

BEHEERADVIES BOVENWATER

GEMEENTE LELYSTAD

26 maart 2003

110302/OF3/123/000791/dh

Goedgekeurd:

Inhoud

Samenvatting	3
1 Inleiding	4
1.1 Aanleiding	4
1.2 Doelstelling	4
1.3 Aanpak en leeswijzer	5
2 Beschrijving huidige situatie en autonome ontwikkeling	6
2.1 Ontstaansgeschiedenis en richting	6
2.2 Ontwikkeling waterkwaliteit	6
2.3 Ontwikkeling waterplanten en algen	10
2.4 Vispopulatie	13
2.5 Autonome ontwikkeling; stofbalansen	14
3 Ecosysteembenadering	20
3.1 Successiestadia bij toename voedselrijkdom in meren	20
3.2 Stabiliserende factoren	21
3.3 Ervaringen	22
3.4 Blauwalgen	25
4 Voorstel voor maatregelen	27
4.1 Inleiding	27
4.2 Mogelijke maatregelen	28
4.3 Nadere beoordeling kansrijke maatregelen	31
4.3.1 Verticaal zoneren	31
4.3.2 Afvoeren maaisel	33
4.3.3 Horizontaal zoneren	34
4.3.4 Conclusies en voorstel maatregelen	34
5 Planning en kosten	35
5.1 Werkplan	35
5.2 Kosten	36
Bijlage 1 Literatuur	37
Bijlage 2 Eisen Wet Hygiëne en Veiligheid Zwemwateren (WHVZ)	39
Bijlage 3 Gegevens vegetatie	41
Bijlage 4 Geplande maatregelen	44
Bijlage 5 Monitoringsprogramma waterkwaliteit	46

Samenvatting

Het Bovenwater is een plas nabij Lelystad die in 1975-1977 is aangelegd ten behoeve van de recreatie (zeilsport). Andere gebruiksfuncties zijn zwemmen (zwemstrand) en thans ook wonen (woonwijk aan het water).

Vanaf de aanleg van de plas zijn waterplanten uitbundig tot groei gekomen. Om de zeilsport mogelijk te maken, wordt intensief gemaaid. Omdat waterplanten hierdoor vrijwel volledig ontbreken, ontstaan er mogelijkheden voor overmatige algengroei. Met name drijflagen van blauwwieren, die bovendien mogelijk giftige stoffen kunnen uitscheiden, ontstaat er overlast en gevaar voor de gezondheid van mens en dier.

De gemeente heeft ARCADIS gevraagd advies uit te geven voor het beheer van de plas, waarbij de verschillende functies gehandhaafd kunnen blijven en waarbij de kosten niet toenemen.

Hiervoor zijn de (historische) gegevens van de plas geanalyseerd, en zijn stofbalansen voor nutriënten opgesteld. Hierbij is ook de toekomstige situatie, waarbij tijdens perioden van watertekort water uit het Markermeer via een hevel kan worden ingelaten.

Hoewel de toekomstige nutriëntenconcentratie niet erg hoog is, wordt op basis van theoretische achtergronden geconcludeerd dat een zekere hoeveelheid waterplanten essentieel is voor het voorkomen van overmatige groei van (blauw)algen. Om de bevaarbaarheid te kunnen waarborgen, wordt aanbevolen een maaimethode toe te passen, waarbij waterplanten op een diepte van ca. 1 meter worden afgemaaid. Hierdoor ontstaat een verticale zonering van waterplanten. Aangevuld met het niet maaien van enkele gedeelten die voor de zeilsport niet van belang zijn, waardoor ook een horizontale zonering van waterplanten ontstaat, wordt ingeschat dat er voldoende waterplanten aanwezig zullen zijn om overmatige groei van (blauw) algen te voorkomen. De kosten van het aangepaste maaibeheer worden ingeschat op € 30.000 tot 40.000 per jaar, exclusief monitoring en uitgaande van twee maaibeurten.

HOOFDSTU 1 Inleiding

1.1

AANLEIDING

't Bovenwater is een recreatieplas nabij Lelystad. De plas is in 1975 door de Rijksdienst voor de IJsselmeerpolders gerealiseerd en in 1977 in gebruik genomen (Oranjewoud, 1991). De plas is aangelegd door het terrein dat tot die tijd in landbouwkundig gebruik was, te omdijken en te inunderen. Het gebruik van de plas is vooral gericht op het houden van zeilwedstrijden voor de jeugd, maar ook op andere vormen van waterrecreatie, zoals zwemmen en surfen. Vanaf de aanleg van de plas zijn waterplanten uitbundig tot ontwikkeling gekomen. Deze waterplanten vormden een belemmering voor de zeilboten. Om die reden zijn de waterplanten door de gemeente gemaaid. In het begin werd gemaaid en afgevoerd. Maar vanaf 1996 werd er 'geveegd', een methode waarbij door het vegen van de bodem kiemplanten worden verwijderd. Door deze intensieve onderhoudstechniek zijn waterplanten nagenoeg geheel verdwenen. Het water werd hierdoor echter troebel en periodiek was er sprake van bloei van blauwalgen. Deze algensoorten kunnen toxische stoffen uitscheiden, en vormen daarmee een gevaar voor de gezondheid van mens en dier.

1.2

DOELSTELLING

De gemeente Lelystad heeft ARCADIS verzocht een advies te geven voor het beheer van de plas gericht op de recreatieve functie van het water: zwemmen en (met name) zeilen. Deze functies stellen de volgende eisen aan het water:

- Bevaarbaarheid, gedurende vrijwel het hele jaar, met een vaardiepte van minimaal 1 meter.
- Open water zonder (veel) waterplanten nabij de zwemstranden gedurende het badseizoen.
- Geen overmatige groei van algen vanwege stankoverlast voor aanwonenden; in het bijzonder geen overmatige groei van toxische blauwalgen vanwege gevaar voor de gezondheid van zwemmers en zeilers.
- Waterkwaliteit moet voldoen aan de eisen volgens de WHVZ. Deze eisen zijn opgenomen in bijlage 2. Deze eisen betreffen ondermeer de parameters doorzicht (1 meter), zuurgraad (>6,5 en < 9), temperatuur(>5), thermotolerante bacteriën (>20) en bacteriën van de coli-groep (>100).

Door de gemeente zijn aan het advies de volgende randvoorwaarden gesteld:

- Het verdiepen van de plas is vanwege de hoge kosten geen optie.
- De kosten van het onderhoud mogen niet hoger zijn dan de huidige.
- Het maaien aan het Bovenwater is toegezegd, de methode van het maaien kan echter nog worden gewijzigd.

Verder is het zo, dat bij het advies rekening moet worden gehouden met lopende of geplande ontwikkelingen. Belangrijk zijn ondermeer de gewijzigde inrichting van de plas (bijvoorbeeld het

verwijderen van eilandjes) en een ander waterbeheer door het bouwen van een hevel, waarmee water vanuit het Markermeer in de plas kan worden ingelaten.

1.3

AANPAK EN LEESWIJZER

Om te komen tot een gefundeerd advies, is gekozen voor de volgende aanpak:

Eerst zal in hoofdstuk 2 de situatie in beeld worden gebracht zoals die nu ontstaan is, en wat de gevolgen zijn van uitgevoerde of geplande maatregelen. Het gaat hierbij om de volgende zaken:

- De ontstaansgeschiedenis en de huidige inrichting van de plas met algemene kenmerken zoals diepte, en bodemsoort (paragraaf 2.1).
- De ontwikkeling van de waterkwaliteit tot nu toe (paragraaf 2.2). Met name nutriënten (stikstof en fosfaat) zijn belangrijk om de groei van waterplanten en algen te kunnen verklaren en te kunnen sturen.
- De ontwikkeling van waterplanten en het uitgevoerde maaibeheer, en de ontwikkeling van de helderheid van het water en de groei van (blauw)algen (paragraaf 2.3).
- Gegevens over de vispopulatie (paragraaf 2.4).
- Autonome ontwikkeling (paragraaf 2.5). Een belangrijke geplande maatregel is de bouw van een hevel, waarmee water vanuit het Markermeer kan worden ingelaten. Op basis van stofbalansen wordt ingeschat welke gevolgen deze maatregel heeft op de kwaliteit van het Bovenwater.

In hoofdstuk 3 wordt een korte theoretische achtergrond gegeven over het functioneren van ondiepe plassen zoals 't Bovenwater. Met name de relatie tussen waterkwaliteit, algen- en plantengroei zal hierin aan de orde komen. Een goed begrip van de werking van het ecosysteem is nodig voor het onderbouwen en begrijpen van voorgestelde maatregelen.

Het eigenlijke advies voor het beheer van 't Bovenwater komt in hoofdstuk 4 aan de orde. Zoals zal blijken, zullen er op basis van theoretische argumenten uit hoofdstuk 3, ook aanbevelingen worden gedaan over beheer en inrichting van de plas, die niet overeenkomen met alle randvoorwaarden uit paragraaf 1.2. Het is aan de beheerders van de plas om te bepalen of vastgehouden wordt aan alle uitgangspunten en voorgenomen maatregelen. Daarbij kan het advies gebruikt worden voor een onderbouwing en een inschatting van risico's.

In het laatste hoofdstuk (5) zal een voorstel voor fasering van de maatregelen worden gegeven en een indicatie van de kosten.

HOOFDSTU 2 Beschrijving huidige situatie en autonome ontwikkeling

2.1

ONTSTAANSGESCHIEDENIS EN RICHTING

De zeilplas Het Bovenwater is in 1975 aangelegd, oorspronkelijk met als doel een buffer te vormen tussen het stedelijk gebied en de Oostvaardersplassen, ter voorkoming van recreatieve activiteiten in dit natuurgebied. De plas werd daartoe diverse recreatieve functies meegegeven. In de loop van de tijd werd de bufferfunctie steeds minder van belang en verschoof de hoofddoelstelling naar die van “recreatief gebied met beperkte recreatieve voorzieningen” (Anoniem, 1991).

De belangrijkste functies voor het gebied zijn nu:

- Kleine watersport: (wedstrijd) zeilen voor boten tot 7 meter.
- Windsurfen.
- Zwemmen.
- Wonen aan het water.
- Kanoën.

De nevenfuncties zijn: roeien, schaatsen, vissen (beperkt toegestaan), wandelen, zonnen, kijken en spelen langs het water. Indirect is de functie kamperen aan de plas verbonden (Anoniem, 1991).

Uit oogpunt van veiligheid werd de aanlegdiepte bepaald op 1,20 meter. Overigens zijn er aanzienlijke stroken in de plas met een grotere diepte (tot 2,00 meter) (Anoniem, 1991).

Verdere algemene kenmerken van het meer zijn:

- De oppervlakte van het meer is 135 ha, de gemiddelde diepte 1,3 m (ARCADIS, 1999). De maximale diepte is plaatselijk 2,00 m. Deze gegevens zijn echter op een beperkt aantal metingen gebaseerd. De OVB heeft echter op basis van een gedetailleerde kaart met waterdieptes een gemiddelde diepte van 1,30 m. vastgesteld. Het volume van het meer bedraagt bij een oppervlak van 135 ha en een gemiddelde diepte van 1,30 m: 1.755.000 m³.
- De originele bodem bestaat voor het grootste deel uit klei (tot op een diepte van 80 cm). Voor een deel bestaat de bovenste laag (0-22 cm) uit vloeigrond. Aan de randen komen ook (ten dele afgegraven) zanddepots voor (Koridon & Uunk, 1981).

2.2

ONTWIKKELING WATERKWALITEIT

Om de groei van algen en waterplanten (paragraaf 2.3 beter te kunnen begrijpen, is de kwaliteit van het water een belangrijke factor.

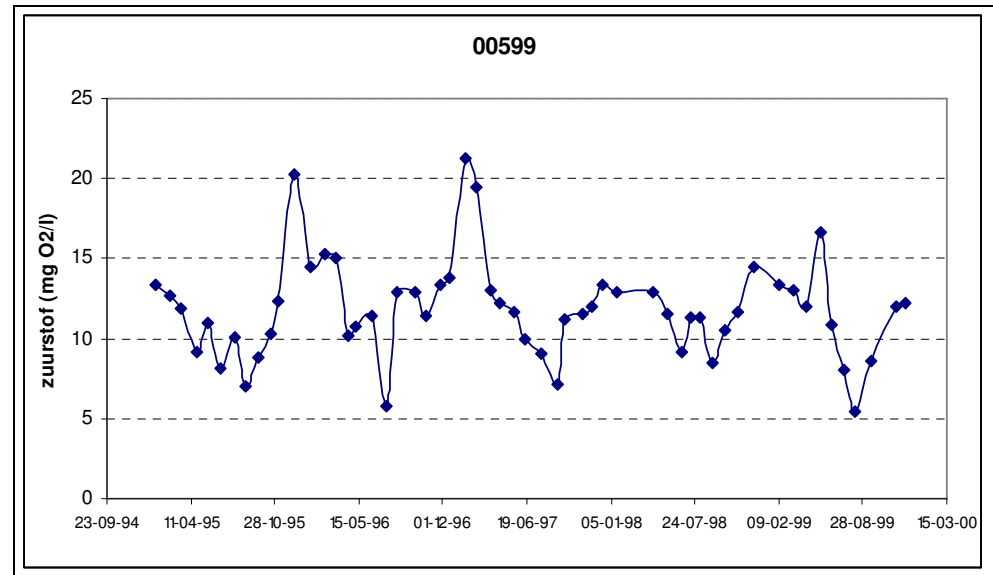
In het Bovenwater is bij de Jachthaven aan de zuidwest zijde van de plas de waterkwaliteit gemeten (meetpunt 00599) in de periode 1995-1999. Bij het strand naast de jachthaven is er in de periode 1995-2002 gemonitord in verband met zwemwaterkwaliteit (meetpunt 700).

Zuurstof

In de Figuur 2.1 en Figuur 2.2 zijn de zuurstofgehalten weergegeven. Het zuurstofgehalte is altijd goed (boven de norm van 5 mg/l).

