldoende fosphaten aanwezig zijn, worden zij door het phytoplankton spoedig verbruikt. Dit phytoplankton zal door zooplankton verslonden worden en dit zooplankton door vissen, zodat een deel der fosphaten voorlopig uit de circulatie verdwijnt. Buitendien vormen deze dieren excrementen, die naar beneden zinken, terwijl ook lijken van phyto- en zooplankton onder de voortdurende invloed van de zwaartekracht uit de circulatie verdwijnen. Er gaan dus voortdurend fosphaten verloren en deze worden in de open diepe oceaan niet voldoende door nieuwe aanvoer aangevuld, daar door geringe circulatie de diepe lagen, waar de fosphaten door de assimilatie niet zijn verdwenen, niet weer spoedig aan de oppervlakte gebracht worden.

Veel beter wordt de situatie in de ondiepe randzeen. Onder invloed van getijden en de zeestromingen komt voortdurend water met een hoger gehalte aan fosfaten uit de diepte aan de oppervlakte en voortdurend vindt het phytoplankton dus nieuwe toevoer van fosfaten tot zijn beschikking. Vooral wanneer dit uit de diepte omhoog stijgende water rijk is aan fosfaten, zal een grote massa phytoplankton zich vormen en daardoor zal een rijk dierenleven mogelijk zijn. Dit is de belangrijkste oorzaak van de rijkdom van de visgronden, die men vindt in de randzeen bij IJsland, Barentssee, Spitsbergen en bij Newfoundland. Ook de Noordzee is hiervan een voorbeeld en vooral in het Zuidelijk deel is tengevolge van de geringe diepte het water onder invloed van de krachtige tijstromen en de wind in voortdurende circulatie en voedingszouten van nabij de bodem komen spoedig weer aan de oppervlakte. Het water is hier zelfs enigszins troebel, doordat ook detritus van de bodem mee naar de oppervlakte wordt gebracht, of voorzover dit door de rivieren is aangevoerd, slechts langzaam tot bezinking komt. Deze troebeling brengt ook een groter gehalte aan fosfaten mee, zoals door Kalle (1937) voor de Zuidelijke Noordzee kon worden aangetoond.

Wij zullen nu moeten nagaan hoe het phytoplankton in menselijk voedsel, gewoonlijk dus vis, wordt omgezet.

Het is zonder meer wel duidelijk, dat de grootste hoeveelheid vis zich uit het phytoplankton zou kunnen vormen, indien het direkt door de vis werd gegeten. Dit is echter met geen enkele vis van belangrijke economische waarde het geval. Er is op zijn minst één tussenstadium nodig, veelal in de vorm van planktonische Crustaceen, dat door planktonetende vissen, veelal Clupeiden, als voedsel wordt gebruikt.

De aan de bodem levende vissen voeden zich echter niet met plankton, de keten tussen phytoplankton en demersale vis is gewoonlijk langer, hoewel hier ook slechts één schakel tussen kan liggen, b.v. in de vorm van phytoplankton-etende lamellibranchiaten, maar het aantal schakels zal dikwijls groter zijn, b.v. phytoplankton wordt gegeten door larven van lamellibranchiaten, deze door Pleurobrachia, door aantasting door bacteriën zakken de resten als detritus naar de bodem, die door kleine wormen wordt verteerd, deze worden

door roof-crustaceen gegeten en deze tenslotte eerst door vissen.

Elke schakel gaat gepaard met een verlies aan organische stof en niet alleen door oxydatie van calorieën levende bestanddelen, maar ook zal telkens een deel der voedingszouten gedurende meer of minder lange tijd aan de circulatie onttrokken worden en ten dele voor het gebied verloren gaan. Hoe groter het aantal schakels is en hoe groter het tijdsverlies tussen de vorming van het phytoplankton en de omzetting tot visvlees, hoe meer voedingszouten aan de circulatie onttrokken worden en dus niet beschikbaar zijn voor de vorming van nieuw phytoplankton.

