

Inzet van Driehoeksmosselen bij biologisch waterbeheer; resultaten van veldexperimenten

1. Inleiding

In de loop van de jaren zestig begonnen in de Nederlandse wateren de gevolgen van eutrofiëring naar voren te treden. Onder meer door de invoering van fosfaathoudende wasmiddelen en de intensivering van de landbouw nam de hoeveelheid nutriënten in het water steeds verder toe. In de randmeren van Flevoland manifesteerde zich dit omstreeks 1970 in de vorm van een sterke opbloei van vooral planktonische blauwieren, een verminderd doorzicht [Verdugt, 1981] en het verdwijnen van waterplanten [De Redelijkheid & Scheffer, 1990].

Samenvatting

De Driehoeksmossel is een zoetwatermossel die in onze meren en rivieren algemeen voorkomt. Hij leeft vooral van plantaardig plankton en filtreert daartoe het water. Door deze filtratie kan in wateren waar de mossel in hoge dichtheden voorkomt, de helderheid worden verhoogd. Door het Rijksinstituut voor Integraal Waterbeheer en Afvalwaterbehandeling (RIZA) is een aantal experimenten uitgevoerd om de filtratiecapaciteit van de mosselen te bepalen. Met behulp van de resultaten hiervan werden veldproeven opgezet om het effect van filtratie in de praktijk te testen. In een proefvijver van 0.7 ha nam het doorzicht sterk toe na introductie van circa 350 mosselen per m³. Terwijl de blauwalgen in een aangrenzende vijver in de zomer een sterke bloei ontwikkelden, bleven ze in de mosselvijver nagenoeg afwezig. Proeven met herintroductie van Driehoeksmosselen in de randmeren stranden voorlopig op het uitblijven van voortplanting aldaar. Enkele waarnemingen en aanvullende experimenten lijken er op te wijzen dat de relatief sterk fluctuerende watertemperatuur in de randmeren hieraan ten grondslag ligt. Herintroductie zou daarom moeten worden gestuurd via het stimuleren van de larvenproductie in omliggende wateren die door een grotere diepte minder gevoelig zijn voor temperatuurveranderingen. Zo kunnen in principe mossellarven in het Veluwemeer terecht komen met het water dat in voorjaar en zomer vanuit de Hoge Vaart (circa 4 m diep) in het Veluwemeer wordt gemalen.



R. NOORDHUIS
RIZA



H. H. REEDERS
RIZA



E. C. L. MARTEIJS
RIZA

Tegelijkertijd nam de stand van de Brasem explosief toe door een afname van de Snoek, die met de achteruitgang van de hogere waterplanten zijn schuilplaatsen zag verdwijnen [Meijer, 1989]. Brasem zoekt zijn voedsel in de bodem en brengt daarbij veel bodemmateriaal opnieuw in suspensie, waardoor het water nog troebeler wordt. Op deze manier heeft het eutrofiëringsproces de neiging zichzelf te versterken, waardoor het niet eenvoudig is dit probleem aan te pakken.

Bij de waterzuiveringsinstallaties van Elburg en Harderwijk werd respectievelijk in 1972 en 1979 gestart met het defosfateren van het afvalwater dat in het Veluwemeer werd geloosd. Bovendien werden vanaf 1979 het Veluwemeer en het Drontermeer (en later ook het Wolderwijd) doorgespoeld met fosfaatarm water uit de Flevopolders. Daarna werden lagere fosfaatgehalten gemeten, maar door eerder beschreven stabiliteit van het troebele systeem is de helderheid van het water slechts in beperkte mate toegenomen [Hosper, 1983]. Rechtstreeks ingrijpen in het ecosysteem door het toepassen van zogenaamd 'Actief Biologisch Beheer' kan de troebele spiraal

doorbreken [Hosper *et al.*, 1987]. Een voorbeeld hiervan is het wegvissen van Brasem en het uitzetten van Snoek, waarmee onder meer in 1991 in het Wolderwijd enig resultaat werd geboekt [Meijer *et al.*, 1991]. Een andere mogelijkheid is het gebruik van Driehoeksmosselen.

De Driehoeksmossel *Dreissena polymorpha* is een zoetwatermossel die zich in de vorige eeuw vanuit het gebied rond de Zwarte en Kaspische Zee over grote delen van Europa heeft uitgebreid en tegenwoordig ook in de Nederlandse wateren algemeen voorkomt [Leentvaar, 1975]. Hij hecht zich vast op stenen en andere harde voorwerpen en vormt daarbij net als zijn zoute tegenhanger *Mytilus edulis* vaak banken. De dichtheden kunnen oplopen tot vele duizenden individuen per vierkante meter [Bij de Vaate, 1991]. De Driehoeksmossel voedt zich met plankton

en filtreert daartoe het water. Onverteerbaar materiaal wordt met slijm verkit tot 'pseudofaeces', een soort uitwerpselen die worden uitgestoten en vervolgens bezinken. Zodoende wordt het zwevende materiaal door de mosselen aan de waterkolom onttrokken, waardoor het water helderder wordt.

Als hun dichtheid hoog genoeg is, kunnen Driehoeksmosselen dus een grotere helderheid van het water bewerkstelligen. Het verhogen van de mosseldichtheden of de introductie van mosselen in wateren waarin ze tot dusverre niet voorkwamen kan een bijdrage leveren aan het waterbeheer. In de Nederlandse meren kan de hoeveelheid geschikt substraat een beperkende factor zijn voor de grootte van de plaatselijke mosselpopulatie, en in die gevallen kan door het aanbieden van extra substraat de populatie vergroot worden. Door de korte levenscyclus en het enorme

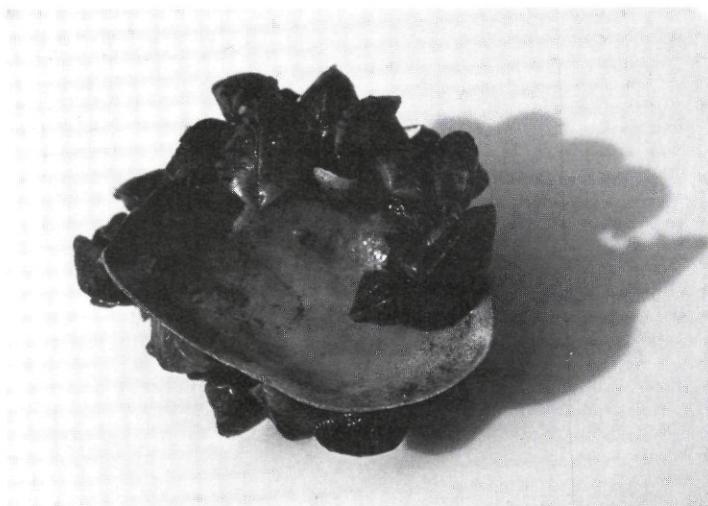
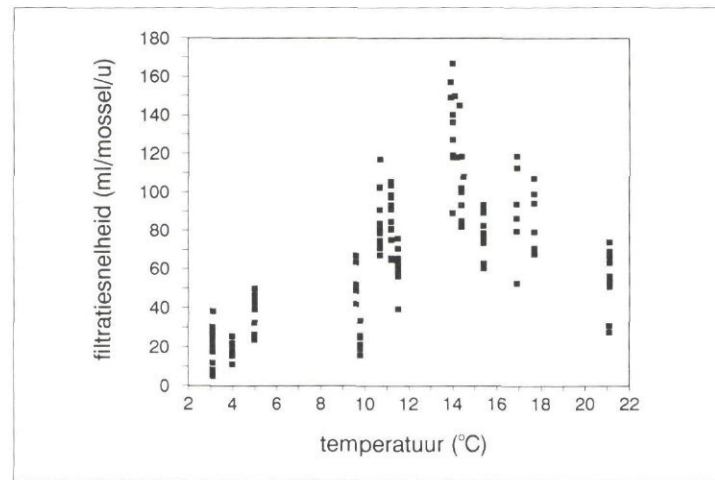