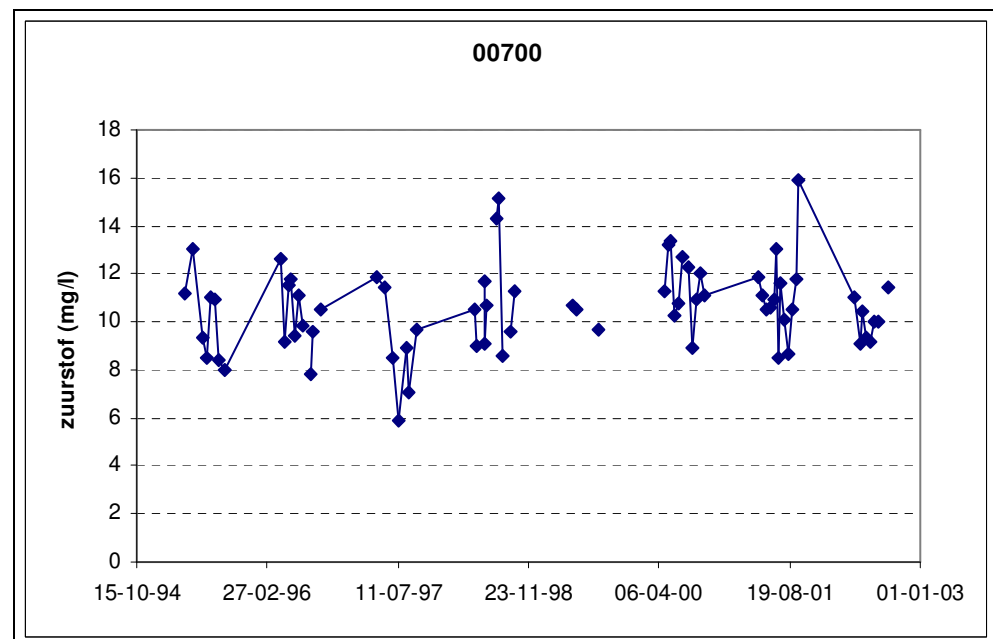
Figuur 2.1

Zuurstofconcentratie in het
Bovenwater op meetpunt 00599



Figuur 2.2

Zuurstofkwaliteit in het
Bovenwater op meetpunt 700



Hoge gehalten komen in de winter voor, de laagste gehalten in de zomer. Dit is een algemeen beeld van veel voedselrijke oppervlaktewateren in Nederland. In de zomer komen algen tot ontwikkeling. Als deze in de nazomer afsterven, wordt zuurstof verbruikt, waardoor het zuurstofgehalte daalt. In de winter vinden er minder afbraakprocessen plaats. De groei van kiezelwieren in het voorjaar kunnen tot hoge zuurstofgehalten leiden. Bovendien kan koud water meer zuurstof bevatten. Om deze redenen komen in de winter en het vroege voorjaar vaak hoge zuurstofgehalten voor.

Nutriënten

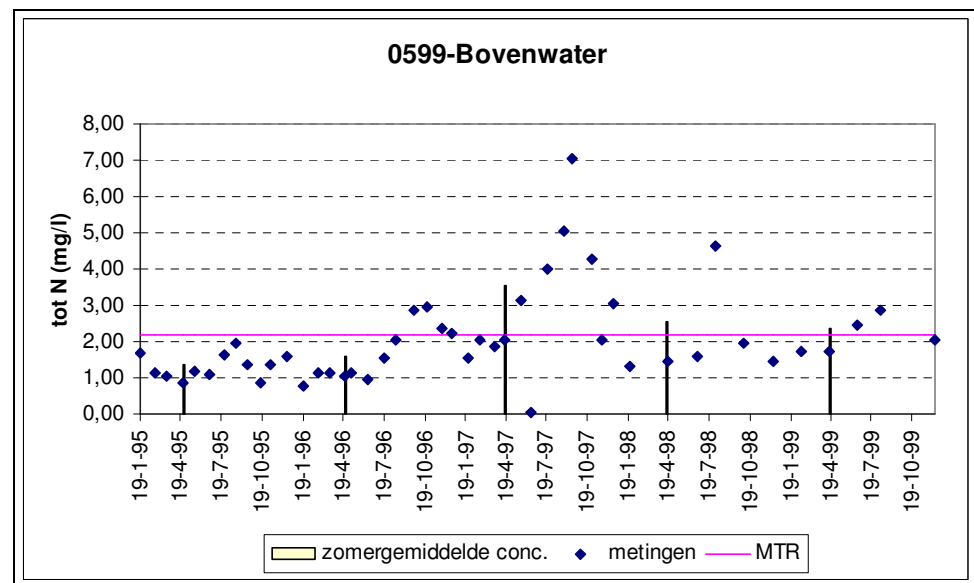
De belangrijkste nutriënten voor algen en planten zijn stikstofverbindingen (met name nitraat en ammonium) en fosfaat. Bij totaal-stikstof en totaal-fosfaat worden ook alle organisch gebonden

stikstof en fosfaat bepaald. Hierbij wordt dus ook de stikstof en fosfaat die in algen aanwezig is, bepaald. Bij een sterke algengroei worden dus hoge totaal-stikstof- en totaal-fosfaatgehalten gemeten. Bij een sterke groei van algen, maar ook bij een sterke groei van waterplanten, kunnen alle opgeloste nutriënten uit het water verdwijnen. Van de opgeloste nutriënten worden dan juist zeer lage concentraties gemeten.

In Figuur 2.3 is het verloop van de totaal stikstofconcentratie weergegeven. Ook de zomergemiddelden zijn hierin weergegeven. In de zomer van 1997 zijn hoge stikstofconcentraties gemeten, het maximum was 7 mg N/l. Tot 1996 werd de MTR van 2,2 mg/l gehaald. De stikstofconcentraties herstelden zich in 1998 en 1999. Het zomergemiddelde overschrijdt sinds 1997 de norm (2,2 mg/l).

Figuur 2.3

Verloop concentratie totaal-stikstof

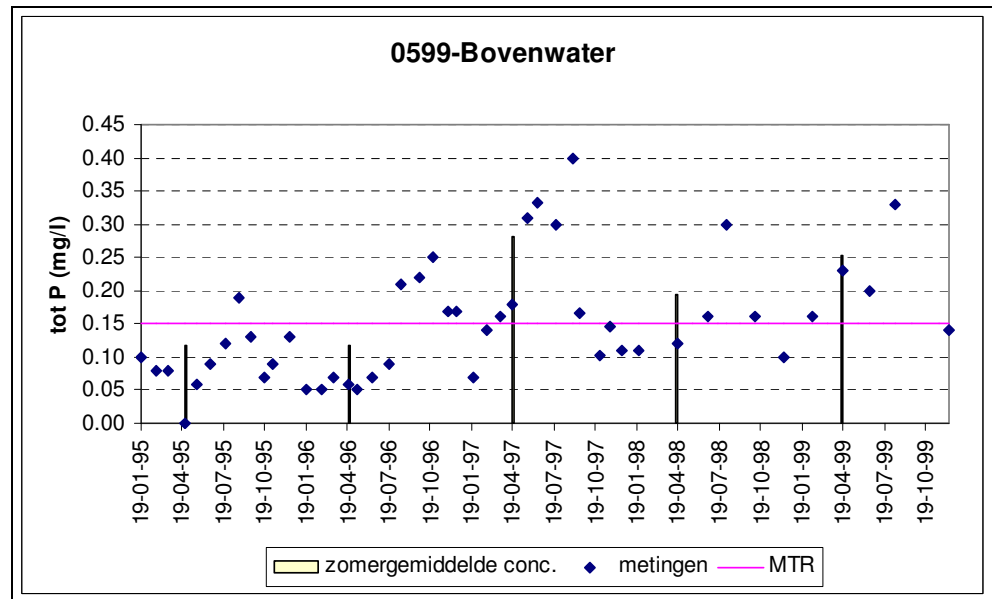


In Figuur 2.4 is het verloop van de totaal fosfaat concentratie weergegeven. Tot en met 1997 was er een toename van de fosfaatconcentraties zichtbaar, zelfs tot 0,4 mg P/l. In 1998 en 1999 herstelden de fosfaatgehalten zich iets. Ook voor fosfaat geldt dat sinds 1997 de norm (0,15 mg/l zomergemiddelde) wordt overschreden.

De gehalten aan opgeloste nutriënten zijn weergegeven in Figuur 2.5 en Figuur 2.6. Het blijkt dat vanaf ongeveer 1998 het opgeloste fosfaat 's zomers vrijwel geheel uit het water is verdwenen. Ook opgelost stikstof is 's zomers erg laag. Vanaf 1998 is er juist een geleidelijke toename in de hoeveelheid opgelost stikstof. Er is dus eerst een periode geweest waarin de algen vrijwel alle stikstof opgenomen hebben (waarmee deze stof beperkend wordt voor verdere groei). In latere jaren geldt dit voor fosfaat.

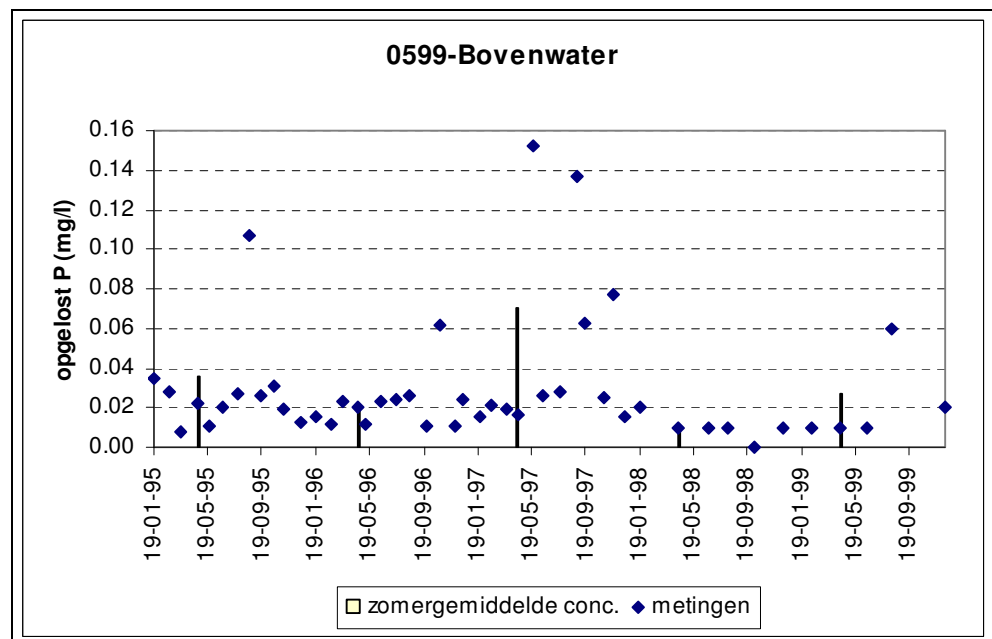
Figuur 2.4

Verloop van het totaal P-gehalte
in het Bovenwater



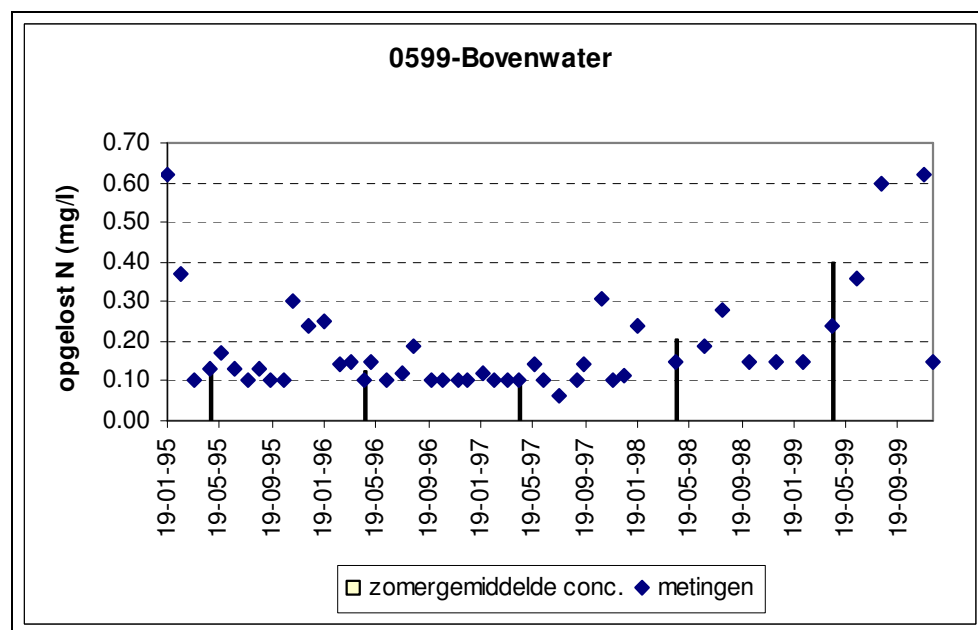
Figuur 2.5

Verloop van het opgelost fosfaat
in het Bovenwater



Figuur 2.6

Verloop van opgelost stikstof in
het Bovenwater



2.3

ONTWIKKELING WATERPLANTEN EN ALGEN

Waterplanten

Een overzicht van de gegevens van de vegetatie is opgenomen in bijlage 3.

In 1977 is sprake van zeer helder water, met een doorzicht van meer dan 1 m. Waterplanten vestigen zich over de gehele plas, met uitzondering van enkele plekken waar het water te diep is, of waar een harde voedselarme zandbodem aanwezig is. Er is sprake van een explosieve ontwikkeling van riet langs de oevers, dat door intensief maaien teruggedrongen wordt.

Vanaf 1978 komen waterplanten massaal tot ontwikkeling. Dit zijn voornamelijk fonteinkruidsoorten, maar ook flap en aarvederkruid. Daarnaast komen aanvankelijk ook kranswieren voor. De bedekking van deze plantensoort neemt in de jaren daarna af. In 1994 en 1995 zijn door het Hoograadschap Fleverwaard inventarisaties van de waterplanten gemaakt. Ook toen werden nog kranswieren aangetroffen.

Vanaf 1996 wordt er in het groeiseizoen nagenoeg permanent gemaaid met uitzondering van de randen van het Bovenwater. Uit een globale inspectie bleek dat in augustus 1997 ook langs de randen geen waterplanten meer aanwezig waren.

De maaimethode bestaat uit het zogenaamde vegen. Met deze methode worden waterplanten tot vlak onder de bodem gemaaid. Bij deze methode vindt geen afvoer van materiaal plaats. Het materiaal gaat gedeeltelijk drijven en komt in de rietkraag langs en op de oevers terecht.

Gedetailleerdere gegevens over de vegetatie zijn opgenomen in bijlage 3.

Algen

De ontwikkeling van algen is weergegeven in Figuur 2.7 en kan als volgt beschreven worden (Koridon & Uunk, 1981). In het eerste jaar na aanleg (1971) zijn er nauwelijks algen.

In de jaren daarop, 1978, zijn er meer algen, maar het gehalte chlorofyl-a is nog steeds erg laag.

