

Fosfaatgehalten en de haalbaarheid van 'Actief Biologisch Beheer'. Een visbiologisch perspectief.

1. Inleiding

In de jaren vijftig en zestig ondergingen de aquatische ecosystemen in Nederland grote veranderingen. Ondergedoken waterplanten verdwenen en in de samenstelling van de visstand traden drastische wijzigingen op. Dit was het gevolg van tal van menselijke ingrepen waaronder die van een overmatige belasting van de wateren met fosfaat één van de belangrijkste was.



M. P. GRIMM
Witteveen + Bos
Raadgevende Ingenieurs



E. JAGTMAN
Rijkswaterstaat



M. KLINGE
Witteveen + Bos
Raadgevende Ingenieurs

In de laatste jaren is deze belasting door vergroting van de capaciteit om afvalwater te zuiveren en het vermogen om meer fosfaat in het zuiveringslib terug te houden, sterk verminderd. Het terugdringen van de aanvoer van nutriënten blijkt evenwel lang niet altijd te leiden tot een verwachte omslag van algenrijke, troebele systemen naar heldere wateren. Tot voor enkele jaren werd vrij algemeen bij een totaal-P concentratie van 0,1 mg P/l (zomergemiddelde) een omslag verwacht naar helder water. Eenmaal bereikt bleek dit niveau op een aantal plaatsen toch onvoldoende laag. Het perspectief om via de beïnvloeding van het voedselweb de waterkwaliteit te verbeteren, 'Actief Biologisch Beheer' (ABB), is de laatste jaren nadrukkelijk onder de aandacht gebracht. Daarbij is vooral aandacht besteed aan de gevolgen van de grootschalige uitdunning of zelfs verwijdering van de visstand (zie onder andere [Hosper *et al.*, 1987]; [Meijer *et al.*, 1989, 1990 a]; [Van Donk *et al.*, 1989]). In een aantal proefwateren is er door middel van ABB een heldere en plantenrijke situatie gecreëerd, die nu al 5-7 jaar duurt. Of deze situatie blijvend zal zijn is een tot nu toe onbeantwoorde vraag.

De eutrofiëring van het Nederlandse oppervlaktewater, en de daartegen

Samenvatting

Tussen de vruchtbaarheid van een water, het levend gewicht dat de visstand vertegenwoordigt en de produktie die deze stand realiseert bestaat een verband. De vruchtbaarheid wordt in dit artikel door het zomergemiddelde van het totaal fosfaatgehalte gekarakteriseerd.

Roofvispopulaties kunnen een maximum biomassa niet overschrijden. Bij een toename van de vruchtbaarheid, bij een kritische totaal-P gehalte, vindt er daarom overvloedige recrutering van planktivore vissen plaats, die niet door wegvraat van roofvissen wordt gecompenseerd. Deze totaal-P gehalten zijn berekend aan de hand van een simpel model. De berekende waarden komen overeen met empirisch vastgestelde waarden, waarbij een omslag in wateren is waargenomen. Op grond van het hier gepresenteerde is er ruimte voor de veronderstelling dat, als er geen begeleidende maatregelen worden genomen, het herstel van de waterkwaliteit in de meeste meren niet eerder dan bij een totaal-P gehalte van minder dan 0,04-0,05 mg/l zal plaatsvinden. De toepassing van 'Actief Biologisch Beheer', waaronder het aanbrengen van inrichtingswerken, het aanleggen van visvriendelijke oevers en visstandbeheer wordt verstaan, biedt afhankelijk van de morfologie van een water, perspectieven op een blijvend herstel van de waterkwaliteit bij een totaal-P gehalte van 0,08-0,20 mg P/l. Vanuit het oogpunt van natuurbeheer (visetende vogels) en van visstandbeheer is het gewenst om permanent helder water door een combinatie van nutriëntverarming en Actief Biologisch Beheer te bewerkstelligen.

ingezette strategie van beheer heeft ons geleerd dat de blijvende helderheid van een water af hangt van de toevoer van nutriënten [Hosper *et al.*, 1987; Scheffer, 1988]. Dit betekent dat er een kritisch niveau van nutriëntgehalten bestaat, waarboven de positieve effecten van ABB een tijdelijk karakter hebben. Een eerste inschatting is als totaal-P gehalten eerder gepresenteerd als 0,10-0,20 mg P/l voor wateren boven de 10 ha [Hosper & Jagtman, 1990] en als 0,10-0,30 mg P/l voor kleinere wateren [Grimm & Backx, 1990].

In dit artikel proberen we het P-traject waarbinnen ABB een haalbare techniek is beter te definiëren. Daarbij staat de haalbaarheid om de verkregen toestand duurzaam te bewerkstelligen centraal. Onze invalshoek is de visbiologie. We concentreren onze aandacht op situaties waarin de natuurlijke aanwas van planktivore vissen, na toepassing van ABB, zo laag is dat er sprake is van een evenwicht tussen de roofvissen en de prooivissen. Doel van deze analyse is een hulpmiddel te ontwikkelen waarmee de haalbaarheid van P-reducerende ingrepen en van visstandbeheer beter kan worden ingeschat.

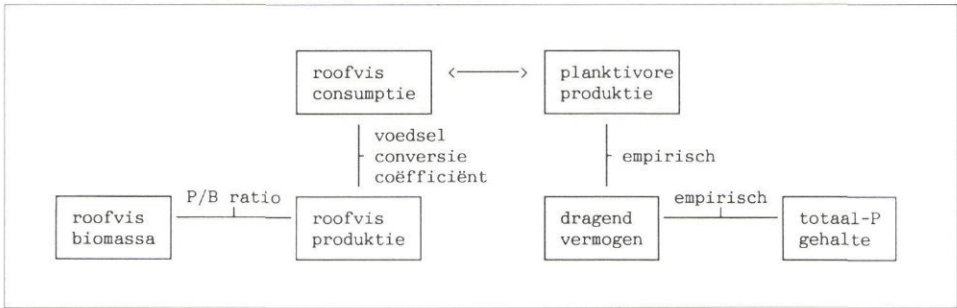
De opbouw van dit artikel is als volgt: Eerst berekenen we via een 'black box'-benadering een aantal belangrijke karakteristieken van duurzame evenwichtssituaties (§ 2-5). Daarbij worden talloze factoren die op micro-niveau binnen vispopulaties spelen niet meegewogen. Enkele voorbeelden zijn: de selectiviteit in

de voedselkeuze; het verband tussen de dichtheid van de vispopulatie en het prooisucces; de bepalende invloed die de temperatuur op de voortplanting en de groei van vissen kan hebben. Omdat een te sterke vereenvoudiging kan leiden tot onjuiste conclusies, toetsen we de praktische bruikbaarheid van de gevolgde berekeningsmethode door de karakteristieken van de berekende evenwichtssituaties (predator:prooi ratio's; kritische totaal-P concentraties) te vergelijken met een aantal in de praktijk geconstateerde fenomenen. Daarbij wordt de ontwikkeling van de visstand in reactie op eutrofiëring beschreven (§ 6). Vervolgens bespreken we aan de hand van ons model dat, in de Nederlandse situatie, de weg van nutriëntverarming alleen weinig praktisch uitzicht biedt op de creatie van helder water (§ 7). De meerwaarde van de toepassing van Actief Biologisch Beheer wordt in § 8 en 9 besproken.

