



Egbert van Nes, Wageningen Universiteit

Eddy Lammens, Rijksinstituut voor Integraal Zoetwaterbeheer en Afvalwaterbehandeling

Rudi Roijackers, Wageningen Universiteit

Roelof Veeningen, Wetterskip Fryslân

Herstelmaatregelen in ondiepe meren: zijn de verbeteringen blijvend?

In deze studie evalueren we gegevens van 28 Nederlandse en 50 Deense meren waar effectgerichte maatregelen zijn toegepast, waaronder voornamelijk actief biologisch beheer door afvissen van brasem en blankvoorn. Daarnaast zijn in sommige meren ook andere maatregelen toegepast, zoals baggeren en chemische fosfaatfixatie in het sediment. In meer dan de helft van de gevallen was actief biologisch beheer succesvol op de korte termijn. In sommige gevallen nam niet alleen het chlorofyl-, maar ook de fosfor- en stikstofgehalten sterk af. Op de lange termijn was de heldere toestand in de meeste gevallen echter niet stabiel. In tegenstelling tot brongerichte maatregelen zal bij effectgerichte maatregelen herhaling dus regelmatig nodig zijn.

Momenteel werken de waterbeheerders hard aan de implementatie van de Kaderrichtlijn Water. Eén van de grote problemen in veel Nederlandse meren is eutrofiëring, hoewel door de vele maatregelen de toestand wel verbeterd is ten opzichte van de jaren tachtig. In de meeste West-Europese rivieren zijn de fosfaatgehalten de laatste jaren sterk afgenomen. Toch zijn nog steeds maatregelen nodig. Behalve externe maatregelen om de nutriëntenbelasting te verlagen, zijn in de afgelopen tien tot 20 jaar ook veel interne herstelmaatregelen ontwikkeld en toegepast. Door deze effectgerichte maatregelen wordt ofwel de interne fosfaatbelasting bestreden (bijvoorbeeld door baggeren, chemische fosfaatfixatie of beluchten) of het voedselweb ingeschakeld om de gevolgen van eutrofiëring te bestrijden (bijvoorbeeld door afvissen of roofvis stimuleren). Hoewel zulke effectgerichte maatregelen niet de bron aanpakken, leiden ze meestal erg snel tot verbetering van de waterkwaliteit en kan het effect toch langdurig zijn. Door terugkoppelingen in het ecosysteem kan verwacht worden dat de heldere toestand van meren gestabiliseerd wordt door waterplanten, terwijl ook de troebele toestand zichzelf in stand houdt³.

Het doel van dit artikel is een overzicht te geven van het succes van verschillende

Nederlandse en Deense herstelprojecten. Het artikel is voor een groot deel gebaseerd op het manuscript van een wetenschappelijk artikel van Søndergaard *et al*⁴, dat een beeld geeft van het succes van Nederlandse en Deense herstelmaatregelen in ondiepe meren.

De herstelprojecten zijn geëvalueerd door veranderingen in de zomergemiddelden van totaal fosfor, totaal stikstof, chlorofyl-a en het doorzicht te bekijken. De meren in Denemarken en Nederland zijn goed te vergelijken. In beide landen zijn de meeste meren ondiep, eutroof en relatief klein. In het algemeen zijn de Nederlandse meren iets groter en iets eutrofer dan de Deense meren (tabel 1). Voor Nederland is de analyse gebaseerd op een gegevensset, die eerder gebruikt was bij een onderzoek naar het

effect van biologisch beheer², aangevuld met nieuwe gegevens van de beheerders.

Resultaten

Nederlandse meren

In Nederland zijn gegevens van ongeveer 30 meren gebruikt (tabel 2). De maatregelen varieerden van baggeren, sediment fixatie, hydrologische maatregelen (doorspoelen), isolatie en actief biologisch beheer. Dit laatste is op verschillende manieren toegepast: niet alleen door afvissen, maar ook door het stimuleren van driehoeksmossels om het water te filtreren en ook door het uitzetten van ondergedoken waterplanten.