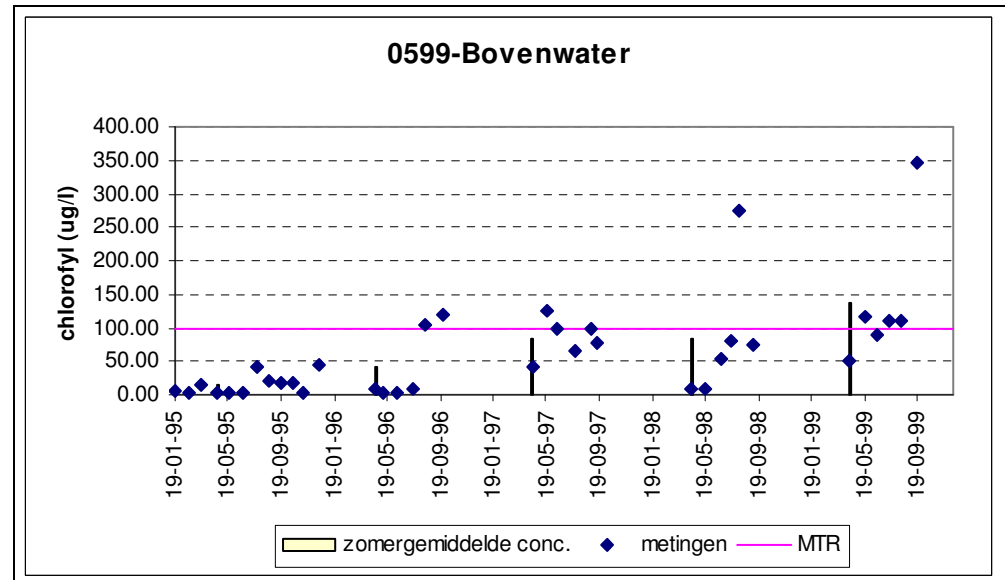
Eind september is er wel een sterkere algengroei, met een gehalte chlorofyl-a van meer dan 100 µg/l.

In de jaren daarna komen regelmatig in het voorjaar veel algen tot ontwikkeling, maar 's zomers is er

sprake van helder water met lage gehalten chlorofyl-a. Vanaf 1996 komen de algen in de nazomer tot explosieve ontwikkeling. Er komen pieken in het chlorofyl-a gehalte voor van boven de 100 ug/l en zelfs tot boven de 300 ug/l (zie Figuur 2.7). In 1999 wordt voor het eerst de norm (100ug/l zomergemiddelde) overschreden.

Figuur 2.7

Verloop van de Chlorofyl a concentratie, als maat voor de algenbloei, in het Bovenwater

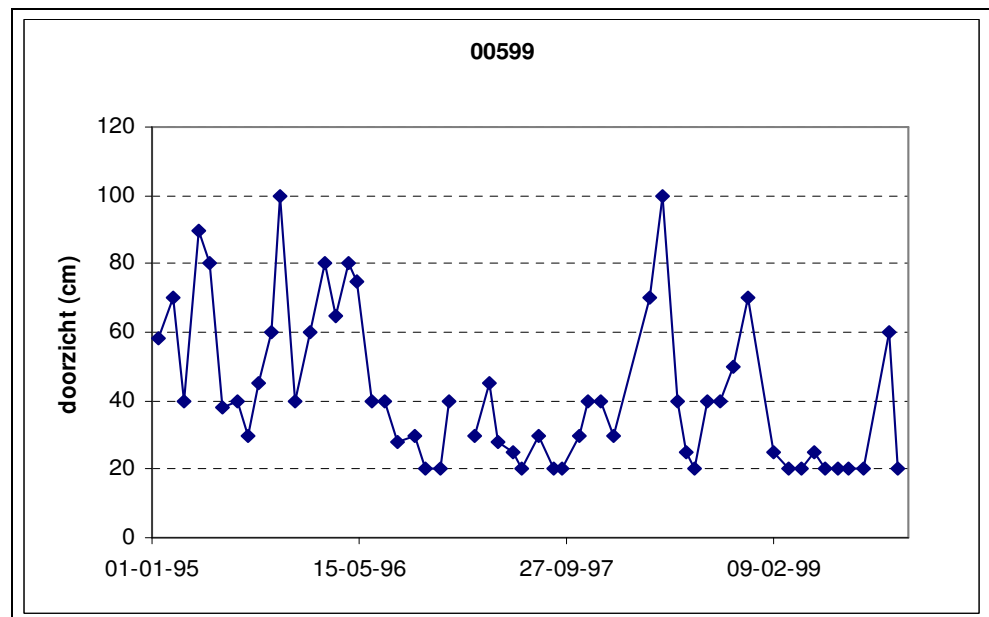


Doorzicht

In de eerste jaren na inrichting van de plas, was het water zeer helder. In een brief uit 1985 van de Rijksdienst voor de IJsselmeerpolders aan de Directeur Landinrichting staan de zichtdieptes van 1980 t/m 1985 vermeld. In de periode maart-april is deze meestal 50-90 cm, maar soms ook minder (25 cm). In mei en juni is er meestal bodemzicht (>100 tot >140 cm). In Figuur 2.8 en Figuur 2.9 is het verloop van het doorzicht in het Bovenwater over de periode 1995-2001 weergegeven.

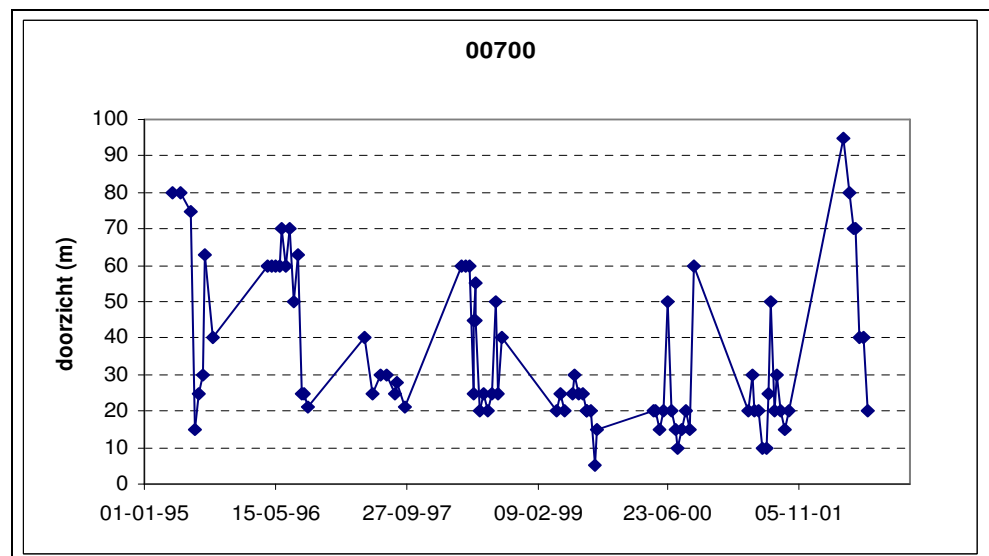
Figuur 2.8

Verloop van het doorzicht in het Bovenwater op meetpunt 599



Figuur 2.9

Verloop van het doorzicht in het Bovenwater op meetpunt 700



Duidelijk is dat periodiek lage tot zeer lage doorzichtwaarden (tot minder dan 10 cm) voorkomen. De grootste waarden voor het doorzicht worden meestal in het voorjaar gemeten. Geleidelijk vindt er een verslechtering in het doorzicht plaats.

Uit bovenstaande blijkt dat er een relatie is tussen algengroei, plantengroei en doorzicht. Bij plantengroei is er helder water, bij de groei van algen wordt het water troebel. Deze relatie heeft te maken met de beschikbaarheid van nutriënten, die in de volgende paragraaf verder behandeld worden. Belangrijk is op dit moment, dat de groei van waterplanten wordt tegengegaan door het maaien en (vooral) door het vegen. Hiermee wordt de groei van algen dus in feite bevorderd. Hoe deze relatie in elkaar steekt, wordt in hoofdstuk 3 verder toegelicht.

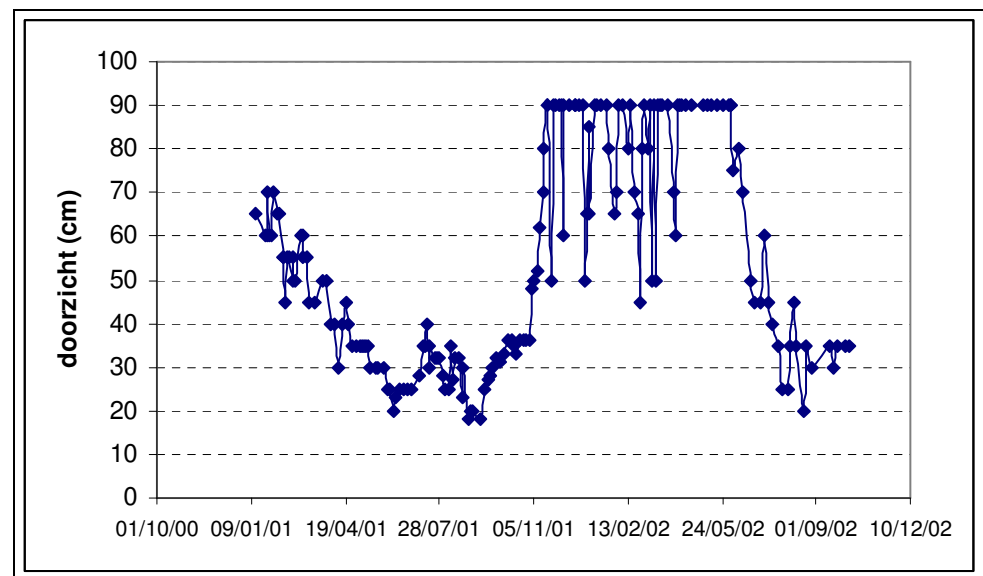
Vooruitlopend op het beheersadvies dat in dit rapport gemaakt wordt, is 2002 als proefjaar gebruikt. Waterplanten leken namelijk nodig om het water helder te houden en de algengroei te beperken. Of waterplanten tot ontwikkeling kwamen, en of hierdoor het water helder en arm aan algen gehouden kon worden, is in 2002 onderzocht. Op een zestal plaatsen, langs oever en buiten de zeilrakken, is er niet gemaaid. In week 20 was op deze locaties (en ook elders in het meer) geen groei van waterplanten zichtbaar. Het doorzicht was in deze week 1 tot 1,2 meter. In week 22/23 is in het meer met maaien begonnen, maar de genoemde 6 locaties werden niet gemaaid. Het bleek dat op deze locaties de waterplanten zich goed ontwikkelden. De voornaamste waterplanten die voorkwamen waren Schedefonteinkruid en plaatselijk Hoornblad (niet bekend welke). Tegen de afspraken in zijn in week 33 ook de genoemde 6 locaties gemaaid. In week 36 is er gestopt met maaien, omdat er nergens meer waterplanten waren.

Uit dit experiment is gebleken, dat in de bodem van het Bovenwater nog steeds kiemkracht van waterplanten aanwezig is.

Door H. Hosper, een bewoner aan het meer en medewerker van het RIZA, is vanaf 2000 het doorzicht gemeten. Figuur 2.10 geeft het resultaat van deze metingen.

Figuur 2.10

Doorzicht in cm in het
Bovenwater bij huis Weerribben
109 (H. Hosper)



In de grafiek is te zien dat in 2001 het doorzicht niet groter is geweest dan 70 cm. Deze waarde werd in het voorjaar gemeten. In de loop van de zomer van 2001 daalde het doorzicht steeds verder tot minder dan 20 cm. In 2002 wordt echter wel bodemzicht bereikt. Deze houdt lang aan, tot eind mei. Dan daalt het doorzicht plotseling sterk. Het moment van deze omslag valt samen met het begin van het maaien van waterplanten in de plas. De tweede conclusie die uit dit experiment getrokken kan worden, is dat begroeiing van een deel van de plas met waterplanten, zeer waarschijnlijk voldoende is om het water helder te houden (waaruit geconcludeerd mag worden dat de groei van algen gelimiteerd wordt).

2.4

VISPOPULATIE

Er zijn twee maal opnamen van de visstand gemaakt: in 1992 (Zoetemeyer & van der Spiegel, 1992) en 1997 (Gerlach & Zoetemeyer, 1997).

In 1992 (bemonsteringen uitgevoerd op 8 en 9 januari door de OVB) zijn 11 vissoorten gevangen, waarvan brasem, blankvoorn en karper de belangrijkste soorten. Baars en snoek zijn de belangrijkste roofvissoorten. Het Bovenwater bevat in 1992 een relatief lage witvis- en karperstand en een relatief hoge roofvisstand. Er lijkt een evenwicht te bestaan, waarbij de milieu-omstandigheden de ontwikkeling van een groter bestand aan witvis remmen (Zoetemeyer & van der Spiegel, 1992).

In het rapport van Zoetemeyer & van der Spiegel (1992) worden verschillende aanbevelingen gedaan om de waterplanten te bestrijden, ondermeer het verhogen van de maaifrequentie en het uitzetten van karper en graskarper. In 1994 zijn karper en graskarper uitgezet.

Bij de visstandopname in 1997 (bemonsteringen uitgevoerd op 27 en 28 februari door de OVB) zijn, net als in 1992, 11 vissoorten gevangen. Wat aantallen betreft bestond de vispopulatie voornamelijk uit brasem, blankvoorn, baars en snoek, terwijl wat gewicht betreft met name karper sterk vertegenwoordigd was. De totale visbezetting lijkt relatief laag. Geconcludeerd wordt dat het nagestreefde evenwicht tussen begroeide en onbegroeide delen van het water, waarbij de belangen van natuur, hengelsport en recreatie zoveel mogelijk worden gediend, op dat moment niet is bereikt. Het gevoerde maaibeheer en de inlaat van voedselrijk water hebben een afname van de hoeveelheid waterplanten en het doorzicht van het water tot gevolg gehad. Op dat moment werd verwacht dat er een verdere verschuiving richting blankvoor-brasem / brasem-snoekbaarstype zou plaatsvinden (Zoetemeyer & van der Spiegel, 1992).

Uit de visstandopnamen werd tevens vermoed dat de uitgezette karper en graskarper een lage overleving hebben gehad. Van de uitgezette karper is slechts een klein percentage gevangen; van graskarper werden helemaal geen exemplaren gevangen. In hoeverre deze soorten hebben bijgedragen aan een afname van het doorzicht en waterplanten is op dat moment niet duidelijk.

Thans bestaat het vermoeden (op basis van vangsten van sportvissers) dat zich nog steeds een klein aantal graskarpers in het Bovenwater voorkomen. Dit zijn inmiddels zeer grote exemplaren geworden, die geen natuurlijke vijanden (bijvoorbeeld aalscholvers) meer hebben.

2.5

AUTONOME ONTWIKKELING; STOFBALANSEN

Bij de inrichting en het beheer van het Bovenwater zijn de komende jaren enkele maatregelen gepland. Voor een algemeen overzicht: zie bijlage 4. Van belang in dit verband zijn vooral maatregelen die leiden tot een wijziging in nutriëntengehalten. Bij de genoemde maatregelen zijn er enkele die tot een vergroting van het (oppervlak) van het meer leiden.