2. De 'black-box' benadering

In onze benadering wordt de complexe werkelijkheid van het ecosysteem teruggebracht tot zes componenten (afb. 1). Centraal in deze benadering staat het evenwicht tussen de produktie van planktivore vissen en de consumptie door roofvissen. Als roofvissoorten hebben we gekozen voor de belangrijkste predatoren die van nature in onze wateren voorkomen: baars en snoek. Er wordt uitgegaan van situaties waarin de roofvispopulaties niet worden bevestigd.

We berekenen nu een aantal theoretische



Afb. 1 - Schematische weergave van de relaties tussen de biomassa, productie en consumptie door roofvis enerzijds en de productie van planktivore vissen, het dragend vermogen van een water in termen van biomassa en het totaal-P gehalte anderszijds. P/B = productie:biomassa.

evenwichtsituaties waarin de productie van planktivore vissen (alle productie door middel van de aanwas van aantallen en individuele groei voor sterfte) wordt gecompenseerd door de predatie van roofvissen. Vervolgens wordt de productie van de planktivore vissen en de grootte van de visstand in deze evenwichtsituaties met empirische relaties in verband gebracht met de vruchtbaarheid van een water, gekarakteriseerd door het totaal-P gehalte [Grimm & Backx, 1990]. Met het totaal-P gehalte wordt in alle gevallen het zomergemiddelde bedoeld.

3. Roofvispopulaties en de consumptie van prooivis

De biomassa en productie van snoek
In een water wordt de maximaal te bereiken snoekbiomassa vooral bepaald door het aanbod aan ruimtelijke structuren, i.e. de water- en oeverplanten. Snoekpopulaties zijn dan ook niet zonder meer te verdichten door het uitzetten van individuen. Een verhoging van de biomassa kan doorgaans worden gerealiseerd door het specifieke leefmilieu van snoek uit te breiden. In een optimaal snoekwater, zoals een dichtbegroeid petgat in een Hollandse polder kan de snoekbiomassa tot 65-75 kg/ha reiken [Grimm, 1989]. Voor meer open, weidse wateren, zoals de randmeren, wordt aangenomen dat als de ondergedoken waterplanten zich over 40% van het oppervlak van het meer hebben gevestigd en er goed ontwikkelde opstanden van emerse planten in de oeverzone aanwezig zijn, de biomassa 30-40 kg/ha kan bedragen.

De productie van snoekpopulaties wordt geschat aan de hand van de P/B (Productie/Biomassa) ratio. Johnson [1966] stelde een P/B ratio van 0,26 vast voor de (onbeviste) snoekpopulatie van Lake Windermere. Eigen berekeningen leren dat in wateren met een goed ontwikkeld submers plantendek waarin gedurende het groeiseizoen veel jonge

snoek aanwezig is, de P/B ratio minimaal 0,4-0,5 bedraagt.

De biomassa van baars

Baars is een vissoort van zowel diepe als ondiepe wateren met een spaarzame tot matige onderwatervegetatie. De begroeiing in de oeverzone is daarbij, in tegenstelling tot hetgeen voor snoek het geval is, van minder belang. De prooiselectie van baars is leeftijds- (lengte-) gebonden. In onze eutrofe wateren zijn eenjarige baarzen vaak planktivoor. Grotere vissen kunnen visjes eten, maar foerageren veelal op muggelarven, aasgarnalen en groot zoöplankton. Pas vanaf 25-30 cm wordt vrijwel uitsluitend vis gegeten.

Van baarspopulaties zijn maximum bestanden van 50-70 kg/ha bekend [Carlander, 1977]. Daarbij worden dan alle levensstadia, die op basis van het voedselzoekgedrag kunnen worden onderscheiden, meegeteld. Er zijn geen gegevens beschikbaar over het gewichtsaandeel van visetende baars in deze populaties. Eigen waarnemingen in het recentelijke verzoete Volkerak-Zoommeer geven ruimte voor de veronderstelling dat het visetende deel van een baarspopulatie

een biomassa van maximaal 30 kg/ha kan bereiken.

De productie van baars

Vanwege de onzekerheid over de maximale biomassa van visetende baars wordt de maximum productie geraamd op basis van jaarlijkse vangstgegevens van een aantal Europese meren (Tabel I). Bij de baarsvisserij worden met name de grote individuen, dat zijn dus de viseters, geoogst. De maximaal duurzame oogst van deze vissen in een intensieve visserij kan als maat voor de maximale productie van het visetende deel van de populatie worden gebruikt. Het is dus niet nodig om een nauwkeurige schatting van de maximale biomassa aan piscivore baars en van de P/B ratio van het piscivore bestand te maken.

Wat in tabel I opvalt is de grote spreiding in de vangst van baars in deze wateren. Eén van de oorzaken hiervoor is dat de vangsten worden beïnvloed door de mate van eutrofiëring van de meren (zie onder § 7). Consistent in tabel I is de maximale waarde die voor de meren 8 kg/ha niet overstijgt. Op grond daarvan wordt de productie van piscivore baars in een typisch baarswater op 8 kg · ha⁻¹ · jr⁻¹ geraamd.

Prooiconsumptie door roofvissen

De hoeveelheid prooivis die nodig is voor de productie van een roofvispopulatie wordt bepaald door het netto rendement dat bemachtigde prooivissen opleveren. De energie gespendeerd aan de jacht, de energie-inhoud van de prooi en de (leeftijdsafhankelijke) efficiëntie van de metabolische omzetting zijn hierop van invloed. In de praktijk blijken op vis jagende baarzen en snoeken bij voorkeur prooien tot een lengte van 15 cm te eten [Backiel, 1991]. Bij deze prooilengte bepalen met name de wijze van bejaging en de metabolische omzetting het netto

TABEL I - Oogst aan baars in diverse wateren in Europa.