Harvey (1950) in zijn artikel: On the production of living matter in the sea off Plymouth, komt tot een schatting welk gedeelte van het phytoplankton in de verschillende tussenstadia wordt gebruikt. Hoewel deze cijfers zeker nog niet als definitief zijn te beschouwen, moeten wij ze toch opvatten als de meest verantwoorde, die thans op grond van de bestaande kennis bestaan.

Hij geeft dan de volgende cijfers :

Elke 100 gr organische stof uit het phytoplankton kan opleveren :

70 g herbivoor zooplankton;

11 g herbivore lamellibranchiaten of wormen;

4-7 g (6-10 % van 70 g) pelagische vis levend van zooplankton;

1 g bodemvis levend van lamellibranchiaten en wormen;

0,3 g roofvis levend van vis.

Voor 1 g substantie aan bodemvis is dus niet minder dan 100 g organische stof, geassimileerd in het plankton, nodig. Voor pelagische vis als onze haring, is de verhouding gunstiger, hier levert 100 g organische stof 5,5 g substantie aan vis op.

Door de grote verliezen, die optreden gedurende de vorming van voor de mens geschikt voedsel uit het phytoplankton, is de hoeveelheid menselijk voedsel, die in zee per oppervlakte eenheid geproduceerd wordt geenszins in vergelijking met die op het land. Daar bovendien op de oceanen de vorming van phytoplankton om te beginnen al gering is door gebrek aan voldoende voedingszouten, is het wel begrijp-

pelijk, dat de oceanen een geringe hoeveelheid voedsel voor de mens opleveren.

Doch ook het productievermogen van vruchtbare zeeën staat sterk ten achter bij dat van het land. Hiervoor kan ik U een zeer frappant voorbeeld uit de praktijk aanhalen. Wij hebben in het midden van ons land een grote voormalige zeeboezem liggen, de Zuiderzee, die thans van de zee is afgesloten door een dijk en nu IJsselmeer heet. In dit meer zijn achtereenvolgens 2 gedeelten door secundaire dijken omgeven, welke zijn drooggelegd en in cultuur gebracht. Deze polders hebben een oppervlakte van 20.000 resp. 44.000 ha, de overblijvende wateroppervlakte heeft thans nog een oppervlakte van 300.000 ha. Het water is zeer vruchtbaar tengevolge van de vruchtbaarheid van de bodem en door de voortdurende toevloed van water uit rivieren, omliggende gronden en riolen. Deze 300.000 ha water leveren per jaar 20 miljoen kg vis op, dit is ongeveer 70 kg per ha, een hoeveelheid, die zeker niet gering is. De 64.000 ha van de polders leveren bijna uitsluitend graan; wanneer wij aannemen, dat 55.000 ha in volle productie van graan is, kan men deze vaststellen op 220 miljoen kg (4.000 kg per ha). Om de vergelijking meer verantwoord te maken, zou echter een deel van het graan in dierlijk voedsel omgezet dienen te worden, daar graan geen geheel volwaardig voedsel voor de mens is. De omzetting van graan tot b.v. varkensvlees brengt een reductie in hoeveelheid mee van 4 : 1. Wanneer van de 220 miljoen kg geproduceerd graan 60 miljoen kg, ongeveer 1/4 deel dus, in varkensvlees wordt omgezet, dan verkrijgt men daaruit 15 miljoen kg varkensvlees en dit vermeerderd met de resterende 160 miljoen kg graan levert 175 miljoen kg volwaardig voedsel van 64.000 ha. Dit is 9 maal zoveel als de 300.000 ha water opleveren. De vergelijking valt in werkelijkheid nog veel gunstiger uit ten opzichte van de landbouw, daar van de 20 miljoen kg vis nog niet 10 miljoen kg voor menselijke consumptie geschikt is.

Ik heb zeer in het kort reeds antwoord gegeven op de eerste vraag, die wij ons gesteld hebben, n.l. wat is de oorzaak van de geringe productie van de zee. Wij komen thans tot onze tweede vraag : kan deze productie aanzienlijk vermeerderd worden ? De methode, die wij in Nederland ge-

kozen hebben, het afdammen van gedeelten van de zee en deze om te vormen in land is uiteraard slechts op uiterst beperkte schaal toe te passen en wij zullen dit verder ter zijde laten.