Hoewel de in- en uitgaande waterstromen hierdoor groter worden, zal dit niet tot een verandering in nutriëntengehalten leiden, omdat alle waterstromen, en daarmee alle stofstromen, in gelijke mate toenemen. Omdat de onderlinge verhouding dus gelijk blijft, treedt er geen verandering op in gehalte aan opgeloste stoffen.

Wel van belang is de aanleg van een hevel, waarmee water uit het Markermeer in het Bovenwater kan worden ingelaten. Tot de tijd dat de hevel functioneert, vindt de wateraanvoer plaats via bemaling vanuit de Lage Dwarsvaart. De hevel maakt de inlaat van water vanuit de Lage Dwarsvaart overbodig. De capaciteit van de te plaatsen hevel wordt 2000 m³/uur. Omdat de

nutriëntenconcentratie van het Markermeerwater anders is dan dat van de Lage Dwarsvaart, zal bij het gebruik van de hevel als inlaat ook het nutriëntengehalte in het Bovenwater (kunnen) veranderen. Om inzicht te krijgen in de mate waarin dit het geval zal zijn, zijn stofbalansen uitgerekend voor de oude situatie (zonder hevel) en de toekomstige nieuwe (met hevel).

Balansen zijn opgesteld voor drie situaties: een droog jaar, een gemiddeld jaar en een nat jaar. Voor het droge jaar zijn de gegevens van 1996 gebruikt, voor een gemiddeld jaar het gemiddelde van de gegevens van de jaren 1961 tot en met 1990, voor een nat jaar de gegevens van 1980. Verder zijn de balansen opgesteld voor het zomerhalfjaar (april tot en met september). Deze periode is van belang voor de groei van algen en planten.

Om stofbalansen te kunnen opstellen, is het nodig eerst een waterbalans op te stellen. In combinatie met de nutriëntenconcentraties van de in- en uitgaande waterstromen, kunnen dan stofbalansen worden opgesteld. Hierna worden daarom eerst de waterbalansen behandeld, vervolgens de concentraties en tenslotte de stofbalansen.

Waterbalansen

In de studie 'WATERAANVOER NAAR 'T BOVENWATER EN VILLAPARK HOLLANDE HOUT' (Arcadis, 1999) zijn waterbalansen voor de huidige situatie opgesteld. De vergelijking van de waterbalans ziet er als volgt uit:

$$DV/dt = \text{neerslag} - \text{verdamping} + \text{dijkswel} - \text{wegzijing} + \text{aanvoer} - \text{afvoer}$$

In de eerder uitgevoerde studie is een inschatting gemaakt van alle bovenstaande posten. In Tabel 2.1 is aangegeven op basis van welke gegevens een inschatting is gemaakt van de verschillende balansposten

Tabel 2.1

Inschatting van de verschillende posten van de waterbalans

Onderdeel waterbalans	Bron
Neerslag	KNMI meetgegevens
Verdamping	KNMI meetgegevens
Dijkse kwel	Studie van Iwaco
Wegzijing	Deze is eenmaal berekend als restpost van de waterbalans, waarbij de aanvoer berekend is op basis van het aantal pompuren, en de afvoer gelijk op nul is gesteld. De berekende waarde voor de wegzijing is als constante gebruikt bij alle waterbalansen.
Nette aanvoer en netto afvoer	Deze post is als sluitpost van de balans genomen.

In tabel Tabel 2.2 zijn de waterbalansen gegeven voor het zomerhalfjaar van een droog, een gemiddeld en een nat jaar. In alle type jaren blijkt de afvoer (verdamping en wegzijing) groter te zijn dan de neerslag en de dijkse kwel. Netto wordt dus altijd water aangevoerd. De hoeveelheid aangevoerd water neemt in nattere jaren wel duidelijk af. Uitgaande van een oppervlakte van 135 ha van het Bovenwater, wordt in een droog jaar 740.000 m³ ingelaten, in een gemiddeld jaar 642.000 m³, en in een nat jaar 336.000 m³.

Tabel 2.2

Waterbalansen zomerhalfjaar voor een droog, gemiddeld en nat jaar

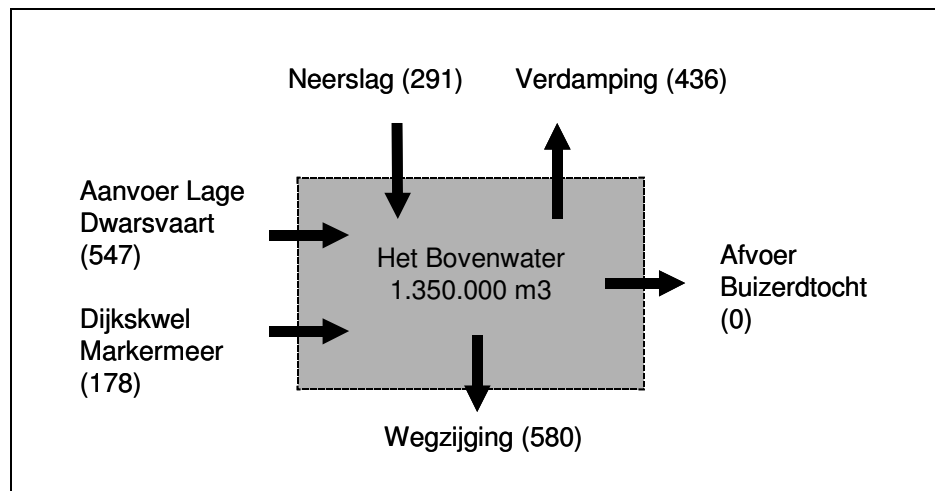
Aanvoerende posten	Hoeveelheid (mm)			Afvoerende posten	Hoeveelheid (mm)		
	Droog jaar	Gemiddeld jaar	Nat jaar		Droog jaar	Gemiddeld jaar	Nat jaar
Neerslag	291	390	578	Verdamping	436	464	425
Dijkse kwel	178	178	178	Wegzijing	580	580	580
Aanvoer	547	476	249	Afvoer	0	0	0

Totaal	1015	1044	1004		1015	1044	1004
--------	------	------	------	--	------	------	------

In Figuur 2.11 is ter illustratie de waterbalans voor een droog jaar schematisch weergegeven.

Figuur 2.11

Zomerbalans voor een droog jaar
(ARCADIS, 1999)



Concentraties

De gebruikte concentraties van stikstof en fosfaat (voor het zomerhalfjaar) zijn weergegeven in Tabel 2.3.

Tabel 2.3

Gebruikte concentraties stikstof en fosfaat voor het opstellen van de stoffenbalans

	Stikstof (mg N/l)		Fosfaat (mg P/l)	
	Zomerhalfjaar	Winterhalfjaar	Zomerhalfjaar	Winterhalfjaar
Neerslag ¹	1.95	1.04	0.018	0.0009
Markermeer ²	1.65	2.21	0.12	0.15
Lage Dwarsvaart ³	3.33	6.55	0.22	0.18
Afvoer ⁴	2.24	1.81	0.19	0.12
Wegzijging ⁵	2	2	0.1	0.1
Kwel ⁶	1.73	1.73	0.13	0.13

¹ gebaseerd op metingen van het RIVM in meetstation Lelystad (2000)

² gebaseerd op metingen op meetpunt Markermeer midden (periode 1995-1998)

³ gebaseerd op meetpunt 00521 (periode 1995-2002)

⁴ gebaseerd op meetpunt 00599 (periode 1995-1999)

⁵ gebaseerd op ARCADIS 1999

⁶ gebaseerd op ARCADIS 1999

Stofbalansen

De stofbalansen zijn opgesteld voor dezelfde jaren als de waterbalansen (zomerhalfjaar van een droog, een gemiddeld en een nat jaar), maar ook nog voor twee verschillende aanvoersituaties: de situatie met aanvoer vanuit de Lage Dwarsvaart en aanvoer via een hevel vanuit het Markermeer. In de tabellen Tabel 2.4 en Tabel 2.5 zijn de stikstofbalansen voor de situatie met inlaat vanuit de Lage Dwarsvaart respectievelijk het Markermeer gegeven.

Tabel 2.4

Stikstofbalans zomerhalfjaar met inlaat vanuit de Lage Dwarsvaart (in kg N per half jaar)

In	Droog jaar	Gemiddeld jaar	Nat jaar	Uit	Droog jaar	Gemiddeld jaar	Nat jaar
Neerslag	746	1025	1517	Verdamping	0	0	0
Dijkskwel	415	415	415	Wegzijging	1565	1565	1565
Aanvoer	2457	2139	1119	Afvoer	0	0	0
Totaal	3636	3579	3015	Totaal	1565	1565	1565

Tabel 2.5

Stikstofbalans zomerhalfjaar met inlaat vanuit het Markermeer (in kg N per half jaar)

In	Droog jaar	Gemiddeld jaar	Nat jaar	Uit	Droog jaar	Gemiddeld jaar	Nat jaar
Neerslag	764	1025	1517	Verdamping	0	0	0
Dijkskwel	415	415	415	Wegzijging	1565	1565	1565
Aanvoer	1217	1060	554	Afvoer	0	0	0
Totaal	2397	2050	2706	Totaal	1565	1565	1565

Door water aan te voeren vanuit het Markermeer in plaats vanuit de Lage Dwarsvaart daalt de externe stikstofbelasting aanzienlijk. In Tabel 2.6 zijn de stikstofbelastingen in gramN/m².halfjaar gegeven voor beide situaties. Het blijkt dat door het gebruik van Markermeerwater de stikstofbelasting tot 32 procent kan afnemen.

Tabel 2.6

Stikstofbelasting in
gN/m².halfjaar

	Droog jaar	Gemiddeld jaar	Nat jaar
Bij inlaat uit Lage Dwarsvaart	2.69	2.65	2.26
Bij inlaat uit Markermeer	1.78	1.85	1.84
Afname bij vervanging Lage Dwarsvaart door Markermeer	-34%	-30%	-19%

In tabel Tabel 2.7 en Tabel 2.8 zijn de fosfaatbalansen gegeven. Door vervanging van inlaat uit de Lage Dwarsvaart door Markermeer daalt de externe fosfaatbelasting tot 40 %.

Tabel 2.7

Fosfaat balans voor een
zomerhalfjaar met inlaat vanuit
de Lage Dwarsvaart

In	Droog jaar	Gemiddeld jaar	Nat jaar	Uit	Droog jaar	Gemiddeld jaar	Nat jaar
Neerslag	7	9	14	Verdamping	0	0	0
Dijkskwel	31	31	31	Wegzijing	78	78	78
Aanvoer	162	141	74	Afvoer	0	0	0
Totaal	200	182	119	Totaal	78	78	78

Tabel 2.8

Fosfaatbalans zomerhalfjaar met
inlaat vanuit het Markermeer

In	Droog jaar	Gemiddeld jaar	Nat jaar	Uit	Droog jaar	Gemiddeld jaar	Nat jaar
Neerslag	7	9	14	Verdamping	0	0	0
Dijkskwel	31	31	31	Wegzijing	78	78	78
Aanvoer	89	77	40	Afvoer	0	0	0
Totaal	127	118	85	Totaal	78	78	78

Tabel 2.9

Fosfaatbelasting in
gP/m².halfjaar

	Droog jaar	Gemiddeld jaar	Nat jaar
Bij inlaat uit Lage Dwarsvaart	0.15	0.13	0.09
Bij inlaat uit Markermeer	0.09	0.09	0.06
Afname bij vervanging Lage Dwarsvaart door Markermeer	-40%	-31%	-33%

De externe belasting van fosfaat en stikstof is niet erg groot in vergelijking met literatuurwaarden van andere plassen en meren in Nederland. Portielje en Van der Molen (1998) rapporteerden in de 4^e eutrofiëringssurvey waarden tussen 5 en 300 g/m².jaar voor stikstof en tussen 0,18 en 65 g/m².jaar voor fosfaat. Om de MTR voor totaal fosfaat te bereiken in een meer met een diepte van 1 m en een verblijftijd van 2 jaar, is volgens de 3^e eutrofiëringssurvey de maximaal toelaatbare P-belasting van 0,43 g/m².jaar. De externe belasting in het Bovenwater is lager dan de genoemde maximaal toelaatbare belasting wanneer er wordt ingelaten met Markermeerwater.

Tenslotte is uitgerekend welke nutriëntenconcentraties ontstaan bij de berekende belastingen. Daarbij is uitgegaan van de zomersituatie voor een gemiddeld jaar. Belangrijk is dat bij deze berekening geen rekening is gehouden met omzettingprocessen; stikstof en fosfaat zijn als conservatieve stoffen beschouwd. In werkelijkheid treden er echter allerlei processen op, die wel modelmatig zijn te beschrijven. Een dergelijke modellering valt buiten deze studie. Met genoemde beperking worden de volgende concentraties berekend (zie tabel Tabel 2.10)

Tabel 2.10

Berekende concentraties N en P in het zomerhalfjaar van een gemiddeld jaar; N en P als conservatieve stof

	Inlaat uit Lage Dwarsvaart	Inlaat uit Markermeer
Stikstofconcentratie (mgN/l)	2.5	1.8
Fosfaatconcentratie (mgP/l)	0.12	0.09

HOOFDSTU

3 Ecosysteembenadering

3.1

SUCCESSIESTADIA BIJ TOENAME VOEDSELRIJKDOM IN MEREN

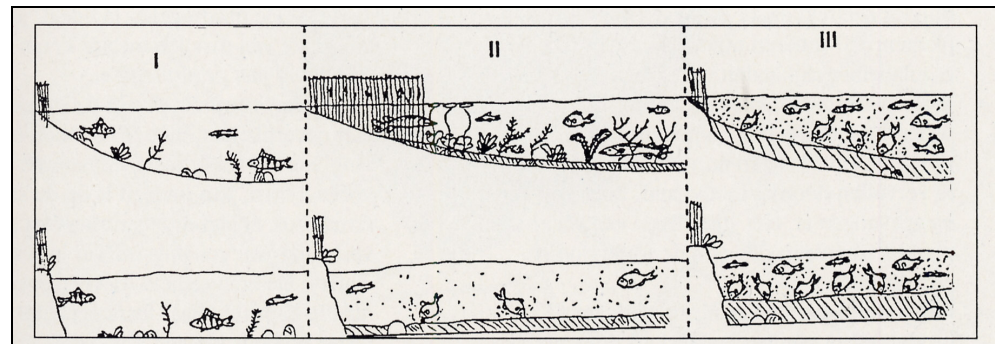
Voor het onderbouwen van een beheersadvies van het Bovenwater, is een goed begrip van het ecologisch functioneren van ondiepe, stilstaande wateren van belang.