Referentie	Naam water	Oogst baars kg/ha.jr
van Densen <i>et al.</i> , 1990	IJsselmeer	2-4
Hartmann & Numann, 1977	Meer van: Constance	8,0 *
Löffler, 1990		
Müller, 1990		
Gerdeaux, 1990	Geneve	7 ± 5
Müller, 1990	Geneve	5,6
	Neuchâtel	6,2
	Zürich	6,9
	Biel	3,3
	Lugano	1,9
	Walenstadt	1,8
	Murten	8,2
	Baldegg	5,3

* Gemiddelde waarde voor geheel Lake Constance over de periode 1977-1986.

TABEL II – Gebruikte P/B ratio's en trofische efficiënties.

Soort	P/B ratio	Trofische efficiëntie
baars	–	16-18 %
snoek	0,4-0,5	20%

rendement. Deze zogenaamde voedsel-conversie is voor snoek, die vanuit hinderlaag jaagt, wat gunstiger dan voor de in scholen jagende en achtervolgende baars. In tabel II is de voedselconversie voor snoekpopulaties [Willemsen, 1965; Weithman & Anderson, 1977; Raat, 1990] en voor baarspopulaties [Popova & Sytina, 1977] gegeven. In tabel III is het berekende totale gewicht aan prooivis (planktivore vissen van 0-15 cm) vermeld, zoals dat door roofvispopulaties onder verschillende omstandigheden wordt gegeten.

4. Vissen tot een lengte van 15 cm domineren het voedselweb

Maximaal toelaatbare produktie van deze lengteklasse

Vissen tot een lengte van 15 cm vormen een aparte ecologische groep. Zij eten in het algemeen uitsluitend en zeer efficiënt zoöplankton en reguleren zo indirect de basis van de voedselpyramide: het fytoplankton. Wanneer grote aantallen van deze doorgaans 1-3 zomers oude exemplaren voorkomen, kan de groei en de produktie van oudere vissen worden benadeeld.

De produktie van de vissen van 0-15 cm blijkt in de Nederlandse binnenwateren door de jaren heen in hoge mate constant. Zij bedraagt uitgedrukt in kg. ca. 80% van de biomassa van de totale visstand, die in een onbevist water aanwezig kan zijn [Grimm & Backx, 1990]. Vanwege de dominante invloed die vis tot 15 cm op het ecosysteem heeft en vanwege de prooi voorkeur van roofvissen voor deze lengte is alleen de produktie van deze groep in de berekening van de evenwichtssituatie (roofvisconsumptie = prooi-visproduktie) betrokken.

Een volledige wegvraat door roofvis van alles wat er aan planktivore vis van 0-15 cm wordt geproduceerd, neemt de

TABEL III – Maximale produktie van roofvissen, de daaraan gekoppelde hoeveelheid prooivis die theoretisch wordt gegeten en de berekende toelaatbare produktie van planktivore vissen (biomassa in kg/ha; alle andere waarden afgerond op hele kg.ha⁻¹.jaar⁻¹). 1 = snoek in een polderwater; 2 = snoek in meren en plassen.

Soort	Maximum biomassa	Maximum produktie	Door roofvis gegeten	Toelaatbare planktivore produktie
baars	?	8	44-50	53-60
snoek	1) 70	28-35	140-175	168-210
	2) 35	14-17,5	70-87,5	84-105

TABEL IV – De berekening van totaal-P concentraties (zomergemiddelden in µg/l) in wateren, waarin de roofvis- en prooi-visstand elkaar theoretisch in evenwicht houden. De predator:prooi ratio en het gewichtspercentage van de visstand dat door planktivore vissen (PV) wordt ingenomen als parameters voor evenwichtssituaties. 1 = polderwater; 2 = Meren en Plassen met een areaalbedekking met submerse vegetatie van 40% en een baarspopulatie in de onbegroeide arealen die 50% van de maximale produktie realiseert.

Predator	Toelaatbare produktie planktivoren	Totale biomassa prooivis + roofvis	Predator: prooi	PV %	tot-P (µg/l)
baars	53-60	66-75	?	?	30-36
1) snoek	168-210	202-252	0,4-0,5	65-72	149-199
2) snoek + baars	111-135	133-162	?	?	81-107

predatiedruk op het zoöplankton weg. Daarmee wordt de eerste schakel in de keten van processen naar helder water verkregen. Evenwel, een volledige wegvraat van prooivis is biologisch gezien onwenselijk. Immers, de sterfte onder grotere vissen zou dan niet langer door natuurlijke recrutering vanuit de groep van 0-15 cm worden gecompenseerd.

De produktie van planktivore vissen moet dus hoger zijn dan de consumptie door roofvissen. Op basis van berekeningen met een aantal visbiomassa's en groei- en mortaliteitsgegevens wordt geschat dat 15-30% overproduktie van planktivore vissen < 15 cm nodig is om de populatie van grotere vissen in stand te houden. Voor de berekening van de situatie, waarin de produktie van de kleine vissen door roofvissen afdoende wordt gereguleerd, is voor deze overproduktie een waarde van 20% aangehouden.

In Tabel III zijn de produkties van planktivore visbestanden berekend, die toelaatbaar zijn in een theoretische evenwichtssituatie. Deze tabel illustreert dat als de levensvoorwaarden optimaal zijn, een snoekpopulatie een hogere wegvraat van prooivis realiseert dan een baarspopulatie.

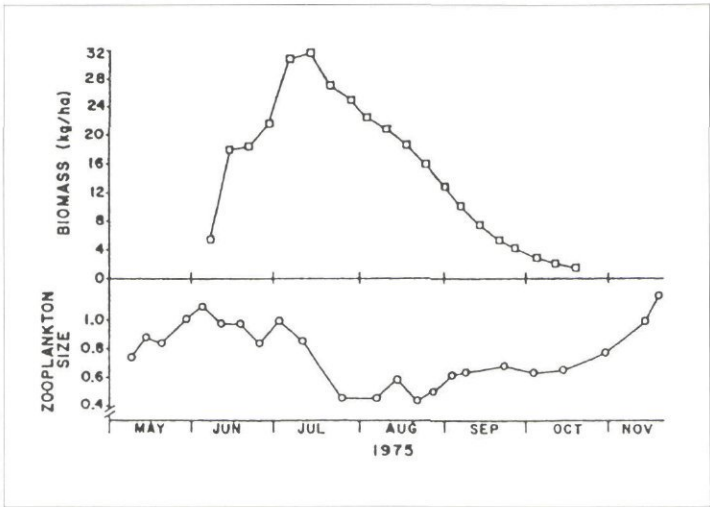
5. Visbiomassa en de produktie van planktivore vissen hangen samen met het totaal-P gehalte