Helaas zijn in veel meren verschillende maatregelen gelijktijdig of kort na elkaar

Tabel 1. Algemene beschrijving van meren in Denemarken en Nederland: zomergemiddelde en mediane waarden van meren groter dan tien hectare

land	aantal meren	oppervlak (ha)		diepte (m)		totaal-P (µg/l)		chlorofyl a (µg/l)	
		gemiddeld	mediaan	gemiddeld	mediaan	gemiddeld	mediaan	gemiddeld	mediaan
Denemarken	156	166	45	3,3	2,3	166	115	65	48
Nederland	77	2420	86	2,9	1,6	295	139	63	50

Tabel 2. Aantal beschikbare meren in Denemarken en Nederland waar interne herstelmaatregelen zijn uitgevoerd

	Dene- marken	Neder- land
afvissen witvis	42	20
uitzetten van roofvis	34	2
menging/beluchting	6	0
fosfaatfixatie	2	3
baggeren	1	4
totaal	85	28

Tabel 3. Veranderingen in zomergemiddelde waarden gedurende de eerste drie jaar na afvissen (actief biologisch beheer). Afname of toename is gedefinieerd als meer dan 50 procent verandering ten opzichte van voor de maatregel.

variabelen	Denemarken				Nederland			
	N	+/-	++	--	N	+/-	++	--
doorzicht	20	6	14	0	20	10	9	0
chlorofyl a	21	13	0	8	20	7	1	12
totaal P	21	15	1	5	20	14	0	6
totaal N	21	16	0	5	19	14	0	5
bedekking ondergedoken waterplanten	12	11	1	0	17	9	8	0

N = aantal meren met gegevens, +/- = geen verandering, ++ = toename, -- = afname.

toegepast, zodat het erg moeilijk is het effect van de afzonderlijke maatregelen te analyseren. Sommige maatregelen hadden meteen effect: in twaalf van de 20 meren waar vis verwijderd was, was het chlorofylgehalte kort na de maatregel met meer dan 30 procent afgenomen (tabel 3). Baggeren was ook meestal ook een succesvolle maatregel (tabel 3). In maar één van de drie meren waar fosfaat was gefixeerd met FeCl₃-behandeling, was een duidelijk positief effect waarneembaar. Vaak was het effect kort na de maatregel het grootst en nam in de loop van de tijd de troebelheid weer wat toe. Twee van de zes meren waarvan we voldoende gegevens hebben, zijn na tien jaar helder gebleven (afbeelding 1). In één meer, de IJzeren Man (Limburg), waren de nutriëntengehaltes, het chlorofylgehalte en het doorzicht nog duidelijk beter na 15 jaar. Een ander meer dat duidelijk in kwaliteit verbeterde, is het Nanneveld (Friesland)⁵. Dit meer is in de jaren zestig en zeventig voornamelijk geëutrofeerd door een toegenomen belasting uit de omliggende agrarische gebieden. In de periode 1993-1995 zijn verschillende maatregelen uitgevoerd, zoals hydraulische isolatie, installatie van een helofytenfilter op de inlaat, baggeren, fosfaatfixatie en afvissing (totaal 83 procent van de 182 kilo brasem is verwijderd). Door de maatregelen zijn de nutriëntenconcentraties afgenomen, waardoor de hoeveelheden algen afnamen en het doorzicht toenam. Dit heeft echter nog niet geleid tot een duidelijke terugkeer van ondergedoken waterplanten. De visstand herstelde snel tot 140 kilo per hectare en voorkwam daarmee dat waterplanten zich snel konden ontwikkelen, waardoor het habitat voor brasem in stand bleef. Desalniettemin is het meer aanzienlijk vooruitgegaan (afbeelding 2).