Een belangrijke, sturende factor is de hoeveelheid nutriënten of meststoffen in het water: stikstof- en fosfaatverbindingen. Afhankelijk van de voedselrijkdom (hoeveelheid stikstof- en fosfaatverbindingen) zijn drie verschillende successie-stadia te onderscheiden (Huis in 't Veld e.a., 1998; zie Figuur 3.12):

1. Bij fosfaatgehalten (biologisch beschikbaar) tot 0,03 mgP/l: heldere wateren met weinig plantengroei,
2. Bij fosfaatgehalten (biologisch beschikbaar) van 0,03 tot 0,10 mgP/l: heldere wateren met veel plantengroei
3. Bij fosfaatgehalten (biologisch beschikbaar) meer dan 0,10 mgP/l: troebele wateren met veel algen.

Figuur 3.12

Successie-stadia bij meren (uit: Huis in 't Veld, e.a. 1998)



Het eerste stadium komt in Nederland eigenlijk niet voor, omdat genoemde lage fosfaatgehalten in Nederlandse meren niet haalbaar zijn. Bovendien speelt ook de voedselrijkdom van de bodem een rol: sommige wortelende waterplanten halen hun voedsel niet uit het water, maar uit de bodem. Bij een veen- of kleibodem zijn altijd voldoende nutriënten aanwezig voor een uitbundige plantengroei.

Hoewel er op basis van visgemeenschappen meer typen onderscheiden kunnen worden, gaat het in hoofdlijnen voor Nederlandse wateren dus om twee typen: helder water met waterplanten en troebel water met algen.

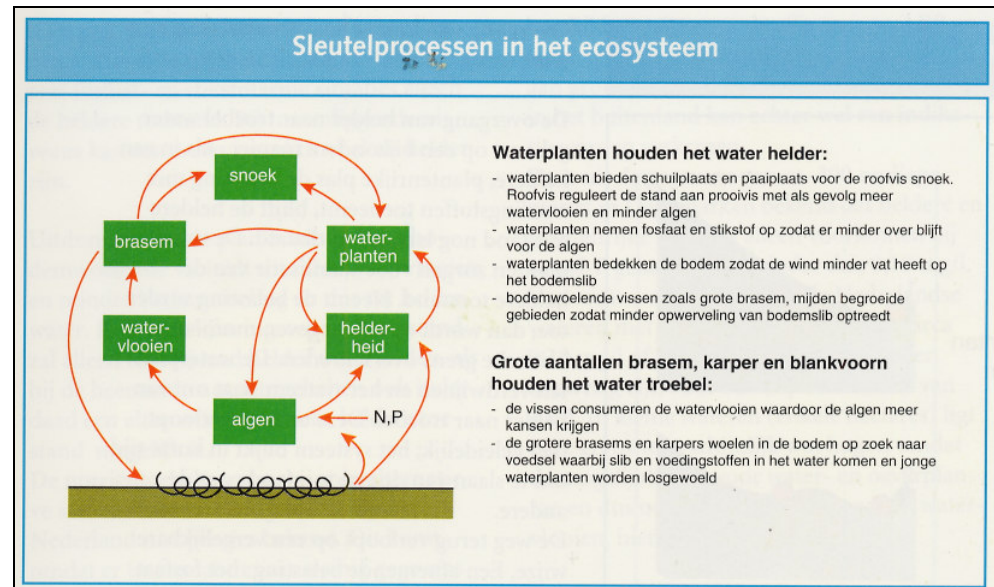
3.2

STABILISERENDE FACTOREN

De twee hoofdstadia die in de vorige paragraaf genoemd zijn, zijn beide stabiele situaties. Dit heeft te maken met de kringloop, waarin de beschikbaarheid van voedsel centraal staat. Nutriënten vormen de voedingsbron voor waterplanten en algen. De waterplanten bieden de snoek als roofvis goed leefmilieu om te jagen. De (relatief geringe groei van) algen zijn de voedselbron voor watervlooien, watervlooien zijn de voedselbron voor witvis zoals brasem, en de brasem is een prooivis voor de snoek (zie Figuur 3.13).

Figuur 3.13

Sleutelprocessen in het ecosysteem (uit: Hosper e.a. 1992)

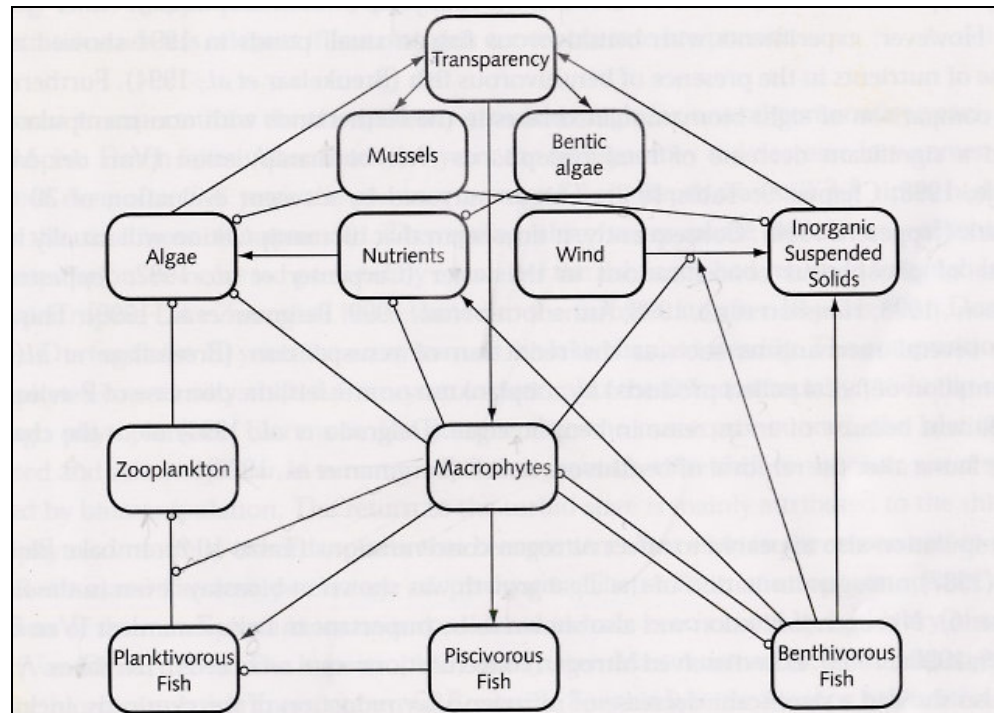


Bij toename van nutriënten nemen aanvankelijk alle onderdelen van de kringloop toe, maar door de terugkoppeling in de cyclus blijft het systeem stabiel met helder water en waterplanten. Bij een te sterke toename van de voedselrijkdom vindt er echter een omslag plaats, die veroorzaakt wordt door het feit dat de snoek op zeker moment niet verder in aantal kan toenemen (minimum areaal per individu). Dit betekent dat de snoek niet meer in staat is de brasem binnen de perken te houden, waardoor de brasem sterker in aantal kan toenemen. Watervlooien worden daardoor vrijwel volledig weggegeten, en door het ontbreken van watervlooien kunnen algen uitbundig gaan groeien. Het water wordt troebel, en waterplanten kunnen niet meer kiemen. Door het verdwijnen van waterplanten ontstaat een minder geschikt milieu voor de snoek, die vervolgens in aantal afneemt. Er is een nieuwe stabiele situatie ontstaan met troebel water, veel algen en brasem, maar weinig waterplanten, watervlooien en roofvissen. De troebelheid van het water wordt ook nog versterkt door het eetgedrag van de brasem, waarbij de bodem wordt omgewoeld (Hosper e.a., 1992; Hosper, 1997)

In deze benadering wordt de stabiliteit van de heldere, plantenrijke situatie in belangrijke mate toegeschreven aan de rol van de snoek als roofvis. Maar ook de waterplanten zelf hebben een stabiliserende werking op de helderheid van het water. In onderstaand figuur zijn diverse interacties tussen waterplanten en andere onderdelen van het ecosysteem aangegeven. Een toename van de hoeveelheid waterplanten leidt door al deze interacties tot een toename van de helderheid van het water (Meijer, 2000; zie Figuur 3.14)

Figuur 3.14

De invloed van waterplanten op de helderheid (uit: Meijer, 2000)



3.3

ERVARINGEN

Ervaringen met Actief Biologisch Beheer

In de zestiger en zeventiger jaren zijn veel Nederlandse wateren troebel geworden door toename van de voedselrijkdom (eutrofiering). Volgens het proces zoals dat in de vorige paragraaf is beschreven, namen algen in sterke mate toe, en verdwenen waterplanten. Het terugdringen van de eutrofiering heeft aanvankelijk in het teken gestaan van het terugdringen van de voedselrijkdom (N en P) van het water. Vanwege de stabiliserende factoren van de troebele situatie, bleef een omslag naar helder, plantenrijk water uit. Vanaf eind tachtiger jaren zijn experimenten uitgevoerd met Actief Biologisch Beheer (ABB). Hierbij werd de brasemstand drastisch uitgedund, met als doel de watervlooiën een kans tot ontwikkeling te geven. Door de filterende werking van de watervlooiën zou de algenmassa verminderen, het water helder worden, en waterplanten een kans krijgen terug te keren.

Uit evaluatie van de ABB-projecten in Nederland blijkt dat in ongeveer de helft van de gevallen succes geboekt werd (Meijer & de Boois, 1998). Belangrijk is dat de helderheid alleen toenam, als waterplanten tot ontwikkeling kwamen en gedurende het zomerseizoen ook aanwezig bleven.

Kranswieren

Bij de helderheid van wateren en het beperken van de algengroei spelen waterplanten een cruciale rol. Speciale aandacht in dit kader verdienen de Kranswieren. Veel waterplantensoorten kunnen bij een niet al te grote diepte, de gehele waterkolom bedekken, en daarmee hinder veroorzaken voor de recreatie (varen, zwemmen). Kranswievormen hierop echter een uitzondering.

De meeste waterplanten van harde wateren, zoals Waterpest, Aarvederkruid, Schede- en Doorgroeid fonteinkruid kunnen in ondiepe wateren de gehele waterkolom vullen. Hoewel ook Zannichellia en Tenger fonteinkruid wat dicht bij de bodem blijven, vormen met name kranswieren dichte matten die dicht bij de bodem blijven (Van den Berg & Coops, 1998). Kranswieren zijn vanwege deze

eigenschap ideale waterplanten voor situaties waarbij gestreefd wordt naar helder water (beperking algengroei) en tegelijk de bevaarbaarheid gegarandeerd moet blijven.

Bij de herkolonisatie door kranswieren is een aantal factoren belangrijk:

- De aanwezigheid en verspreiding van oösporen (generatieve voortplantingsorganen) en bulbillen (vegetatieve voortplantingsorganen).
- Concurrentie met andere waterplanten. Het gaat daarbij om factoren als licht, koolstof, moment van kieming, groeisnelheid.

Voor (her)kolonisatie van Kranswieren zijn naast maatregelen die de groei van waterplanten in algemene zin bevorderen, de volgende specifieke maatregelen mogelijk (Van den Berg & Coops, 1998):

- Verspreiden van oösporen of bulbillen. Kranswieren keren van nature alleen terug in meren en plassen waar bekend is dat ze van oudsher aanwezig waren. Dit wijst erop dat de aanwezigheid van oösporen in het sediment zelfs na lange tijd tot een snelle herkolonisatie leidt. Het verspreiden van oösporen of bulbillen is mogelijk een optie om een barrière in de verspreiding te overbruggen. Hiermee is nog weinig ervaring opgedaan. Waarschijnlijk zijn er zeer grote hoeveelheden sporen nodig om kansrijke entkernen te creëren.
- Gericht maaien op ca. 50 cm. boven de bodem. Ook hierover is nog weinig bekend, maar in theorie zou het maaien wel de gewenste positieve uitwerking moeten hebben. Door een mengvegetatie van fonteinkruid en kranswier op zo'n 50 cm boven de bodem af te maaien zou de beschaduwing van kranswier door fonteinkruid opgeheven kunnen worden. Het kranswier krijgt zo een beslissende voorsprong en kan het fonteinkruid wegconcurreren. In de praktijk van de Veluwerandmeren is gebleken dat zulke mengvegetaties uit zichzelf al veranderen waarbij het fonteinkruid in enkele jaren tijd volledig door een bijna exclusieve kranswiervegetatie vervangen wordt.

Om meer inzicht te krijgen in de mogelijkheden van deze methode zijn inmiddels proeven in het Veluwemeer uitgevoerd (van den Berg e.a., 2001). Ook is de concurrentie tussen kranswier en fonteinkruid en de invloed die maaien daarop heeft, modelmatig onderzocht (Coops e.a., 2002). Uit de proeven blijkt dat het selectief maaien van Doorgroeid fonteinkruid in een ondergroei van kranswier mogelijk is, mits secuur uitgevoerd. De bedekking van Doorgroeid fonteinkruid kan sterk worden gereduceerd en de planten groeien in beperkte mate terug. De effectiviteit van maaien neemt toe als het maaien op een later tijdstip wordt uitgevoerd. Als eerder in de zomer wordt gemaaid (voor 1 juni) is een tweede keer maaien nodig en mogelijk zelfs een derde keer.

Uit de modelberekeningen (Coops e.a., 2002) blijkt dat door maaien van vegetaties bestaande uit kranswier (*Chara aspera*) en Doorgroeid fonteinkruid (*Potamogeton perfoliatus*) de groei van fonteinkruid geremd kan worden en (daarmee) de groei van kranswier gestimuleerd. Zij concluderen dat in omstandigheden waarin beide soorten dominant kunnen zijn, een permanente verschuiving van dominantie van fonteinkruid naar kranswier mogelijk is.

Volgens van den Berg (pers. mededeling) zal het in de praktijk echter waarschijnlijk altijd nodig zijn om vegetaties waarin fonteinkruid van nature dominant is, te blijven maaien om een kranswieveld te kunnen handhaven.

Ervaringen met maaien

Het maaien van watervegetaties is een maatregel die op meer Nederlandse meren wordt toegepast met als doel de overlast voor recreatie te verminderen. Daarbij wordt meestal tegelijk ook gestreefd naar het behoud van de helderheid van het water. Voor het Veluwemeer is met regressiemodellen berekend welke bedekking van waterplanten nodig is om het water helder te houden. Voor het Veluwemeer bleek een bedekking van kranswieren op ten minste 70% van het meer noodzakelijk om een doorzicht van tenminste 1 m te behouden (website van het Platform Ecologisch Herstel Meren).