Een toevoeging van voedingszouten aan een water vertaalt zich in eerste instantie in een verhoging van de algenbiomassa. Deze algen worden vervolgens begraaasd door watervlooien. Waar geen vissen aanwezig zijn, vertaalt zich een bemestingsgift in een toename van de zoöplanktonbiomassa en in een geringe

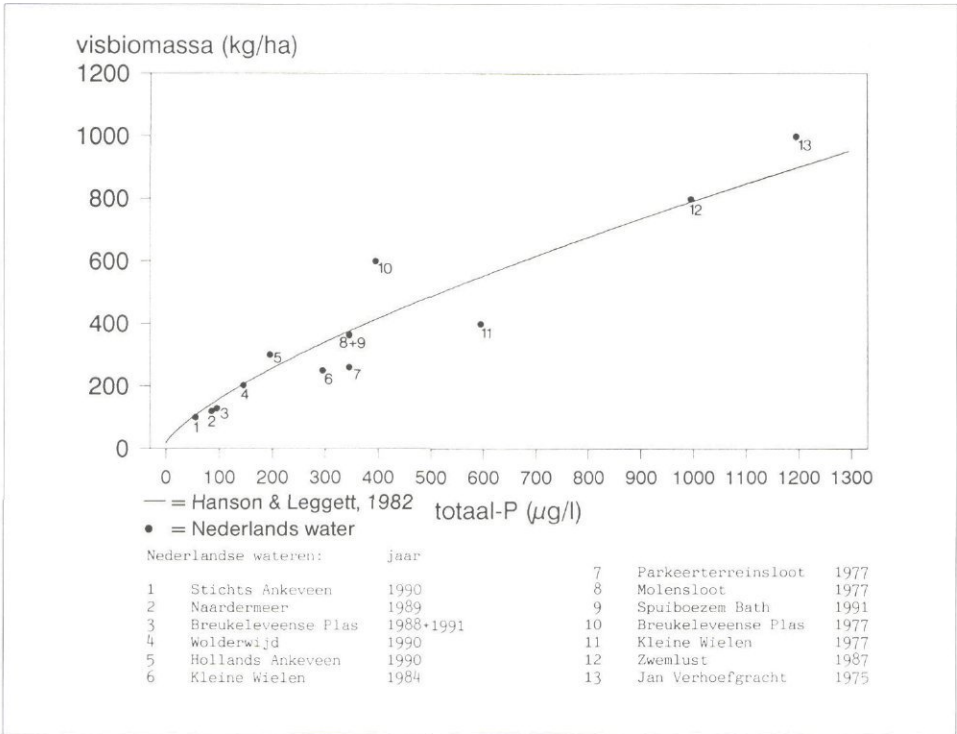
aanwezigheid van algen [Meijer *et al.*, 1990b; Moss, 1987]. In het geval er wel vissen aanwezig zijn die watervlooien als voedsel gebruiken vindt er een selectieve wegvraat van de grotere algenfilterende watervlooien plaats (afb. 2). Als de produktie van algen niet langer wordt beteugeld, neemt hun biomassa toe. Algen die niet worden weggegraaasd sterven en worden voor een belangrijk deel als detritus benut door macrofauna of door bacteriën weer omgezet in biologisch beschikbare voedingszouten. De macrofauna wordt weer als visvoedsel benut.

Een verhoging van het nutriëntgehalte in een systeem resulteert derhalve in een verhoging van de produktie op alle trofische niveaus vanaf de algen tot en met de planktivore en benthivore vissen. Wat de visstand betreft is deze relatie proefondervindelijk in de commerciële viskweek vastgesteld. De bemesting van produktievijvers vertaalt zich binnen enkele weken in een verhoogde visproduktie, die tot 1000 kg · ha⁻¹ · jr⁻¹ kan oplopen.

Eerder werd in dit artikel aangegeven dat de produktie van het planktivore visbestand (< 15 cm) reikt tot ca. 80% van de biomassa van de gehele vispopulatie. Voor natuurlijke wateren is door Hanson & Legget [1982] de relatie beschreven tussen de totale visbiomassa en de concentratie van totaal fosfaat. De door hen voor Noord-Amerikaanse meren gerapporteerde verbanden, blijken ook voor Duitse (stuw)meren en voor Nederlandse plassen en meren toepasbaar (afb. 3). Gelet op bovengenoemde verbanden kunnen we stellen dat zowel visbiomassa als visproduktie gekoppeld zijn aan en gemaximeerd worden door het gehalte aan voedingszouten, waarvan het gehalte aan totaal-fosfaat een goede graadmeter is. Wijzigingen in het fosfaatgehalte vertalen zich in de meeste wateren op termijn in veranderingen van de visbiomassa. Zo verdubbelde de visbiomassa in het Zwitserse Sarnenmeer in reactie op een toename van het totaal-P gehalte van 0,005 mg/l naar 0,022 mg/l en



Afb. 2 - Het verband tussen de biomassa van planktivore vissen en de afmeting van het zoöplankton in meren waarin *Daphnia hyalina* dominant is (naar Mills et al, 1987).



Afb. 3 - Het verband tussen de visbiomassa en het zomergemiddelde van de totaal-P concentratie.

halveerde deze biomassa weer nadat het P-gehalte over hetzelfde traject afnam. De responstijd was in beide gevallen 4-6 jaar [Müller, 1990]. Ook in Nederlandse wateren, zoals de Noord-Hollandse en Utrechtse Vechtplassen, vertaalde de terugdringing van het fosfaatgehalte zich in een merkbare afname van de visstand [Grimm & Backx, 1990].

6. De totaal-P gehalten waarboven de productie van planktivore vissen de consumptie van roofvissen overstijgt. De theoretische samenstelling van vispopulaties in evenwichtssituaties

Resumerend: De totale productie van vis hangt samen met het totaal-P gehalte. Los daarvan bestaat er een maximum voor

de dichtheid van de roofvispopulatie. Aan de hand van de onder 5 beschreven empirische relaties laat zich berekenen wat de totale visbiomassa is, die bij de maximaal toelaatbare productie aan planktivore prooivis hoort. Vervolgens kan dan, met behulp van de in afb. 3 gegeven relatie, het totaal-fosfaat gehalte worden berekend dat kenmerkend is voor deze evenwichtssituatie. In tabel IV zijn de karakteristieken van een aantal evenwichtssituaties gegeven. Volgens deze theoretische berekeningen is er sprake van een evenwichtssituatie (i.e. de roofvis controleert de aanwas van de prooivis) als de verhouding tussen de biomassa van de predator en die van de prooi hoog ($> 0,4$) is. In wateren waar

baars de enige predator is, is een omslag naar een door planktivore vis gedomineerd systeem te verwachten rond een P-gehalte van 0,03-0,04 mg/l. Alleen in het geval dat snoek als predator een rol speelt, is er onder meer voedselrijke omstandigheden sprake van een evenwicht tussen prooi- en roofvis. In meren en plassen met een areaalbedekking met submerse vegetatie van $\pm 40\%$ ontgroeit de prooivis de controle van roofvis vanaf een totaal-P gehalte van 0,08-0,11 mg/l. In polderwateren met een grotere snoekstand is dit het geval bij een totaal-P gehalte van 0,15-0,20 mg/l.