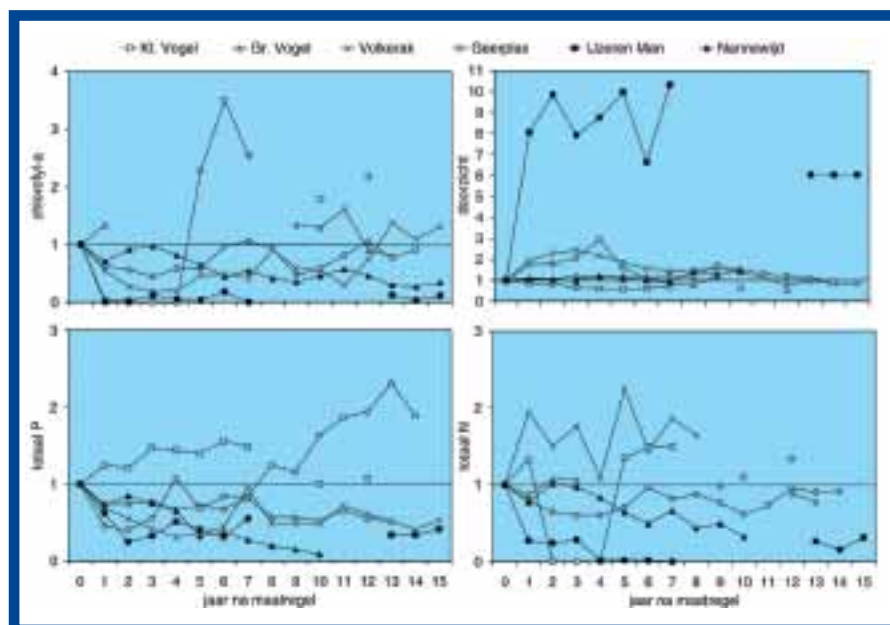
Deense meren

In Denemarken zijn herstelmaatregelen toegepast in 50 meren (groter dan tien hectare) (zie tabel 2)⁴. De meest toegepaste maatregel was ook hier actief biologisch beheer, waarbij planktivore en benthivore vis is verwijderd (voornamelijk blankvoorn en brasem), vaak aangevuld met het uitzetten van roofvis zoals jonge snoekjes. Bij de 21 meren waarin rond 1995 actief biologisch beheer is toegepast, varieerde de hoeveelheid verwijderde vis sterk (tussen tien en 80 procent ofwel tussen 100 en 870 kilo per hectare). Ook verschilde de duur van

de maatregel sterk. In veel meren kon een duidelijke verbetering vlak na de maatregel geconstateerd worden (tabel 3). In 14 van de 20 meren verbeterde het doorzicht met meer dan 50 procent en het chlorofylgehalte verminderde in acht van de 21 meren. De bedekking met ondergedoken waterplanten nam echter vaak niet toe.

In veel Deense meren zijn ook jonge snoekjes (2-4 cm) uitgezet om de waterkwaliteit te verbeteren, maar in de meeste gevallen was het effect daarvan teleurstellend. Slechts in één van de 34 meren was een duidelijk

Afb. 1: Langetermijnverloop van zomergemiddelden van totaal fosfaat, doorzicht chlorofyl-a en totaal stikstof ten opzichte van het jaar voor de maatregelen (Kl. Vogel = Klein Vogelenzang, Gr. Vogel = Groot Vogelenzang, Volkerak = Volkerak-Zoommeer)



Tabel 4. Redenen (anders dan te hoge externe belasting) waarom de maatregelen kunnen mislukken in Nederland en Denemarken.

methode	redenen
afvissen	<ul style="list-style-type: none"> - onvoldoende vis verwijderd - snelle terugkeer van sterke jaarklassen van witvis - predatie op zoöplankton door invertebraten (Neomysis/ Leptodora) - hoge resuspensie van sediment - interne fosfaatbelasting nog hoog
uitzetten van roofvis (snoek)	<ul style="list-style-type: none"> - onvoldoende vestiging van ondergedoken waterplanten - slechte overleving van uitgezette vis (door predatie of kannibalisme) - weinig consumptie van jonge vis door roofvis - slechte timing van het uitzetten ten opzichte van de aanwezigheid van jonge vis
baggeren	<ul style="list-style-type: none"> - weinig vastleggen van fosfaat door nieuw sedimentoppervlak - onvolledig gebaggerd
fosfaatfixatie	<ul style="list-style-type: none"> - 'veroudering' van de chemicaliën - afgenomen fosfaatvastlegging - reductie of vastlegging van ijzerchloride door carbonaat of sulfide
beluchting	<ul style="list-style-type: none"> - geen permanente effecten → blijvend beluchten - meer mobilisatie van fosfor door toegenomen mineralisatie