Maaien is ondermeer ook toegepast bij vegetaties van de Binnenschelde, de Gouwee, het Paterswoldermeer, de Waay en het Wolderwijd. De maatregel is altijd wel effectief, maar het resultaat is in ongeveer de helft van de gevallen (waarschijnlijk afhankelijk van de soort) kortstondig door een snelle hergroei. Dit betekent dat meerdere keren per jaar gemaaid moet worden (website van het Platform Ecologisch Herstel Meren).

Uit studies bij het RIZA blijkt dat het mogelijk is om met een gericht maai-beheer de soortensamenstelling van waterplanten te sturen. Maai-proeven bij de Gouwee geven aan dat planten na meerdere jaren maaien uitgeput lijken te raken. Bij een sterke reductie van waterplanten is het risico dat een meer weer omslaat naar troebel water reëel (website van het Platform Ecologisch Herstel Meren).

Maaimethoden:

De meeste ervaring is opgedaan met de maaiboot. Andere methoden zijn een boot met een maai-korf en de visnet-methode. Deze laatste methode is met wat aanpassingen goed te gebruiken om op een bepaalde hoogte te maaien en het maaisel af te voeren. Door Aqua Terra is de volgende methode ontwikkeld (zie ook foto's van Figuur 3.15). Een raamvormige constructie wordt te water gelaten. Aan de bovenzijde is een drijflichaam aangebracht, waardoor de bovenzijde altijd aan het oppervlak blijft. De maaihoogte is in te stellen door de zijkanten in- of uit te schuiven. Aan de onderzijde is een mes aangebracht. Aan het raam is een net bevestigd waar het maaisel in verzameld wordt. Het maaiwerk-tuig wordt naast een boot voortgesleept. Om opstopping van planten aan de tomen te voorkomen is het frame aan één zijde van het schep en aan de andere zijde aan het uiteinde van een uitstaande giek bevestigd. Zo blijft het maairaam naast de boot en buiten het schroefwater. Wanneer na verloop van tijd het net vol is, wordt het aan boord gehesen en geleegd. In kleinere afgesloten wateren kan het maaiwerk met één of twee kleinere bogen uitgevoerd worden. Afhankelijk van de dichtheid van de vegetatie kan per dag 3-10 ha gemaaid en afgevoerd worden. Het maaisel wordt doorgaans in een container afgevoerd naar een composteerinrichting.

Figuur 3.15

Maaimethode van Aqua Terra:
maaieren op vaste waterdiepte en
afvoeren maaisel (foto's RIZA)



3.4

BLAUWALGEN

In een aanzienlijk deel van de Nederlandse oppervlaktewateren zijn potentieel toxische blauwalgen (cyanobacteriën, blauwwieren) dominant gedurende een deel van de zomerperiode. Er zijn indicaties van een oorzakelijk verband tussen gezondheidsklachten van zwemmers en de aanwezigheid van toxische blauwalgen. Veel blauwalgen, waaronder toxische soorten, vertonen optimale groei bij hoge watertemperaturen. Juist in perioden met verhoogde recreatiedruk.

Over het algemeen geldt dat blauwalgen met minder licht toekunnen en zo in troebel water in het voordeel zijn ten opzichte van andere soorten. Daarbij komt dat een aantal soorten zoals *Anabaena*, *Microcystis* en *Aphenizomenon* kunnen migreren over de verticaal. Door regulatie van hun dichtheid kunnen ze een dusdanige positie innemen in de waterkolom, dat de lichtomstandigheden optimaal zijn voor de groei. Met name onder windstille omstandigheden als hun stijgsnelheden groter zijn dan de snelheden, die gepaard gaan met de verticale menging in de waterkolom, kunnen zicht grote hoeveelheden van deze algen aan het wateroppervlak verzamelen en worden drijfvlagen gevormd. Daar deze algen ook toxines kunnen vormen bestaat het gevaar dat in de gevormde drijfvlagen hoge concentraties toxines voorkomen.

Tabel 3.11

Aantal potentieel toxische en drijfslaagvormende algensoorten

Naam	Groep	Drijfslaag-vormend	Potentieel toxisch
<i>Microcystis</i>	Cyanobacteriën	ja	Ja
<i>Anabaena</i>	Cyanobacteriën	ja	Ja
<i>Aphanizomenon</i>	Cyanobacteriën	ja	Ja
<i>Lyngbya</i>	Cyanobacteriën	vrijwel niet	Ja
<i>Oscillatoria</i>	Cyanobacteriën	vrijwel niet	Ja
<i>Planktothrix</i>	Cyanobacteriën	vrijwel niet	Ja
Cyanophyta (overig)	Cyanobacteriën	?	?

In de STOWA rapportage “Toxische blauwalgen in recreatiewater” wordt aangegeven dat er in 1997 de potentieel toxische soorten *Microcystis* en *Anabaena* in het Bovenwater zijn aangetroffen. In 1998 wordt microcystine in gehalten aangetroffen net onder de voorlopige richtlijn voor recreatiewateren (3 ug microcystine/l). Het gaat hier om een eenmalige bemonstering, waarbij *Oscillatoria* en *Microcystis* de meest voorkomende toxische blauwalgen waren (STOWA, 2000).

HOOFDSTU

4 Voorstel voor maatregelen

4.1

INLEIDING

In dit hoofdstuk wordt een voorstel gedaan voor maatregelen. In paragraaf 4.2. worden eerst alle mogelijke maatregelen genoemd die een bijdrage kunnen leveren aan het realiseren van de doelstelling. Deze lijst van maatregelen wordt vervolgens beoordeeld aan de hand van 3 belangrijke criteria: de effectiviteit van de maatregel, de haalbaarheid en de kosten.

Effectiviteit

Onder effectiviteit van een maatregel wordt de mate verstaan waarin de overlast van algendrijflagen kan worden teruggedrongen. Onder het korte termijn wordt de eerste 2 tot 3 jaar verstaan. Het lange termijn effect is na 2004.

Haalbaarheid

Hierbij spelen vooral de randvoorwaarden die bij dit project gelden, een belangrijke rol. Door de opdrachtgever is aangegeven welke maatregelen niet in aanmerking komen. Deze randvoorwaarde is vooral gebaseerd op een inschatting van de maatschappelijke en bestuurlijke haalbaarheid van de maatregel.

Kosten

Bij deze eerste selectie is alleen een inschatting van de eenmalige en de jaarlijkse kosten gemaakt.

Op basis van deze 3 criteria valt een aantal van de mogelijke maatregelen af. In paragraaf 4.3 worden de overgebleven maatregelen nader onderzocht. Daarbij worden de volgende aspecten in beeld gebracht:

Bedrijfszekerheid.

De bedrijfszekerheid is de mate van betrouwbaarheid, waarmee gegarandeerd kan worden dat de maatregel resulteert in het beoogde effect.

Inpasbaarheid in de omgeving

De inpasbaarheid in de omgeving geeft aan of de maatregel goed aansluit bij de (natuurlijke) omgeving van het Bovenwater en niet remmend werkt op toekomstige ontwikkelingen.

Duurzaamheid

Met de duurzaamheid wordt bedoeld of de maatregel bron of effect gericht is en is ingeschat op basis van expert-judgement en ervaringen in soortgelijke projecten.

Realisatiekosten

De realisatiekosten zijn de kosten die nodig zijn voor de aanleg en realisatie van een maatregel. De kosten zijn inclusief voorbereiding, directievoering en omzetbelasting en zijn gebaseerd op basis van kentallen, specifieke kosten voor maatregelen.

Jaarlijkse kosten

Tot de jaarlijkse kosten behoort het jaarlijkse beheer en onderhoud van een maatregel. De kosten zijn inclusief omzetbelasting en zijn gebaseerd op basis van kentallen, specifieke kosten voor maatregelen.

Effecten op recreatie

Effecten op recreatie (zwemmen, vissen, zeilen; roeien, surfen).

Effecten op natuur

Effecten op de flora en fauna in en rondom het Bovenwater.

Effecten op het totale watersysteem

Effecten op het totale watersysteem, hierbij wordt ook het effect op de omgeving meegenomen.

4.2**MOGELIJKE MAATREGELEN***Aanleg van een hevel*

Met de aanleg van een hevel wordt het mogelijk water in te laten vanuit het Markermeer. Inlaat vanuit de Lage Dwarsvaart is dan niet meer nodig. Deze maatregel is reeds gepland en hoort eigenlijk bij de autonome ontwikkeling. In hoofdstuk 2 is reeds aangegeven wat het effect van deze maatregel is op de belasting van het Bovenwater met nutriënten. Deze verlaging van het nutriëntengehalte heeft als maatregel alleen waarschijnlijk niet voldoende effect om het water helder te houden en de uitbundige groei van algen te voorkomen. In combinatie met andere maatregelen, met name die waarbij een gedeeltelijke groei van waterplanten wordt gestimuleerd, is het verlagen van het nutriëntengehalte wel belangrijk. Hiermee wordt de kans op succes namelijk sterk vergroot.

Omdat de maatregel reeds gepland is, is niet verder naar de kosten of de haalbaarheid gekeken.

Zuiveren van inlaatwater

Door het ingelaten water chemisch voor te zuiveren kan het gehalte aan nutriënten (nog) verder verlaagd worden. Deze maatregel is met succes toegepast bijvoorbeeld bij het Naardermeer. Door deze maatregel zijn waterplanten teruggekeerd en is het water helder geworden. Er wordt echter vanuit gegaan, dat het toekomstige nutriëntengehalte (bij inlaat van Markermeerwater) reeds voldoende laag is. De effectiviteit van de maatregel is dus laag. Bij de kosten moet niet alleen rekening worden gehouden met aanlegkosten (met name een bezinkbassin), maar ook met jaarlijkse kosten voor de aankoop van chemicaliën en het periodiek baggeren van het bassin waarin de chemisch uitgevlokte nutriënten kunnen bezinken. Daarnaast wordt ingeschat dat de maatschappelijke acceptatie van de maatregel laag is: er wordt bijvoorbeeld ook gezwommen in het water, waaraan chemische middelen zijn toegevoegd.

Afvoeren maaisel

In de gemaaide plantenmassa zijn stikstof- en fosfaatverbindingen opgeslagen.

Als het maaisel niet wordt afgevoerd, breekt de plantenmassa af in het water, waarbij de opgeslagen nutriënten vrijkomen en in het water terecht komen. Door het maaisel af te voeren vindt een (permanente) afvoer van nutriënten plaats. Over de hoeveelheid nutriënten die hiermee worden afgevoerd, zijn twee bronnen gebruikt, die een vergelijkbaar resultaat opleveren:

- Koridon & Uunk (1981). De hoeveelheid stikstof en fosfaat die in de gemaaide waterplantenmassa is opgeslagen, is berekend voor het jaar 1978. De hoeveelheden bedragen: 19 kgN/ha en 1,7 kg P/ha. Dit komt overeen met 1,9 gN/m².jr en 0,17 gP/m².jr.
- Van den Berg e.a. (2001). Uit de maaiproeven op het Veluwemeer worden onttrekkingen van nutriënten door het maaien berekend van ca. 1 gN/m².jr en 0,2 gP/m².jr.

De externe belasting van het meer (sommatie belasting in zomer- en winterhalfjaar) in de toekomstige situatie bedraagt gemiddeld 2,85 gN/m².jr en 0,13 gP/m².jr. Het afvoeren van maaisel zal niet zozeer tot een afname van de voedselrijkdom van het water leiden, omdat de wortelende waterplanten hun nutriënten voor een belangrijk deel uit de bodem halen. Als het maaisel niet wordt afgevoerd, zal dit echter in het water afbreken waardoor de opgenomen nutriënten in het water vrijkomen. Dit leidt dus tot een extra belasting, die door afvoeren van het maaisel voorkomen kan worden. Bovendien bestaat de kans dat het maaisel bij elkaar gaat drijven, daar gaat rotten en tot een afname van het zuurstofgehalte leidt.

Baggeren

Door bodemslib te baggeren kan voorkomen worden dat nutriënten die in het bodemslib zijn opgeslagen, vrijkomen. Het is echter onduidelijk of er veel bodemslib aanwezig is, waarschijnlijk is dit niet het geval. Omdat bovendien het nutriëntengehalte bij de autonome ontwikkeling laag genoeg is, is de maatregel weinig effectief of zelfs zinloos. De kosten van baggeren zijn bovendien erg hoog.

Verdiepen

Door de bodem te verdiepen wordt het mogelijk waterplanten over een zeker oppervlak te laten groeien, terwijl toch watersport mogelijk blijft. De maatregel is (zeker in combinatie met het verlagen van het nutriëntengehalte zoals in de autonome ontwikkeling) waarschijnlijk zeer effectief. De kosten zijn echter zeer hoog. Mede om deze reden is door de opdrachtgever aangegeven dat deze maatregel niet in aanmerking komt.

Horizontaal zoneren waterplanten

Uit de theoretische achtergronden (hoofdstuk 3), maar ook uit de gegevens van het Bovenwater zelf (hoofdstuk 2), waaronder het experiment uit 2002, blijkt dat waterplanten nodig zijn om het water helder te maken en uitbundige algengroei te voorkomen. Een mogelijkheid om planten terug te laten keren is horizontaal zoneren: in bepaalde gebieden worden de planten niet gemaaid. Het gevolg is dat op die locaties waarschijnlijk ook niet meer gevaren kan worden. Om de algengroei voldoende te kunnen remmen, wordt een bedekking van waterplanten met ongeveer 40% aanbevolen. Dit betekent dat nog maar 60% van het meer bevaarbaar blijft. Dit is vrijwel zeker een onacceptabel klein gedeelte en dus als maatregel niet haalbaar. Hooguit kunnen veel kleinere gebieden, bijvoorbeeld de locaties van het experiment van 2002, niet meer gemaaid worden. Deze maatregel is alleen dan echter niet meer voldoende om uitbundige algengroei te voorkomen, en moet gecombineerd worden met verticale zonering van waterplanten (zie hieronder).

Verticaal zoneren waterplanten

Een andere methode om waterplanten gedeeltelijk tot ontwikkeling te laten komen, is het verticaal zoneren. Dit betekent dat waterplanten tot op zekere hoogte tot ontwikkeling mogen komen. Indien ze hoger groeien, worden ze op deze maximum hoogte afgemaaid.

Aangezien de vereiste vaardiepte ongeveer 1 meter is, en het water gemiddeld 1,30 meter diep is, is de beschikbare ruimte voor waterplanten gemiddeld 30 cm. Dit is erg weinig (een ruimte van 50 cm zou beter zijn), maar bedacht moet worden dat het om een gemiddelde waarde gaat: op plaatsen waar het meer dieper is, is de beschikbare ruimte voor planten groter en bij geringere diepte is er minder ruimte. Ingeschat wordt dat in totaal het benodigde oppervlak (40% van het meer) voldoende diepte

heeft om zowel ruimte te bieden aan een plantengroei nabij de bodem en een bevaarbaarheid van 1 meter.