7. Realiteitswaarde evenwichts-berekeningen. Bruikbaarheid van het totaal-fosfaat gehalte en de predator:prooi ratio als indicatoren voor eutrofiëring

Zoals wij al in de inleiding opmerkten zijn de in tabel IV vermelde berekeningen het resultaat van een modelmatige benadering (afb. 1), die berust op een versimpeling van de werkelijkheid. De bruikbaarheid van dit model behoeft dan ook nog nader onderzoek. Een eerste waardebepaling aan de hand van literatuurgegevens is hieronder gegeven:

De geschiedenis van Engelse veenplassen
Een eerste aanwijzing dat de kritische nutriëntniveaus die zijn berekend werkelijkheidswaarde hebben wordt verkregen aan de hand van het paleobotanisch onderzoek in het veengebied van de 'Norfolk Broads' in Engeland. Dit wijst uit dat het aquatisch ecosysteem in zijn ontwikkeling van een oligotrofe vervening naar een eutroof en troebel water drie fasen heeft gekend [Moss, 1987]. Deze zijn afgebakend door fosfaatgehalten van $\pm 0,05$ en $\pm 0,10$ mg P/l. Deze grenswaarden weerspiegelen het stapsgewijze verloop van het eutrofiëeringsproces (zie ook [Scheffer, 1990]) in dit veenplassengebied en kunnen aan de hand van het voorgaande als volgt worden gedeut:
De spaarzaam begroeide en voedselarme meren en plassen waren wateren waarin de baars als predator domineerde. Voedselverrijking daarvan leidt uiteindelijk tot algenrijk en troebel water. De weg daarheen kan via twee wegen afgelegd worden. Wij stellen ons dat als volgt voor:

- a) Gaat het proces van verrijking langzaam, dan heeft dat de vorming van goed ontwikkelde plantengordels in de oeverzone en van een submers plantendek tot resultaat. Onderwater-

(vergelijk bijvoorbeeld de jaaropbrengst van het voedselrijke IJsselmeer met die van het voedselarme Meer van Constance; tabel I).

Een omslag naar een volledig door planktivore vis gedomineerd water vindt in zo'n situatie plaats als het totaal-P gehalte een waarde van 0,03-0,04 (zie: tabel IV) overschrijdt.

Deense- en Zweedse meren

Een tweede aanwijzing van de werkelijkheidswaarde van de berekende kritische totaal-P gehaltes wordt verkregen uit de analyse van de gegevens van de visstand, de onderwatervegetatie en de totaal fosfaatgehaltes van Zweedse- en Deense meren [Jeppesen, 1990 a,b]. De samenstelling van de visstand in een aantal Zuid-Zweedse meren, waar baars de enige roofvis was, en die in een aantal Deense meren, waarin naast baars ook snoek voorkomt, wijst uit dat in deze wateren, overeenkomstig het hierboven beschrevene, twee alternatieve situaties bestaan:

In de eerste geval beslaat planktivore vis 20-60% van de populatie, in het andere geval vertegenwoordigt deze vis meer dan 75% van de visstand (afb. 4; Tabel IV). De kritische waarde van het totaal-P gehalte waarbij er sprake is van een omslag ten gunste van een dominantie van planktivore vissen ligt in het geval van de baars wateren bij $\pm 0,04$ mg P/l. In het geval dat naast baars ook snoek als predator aanwezig is, is er sprake van een omslag als een totaal-P gehalte van 0,1 mg/l wordt overschreden (afb. 4). Onder de 0,05 mg P/l trof Jeppesen (op. cit.) alleen helder en plantenrijk water aan. In het traject van 0,05-0,10 mg P/l blijken troebele algenrijke meren, maar ook heldere plantenrijke wateren voor te komen. Boven de grens van 0,10 mg P/l zijn de meren, behalve die waar regelmatig vissterfte (wintersterfte) optreedt, troebel. Deze gegevens laten zien dat ook hier sprake is van een stapsgewijze verandering in de verschijningsvorm van een water. De veranderingen laten zich op soortgelijke wijze als voor de 'Norfolk Broads' verklaren.

Uit het bovenstaande kan geconcludeerd worden dat zowel de eutrofiërings-geschiedenis van de 'Norfolk Broads' als de analyse van Deense en Zweedse meren goed aansluit bij de gevonden kritische totaal-P gehaltes waarboven een omslag naar een nieuwe evenwichtssituatie te verwachten is. Zeker als hierbij beseft wordt dat in zowel typische baars- als snoekwateren er altijd nog een kleine

aanvullende predatie door minder belangrijke predatoren (snoek en aal in typische baarswateren; baars en aal in typische snoekwateren) plaatsvindt.

8. Effecten van voedselverarming. Perspectieven met betrekking tot vergroting van de helderheid van het water

Het is van belang te beseffen dat het overgrote deel van de Nederlandse meren en plassen in de loop van de tijd hun begroeiende oeverarealen verloren hebben en dat als gevolg daarvan geërodeerde holle oevers resteren. Qua inrichting hebben zij hun potentie als snoekwater verloren en zijn zij het best met baarswateren te vergelijken.

We kunnen nu een belangrijke constatering doen: De nutriëntverrijking gebeurde in een snoekbiotoop. Nutriëntreductie wordt in het algemeen doorgevoerd in wateren die qua inrichting niet meer voor snoek, maar het meest voor baars geschikt zijn. Dat betekent, zo leren ons de beschouwingen in paragrafen 5-6 dat zij pas effect kan sorteren op de samenstelling van de visstand wanneer de P-concentratie ca. 0,04 mg P/l of lager is! Een en ander is weergegeven in afb. 4.