Om de productie van de zee in het algemeen te verhogen moet men andere mogelijkheden onder ogen zien. Van deze wil ik noemen: 1^o verbetering van de visserij-methoden en uitbreiding van de visserij naar nog weinig beviste gebieden; 2^o bemesting van de zee.

Uitbreiding van de visserij tot zeeën, die nog weinig bevestigd worden, is zeker mogelijk en zal zeker belangrijke resultaten opleveren. Ongeveer 98 % van de vis wordt gevangen in de zeeën van het Noordelijk halfrond en slechts 2 % in het Zuidelijk halfrond. Het is echter zeker, dat ook in de Zuidelijke zeeën vruchtbare visgronden voorkomen, die nog niet volledig worden geëxploiteerd. Dit probleem houdt ons heden echter niet bezig.

Wij gaan nu over tot de 2^e vraag: kan men de zee bemesten en is dit economisch verantwoord?

Wij hebben boven reeds gezien, dat enkele elementen, en wel vooral P, in zo kleine hoeveelheden in het water voorkomen, dat zij de productie van vis beperken. Door toevoeging van relatief geringe hoeveelheden P en misschien N verbindingen zou men dus mogen verwachten, dat de productie aanzienlijk werd verhoogd.

Deze reeds oude vraag is weer tot nieuw leven opgewekt door de proeven van Gross en zijn medewerkers met de bemesting van het water in min of meer afgesloten Schotse fjorden. Deze proeven hadden in zoverre succes, dat bewezen kon worden, dat toevoeging van meststoffen een belangrijke verhoging van phytoplankton en van vis teweeg bracht (Gross en Orr, 1941).

Echter is ook bij deze proeven wel gebleken, dat slechts een klein gedeelte van de toegevoegde meststoffen in de vorm van vis werd geoogst. Gezien de mededelingen van Harvey over de ongunstige verhoudingen bij de omzetting van phytoplankton in vis is dit ook niet anders te verwachten.

De onderzoekingen van Harvey en zijn medewerkers in het Kanaal bij Plymouth en van Riley in the Golf van Maine worden aanzienlijk bemoeilijkt, doordat zij werken in min of meer open water. Er is een voortdurende toe- en

afvoer van water in sterk wisselende hoeveelheden, terwijl ook het phytoplankton en de fauna, die ervan leeft, voortdurend het gebied verlaten, of van buiten af binnen komen. Een fundamenteel inzicht in de vraag welk gedeelte van anorganische voedingsstoffen tenslotte in de vorm van vis ter beschikking komt als menselijk voedsel, zou men gemakkelijker kunnen krijgen in een afgesloten water, dat of geen af-of toevoer van water en organismen heeft of van een water van hetwelk toe-en afvoer volkomen bekend zijn.

Een dergelijk water hebben wij gekregen in de afgesloten Zuiderzee, het IJsselmeer, dat ik reeds eerder noemde. Van dit meer is de toe-en afvoer nauwkeurig bekend en hoewel de studie van de stofwisselingsbalans van dit meer nog maar in haar eerste begin is, is toch wel reeds één en ander aan het licht getreden over de hoeveelheden voedingszouten, die hier jaarlijks worden toe-en afgevoerd en ook over het percentage, dat hiervan in de vorm van vis wordt geabsorbeerd.

Om te beginnen is het gemakkelijk te berekenen hoeveel N_2 en P verbindingen per jaar door de visvangst aan het meer worden onttrokken. Deze vangst, 20 miljoen kg bedragende, bevat 560 ton N_2 en 60 ton P.

De toevoer is afkomstig van rivieren, de omliggende gronden en van riolen uit de steden.

Het rivierwater, dat in zijn loop reeds in tal van steden rioolwater heeft opgenomen, bevat per m^3 gemiddeld 1,35 g N_2 en 50 mg P in opgeloste toestand. De zwevende bestanddelen bevatten zeker evenveel aan deze verbindingen, die bij oxydatie en mineralisatie nitraten en fosphaten zullen opleveren. Hoewel de juiste cijfers hiervoor nog niet bekend zijn, maken wij vermoedelijk geen grote fout, als wij deze hoeveelheden gelijk stellen aan die, welke in opgeloste vorm aanwezig zijn.