De kans dat met deze maatregel algengroei voorkomen kan worden is groot, zeker in combinatie met de autonome ontwikkeling (afname nutriëntenbelasting). Een extra voordeel van deze methode is dat de groei van Kranswieren mogelijk gestimuleerd wordt (zie hieronder). Meer onzekerheid bestaat over het kunnen handhaven van de minimale vaardiepte. Bekend is dat sommige fonteinkruiden snel kunnen groeien. Aangezien het maaien van het hele meer waarschijnlijk enkele weken tijd kost, is het de vraag of dit snel genoeg is om de aangroei van waterplanten te kunnen bijhouden. Dit zal, zeker in de beginperiode, een goede monitoring vereisen, zodat eventueel alsnog op tijd kan worden ingegrepen. De kosten hangen sterk af van de vraag of het maaisel moet worden afgevoerd of niet. Zonder afvoeren zijn de kosten waarschijnlijk in dezelfde orde van grootte als de kosten van het huidige maai-beheer. Maaien met afvoeren is aanzienlijk duurder. Als wordt overgegaan op verticale zonering, is een goede voorlichting over doel en inhoud van de maatregel bij gebruikers van het water belangrijk.

Stimuleren van kranswieren

Kranswieren zijn waterplanten (of eigenlijk macro-algen) die niet erg hoog worden. Bij voldoende waterdiepte blijft een gedeelte van de waterkolom dus vrij voor scheepvaart. In feite ontstaat er een verticale zonering. Kranswieren zijn effectief in staat om het water helder te houden en uitbundige groei van vrijzwevende algen te voorkomen, zoals blijkt uit gegevens van het Veluwerandmeer. In de eerste jaren na aanleg van het Bovenwater zijn kranswieren in lage aantallen tot ontwikkeling gekomen. Dit is belangrijk, omdat daarmee zeker is, dat het Bovenwater in principe een geschikt milieu voor kranswieren is. Door het maai-beheer vanaf het begin, en zeker door het vegen dat later is toegepast, zijn de kranswieren waarschijnlijk volledig verdwenen. Kranswieren kunnen echter kiemen (oösporen en bulbillen) in de bodem achterlaten, die jarenlang hun kiemkracht kunnen behouden. Om kranswieren terug te krijgen zouden de volgende maatregelen uitgevoerd kunnen worden:

- Onderzoeken of er voldoende oösporen en bulbillen in het sediment aanwezig zijn.
- Eventueel plas enten met oösporen en/of bulbillen.
- Gericht maaien op 50 cm. boven de bodem.

Zoals eerder gezegd is het ondiep maaien ook een goede methode om een verticale zonering te krijgen. Deze maatregel kan dus ook uitgevoerd worden, zonder het onderzoek naar oösporen of bulbillen en zonder het enten daarmee. De vegetatie blijft bij die aanpak wel kort, maar de terugkeer van kranswieren is veel minder zeker. Op plaatsen waar kranswieren groeien, zal op termijn mogelijk niet meer gemaaid hoeven te worden. Over de kosten en het maatschappelijk draagvlak (haalbaarheid) van de maatregel: zie onder “verticaal zoneren waterplanten”.

Resultaat eerste beoordeling maatregelen

De beoordeling van bovengenoemde maatregelen op basis van de criteria, zoals in paragraaf 4.1 zijn genoemd, is in Tabel 4.12 samengevat.

Tabel 4.12

Resultaat eerste beoordeling maatregelen

Maatregel	Effectiviteit	Kosten	Haalbaarheid
Aanleg hevel	Effectief in combinatie met gedeeltelijke groei van waterplanten	Autonome ontwikkeling	Autonome ontwikkeling
Chemisch zuiveren inlaatwater	Bij autonome ontwikkeling niet nodig.	Aanlegkosten en jaarlijkse kosten voor aankoop chemicaliën en periodiek baggeren bezinkbassin	Laag
Afvoeren maaisel	Nuttig: extra nutriëntenbelasting wordt	Waarschijnlijk hoog	Geen maatschappelijke weerstand

	voorkomen		
Baggeren	Weinig slib aanwezig en daarmee weinig zinvol	Zeer hoog	Geen maatschappelijke weerstand
Verdiepen bodem	Zeer effectief, zeker bij autonome ontwikkeling nutriëntengehalte	Zeer hoog	Maatschappelijke weerstand
Horizontaal zoneren waterplanten	Zeer effectief, zeker bij autonome ontwikkeling nutriëntengehalte	Vergelijkbaar met kosten huidig maaibeheer	Op gewenste schaal onacceptabel: te geringe oppervlakte voor bevaarbaarheid.
Verticaal zoneren waterplanten	Effectiviteit afhankelijk van areaal met voldoende waterdiepte	Zonder afvoeren maaisel: vergelijkbaar met kosten huidig maaibeheer. Met afvoeren: aanzienlijk duurder.	Maatschappelijk draagvlak creëren
Stimuleren kranswieren	Effectiviteit afhankelijk van areaal met voldoende waterdiepte	Geen hoge extra kosten	Maatschappelijk draagvlak creëren

Geconcludeerd wordt dat het aanleggen van de hevel een goede maatregel is om het nutriëntengehalte te verlagen. Deze maatregel is echter onvoldoende om het water helder te maken en de uitbundige groei van algen te voorkomen. Van de overgebleven maatregelen is het gedeeltelijk tot ontwikkeling laten komen van waterplanten een noodzakelijke aanvullende maatregel. Voor de onderbouwing van deze stelling wordt verwezen naar hoofdstuk 3. Het afvoeren van maaisel is, hoewel kostbaar, toch een gewenste aanvullende maatregel. De overige maatregelen (chemisch zuiveren inlaatwater, baggeren, verdiepen) vallen om reden van kosten en haalbaarheid af.

De meest kansrijke aanpak die overblijft is als volgt samen te vatten:

- Door aangepast maaien (op 1 meter diepte) een verticale zonering van waterplanten aanbrengen. Met deze aanpak wordt tevens de groei van kranswieren gestimuleerd.
- Maaisel bij voorkeur afvoeren.
- Zo mogelijk enkele kleinere hoeken van de plas in het geheel niet maaien (horizontale zonering, maar op een zeer beperkt areaal).

In de volgende paragraaf zal deze aanpak verder toegelicht en beoordeeld worden.

4.3

NADERE BEOORDELING KANSRIJKE MAATREGELLEN

In deze paragraaf worden de overgebleven maatregelen nader onderzocht en beoordeeld op de aspecten zoals aangegeven in paragraaf 4.1.

4.3.1

VERTICAAL ZONEREN

Bedrijfszekerheid.

Het is vrij zeker dat het laten groeien van waterplanten effectief zijn om overmatige algengroei te voorkomen en het water helder te houden. Hierover bestaat eigenlijk geen twijfel. Ook wordt op grond van de experimenten uit 2002 de kans op hergroei van waterplanten hoog ingeschat. Een mogelijke reden waarom plantengroei niet volledig op gang kan komen, is de samenstelling van de visstand. De aanwezigheid van karpers en graskarpers kan de plantengroei beperken, maar ook een

grote hoeveelheid witvis die de bodem omwoelt. Het zou daarom goed zijn om een visstandbemonstering uit te voeren, zodat hierover recente informatie beschikbaar komt. De laatste visstandbemonstering is 6 jaar geleden uitgevoerd.

Veel onzekerder is of de planten bij een verticale zonering voldoende laag gehouden kunnen worden en dus of de bevaarbaarheid van het meer gegarandeerd kan worden. Dit is vooral afhankelijk van de snelheid waarmee gemaaid kan worden. Dit is niet alleen afhankelijk van de ingezette middelen, maar vooral ook van de keuze om het maaisel wel of niet af te voeren. Het afvoeren van maaisel is zeer tijdrovend en het maaien van het hele meer gaat dan relatief veel tijd kosten: waarschijnlijk 30-45 dagen. Zonder afvoeren kan het meer in 10-15 dagen gemaaid worden. Voor het afvoeren van maaisel: zie paragraaf 4.3.2.

Inpasbaarheid in de omgeving

De maatregel heeft geen (negatieve) gevolgen voor de inpassing in de omgeving.

Duurzaamheid

De verwachting is dat door maaien op hoogte de groei van kranswieren gestimuleerd worden en dat op een deel van het oppervlak deze waterplanten de dominante soort kunnen worden. Op die plekken zal maaien op den duur mogelijk minder intensief worden. Zeker op plekken waar hoger groeiende waterplanten (met name fonteinkruiden) dominant worden, zal permanent gemaaid moeten worden. Dat is overigens bij de huidige maaimethode ook het geval.

Realisatiekosten

Er zijn geen inrichtingskosten. Als echter blijkt dat er teveel karpers en graskarpers aanwezig zijn, kan het nodig zijn deze weg te vangen.

Jaarlijkse kosten

De jaarlijkse kosten zijn sterk afhankelijk van de keuze om het maaisel wel of niet af te voeren. Door Aqua Terra zijn globale indicaties van kosten aangegeven, die toegesneden zijn op de situatie van het Bovenwater (oppervlak, diepgang, bereikbaarheid).

Uitgaande van twee maaibeurten bedragen de jaarlijkse kosten voor het maaien waarbij het maaisel wordt afgevoerd ca. € 100.000 - € 150.000 per jaar.

Het maaien zonder afvoeren gaat aanzienlijk sneller. De kosten voor het maaien bedragen dan € 30.000 - € 40.000 per jaar (eveneens uitgaande van twee maaibeurten).

Als de maatregel gecombineerd wordt met het horizontaal zoneren van waterplanten (gedeelten niet maaien), is het oppervlak dat verticaal gezoneerd moet worden kleiner. De kosten worden daarmee lager.

Effecten op recreatie

Indien het mogelijk is de bevaarbaarheid te handhaven zijn er geen negatieve gevolgen voor de zeilsport. Voor zwemmers zullen de waterplanten echter overlast veroorzaken. Het zal dus nodig zijn nabij de zwemstranden tot op de bodem te maaien. Anderzijds is het belangrijk dat de overmatige groei van blauwalgen voorkomen wordt, en dus de zwemfunctie vanuit dat aspect niet meer in gevaar kan komen. De belevingswaarde voor recreanten in het algemeen zal verhoogd worden: helder, plantenrijk water is aantrekkelijker om naar te kijken. De hengelsport zal zich op de nieuwe situatie moeten aanpassen. Het water zal aantrekkelijk viswater blijven.

Effecten voor omwonenden

De overlast door overmatige algengroei wordt voorkomen. De belevingswaarde zal verhoogd worden (helder, plantenrijk water). Zie echter ook de opmerkingen onder het afvoeren van maaisel (paragraaf 4.3.2).

Effecten op natuur

Helder, plantenrijk water zonder overmatige groei van algen biedt meer kansen voor de natuur dan een situatie met troebel water en algen. Er ontstaat een soortenrijker ecosysteem met vertegenwoordigers van diersoorten uit alle tropische niveaus.

4.3.2**AFVOEREN MAAISEL***Bedrijfszekerheid.*

Vanuit het oogpunt van het voorkomen van extra nutriëntenbelasting is het afvoeren van maaisel gewenst. Hiervoor zijn recentelijk methoden ontwikkeld die een vrij grote mate van bedrijfszekerheid hebben. Een mogelijk probleem is wel de snelheid waarmee gewerkt kan worden, en of deze voldoende is om het hele meer op tijd te kunnen maaien.

Inpasbaarheid in de omgeving

Het afgevoerde maaisel zal tijdelijk opgeslagen moeten worden in containers. Hiervoor kan waarschijnlijk wel een geschikte locatie ingericht worden, die geen overlast voor de omgeving veroorzaakt.

Duurzaamheid

Indien kranswieren door de aangepaste maaimethode gestimuleerd worden, hoeft er mogelijk in de toekomst minder materiaal worden afgevoerd. Er zal echter altijd gemaaid moeten worden, wat betekent dat er altijd maaisel geproduceerd zal worden.

Realisatiekosten

Mogelijk moet een geschikte locatie aan de wal gemaakt worden voor opslag en vervoer van het maaisel. Mogelijk moet ook een voorziening gemaakt worden om de maaiboten te water te laten. De kosten hiervoor worden als p.m.-post opgenomen.

Jaarlijkse kosten

Het afvoeren van maaisel bedraagt ongeveer € 200,- per container van 15 m³. Volgens Koridon & Uunk (1981) bedraagt de droge stof-productie van waterplanten in het Bovenwater 700-1000 kg/ha, wat ongeveer neerkomt op 7000-10.000 kg versgewicht. Van den Berg e.a. (2001) vinden bij het maaien op 1 meter diepte een versgewicht van 7500 kg/ha. Uitgaande van deze laatste hoeveelheid betekent dit voor het hele Bovenwater (135 ha) een hoeveelheid van ca. 1.000.000 kg. De kosten bedragen ca. € 13.000,- Als een gedeelte van het Bovenwater niet gemaaid wordt (combinatie met horizontaal zoneren) zijn de kosten lager.

Effecten op recreatie

Maaisel dat niet wordt afgevoerd kan tot overlast leiden, doordat het gaat drijven, bij elkaar waait en daar gaat rotten. Het afvoeren van maaisel voorkomt deze overlast. Verder zijn er geen andere gevolgen voor varen, zwemmen en vissen.

Effecten voor omwonenden

Ook voor omwonenden geldt dat het afvoeren van maaisel overlast door rottend maaisel voorkomt.

Effecten op natuur

Indien het maaisel niet wordt afgevoerd en gaat rotten, kunnen plaatselijk zuurstofarme omstandigheden optreden. Dit kan plaatselijk tot sterfte van dieren veroorzaken, hoewel de meeste dieren de slechte omstandigheden ook kunnen ontvluchten.

4.3.3

HORIZONTAAL ZONEREN

Bedrijfszekerheid

Omdat deze maatregel slechts op een klein areaal van het meer toegepast kan worden (om voldoende groot bevaarbaar areaal over te houden), is het effect van deze maatregel alleen onvoldoende om tot een gewenst resultaat te komen. De maatregel is echter wel zinnig als aanvullende maatregel over een veel kleiner areaal (op plaatsen waar niet gevaren wordt), naast het verticaal zoneren van waterplanten. Door de combinatie van deze maatregelen wordt de bedrijfszekerheid (namelijk: het voorkomen van overmatige algengroei) hoger.

Inpasbaarheid in de omgeving

De maatregel heeft geen (negatieve) gevolgen voor de inpassing in de omgeving.