Een herstel van de waterkwaliteit (doorzicht > 1 m; geen bloei van blauwalgen; groei van kranswieren, waterpest en breedbladige fonteinkruiden) bij totaal-P concentraties die hoger zijn dan 0,04 mg/l is alleen te verwachten als water- en oeverplanten zich spontaan vestigen en als daardoor een toename van de snoek-biomassa wordt bewerkstelligd.

Deze kolonisatie van planten is tot nu toe in de meeste meren uitgebleven. Dit geldt in het bijzonder voor veenplassen. Hier bemoeilijkt de tot weke modder gemineraliseerde veenbodem de 'worteling' van ondergedoken waterplanten, door de hoge mate van resuspensie is er een slecht lichtklimaat voor de kieming en langs de afgekalfde en/of beschoeide oevers bestaat er geen geschikt klimaat voor vestiging. Vanuit visbiologisch oogpunt is het dan ook verklaarbaar dat de omslag naar helder water in meren, zoals bijvoorbeeld het Veluwemeer, de Reeuwijkse plassen en de Nieuwkoopse plassen is uitgebleven. In deze wateren zijn vèrgaande reducties tot een niveau van 0,07 mg totaal-P/l gerealiseerd.

Het is dan ook waarschijnlijk dat de perspectieven voor een aanmerkelijke vergroting van het doorzicht via het spoor van de voedselverarming doorgaans in de praktijk niet haalbaar zal zijn. Een reductie tot onder de niveaus die hier zijn

genoemd, is door de vereiste stringente maatregelen praktisch gesproken alleen te bereiken in wateren waarvan het watervoorzieningsgebied van beperkte omvang is.

Daarbij: we kunnen ons de vraag stellen of een dergelijke vergaande verarming van een water ook wel wenselijk is. Immers, een verregaande reductie van de visstand zal onvermijdelijk gevolgen hebben voor de belangrijkste gebruikersgroepen daarvan, te weten: de visetende vogels en de (beroeps)vissers. In deze wordt onder de aandacht gebracht dat de gestage toename van de stand van de fuut en de blauwe reiger in de jaren 60 en 70 niet los is te zien van de eutrofiëring en de daaraan gekoppelde toename van de stand van vissen met een lengte tot ca. 15 cm.

De inzet van nutriëntverarming als enig middel tot het herstel van helder water heeft dus niet alleen het bezwaar van praktische onhaalbaarheid, maar kan ook met het oog op het behoud van natuur, van recreatie (sportvisserij) en van exploitatie (beroepsvisserij) ongewenst zijn.

Uit het bovenstaande blijkt dat de verdere verbetering van de waterkwaliteit bij fosfaatgehaltes, die in de Nederlandse praktijk nog wel gerealiseerd kunnen worden, haalbaar is als er additionele maatregelen worden genomen om een water weer de karakteristieken van een snoekbiotoop terug te geven. Dat wil zeggen: pas aanvullend Actief Biologisch Beheer toe.

9. Actief Biologisch Beheer als additionele maatregel

De potenties van een ecosysteem om zich tot een snoek-, danwel snoek/baars-water om te vormen bepalen welk pakket aan maatregelen in het kader van 'Actief Biologisch Beheer' in een water moet worden genomen. Wanneer er geen goede omstandigheden zijn voor de spontane ontwikkeling van bijvoorbeeld rietgordels in de oeverzones en van waterplanten in het meer zelf, dan zullen deze moeten worden geschapen, willen rigoureuze ingrepen in de visstand blijvende positieve veranderingen kunnen bewerkstelligen. In onze veenplassen kan dit betekenen, dat er milieuvriendelijke oevers worden aangelegd en dat de bewegelijke modderlagen van de waterbodems worden geïmmobiliseerd, bijvoorbeeld door het aanbrengen van (tijdelijke) wind- en golfbrekende werken, zoals legakkers, onderwaterschermen, of door het afdekken van de bodem met geotextiel en zand. Waar er duidelijke aanwijzingen zijn, dat de waterplanten zich spontaan

zullen vestigen, zoals in het 'Wolderwijd-Nuldernauw' waar al submerse vegetaties voorkomen, kan het ABB zich beperken tot ingrepen in de visstand en maatregelen voor de optimalisering van de oever-arealen. Daarbij wordt de duur van het terughouden van de visstand mede bepaald door de tijd die voor de kolonisatie van het meer door waterplanten nodig is.

De haalbaarheid van een nieuw gecreëerd en duurzaam evenwicht wordt vooralsnog alleen reëel verondersteld in wateren, waar goede levensvoorwaarden voor snoek kunnen worden geschapen en waar het totaal-fosfaat gehalte maximaal 0,1-0,2 mg P/l bedraagt. Het nieuwe ecosysteem dat zich in heeft gesteld zal als ecotype 'ondiep en begroeid water' zelf handhavend zijn.

In andere wateren en onder meer eutrofe omstandigheden is een permanent beheer gewenst.

9.1. ABB in wateren met een hoog producerend vermogen

Voorzover nu is na te gaan hebben wateren die een bodem van rivier- of zeeklei hebben een hoge vruchtbaarheid. Deze wateren vormen een groep apart. Er kan een hoge visbiomassa voorkomen, terwijl het totaal fosfaatgehalte in de waterkolom relatief laag is. Vooralsnog veronderstellen we dat de voedingszouten via een kringloop in de bodem ter beschikking komen aan het voedselweb. Op welke manier dat precies gebeurt zal nader onderzoek moeten leren. Voor deze wateren is het totaal-fosfaatgehalte in de waterkolom geen goede graadmeter als het gaat om te beoordelen of ABB een haalbare vorm van beheer is waarmee lange-termijneffecten (meer dan tien jaar helder plantenrijk water) kunnen worden bewerkstelligd. Hier moet de visbiomassa als indicator voor de vruchtbaarheid worden gebruikt. Waar een visstand in stand wordt gehouden die boven een kritisch niveau van 150-250 kg/ha ligt (Tabel IV), kan de toepassing van ABB theoretisch gezien geen lange-termijneffecten bewerkstelligen. Daarmee komt zij overeen met wateren met een totaal-fosfaat gehalte boven de 0,1-0,2 mg/l. Immers, er is in deze wateren sprake van een potentiële overproductie van planktivore vissen, die niet door roofvissen kan worden beteugeld.

De eerste proefobjecten waar ABB is toegepast behoren tot de groep van zeer eutrofe (Zwemlust) en kleiwateren (Bleiswijkse Zoom ; Noorddiep).