positief effect waarneembaar en in drie andere meren een meetbaar effect. Verder vond in een aantal meren kunstmatige menging (beluchting van hypolimnion) plaats, behandeling met aluminiumchloride en is gebaggerd (tabel 2). Wat het effect van beluchting is, is moeilijk te zeggen, omdat de maatregel alleen in combinatie met vermindering van de externe fosfaatbelasting is toegepast. Aluminiumbehandeling was soms succesvol en zal in de toekomst vaker worden uitgevoerd. Baggeren is maar in één meer toegepast (Braband Sø) en was daar weinig succesvol, omdat in dit meer de externe fosfaatbelasting nog erg groot was.

In het algemeen is ongeveer de helft van de behandelde meren verbeterd (tabel 3). Het is

moeilijk te achterhalen waarom maatregelen geen succes sorteren (tabel 4), maar in veel gevallen is waarschijnlijk de externe fosfaatbelasting onvoldoende afgenomen.

Discussie

Het is niet eenvoudig om de resultaten van meer herstelprojecten te evalueren. Maatregelen worden vaak in de eerste plaats gedaan om de waterkwaliteit te verbeteren en de opzet van de maatregelen is meestal niet als van een wetenschappelijk experiment. Daarom worden vaak verschillende maatregelen vrijwel tegelijkertijd uitgevoerd, zodat het onmogelijk is de effecten van de afzonderlijke maatregelen te ontrafelen. Meestal worden eerst maatregelen genomen om de fosfaatgehalten te verlagen,

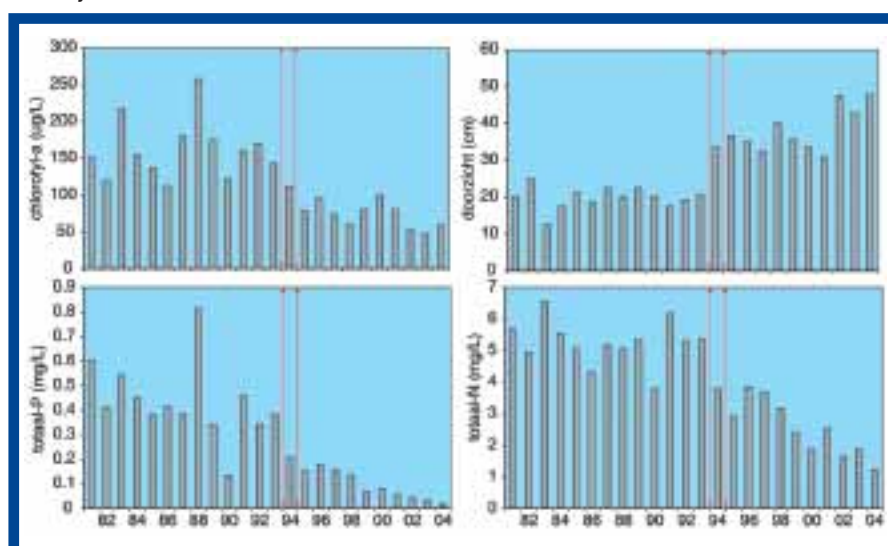
gevolgd door actief biologisch beheer. Als het resultaat vervolgens onvoldoende is, worden aanvullende maatregelen genomen. Maatregelen (met name actief biologisch beheer) worden meer of minder frequent herhaald, waardoor het moeilijk is de situatie voor en na een maatregel te onderzoeken. Wij zijn vrij pragmatisch omgegaan met deze moeilijkheden en hebben geprobeerd de belangrijkste maatregel per meer te selecteren.