Foto 1 - In het IJsselmeer komt de Driehoeksmossel vaak voor in kluitjes op oude schelpen van Strandgapers (*Mya arenaria*) uit de tijd vóór de afsluiting.



Afb. 1 - Relatie tussen de watertemperatuur en de filtratiesnelheid van Driehoeksmosselen. Gegevens verzameld in het Wolderwijd, 1988, gecorrigeerd voor mossellengte en zwevend-stofgehalte.

voortplantingspotentieel van de mosselen kan een dergelijke maatregel al in het eerste jaar resultaat opleveren. Een vrouwelijke mossel kan per jaar bijna een miljoen eicellen produceren [Borchering, 1990]. De bevruchting van deze eicellen vindt in het water plaats, waarna vrijzwemmende larven ontstaan die zich over grote afstanden kunnen verplaatsen alvorens zich na een week of twee vast te hechten. Bij het Rijksinstituut voor Integraal Zoetwaterbeheer en Afvalwaterbehandeling (RIZA) in Lelystad wordt sinds 1985 onderzoek gedaan naar de mogelijkheden die de Driehoeksmossel biedt voor biologisch beheer [Reeders *et al.*, 1989, 1993; Reeders & Bij de Vaate, 1990; Reeders, 1990; Noordhuis *et al.*, 1992].

2. Filtratie

Om gefundeerde schattingen te kunnen maken van de hoeveelheden mosselen die nodig zijn om een bepaald resultaat te krijgen, is allereerst onderzoek gedaan naar de filtratiesnelheid van de mosselen onder diverse omstandigheden [Reeders, 1989; Reeders *et al.*, 1989]. Hiertoe is in 1988 in het Wolderwijd een proef opgezet, waarbij van april tot november metingen zijn verricht. De filtratiesnelheid werd onderzocht in relatie tot 1) de watertemperatuur, 2) het zwevend-stofgehalte, 3) de fytoplanktonconcentratie en 4) de grootte van de mosselen.

Temperatuur. In de koude wintermaanden is de filtratiesnelheid relatief laag. Tussen 5 en 10 °C stijgt de activiteit sterk en bij circa 15 °C wordt een maximum bereikt. Vooral boven de 20 °C valt de filtratiesnelheid weer terug (afb. 1). Bij toepassing van mosselen in het waterbeheer is het zomerhalfjaar van het grootste belang. Tussen 10 en 20 °C werd geen significant

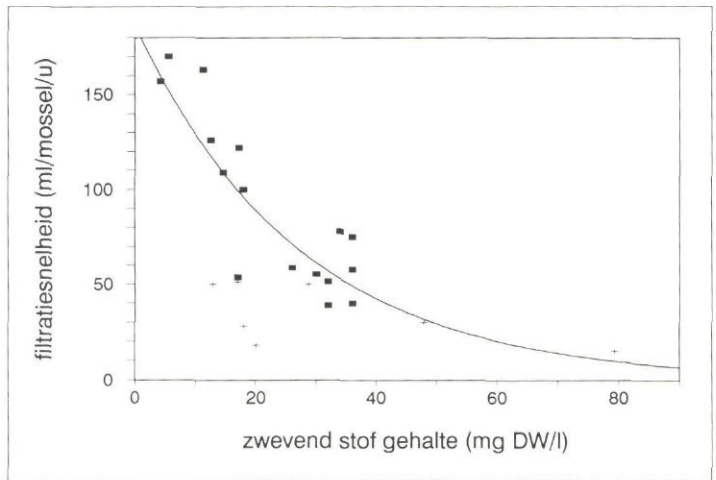
Afb. 3 - Relatie tussen schelpenlengte van Driehoeksmosselen en hun filtratiesnelheid. Wolderwijd 1988.

verband gevonden tussen temperatuur en filtratiesnelheid.

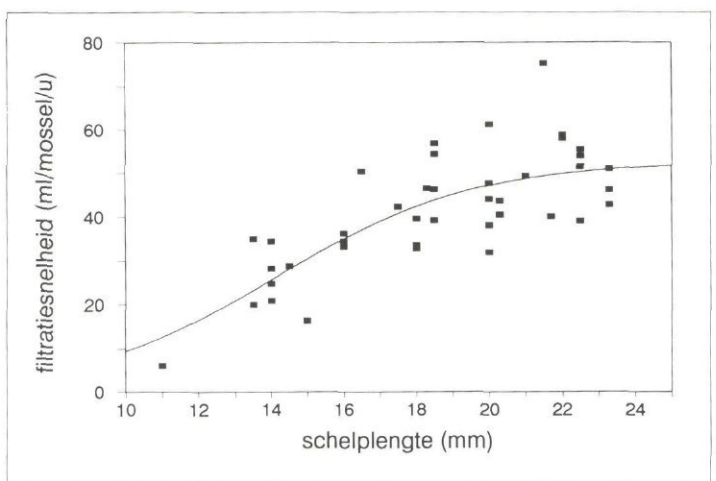
Zwevend-stofgehalte. Naarmate het zwevend-stofgehalte in het water hoger wordt, neemt de filtratiesnelheid duidelijk af (afb. 2). Voor het zomerhalfjaar (temperaturen boven 10 °C), gebruik makend van mosselen met een lengte van 22 mm, werd de volgende relatie gevonden: $FS = 187,1 * e^{-0,037 * ZS}$ ($R^2 = 0,70$, $p < 0,001$. FS = filtratiesnelheid in ml/h, ZS = zwevend-stofgehalte in mg/l).

Fytoplankton. Er werd geen relatie gevonden tussen het chlorophyl gehalte en de filtratiesnelheid. Er bestond wel een positieve relatie tussen filtratiesnelheid en het aantal blauwalgen per liter, wat betekent dat het voorkomen van grote hoeveelheden blauwalgen het filtrerend vermogen van de mosselen niet belemmert. Deze conclusie is van groot belang voor de mogelijkheden tot inzet van mosselen in eutrofe wateren.