Onderzoek in deze wateren, die nu al 5-7 jaar helder zijn, leert dat de dominantie van algen alleen tegengegaan wordt door de overheersende invloed van de hogere waterplanten, die meer dan 50% van de bodem hebben overgroeid. Zij bewerkstelligen een beperking in de algengroei door vastlegging van stikstof en leggen een deel van het reservoir aan fosfor vast [Van Donk *et al.*, 1990]. Ook sluiten de planten de toegang naar de bodem af en benadelen daarmee vissen die speciaal daar hun voedsel zoeken. De toename van de visstand verloopt daardoor traag. De komende jaren zullen uitwijzen op welke termijn de visbiomassa een kritisch niveau bereikt. Naar het zich laat aanzien kan de natuurlijke opeenvolging van soorten binnen de onderwatervegetatie daarbij een rol van betekenis spelen. Door dit proces worden velden van kranswieren en waterpest verdrongen door hoornblad en ijle fonteinkruiden, die de visproductie niet of nauwelijks belemmeren.

Wat troebele, algenrijke wateren betreft die een hoog producerend vermogen hebben kan de waterkwaliteitsbeheerder de situatie met helder water alleen maar bereiken én behouden door (periodiek) ingrijpen in het ecosysteem. De handvatten voor beheer zijn de visstand en de waterplanten.

10. Conclusie

Naar het zich laat aanzien kan de waterkwaliteitsbeheerder niet uitsluitend opteren voor de alternatieven 'nutriënt-verarming' of 'Actief Biologisch Beheer', maar rest hem op basis van overwegingen van maatschappelijke, ecologische en financiële aard een combinatie van de twee beheersinstrumenten. Dit geldt evenzeer voor natuur- en visstand-beheerders. Immers, de principale gebruikersgroepen van de visstand in onze meren en plassen, de vissers en de visetende vogels zullen bij een vergaande voedselverarming hun draagvlak verminderd zien.

De spil waar het bij het ontwerpen van een pakket van beheersmaatregelen om draait, is dat de levensvoorwaarden voor roofvissen in onze wateren worden versterkt. Dat betekent dat Actief Biologisch Beheer niet alleen het verwijderen van de visstand maar ook de restauratie van oever- en bodemarealen kan behelzen.

Literatuur

Backiel, T., (1991). *Piscivory of freshwater fishes in Europe. Contribution to the international seminar on mass removal of (unwanted) fish in large inland waters.* June 10-12, 1991, Lahti, Finland.

Carlander, K. D., (1977). *Biomass, production, and yields of walleye (Stizostedion vitreum vitreum) and yellow perch (Perca flavescens) in North American Lakes.* J. Fish. Res. Board Can. 34: 1602-1612

Densen, W. L. T. van, Cazemier, W. G., Dekker, W., Oudelaar, H. G. J., (1990). *Management of fish stocks in Lake IJssel, The Netherlands.* W. L. T. van Densen, B. Steinmetz, R. H. Hughes (eds) 1990. *Management of freshwater fisheries.* Pudoc. Wageningen.

Donk, E. van, Gulati, R. D. & Grimm, M. P., (1989). *Food web manipulation in lake Zwemlust: Positive and negative effects during the first two years.* Gerdaux, D., (1990). *Fisheries management in an international lake: Lake Geneva.* W. L. T. van Densen, B. Steinmetz, R. H. Hughes (eds) 1990. *Management of freshwater fisheries.* Pudoc. Wageningen.

Grimm, M. P., (1989). *Northern pike (Esox lucius L.) and aquatic vegetation, tools in the management of fisheries and water quality in shallow waters.* Hydrob. Bulletin, 23:61-67.

Grimm, M. P. & Backx, J. J. G. M. (1990). *The restoration of shallow eutrophic lakes, and the role of northern pike, aquatic vegetation and nutrient concentration.* Hydrobiologia 200/201: 557-566.

R. D. Gulati, E. H. R. R. Lammens, M. L. Meijer & E. van Donk (eds), *Biomanipulation - Tool for Water Management.* Kluwer Academic Publishers.

Hanson, J. M. & Leggett, W. C., (1982). *Empirical prediction of fish biomass and yield.* Can. J. Fish. Aquat. Sci. 39:257-263.

Hartmann, J. and Nümann, W., (1977). *Percids of Lake Constance, a lake undergoing eutrophication.* J. Fish. Res. Board Can. 34: 1670-1677.

Hosper, S. H., Meijer, M. L., en Jagtman, E., (1987). *Actief biologisch beheer, nieuwe mogelijkheden bij het herstel van meren en plassen.* H₂O 12, 1987, 274-279

Hosper, S. H. and Jagtman, E., (1990). *Biomanipulation additional to nutrient control for restoration of shallow lakes in The Netherlands.* Hydrobiologia 200/201: 523-534.

R. D. Gulati, E. H. R. R. Lammens, M. L. Meijer & E. van Donk (eds). *Biomanipulation-Tool for Water Management.* Kluwer Academic Publishers.

Jeppesen, E., Sondergaard, M., Mortensen, E., Kristensen, P., Riemann, B., Jensen, H. J., Müller, J. P., Sortkjaer, O., Jensen, J. P., Christoffersen, K., Bosselman, S. & Dall, E., (1990). *Fish manipulation as a restoration tool in shallow, eutrophic temperate lakes 1: cross-analysis of three Danish case-studies.* Hydrobiologia 200/201: 205-218.

Gulati, R. D., Lammens, E. H. R. R., Meijer, M. L. and Donk, E. van (eds). *Biomanipulation - Tool for Water Management.* Kluwer Academic Publishers.

Jeppesen, E., Jensen, J. P., Kristensen, P., Sondergaard, M., Mortensen, E., Sortkjaer, O. & Olrik, K., (1990). *Fish manipulation as a lake restoration tool in shallow, eutrophic temperate lakes 2: threshold levels, long-term stability and conclusions.* Hydrobiologia 200/201: 219-227.

R. D. Gulati, E. H. R. R. Lammens, M.-L. Meijer & E. van Donk (eds), *Biomanipulation - Tool for Water Management.* Kluwer Academic Publishers.

Johnson, L., (1966). *Consumption of food by the resident population of pike, Esox lucius, in Lake Windermere.* J. Fish. Res. Board Can. 23 (10):1523-1535.

Löffler, H., (1990). *Fisheries management of Lake Constance: an example of international co-operation.* W. L. T. van Densen, B. Steinmetz, R. H. Hughes (eds) 1990. *Management of freshwater fisheries.* Pudoc. Wageningen.

Meijer, M. L., Raat, A. J. P. & Doef, R. W., (1989). *Restoration by biomanipulation of Bleiswijkse Zoom (the Netherlands): first results.* Hydrob. Bulletin, 23:49-57.