In het algemeen hebben de maatregelen in de meeste meren vooral op korte termijn een sterk effect. Niet alleen de helderheid neemt sterk toe (chlorofyl a, doorzicht), maar ook nemen de nutriëntenconcentraties af, zelfs bij actief biologisch beheer. Alleen reageren ondergedoken waterplanten traag op de verbeterde waterkwaliteit. Waarom de maatregelen soms niet succesvol zijn, is meestal niet duidelijk. Vaak zijn de maatregelen niet goed uitgevoerd (bijvoorbeeld doordat te weinig vis is gevangen) en vaak is de externe fosfaatbelasting nog te hoog. Uitzetten van roofvis is vooral in Denemarken veel toegepast. Het succes hiervan is veel lager dan van afvissen.

Niet-biologische maatregelen zijn in Denemarken en Nederland veel minder toegepast (of zijn minder gedocumenteerd), maar zijn wel vaak als aanvullende maatregel uitgevoerd. Het fixeren van fosfaat met aluminium of ijzerchloride had duidelijke korte termijn effecten, maar lijkt op lange termijn (meer dan drie jaar) minder effectief te zijn.

Langetermijneffecten van diverse maatregelen zijn nog maar in enkele meren beschreven, maar in veel gevallen blijken de positieve effecten van actief biologisch beheer te verminderen na vijf tot tien jaar en

Afb. 2: Verloop van zomergemiddelden van totaal fosfaat, doorzicht chlorofyl-a en totaal stikstof in het Nannevijf



na tien jaar blijken de meeste meren weer vrij troebel te worden. Daarom moeten de maatregelen herhaald worden om het water helder te houden. In sommige meren is actief biologisch beheer inderdaad niet éénmalig uitgevoerd, maar gedurende een langere tijd door een continue visserij op brasem. In het geval van het Veluwemeer¹⁾ was dit een heel goedkope maatregel die uitgevoerd werd door beroepsvissers die deze visserij als een lucratief alternatief zagen voor de

afnemende palingvangst. Waarschijnlijk is de verbeterde waterkwaliteit van dit meer en de overige randmeren voor een groot deel te danken aan de sterk toegenomen bevissing van de brasemstand.

Samenvattend zijn twee hoofdconclusies te trekken uit deze analyse. Ten eerste zijn verschillende maatregelen (vooral actief biologisch beheer) succesvol in het helder maken van ondiepe meren. Ten tweede, op

basis van een beperkte groep meren waar we lange termijn gegevens van hebben, vallen veel meren terug in kwaliteit na een lange periode (meer dan tien jaar). Waardoor dat komt is nog onduidelijk, maar het lijkt erop dat in veel gevallen de externe nutriëntenbelasting te hoog is gebleven. Dit betekent dat effectgerichte maatregelen regelmatig herhaald moeten worden om de ecologische doelstellingen op korte termijn te bereiken, terwijl op de langere termijn aan de brongerichte maatregelen gewerkt moet worden.

Het Nanneewijd (foto: RIZA)



LITERATUUR

- 1) Lammens E., M. Meijer, E. van Nes en M. van den Berg (2004). Effects of commercial fishery on the bream population and the expansion of *Chara aspera* in Lake Veluwe. Ecol. Model. nr. 177, pag. 233-244.
- 2) Meijer M., I. de Boois en R. Portielje (1998). Actief Biologisch Beheer, de meest effectieve maatregel? H₂O nr. 11, pag. 23-26.
- 3) Scheffer M., S. Hosper, M. Meijer, B. Moss en E. Jeppesen (1993). Alternative equilibria in shallow lakes. Trends Ecol. Evol. nr. 8, pag. 275-279.
- 4) Søndergaard M., E. Jeppesen, T. Lauridsen, C. Skov, E. van Nes, R. Roijackers, E. Lammens en R. Portielje. Lake restoration in Denmark and The Netherlands: successes, failures and long-term effects. In voorbereiding.
- 5) Tydeman P. (2005). Integraal waterbeheerproject het Nanneewijd: na 10 jaar de balans opgemaakt. Wetterskip Fryslân.