Mossellengte. Het verband tussen mossellengte en filtratiesnelheid is S-vormig (afb. 3): $FS = 15,43 / (0,293 +$



Afb. 2 - Relatie tussen zwevend-stofgehalte en filtratiesnelheid. Wolderwijd 1985 en 1988. ■ = metingen bij watertemperaturen hoger dan 10 °C (zomerhalfjaar); + = metingen bij watertemperaturen lager dan 10 °C (winterhalfjaar). De kromme (voor formule zie tekst) heeft betrekking op het zomerhalfjaar.



$52,38 * e^{-0,367 * L}$) ($R^2 = 0,59$, $p < 0,001$. L = schelpenlengte in mm). Bij de grootste en dus de oudste mosselen neemt de filtratiesnelheid weer af. Waarschijnlijk is dat een verschijnsel van degeneratie.

In een 24-uurs experiment bleek dat de mosselen geen nachtelijke rustperiode kennen. Wel werden perioden van relatief hoge activiteit, die ongeveer om de zes uur voorkwamen, afgewisseld met perioden met lagere activiteit.

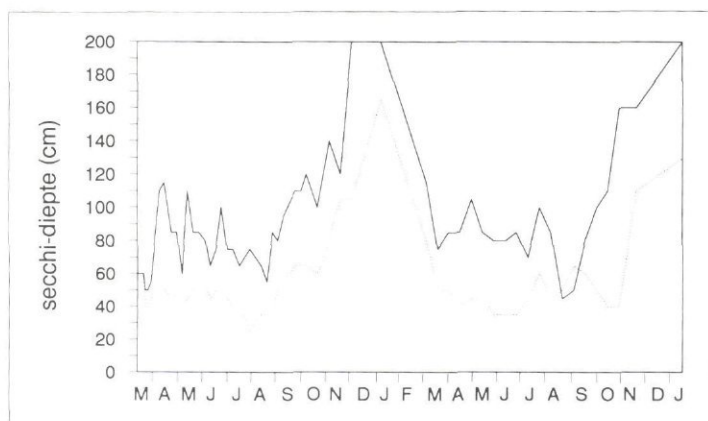
De filtratiesnelheid is in het zomerseizoen vooral afhankelijk van het zwevend-stofgehalte en van de schelpenlengte (ofwel de populatiesamenstelling). Met behulp van de gegeven formules kan een schatting worden gemaakt van het filtratievermogen van een bepaalde populatie mosselen. De groeisnelheid van fytoplankton kan zodanig zijn dat in drie dagen een verdubbeling van de oorspronkelijke hoeveelheid is bereikt. De berekening van de benodigde hoeveelheid mosselen is gebaseerd op compensatie van deze algengroei door filtratie, met andere woorden de gehele inhoud van het water

moet eens per drie dagen door de mossel-populatie kunnen worden gefiltreerd. Uitgaande van een zwevend-stofgehalte dat in de randmeren gebruikelijk is en een populatiesamenstelling als die in het IJsselmeer is hiertoe een dichtheid van ongeveer 350 mosselen (de kleinsten niet meegerekend) per m³ benodigd. Ook bij lagere dichtheden moet filtratie door mosselen echter via een beperking van de algenproductie een afname van de dichtheden van fytoplankton kunnen bewerkstelligen. Om dit principe in de praktijk te toetsen is in 1990 een veldexperiment gestart waarbij gebruik gemaakt werd van twee proefvijvers [Noordhuis *et al.*, 1992; Reeders *et al.*, 1993].

3. Proefvijvers

Ongeveer vijf kilometer ten zuidwesten van Kampen bevindt zich de Roggebotsluis, die het water in het Vossemeer scheidt van dat in het Drontermeer. Direct ten oosten van de sluis liggen aan weerszijden van de weg naar Kampen twee omdijkte vijvers ter grootte van 0,4 en 0,7 ha. Deze vijvers staan door middel van duikers zowel met elkaar als met het Vossemeer en het Drontermeer in verbinding. De waterkwaliteit komt dan ook overeen met die van de randmeren. De planktongemeenschap wijst op een matig vervuild, maar sterk eutroof milieu, en in de laatste jaren kleurde in het zomerhalfjaar het water van de vijvers intens groen door massale opbloei van enkele blauwalgesoorten (*Oscillatoria*, *Aphanizomenon*, *Anabaena*, *Myrocystis*). Het doorzicht van het water kan daarbij dalen tot

Afb. 4 - Doorzicht (Secchi-diepte) in de proefvijver met Driehoeksmosselen (doorgetrokken lijn) en in de controlevijver (onderbroken lijn). Roggebotsluis 1990-91, de Driehoeksmosselen zijn geïntroduceerd op 20 maart en 4 april 1990.



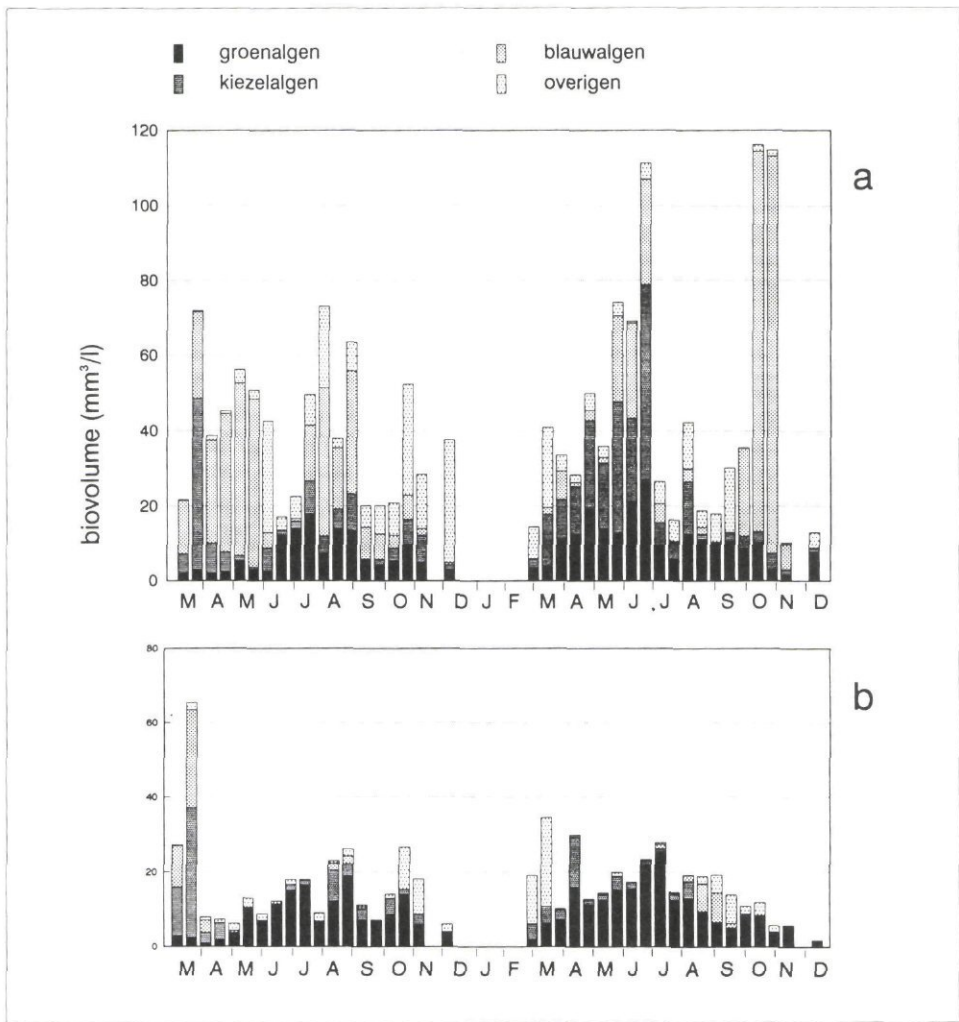
35 cm of minder. Tot aan het begin van het experiment kwamen in de vijvers geen Driehoeksmosselen voor. In maart en april 1990 werden de vijvers geïsoleerd door de duikers af te sluiten. In de grootste vijver werden circa 4 miljoen mosselen aangebracht (de kleinsten niet meegerekend), afkomstig uit het IJsselmeer. Daarmee werd een dichtheid van ongeveer 350 mosselen per m³ bereikt. Doorzicht. Vóór het aanbrengen van de mosselen bedroeg het doorzicht in beide vijvers 60 cm. Na introductie steeg het doorzicht in de mosselvijver echter in korte tijd sterk (afgezien van een korte inzinking die werd veroorzaakt door een slecht functionerende afsluiter in de duiker tussen de twee vijvers), terwijl het water in de controlevijver juist troebeler werd (afb. 4). Daarna bleef gedurende vrijwel de gehele duur van de proef een verschil van gemiddeld circa 40 cm bestaan. De verschillen waren het grootst