Aan N_2 verbindingen wordt dan door de rivieren en omliggende gronden per jaar toegevoerd 36.000 ton N_2 en 1.300 ton P.

Het rioolwater levert bovendien 1.700 ton N_2 en 200 ton P. Wij krijgen dus :

	toevoer	onttrokken door visserij
N_2	38.000 ton	560 ton
P	1.500 ton	60 ton

Van de toegevoegde hoeveelheid N_2 wordt dus ongeveer

1,5 % in vis omgezet en door de visserij verwijderd, en van P 4 %.

Deze cijfers tonen duidelijk aan, dat van de voedingszouten, die in het water aanwezig zijn, slechts een gering deel aan de productie van vis ten goede komt. Zij bieden verder gelegenheid om na te gaan of de verhoudingen, die Harvey heeft gevonden voor het Engelse Kanaal, ook toegepast kunnen worden op een groot binnenwater als het IJsselmeer.

Harvey vond, dat 100 g organische stof van het phytoplankton de organische stof voor 5,5 g pelagische vis of 1 g bodemvis levert. De vis uit het IJsselmeer is deels pelagisch en deels bodemvis en roofvis. In verband met deze samenstelling zou dus de uit 100 g organische stof gevormde substantie aan vis tussen 5,5 en 1 g liggen; wij zullen aannemen, dat het 3 g is. Dit komt overeen met 15 g vis in natuurlijke toestand. 100 g organische stof in het phytoplankton bevat 750 mg P, gemiddeld zal echter ongeveer de dubbele hoeveelheid P in het water aanwezig moeten zijn, er zal dus ongeveer 1.500 mg P aanwezig geweest moeten zijn om 100 g organische stof te vormen.

Wij moeten nu aannemen, dat P dezelfde verhouding vertoont bij de omzetting van phytoplankton tot vis als de organische stof zelf. Dan heeft dus 100 g organische stof, vertegenwoordigende 1.500 mg P in het water het aanzijn gegeven aan de vorming van 15 g vis met 45 mg P, dat is 3 % van de hoeveelheid, die oorspronkelijke in het water aanwezig was. Op grond van de cijfers van Harvey wordt dus 3 % van de aanwezige hoeveelheid P voor de vorming van vis gebruikt.

Boven hebben wij gezien, dat volgens een geheel andere schatting 4 % van de aangevoerde hoeveelheid P in de vorm van vis werd gewonnen.

De cijfers, die ik gevonden heb voor het IJsselmeer, zijn dus in over eenstemming met de resultaten van de berekeningen van Harvey. Langs beide wegen komt men tot het resultaat, dat slechts een zeer gering deel van de oorspronkelijk gevormde organische stof en van P omgezet wordt in voedsel voor de mens. Hiermee wordt naar mijn mening een afdoend antwoord gegeven op de vraag, die ik bij het begin van mijn voordracht stelde: kan men werkelijk de open zeeën

bemesten met kans op economisch succes? Meststoffen, die in open zeeën worden gegooid, gaan voor een zó groot deel verloren, dat de methode niet economisch verantwoord is.

LITERATUUR.

- GROSS, F. : *An experiment in marine fish cultivation: I. Introduction.* Proc. Roy. Soc. Edinburgh. Sect. B. LXIII, I, 1947.
- HARVEY, H. W. : *On the production of living matter in the sea off Plymouth.* Journ. Mar. Biol. Ass. XXIX, 1950, n^o 1.
- KALLE, K. : *Nährstoff-Untersuchungen als Hydrographisches Hilfsmittel zur Unterscheidung von Wasserkörpern.* Ann. Hydrogr. Berlin, Bd. LXV, 1937.
- ORR, A. P. : *An experiment in marine fish cultivation: II. Some physical and chemical conditions in a fertilized sea-loch (Loch Craiglin, Argyll).* Proc. Roy. Soc. Edinburgh. Sect. B. LXIII, I, 1947.
- YEARBOOK of Fisheries Statistics, 1948-49. Food and Agriculture Org. of the United Nations. Washington-Rome, 1950.