Onderwijs en training wordt steeds belangrijker

Van 21-24 mei jl. heeft in Bari, Italië, een workshop plaatsgevonden, georganiseerd onder auspiciën van het Standing Committee on PR van de International Water Supply Association (IWSA). Het onderwerp was ditmaal onderwijs en training over de bescherming van de bronnen voor drinkwater, en ook de noodzaak om er goed mee om te gaan: waterbesparing.

De IWSA Committee on Public Relations hield zijn vergadering in dezelfde periode in Bari.

De deelnemers aan beide bijeenkomsten waren het weekend te gast bij Ente Autonomo Acquedotto Pugliese, het bedrijf dat het gebied van Pugliese rond Bari van drinkwater voorziet en ook verantwoordelijk is voor de afvalwater-zuivering.

Workshop

Ongeveer vijftig deelnemers uit diverse Europese landen waren naar Bari gekomen om van gedachten te wisselen over onderwijs en training met betrekking tot de bescherming van de bronnen voor drinkwater, en ook de noodzaak er goed mee om te gaan. Het thema waterbesparing kwam uitgebreid aan de orde. De Deense afgevaardigde, Anders Baekgaard, belichtte een trainingsprogramma voor medewerkers van de Deense VEWIN over de veranderingen die zich ten aanzien van het milieu voltrokken. Het programma is gebaseerd op grondwater, de basis van de Deense drinkwater-bedrijven. Als de watertarieven worden verhoogd, moeten de bedrijven kwaliteit en verbetering van het milieu teruggeven. Van Spaanse zijde was een goede inbreng

op het gebied van educatie in het kader van milieubewustwording. Het ging hier om een programma voor het onderwijs. Dat zo'n programma veel geld kost is duidelijk, maar de jeugd is een dankbare doelgroep. Dergelijke programma's worden dan ook professioneel opgezet en uitgewerkt.

Van Nederlandse zijde presenteerde de heer P. Gons, hoofd PR van WMO, zijn verhaal over het in stand houden en de bescherming van de bronnen. Bij de nieuwe winlokaties (en uitbreiding van bestaande) worden voor de direct betrokken agrariërs voorlichtingsbijeenkomsten georganiseerd door het bedrijf, in samenwerking met het Landbouwschap. Het gaat dan om de bepaling van de (win)lokaties en het waarom, en waarom de agrariërs beperkende maatregelen krijgen opgelegd.

Met een relatief klein budget moet selectief gezocht worden naar de doelgroepen.

Van Italiaanse zijde was er een bijdrage van het elektriciteits- en waterbedrijf van Rome. Het economisch verlichten van de monumenten in de stad is een zaak van voortdurende aandacht. We maken ons druk om allerlei zaken, maar water is iets wat van niemand is. Dat was een goed uitgangspunt van een onderwijsprogramma. Ook hier werd aangetoond dat het belangrijk is om nauw samen te werken met onderwijzers en leraren om de boodschap goed te laten overkomen. De vertegenwoordiger van Welsh Water verhaalde van Splash, de otter, een dier dat tot de verbeelding van de jeugd spreekt en gevoelig is voor de waterkwaliteit. Serieuze zaken naast vrolijke

vormden het decor om de jeugd vertrouwd te maken met de natuur en het milieu.

De voorzitter van de PR-Commissie voor Public Relations van de IWSA, Bob Odell, sloot de workshop af met de woorden dat de inbreng van de sprekers deels technisch en praktisch gericht was en dat tussen de regels door ook wel naar de politiek verwezen werd.

Ook in IWSA-verband neemt Public Relations een steeds belangrijkere plaats in.

**A. A. Schaafsma (PWN),
Secretaris Standing Committee
on Public Relations IWSA**

• Slot van pagina 430 Fosfaatgehalten

Meijer, M. L., Grimm, M. P., Jagtman, E. & Hosper, S. H. (1990). a: *Toepassing van actief biologisch beheer op grote schaal. Voorbereiding voor de afwisseling van het Wolderwijd/Nulderwijd (2.700 ha). H₂O (23)*, 1990, 24: 653-657.

Meijer, M. L., Lammens, E. H. R. R., Raat, A. J. P., Grimm, M. P. & Hosper, S. H., (1990). b: *Impact of cyprinids on zooplankton and algae in ten drainable ponds*. Hydrobiologia, 191:275-284.

Mills, E. L., Green, D. M. & Schiavone, A. jr, (1987). *Use of zooplankton size to assess the community structure of fish populations in freshwater lakes*.

N. Am. J. of Fish. Man. 7:369-378.

Moss, B. (1987). *The Broads*. Biologist 34: 7-13

Müller, R. (1990). *Management practices for lake fisheries in Switzerland*. W. L. T. van Densen, B. Steinmetz & R. H. Hughes (Eds.). 1990.

Management of freshwater fisheries. Pudoc, Wageningen.

Persson, L. (1987). *Competition-induced Switch in young of the year perch, Perca fluviatilis: an experimental test of resource limitation*. Env. Biol. Fish. 19: 235-239.

Persson, L., Andersson, G., Hamrin, S. F., Johansson, F. (1988). *Predator regulation and primary production along the productivity gradient of temperate lake ecosystems*. S. R. Carpenter (ed).

Complex interactions in lake communities: 45-65. Springer Verlag New York, Inc.

Popova, O. A. & Sytina, L. A., (1977). *Food and feeding relations of eurasian perch (Perca fluviatilis) and pikeperch (Stizostedion lucioperca) in various waters in the USSR*. J. Fish. Res. Bd. Can. 34:1559-1570.

Raat, J. P., (1990). *Production, consumption and prey availability of northern pike (Esox lucius), pikeperch (Stizostedion lucioperca) and European catfish (Silurus glanis): a bioenergetics approach*. Hydrobiologia 200/201:497-509.

Scheffer, M., (1988). *Actief biologisch beheer; dweilen met de kraan open? Een minimodel*. H₂O, 1990, 13:349-355.

Scheffer, M., (1990). *Multiplicity of stable states in freshwater systems*. Hydrobiologia 200/201: 475-486.

R. D. Gulati, E. H. R. R. Lammens, M. L. Meijer & E. van Donk (eds), *Bio-manipulation- Tool for Water Management*. Kluwer Academic Publishers.

Weithman, A. S. & Anderson, R. O. (1977). *Survival, growth, and prey of Esocidae in experimental systems*. Trans. Am. Fish. Soc. 106 (5):424-430.

Willemsen, J., (1965). *Het voedsel van de snoek*. Visserij 18:298-305.

De deelnemers aan de Workshop in Bari.