in de winterperiode, ondanks dat in die periode de activiteit van de mosselen laag is.

Fytoplankton. Ook in het zwevend-stofgehalte is dit verschil terug te vinden, zowel in het minerale als in het organische deel daarvan. Het biovolume van het fytoplankton is in de mosselvijver sterk verlaagd ten opzichte van de controlevijver en ook de soortensamenstelling verschilt drastisch (afb. 5). Terwijl het verloop van de groenalgen (vooral *Scenedesmus*) in beide vijvers weinig verschilt, is het biovolume van de blauwalgen, en vooral in het tweede seizoen ook dat van de kiezelalgen, na introductie van de mosselen sterk verlaagd ten opzichte van dat in de controlevijver. Van de blauwalgen speelt in de mosselvijver alleen *Myrocystis* (niet weergegeven in afb. 5) nog een rol van betekenis. In de nazomer van 1991 trad bloei van deze soort op, waardoor het doorzicht korte tijd daalde tot waarden die in de controlevijver gebruikelijk waren. *Myrocystis* kan zich door het bezit van drijfblazen aan filtratie door de mosselen onttrekken en vormt bovendien celklompen die vaak te groot zijn voor de mosselen. De overige soorten blauwalgen verdwijnen waarschijnlijk door een combinatie van directe graas door de mosselen en de afnemende licht-extinctie, waardoor de concurrentiepositie ten opzichte van groenalgen verslechtert (groenalgen vertonen veelal optimale groei bij hogere lichtintensiteit dan blauwalgen). De categorie 'overige algen' in afbeelding 5 wordt vooral vertegenwoordigd door de flagellaat *Cryptomonas*, die een geschikte voedselbron vormt voor de Driehoeksmossel, en die in de mosselvijver dan ook over het algemeen veel minder voorkomt dan in de controlevijver. In de winterperiode bloeit deze soort echter ook in de mosselvijver op. Dit komt doordat de mosselen bij de lage winter-temperaturen maar weinig actief zijn, terwijl ook de dichtheid van de mosselen is verlaagd, vooral als gevolg van predatie

Foto 2 - Luchtopname van de proefvijvers bij de Roggebotsluis. De mosselvijver (rechts) is donkerder van kleur dan de controlevijver (links), wat wijst op een grotere helderheid van het water.





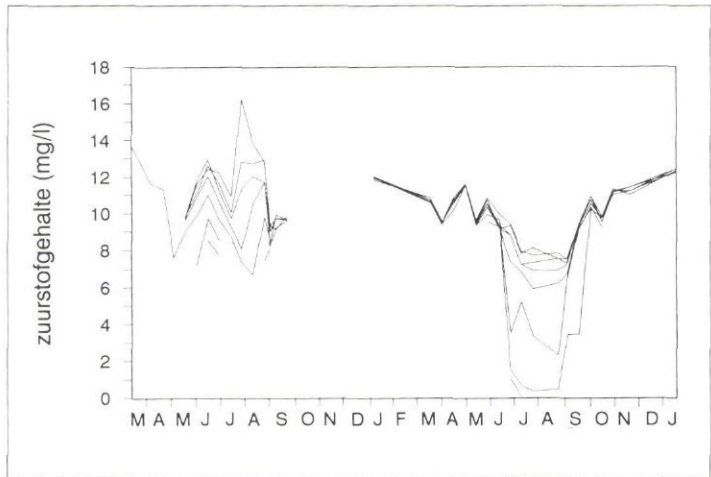
Afb. 5 - Biovolume en samenstelling van fytoplankton in de controlevijver (a) en de proefvijver met Driehoeks-mosselen (b) bij de Roggebotsluis, 1990-91. De mosselen zijn in de proefvijver aangebracht na het nemen van het tweede monster.

door Meerkoeten. In maart 1991 is de populatie aangevuld met een nieuwe partij mosselen uit het IJsselmeer, waarna het beeld van het voorgaande jaar terugkeerde. **Waterplanten.** Eén van de meest opvallen-

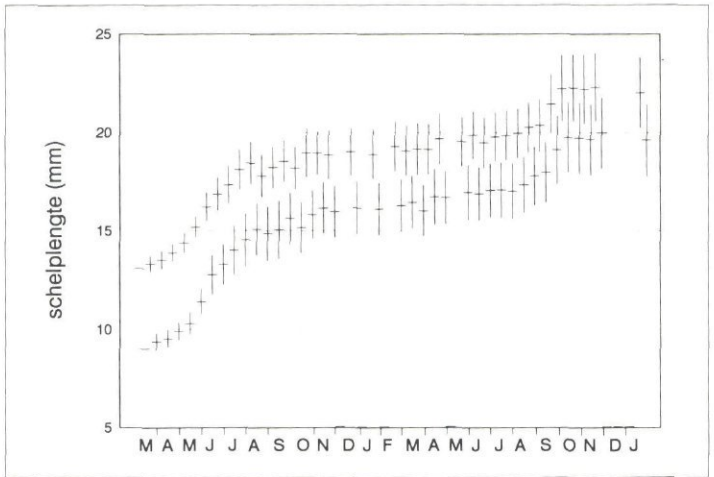
de veranderingen die zich tijdens het experiment voltrok was het verschijnen van fonteinkruid. In 1990 kwamen met uitzondering van een enkele pluim Schedefonteinkruid *Potamogeton pectinatus*

in de mosselvijver, geen ondergedoken waterplanten in de vijvers voor, maar in de zomer van 1991 verscheen Doorgroeid Fonteinkruid *P. perfoliatus* op diverse plaatsen in de mosselvijver. **Zuurstofgradiënt.** Op een groot aantal monsterdata werd op verschillende diepten in de vijvers zuurstofgehalte, temperatuur en pH gemeten. Op warme zomerdagen trad in de controlevijver bij alle drie een daling op naarmate de diepte groter werd (afb. 6), terwijl in de mosselvijver nauwelijks sprake was van een gradiënt. Uitzondering is de periode waarin in de mosselvijver *Myrocystis* bloei optrad; toen was ook hier enige tijd sprake van gradiëntvorming. **Mosselen.** Om de groei en de sterfte van de mosselen te bestuderen werden in maart 1990 twee metalen korven in de mosselvijver geplaatst. In de ene korf werden 100 mosselen met een startlengte van 9 mm geplaatst, in de andere 100 exemplaren met een startlengte van 13 mm. De groei en sterfte werden vervolgens tweewekelijks vastgelegd. Om broedval te kunnen constateren werd bij de groeikorfjes een tweetal PVC-plaatjes uitgehangen. Eerdere ervaringen hadden uitgewezen dat dit materiaal door jonge mosselen veelvuldig als substraat wordt gebruikt. De plaatjes werden wekelijks verwisseld en onderzocht. De groei van de mosselen (afb. 7) was vergelijkbaar met die van mosselen in het IJsselmeer en in de randmeren, de natuurlijke sterfte bleef beperkt tot 9,5% in het eerste jaar en 15% na twee jaar. Er vond echter in geen van beide seizoenen voortplanting plaats. Dat bleek niet alleen uit het ontbreken van jonge mosseltjes op de PVC-plaatjes, maar ook uit het ontbreken van larven in de zoöplanktonmonsters en uit het verloop van de lengteverdeling van de populatie. Door het uitblijven van

Afb. 6 - Zuurstofgehalte van het water in de controlevijver bij de Roggebotsluis, gemeten op diepten van 20 cm, 40 cm, 60 cm, etc. Het zuurstofgehalte is lager naarmate de diepte groter wordt.



Afb. 7 - Groei van Driehoeksmosselen in de proefvijver bij de Roggebotsluis. Aangegeven is de gemiddelde lengte van twee groepen mosselen met een startlengte van resp. 9 en 13 mm, telkens met de bijbehorende standaarddeviatie.



voortplanting en van predatie door Meerkoeten was de mosselpopulatie na de winter van 1990/91 zodanig uitgedund dat ze moest worden aangevuld met nieuwe mosselen uit het IJsselmeer.

Hoewel het probleem van het uitblijven van broedval nog de nodige aandacht behoeft, kan uit dit experiment worden afgeleid dat door de inzet van Driehoeksmosselen tenminste in kleinere wateren goede resultaten kunnen worden bereikt. In grotere wateren zoals de randmeren is het rechtstreeks storten van mosselen in hoge dichtheden geen reële optie. Hier kan echter in principe de populatie worden verhoogd via het vergroten van de aanhechtingsmogelijkheden voor mosselen en het stimuleren van kolonisatie, eventueel door het aanbrengen van entpopulaties. Tegelijk met de proef bij de Roggebotsluis is vanuit dit idee een veld-experiment verricht in het Veluwemeer.

4. Veluwemeer

In de eerste helft van de jaren zestig kwamen in het kersverse Veluwemeer (de dijken zijn gesloten in 1957) massaal Driehoeksmosselen voor [Leentvaar, 1961, 1966]. Vanaf 1966 zijn ze echter nagenoeg verdwenen en ook nu komen in de Veluwerandmeren nog nauwelijks Driehoeksmosselen voor [Leentvaar, 1975; Noordhuis & Reeders, 1992; Noordhuis *et al.*, 1992]. Veelal werd een relatie gelegd tussen de opkomst van de eutrofiëring en het verdwijnen van de mosselen. Zo zouden door de toenemende hoeveelheid nutriënten de stenen waarop de mosselen zich konden vasthechten,

TABEL I - Aandeel van vrouwelijke en mannelijke mosselen in het Veluwemeer en het IJsselmeer, dat op 9 juli 1991 de gameten al had uitgestoten.

	Veluwemeer 1 m		IJsselmeer 1 m		IJsselmeer 3 m	
	in %	N	in %	N	in %	N
♂♂	57	21	11	9	100	5
♀♀	91	22	100	5	94	17

meer en meer begroeid zijn geraakt met algen. Bovendien zouden ze steeds meer ondersneeuwen met dood organisch materiaal, afkomstig uit de waterkolom [Boudewijn, 1987; Meijer, 1989]. Daarmee zou de hoeveelheid geschikt substraat de beperkende factor zijn geworden voor het voorkomen van de Driehoeksmossel. In 1989 werd daarom een entpopulatie aangebracht in het Veluwemeer, bestaande uit mosselen die afkomstig waren uit het IJsselmeer. In het jaar daarna werd rond deze entpopulatie in de voortplantingstijd een hoeveelheid kokkelschelpen aangebracht, die als substraat moest dienen voor het broed dat door de entpopulatie zou worden voortgebracht. Zover kwam het echter niet. Net als in de vijvers bij de Roggebotsluis waren er in het Veluwemeer in 1990, maar ook in 1989 en 1991, nagenoeg geen tekenen van broedval. De aantallen larven die in planktonmonsters werden aangetroffen waren verwaarloosbaar. Microscopisch onderzoek van de gonaden van mosselen uit het Veluwemeer in 1991 wees uit dat de geslachtsprodukten weliswaar door beide geslachten in het water waren uitgestoten (tabel I), maar dat de mannetjes daarmee gemiddeld beduidend later (wellicht een week of twee) waren

geweest dan de vrouwtjes [Scheffer, 1992]. Omdat de bevruchting van de eicellen binnen enkele uren in het water moet plaatsvinden, betekent dit dat deze uitstoot nauwelijks tot de vorming van larven heeft geleid. Omdat in dezelfde jaren onder andere in het IJsselmeer wel degelijk grote hoeveelheden broed werden gevonden, moet worden gezocht naar factoren die specifiek in de Veluwerandmeren de voortplanting belemmert. Diverse waarnemingen wijzen in de richting van de relatief grote fluctuaties in de watertemperatuur.

5. Voortplanting en watertemperatuur

De activiteiten van de Driehoeksmossel worden sterk beïnvloed door de watertemperatuur. Bij stijgende temperatuur neemt zoals eerder opgemerkt de filtratiesnelheid toe tot bij een bepaalde temperatuur een maximum is bereikt. De kosten van die activiteit nemen echter sneller toe dan de filtratiesnelheid zelf, zodat de mossel rond het maximum in een energetisch ongunstige situatie verkeert. De mossel kan dit oplossen door bij temperaturen waarbij in principe de filtratiesnelheid maximaal is, het activiteitsniveau te verlagen en de curve als het ware af te vlakken [Bayne *et al.*, 1976]. Deze aanpassing kost echter veel tijd en kan na een forse temperatuurverhoging zo'n twee weken in beslag nemen. Als binnen die periode de watertemperatuur opnieuw sterk verandert, kan dit proces niet worden voltooid, en valt de mossel terug in het ongunstige regime. Bij blijvende fluctuaties ziet de mossel geen kans zijn energie-uitgaven te beperken en kan een tekort ontstaan. In extreme situaties wordt dan energie onttrokken aan de gonaden, waardoor de voortplanting wordt verstoord.

Door de geringe diepte (gemiddeld circa 1,5 m) zijn de randmeren relatief gevoelig voor veranderingen in de luchttemperatuur. Er treden grotere seizoensfluctuaties op dan bijvoorbeeld in het IJsselmeer, dat een grotere diepte heeft (4-6 m). Belangrijker zijn waarschijnlijk de dagelijkse fluctuaties die in het bovenste deel van de waterkolom optreden (afb. 8). Vooral op warme, windstille dagen kan de temperatuur van de bovenlaag overdag tot 6 of 8°C warmer worden dan 's nachts [Ibelings, 1990]. Naarmate de diepte

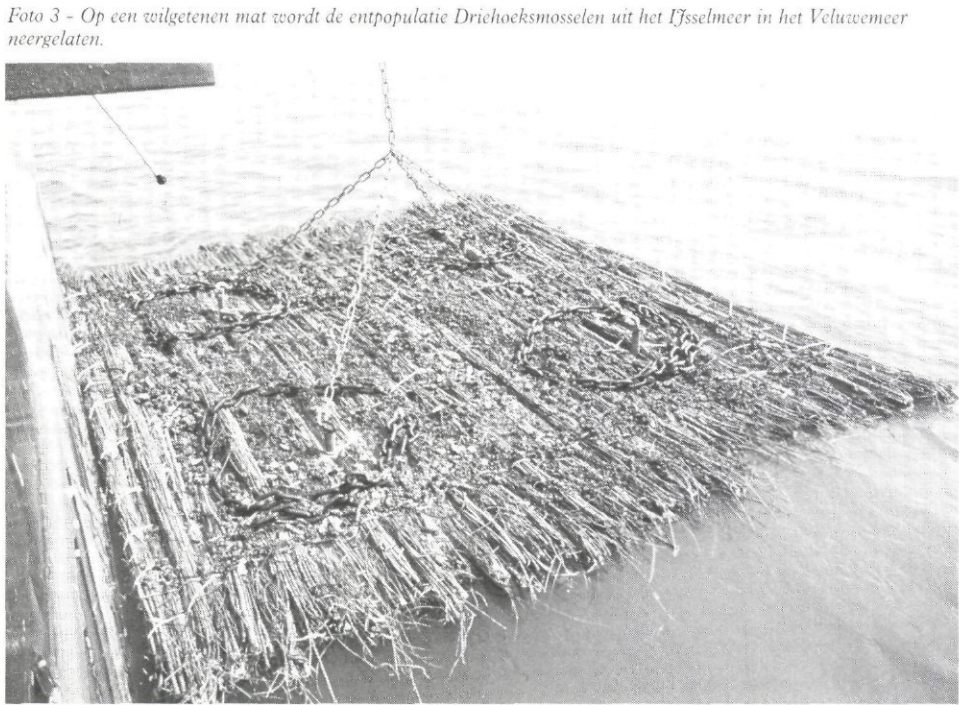
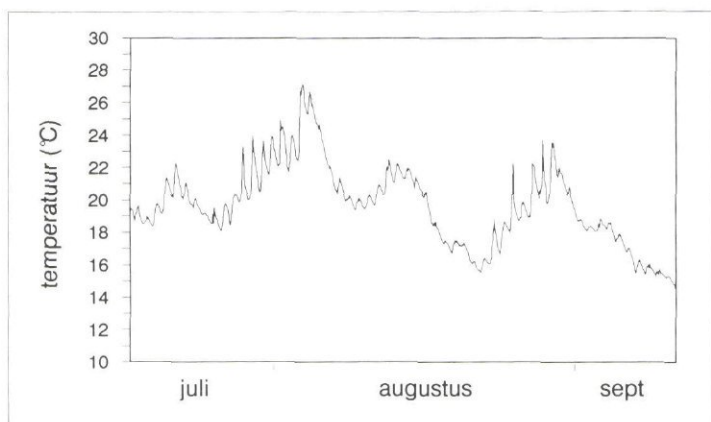


Foto 3 - Op een wilgetenen mat wordt de entpopulatie Driehoeksmosselen uit het IJsselmeer in het Veluwemeer neergelaten.



Afb. 8 - Temperatuurverloop per uur op 50 cm diepte in het Wolderwijd, in juli en augustus 1990.

groter wordt, worden deze verschillen kleiner door uitdoving van het zonlicht. In het IJsselmeer en de randmeren is op diepten groter dan 1,5 m nauwelijks meer sprake van verschillen. Door de geringe diepte van de randmeren staat het grootste deel van de aanwezige mosselen bloot aan deze fluctuaties. Uit de aanwezigheid van een duidelijk maximum in het verband tussen temperatuur en filtratiesnelheid blijkt dat de mosselen in het Wolderwijd geen kans zien hun activiteitsniveau aan hogere temperaturen aan te passen. In het IJsselmeer staan alleen de mosselen die dicht onder het wateroppervlak op de basaltblokken van de oeververdediging leven, bloot aan dagelijkse temperatuurfuctuaties. Uit microscopisch onderzoek bleek dat bij deze mosselen, net als bij die in het Veluwemeer, de mannetjes hun gameten later dan de vrouwtjes uitstootten [Scheffer, 1992]. Bij mosselen die op een diepte van 3 m leefden was deze uitstoot echter goed gesynchroniseerd, zodat het vermoeden rijst dat alleen het deel van de populatie dat op de bodem leeft, substantieel bijdraagt aan het in stand houden van die populatie.

6. Aanvoer van larven

Het lijkt er op dat in de randmeren, en ook in andere ondiepe wateren, het voortbestaan van populaties Driehoeksmosselen afhankelijk is van de aanvoer van larven van elders. In het begin van de jaren zestig is de mosselpopulatie in het Veluwemeer wellicht in stand gebleven door aanvoer van larven uit de Hoge Vaart. Via deze vaart wordt het overtollig water uit de Flevopolders door gemaal Lovink in het Veluwemeer gemalen. Deze vaart is circa 3-4 m diep en herbergt een eigen mosselpopulatie, die zich groten-deels op de bodem bevindt. Volgens de hierboven gepresenteerde theorie is binnen deze populatie de kans op succesvolle voortplanting veel groter dan die van de mosselen in het Veluwemeer. Onder

meer in verband met het hoge zoutgehalte van het polderwater werd in de loop van de jaren zestig echter steeds meer water via de gemalen aan de IJsselmeerszijde van de polders uitgeslagen, zodat de aanvoer van larven naar het Veluwemeer steeds meer moet zijn beperkt.

Sinds het begin van het doorspoelen van de randmeren met polderwater (in het zomerhalfjaar vanaf 1985) is de hoeveelheid water die via gemaal Lovink wordt uitgeslagen teruggekeerd op het niveau van de beginjaren. De weinige mosselen die nu in het Veluwemeer voorkomen zijn geconcentreerd in het gebied rond gemaal Lovink. In 1991 werden bij planktononderzoek vrij grote concentraties mossellarven aangetroffen in de Hoge Vaart, maar ook aan de Veluwemeerszijde van gemaal Lovink. Tegelijkertijd waren die concentraties in het midden van het Veluwemeer verwaarloosbaar. Er vindt weer aanvoer van larven via deze weg plaats. De omvang van de populatie in de Hoge Vaart is echter beperkt. Bovendien wordt de grootste hoeveelheid water al voor het verschijnen van de larven naar het Veluwemeer gemalen, als in maart of april het zomerpeil van de randmeren wordt opgezet (begin jaren zestig gebeurde dit veel later).

7. Toepassingsmogelijkheden

De resultaten van de proef bij de Roggebotsluis geven aan dat het toepassen van mosselen goede resultaten kan opleveren. Het verschijnen van fonteinkruiden in het tweede jaar van het experiment geeft aan dat andere onderdelen van het systeem op het verbeterd doorzicht reageren. Zo kan de spiraal naar steeds troebeler water worden omgekeerd en hoeft het tenslotte geen probleem te zijn dat de Driehoeksmossel door het uitblijven van voortplanting weer verdwijnt. Hij vormt dan als het ware een katalysator die na gedane arbeid weer verdwijnt uit het systeem, waarin hij veelal van nature ook niet voorkwam.

In kleine wateren kunnen mosselen worden geïntroduceerd door de benodigde hoeveelheid rechtstreeks te storten. Zijn grotere hoeveelheden gewenst, dan betekent dit slechts een verplaatsing van het probleem doordat dan aan de donorpopulatie te veel schade wordt aangebracht. Soms kan een entpopulatie in het eerste jaar in het ontvangende water toch broedval veroorzaken, namelijk als deze wordt aangebracht op het moment dat de rijping van de gonaden in het voorjaar bijna is voltooid. Voor grote wateren biedt het manipuleren van aanvoermogelijkheden waarschijnlijk meer perspectief, of eventueel een combinatie van beide technieken. Zo zou de populatie in het Veluwemeer versterkt kunnen worden door niet in het Veluwemeer zelf, maar op de bodem van de Hoge Vaart op korte afstand van gemaal Lovink een entpopulatie aan te brengen, en daarmee de Hoge Vaart populatie te versterken. Dit laatste kan ook door in perioden waarin veel larven in het Ketelmeer voorkomen (het Ketelmeer is veel dieper dan de Veluwerandmeren en ontvangt bovendien larven uit de IJssel) water binnen te laten via de inlaatduikers bij gemaal Colijn. Het aantal larven dat in het Veluwemeer binnenkomt kan vervolgens nog verder worden vergroot door het zomerpeil later, of meer geleidelijk op te zetten.

8. Nader onderzoek

Diverse bevindingen in het veld en in het laboratorium wijzen in de richting van temperatuurfuctuaties als oorzaak voor het uitblijven van voortplanting in de randmeren. Ook de theoretische ondersteuning is in de literatuur voldoende te vinden. De juistheid van deze hypothese is echter nog niet onomstotelijk in een wetenschappelijk experiment vastgesteld. Naast een praktijkgericht kolonisatie-experiment, dat in de Hoge Vaart zou kunnen plaatsvinden, zou daarom een dergelijk experiment moeten worden opgezet. Gedacht zou kunnen worden aan onderzoek van de ontwikkeling van de gonaden en de uitstoot van gameten door mosselen die in een experiment op een reeks verschillende waterdiepten in het IJsselmeer leven. Ook een uitgebreide inventarisatie van het voorkomen van Driehoeksmosselen in een groot aantal wateren in relatie tot de waterdiepte en de aanvoermogelijkheden van larven zou bruikbare informatie kunnen opleveren.

9. Verantwoording

De volgende personen hebben bijgedragen aan de hiervoor beschreven

- Slot op pagina 160.

nodig is, wordt door de praktijk keer op keer aangetoond.

Bij het tot stand brengen van die samenwerking kan de provinciale overheid een belangrijke rol spelen. Waar in het krachtenspel tussen de diverse betrokkenen niet tot bevredigende oplossingen wordt gekomen, kan zij bovendien bemiddelend optreden. Daarnaast zullen de provincies moeten werken aan het ontwikkelen van uniforme criteria ter beoordeling van ontheffingsaanvragen voor de zorgplicht. Door diverse provincies en in RIONED-verband is met dit laatste inmiddels een begin gemaakt.

Conclusie

Het bovenstaande wekt misschien de indruk dat de gemeentelijke rioleringsplannen nog nauwelijks uit de verf komen. Dat zou echter een onterechte constatering zijn. Zonder voorbij te willen gaan aan de ernst van het feit dat de meeste gemeenten niet in staat zijn om op tijd te voldoen aan de wettelijke planverplichting, zijn er ook een aantal positieve ontwikkelingen te noemen. De belangrijkste is dat de meeste gemeenten inmiddels flink in beweging zijn gekomen, en op weg zijn naar een (milieu-)technisch en financieel verantwoord rioleringsbeheer. Dat dat de nodige inspanning heeft gekost en nog zal vergen zal niemand verrassen. Zoals is aangegeven zijn nog de nodige knelpunten te overwinnen. De problematiek is voor velen, zowel gemeenten als andere betrokkenen, omvangrijk en complex. De beschikbare middelen (tijd, geld, mankracht) zijn vaak niet of nauwelijks toereikend, de kennisachterstand soms enorm. Het opstellen van de eerste generatie rioleringsplannen mag daarom bovenal een leer- en groeiproces worden genoemd.

In deze constatering schuilt de crux van dit artikel. Leer- en groeiprocesen vragen immers een zeer specifieke houding van de betrokkenen. In het kort: oplossingsgericht denken en fouten durven maken. Essentieel daarbij is dat de diverse betrokkenen zich niet defensief maar pro-actief opstellen. Dat betekent: het rioleringsplan niet zozeer zien als een *dwang* middel, maar als een *hulp* middel aan de basis van een goed rioleringsbeheer.

Het betekent een actieve en kritische betrokkenheid, óók wanneer het opstellen van het plan wegens gebrek aan capaciteit wordt uitbesteed aan derden.

Het betekent ook: de wettelijk voorgeschreven betrokkenheid van rioolbeheerder, waterkwaliteitsbeheerder, inspecteur en Gedeputeerde Staten niet te zien als een informatieplicht, maar als een

kans om tot betere oplossingen te komen. Het betekent tenslotte het deels ontbreken van optimalisatie-instrumenten en prioriteitscriteria niet aan te grijpen als een excuus om achterover te leunen, maar gewoon die dingen aan te pakken waarvan het nut als een paal boven water staat.

Uit de gevoerde gesprekken komt naar voren dat een pro-actieve houding een belangrijke voorwaarde is voor het sneller realiseren van meer en betere resultaten. Een positieve interactie tussen de diverse betrokkenen komt de kwaliteit van het GRP zeer ten goede.

Het stimuleren van een dergelijke houding en interactie kan dan ook, naast het ontwikkelen van de benodigde optimalisatie-instrumenten en prioriteitscriteria gezien worden als de belangrijkste opgave voor gemeenten, waterschappen, provincies, inspecteurs en adviseurs bij het werken aan een duurzaam rioleringsbeheer.



Driehoeksmosselen

- *Vervolg van pagina 155.*

projecten: A. Naber, G. Veenhof, M. Arends, I. Cohen, J. van Schie en R. Scheffer. Voorts hebben A. Griffioen, A. H. de Munnik en M. van Oirschot hun medewerking verleend bij het verzamelen van historische gegevens die gebruikt zijn bij de theorievorming.

Literatuur

- Bayne, B. L., Thompson, R. J. and Widdows, J. (1976). *Physiology I*. In: Bayne, B. L. (ed.), *Marine mussels: their ecology and physiology*. Cambridge Un. Press, Cambridge.
- Borcherding, J. (1990). *Die Reproduktionsleistungen der Wandermuschel Dreissena polymorpha*. Dissertatie Un. Keulen.
- Boudewijn, T. J. (eindred.) (1987). *Rijkswateren als wetlands*. Bureau Ecoland, rapport 87-2, Utrecht.
- Hosper, S. H. (1983). *Herstel van het Veluwemeer en het Drontermeer door aanpak van de fosfaatbelasting en doorspoeling met polderwater*. H₂O (16) 1983, nr. 8, 172-177.
- Hosper, S. H., Meijer, M.-L. en Jagtman, E. (1987). *Actief biologisch beheer, nieuwe mogelijkheden bij het herstel van meren en plassen*. H₂O (20) 1987, nr. 12, 3-8.
- Ibelings, B. W. (1990). *Algenbloei in het IJsselmeer. Deel I; Groei*. Lab. voor Microbiologie, Rapport Univ. Amsterdam.
- Leentvaar, P. (1961). *Hydrobiologische waarnemingen in het Veluwemeer*. De Levende Natuur 64: 273-280.
- Leentvaar, P. (1966). *Plant en dier in het Veluwemeer*. De Waterkampioen blz. 18-20.
- Leentvaar, P. (1975). *Geographical distribution and biology of Dreissena polymorpha Pallas*. Hydr. Bull. 9: 120-122.
- Meijer, M.-L. (eindred.) (1989). *Toepassing van Actief Biologisch Beheer in het Wolderwijd-Nulder-nauw*. DBW/RIZA, rapport 89.057, Lelystad.

- Meijer, M.-L., Jagtman, E., Grimm, M. P., Hosper, S. H. en Blaauw, E. (1991). *Uitdunning visstand Wolderwijd is voltooid; eerste veelbelovende resultaten*. H₂O (24) 1991, nr. 13, 368-369.
- Noordhuis, R. en Reeders, H. H. (1992). *Oorzaken van het ontbreken van de Driehoeksmossel Dreissena polymorpha in de Veluweverandmeren*. RIZA, rapport nr. 92.020, Lelystad.
- Noordhuis, R., Reeders, H. H. en Scheffer, R. (1992). *Waarom kan de Driehoeksmossel zich in de Veluweverandmeren niet handhaven?* De Levende Natuur 93: 188-192.
- Noordhuis, R., Reeders, H. H. en Bij de Vaate, A. (1992). *Zebra Mussels and water quality management*. In: Neumann, D. & Jenner, H. A. (red.). *Zebra Mussel, Dreissena polymorpha*. Ecology, biological monitoring and first application in water quality management. Limnologie Aktuell 4: 101-114.
- Reeders, H. H. (1989). *De Driehoeksmossel en Actief Biologisch Beheer. In situ metingen van de filtratie-snelheid in het Wolderwijd-1988*. DBW/RIZA, rapport nr. 89.030, Lelystad.
- Reeders, H. H. (1990). *De Driehoeksmossel (Dreissena polymorpha) als biofilter voor het oppervlaktewater*. De Levende Natuur 91: 119-125.
- Reeders, H. H. & Bij de Vaate, A. (1990). *Zebra Mussels (Dreissena polymorpha): a new perspective for water quality management*. Hydrobiologia 200/201: 437-450.
- Reeders, H. H., Bij de Vaate, A. and Noordhuis, R. (1993). *Potential of the Zebra Mussel (Dreissena polymorpha) for water quality management*. In: Schloesser, D. W. & Nalepa, T. (red.). *Zebra Mussels: biology, impacts and control*: pp. 439-451. Lewis publishers, Boca Raton.
- Reeders, H. H., Bij de Vaate, A. and Slim, F. J. (1989). *The filtration rate of Dreissena polymorpha (Bivalvia) in three Dutch lakes with reference to biological water quality management*. Freshwater Biology 22: 133-141.
- De Redelijkheid, M. R. en Scheffer, M. (1990). *Verspreiding en dynamiek van ondergedoken waterplanten in de randmeren*. DBW/RIZA, rapport nr. 90.036, Lelystad.
- Scheffer, R. (1992). *De invloed van de water-temperatuur op de voortplanting van de Driehoeksmossel Dreissena polymorpha*. RIZA, rapport 92.013X, Lelystad.
- Vaate, A. bij de. (1991). *Distribution and aspects of population dynamics of the zebra mussel, Dreissena polymorpha (Pallas, 1771), in the lake IJsselmeer area (The Netherlands)*. Oecologia 86, 40-50.
- Verdugt, N. (1981). *De gevolgen van de afsluiting van de Zuiderzee en de inpoldering van Flevoland voor de waterkwaliteit in het IJsselmeergebied*. Rijksdienst voor de IJsselmeerpolders, rapport 1981-305 Abw, Lelystad.



Cursus Waterslag

De sector Industriële Technologie van het Waterlooppkundig Laboratorium organiseert een cursus 'Waterslag'. De cursus vindt plaats op 19 en 20 mei 1994 bij het Waterlooppkundig Laboratorium in Delft. De cursus behandelt de theorie en praktijk van het dynamisch gedrag van vloeistoffen in leidingssystemen. Nadere inlichtingen: Waterlooppkundig Laboratorium, ir. R. P. M. Lemmens, Postbus 177, 2600 MH Delft, telefoon 015 - 56 93 53.