Duurzaamheid

De plaatsen waar niet gevaren wordt, en dus in aanmerking komen om niet gemaaid te worden, betreffen voornamelijk plaatsen langs de oevers, zoals langs de rietkraag langs de IJsselmeerdijk. Hoewel er geen echte ondieptes in de plas zijn, bestaat toch de kans dat deze locaties op den duur dichtslibben en/of verlanden. Op langere termijn is het dus mogelijk dat deze locaties een keer opgeschoond moeten worden.

Realisatiekosten

Er zijn geen realisatiekosten aan deze maatregel verbonden.

Jaarlijkse kosten

Er zijn geen jaarlijkse kosten aan de maatregel verbonden.

Effecten op recreatie

Bij een juiste locatie-keuze zijn er geen gevolgen voor zeilers of zwemmers. Ook voor vissers zijn er geen (negatieve) gevolgen.

Effecten voor omwonenden

Er zijn geen (negatieve) effecten voor omwonenden

Effecten op natuur

Er wordt een positief effect verwacht van deze maatregel. Het verhoogt de diversiteit aan leefomstandigheden en verhoogt de kans op toename van de biodiversiteit.

4.3.4

CONCLUSIES EN VOORSTEL MAATREGELEN

Het verticaal zoneren biedt goede perspectieven. Combinatie met horizontaal zoneren van waterplanten over een klein areaal is wenselijk en ook goed mogelijk. Het afvoeren van maaisel is wenselijk, maar zo kostbaar dat dit niet haalbaar wordt geacht. Bovendien bestaat de kans dat het maaien dan zoveel tijd in beslag gaat nemen (30 á 45 dagen per maaibeurt), dat de aangroei van waterplanten niet op tijd kan worden bijgehouden. Ook in z'n algemeenheid is het niet duidelijk hoe snel waterplanten hergroeien, en hoe vaak er gemaaid moet worden. De verwachting is dat er zeker twee maal gemaaid moet worden, en mogelijk zelfs drie maal. Vanwege deze onzekerheden is een goede monitoring van de groei en hergroei van waterplanten noodzakelijk. Ook wordt aanbevolen om een visstandbemonstering uit te voeren, omdat deze mogelijk de groei van waterplanten kunnen belemmeren. Als dit inderdaad het geval blijkt te zijn, kan het nodig zijn een uitdunningsvisserij uit te voeren.

HOOFDSTU 5

Planning en kosten

5.1

WERKPLAN

Het volgende werkplan wordt voorgesteld.

- Onderstaand werkplan zo spoedig mogelijk bespreken met belanghebbenden en omwonenden.
- Zo spoedig mogelijk een visstandbemonstering uitvoeren. Een visstandbemonstering kan nog tot eind april uitgevoerd worden. Op basis van de uitkomsten kan eventueel besloten worden om een uitdunningsvisserij uit te voeren.
- Locaties waar niet gevaren wordt, niet meer maaien (horizontale zonering). Deze locaties moeten in overleg vastgesteld worden. Als uitgangspunt kunnen de locaties genomen worden die voor het experiment van 2002 niet gemaaid zijn.
- Op de rest van het meer de waterplanten op een diepte van 1 meter te maaien, zonder afvoeren.
- Een monitoringsprogramma opzetten, waarmee de groei en de hergroei van waterplanten nauwlettend wordt gemonitord. Op basis van deze monitoring moet beslist worden wanneer de eerste en volgende maaibeurten plaats moeten vinden. Aangeraden wordt vanaf eind mei tot en met half augustus wekelijks een inspectie uit te voeren.
- Bijhouden wanneer en waar maaisel aanspoelt. Indien dit tot overlast leidt, het maaisel verwijderen.
- Controleren of de waterplanten nabij de zwemstranden geen overlast veroorzaken; zonodig maatregelen nemen
- De overige aspecten van de waterkwaliteit monitoren volgens het programma van het Waterschap. Het waterschap heeft thans een monitoringsprogramma dat om de 4 jaar wordt uitgevoerd (zie bijlage 5). Aanbevolen wordt dit programma jaarlijks uit te voeren.
- Aan het eind van het seizoen het gevoerde beheer evalueren en op basis daarvan zonodig bijstellen.

5.2

KOSTEN

De kosten zijn gebaseerd op de volgende gegevens:

- Visstandbemonstering: opgave volgens OVB. Bemonstering met zegen (1 dag) en rapportage.
- Maaien van waterplanten. Opgave van Aqua Terra: Zonder afvoeren van maaisel kan per dag ongeveer 10-15 ha gemaaid worden. De kosten per dag (boot, 2 mensen) bedragen ongeveer € 1.500. Mobilisatie en voorbereiding: ca. € 1.500. Voor de berekening van de totale kosten is uitgegaan van een te maaien oppervlak van 135 ha en twee maaibeurten per jaar.
- Monitoring vegetatie: 13 halve dagen bemonsteren; uurtarief € 115,- Inclusief voorbereiding en rapportage: € 7.000.

Voor de overige maatregelen zijn geen externe kosten verbonden of zijn als PM-post opgenomen. Een overzicht van alle kosten is opgenomen in Tabel 5.13.

Tabel 5.13

Kosten voorgestelde maatregelen

Maatregel	Enmalige kosten	Jaarlijkse kosten
Visstandbemonstering	€1.200,-	-
Uitdunningsvisserij	P.M.	-
Niet maaien van enkele randen in hoeken	-	-
Overig deel op 1 meter waterdiepte maaien.	-	Uitgaande van twee maaibeurten: €30.000 tot €40.000
Monitoring vegetatie	-	€7.500
Monitoren aanspoelen maaisel, zonodig afvoeren	-	Door gemeente / PM
Monitoren zwemstranden, zonodig maatregelen nemen	-	Door gemeente /PM
Monitoring overige aspecten waterkwaliteit	-	Door waterschap

BIJLAG 1

Literatuur

- Anoniem, 1991. Bovenwater boven water. Dienst Stadsontwikkeling en Openbare Werken, gemeente Lelystad.
- ARCADIS, 1999. Wateraanvoer naar 't Bovenwater en villapark Hollands Hout. In opdracht van Heemraadschap Fleverwaard. ARCADIS Heidmij advies.
- Berg, M.S. van den & H. Coops, 1998. Kranswieren: waardevol voor waterbeheer. RIZA Rijksinstituut voor Integraal Zoetwaterbeheer en Afvalwaterbehandeling.
- Berg, M.S. van den, M. Kolen & H. Coops, 2001. Maaien van waterplanten in het Veluwemeer. Onderzoek naar methoden en effecten. RIZA
- Coops, H., E.H. van Nes, M.S. van den Berg & G.D. Butijn, 2002. Promoting low-canopy macrophytes to compromise conservation and recreational navigation in a shallow lake. *Aquatic Ecology* 36: 483-492.
- Gerlach, G. & R.B. Zoetemeyer, 1997. Rapport visserijkundig onderzoek Bovenwater te Lelystad, uitgevoerd in opdracht van de Gemeente Lelystad. OVB, Organisatie ter verbetering van de Binnenvisserij.
- Hosper, S.H., M.L. Meijer & P.A. Walker, 1992. Handleiding Actief Biologisch Beheer. RIZA Rijksinstituut voor Integraal Zoetwaterbeheer en Afvalwaterbehandeling; OVB Organisatie ter Verbetering van de Binnenvisserij.
- Hosper, H., 1997. Clearing Lakes, an ecosystem approach to the restoration and management of shallow lakes in the Netherlands. Proefschrift Landbouwniversiteit Wageningen.
- Huis in 't Veld, F., M. Klinge, R. Torenbeek & D.A. de Vries, 1998. Ecologisch Herstel Zuidlaardermeer. Achtergronden gefaseerde aanpak en resultaten 1996 en 1997. Witteveen + Bos raadgevende ingenieurs, Zuiveringsschap Drenthe, Zuiveringsbeheer Provincie Groningen.
- Koridon, A.H. & E.J.B. Uunk, 1981. Waterplantengroei, -bestrijding en waterkwaliteit in de zeilplas "Het Bovenwater". Werkdocument. Ministerie van Verkeer en Waterstaat, Rijksdienst voor de IJsselmeerpolders.
- Meijer, M.L. & I. de Boois, 1998. Actief Biologisch Beheer in Nederland. Evaluatie Projecten 1987 – 1996. RIZA Rijksinstituut voor Integraal Zoetwaterbeheer en Afvalwaterbehandeling.
- Meijer, M.L., 2000. Biomanipulation in the Netherlands. 15 years of experience. Proefschrift Universiteit Wageningen.
- Oranjewoud, 1991. Beheerplan 't Bovenwater. In opdracht van Gemeente Lelystad, Dienst Gemeentewerken, afdeling Groen, Recreatie en Natuur.
- STOWA, 2000. Toxische blauwalgen in recreatiewateren. Rapportnummer 2000-20.
- Zoetemeyer, R.B. & A. van der Spiegel, 1992. Rapport visserijkundig onderzoek Bovenwater te Lelystad, 8 en 9 januari 1992, uitgevoerd in opdracht van Gemeente Lelystad. OVB, Organisatie ter verbetering van de binnenvisserij.

BIJLAG 2

Eisen Wet Hygiëne en Veiligheid Zwemwateren (WHVZ)

Tabel B 2.12

Eisen WHVZ

Paramater	Eenheid	Norm
Doorzicht	meter	Groter of gelijk aan 1
Zuurgraad	pH	Groter dan of gelijk aan 6,5 en kleiner dan of gelijk aan 9,0
Zuurstof	MgO2/l	Groter of gelijk aan 5
Faecale streptococcen	Aantal kolonies per ml	De mediane waarde moet kleiner of gelijk zijn aan 3
Thermotolerante E. coli (44°C)	Aantal kolonies per ml	Kleiner of gelijk aan 20
E.coli (37°C)	Aantal kolonies per ml	Kleiner of gelijk aan 100

BIJLAG 3 Gegevens vegetatie

Uit Koridon & Uunk, 1981:

- 1977: weinig waterplanten, wel explosieve ontwikkeling van riet. Door vele malen de bovengrondse delen bij de bodem af te maaien en zo de rietstengels onder water te houden, gelukte het de voorraad reservestoffen in de wortelstokken uit te putten en de hergroei van riet tot een minimum te beperken.
- 1978: vanaf mei dichte massa aan waterplanten. Voornamelijk fonteinkruid-soorten (Tenger-, Schede- en Doorgroeid fonteinkruid), maar ook flap en Aarvederkruid. In geringe tot matige hoeveelheid komen ook kranswieren voor. De waterplanten zijn nu reeds beperkend voor de bevaarbaarheid. Er wordt voor de eerste maal geveegd in de periode 6 juni – 17 juli. Op 30 juli waren schede- en tengerfonteinkruid aan de zijden langs de Knardijk en Houtribweg volledig hergroeid.
- 1979: Aspectbepalend zijn: schede- en tenger fonteinkruid en aarvederkruid. Er zijn minder kranswieren (nog maar enkele tientallen exemplaren), maar Zannichellia neemt toe. Er is minder flap. De zeilers ondervinden veel hinder van de waterplanten.
- 1980: Weer veel waterplanten, maar nu meer pleksgewijs. In juni is besloten de planten te bestrijden. Bij de hergroei, die snel optrad, was schedefonteinkruid de dominante soort.

Inventarisatie Heemraadschap 1994/1995

In opdracht van gemeente Lelystad is door het Heemraadschap Fleverwaard op 28/29 juni 1994 een inventarisatie van de waterplanten uitgevoerd. In totaal zijn 27 raaien uitgezet, die om de 100 meter zijn geïnventariseerd. Er werden 8 plantensoorten aangetroffen. Op de meeste lokaties werd een bedekking tot 15% aangetroffen. Op 16% van de lokaties werd een bedekking tot 50% aangetroffen. Het percentage lokaties met een nog hogere bedekking bedroeg slechts 1,5%. De meest aangetroffen plantensoort was Tenger fonteinkruid (*Potamogeton pusillus*). Daarnaast komen ook Schede- en Doorgroeidfonteinkruid (*Potamogeton pectinatus* en *P. perfoliatus*) regelmatig voor. Lokaal zijn kleine veldjes met Kranswieren (*Characaea*) waargenomen.

In Tabel Bijlage 3.13 en Bijlage 3.14 zijn samenvattingen van de vegetatie-opnamen weergegeven van 1994 en 1995

Tabel B 3.13

Aangetroffen plantensoorten met voorkomen per bedekkingsgraad (in percentage van alle opnames; aantal opnames 192) in 1994.

Plantensoort	Bedekkings- graad O (% opnames)	Bedekkings- graad I (% opnames)	Bedekkings- graad II (% opnames)	Bedekkings- graad III (% opnames)
Schede fonteinkruid	85	14	2	0
Tenger fonteinkruid	11	79	9	1
Doorgroeid fonteinkruid	88	13	0	0
Gekroesd fonteinkruid	93	7	0	0
Darmwier	75	24	1	0
Draadwier	97	3	0	0
Kranswier	83	13	4	1
Zittende zannichellia	99	1	0	0
Aarvederkruid	100	0	0	0
Totaal	7	74	17	3

Bedekkingsgraad: O = niet aanwezig, I = 0-15 %, II = 16-50 %, III = 51-100 %

Tabel B 3.14

Aangetroffen plantensoorten met voorkomen per bedekkingsgraad (in percentage van alle opnames; aantal opnames 192) in 1995.

Plantensoort	Bedekkings- graad O (% opnames)	Bedekkings- graad I (% opnames)	Bedekkings- graad II (% opnames)	Bedekkings- graad III (% opnames)
Schede fonteinkruid	79	11	10	1
Tenger fonteinkruid	32	34	22	12

Doorgroeid fonteinkruid	90	6	3	1
Gekroesd fonteinkruid	96	4	0	0
Darmwier	97	2	1	0
Draadwier	90	9	2	0
Kranswier	95	3	2	1
Zittende zannichellia	100	0	0	0
Aarvederkruid	91	6	3	0
Totaal	24	32	30	15

Bedekkingsgraad: O = niet aanwezig, I = 0-15 %, II = 16-50 %, III = 51-100 %

Uit ARCADIS (1999):

Tot enkele jaren geleden kenmerkte 't Bovenwater zich als een helder, door waterplanten gedomineerd systeem. In 1994 en 1995 werden in respectievelijk juni en juli inventarisaties van de waterplanten gemaakt. In 1994 was het doorzicht tijdens de opnamen gemiddeld 1 m (0,6-1,05 m). Per 1996 wordt nagenoeg permanent gemaaid. Uit een globale inspectie bleek dat in augustus 1997 ook langs de randen geen waterplanten meer aanwezig waren. De vraag is of dit komt omdat er geen waterplanten meer groeien of omdat alle planten zijn afgemaaid (ARCADIS, 1999). Momenteel (=1999) wordt van week 25 t/m week 35 ca. 40 uur per week gemaaid. Dit gebeurt langs de randen van en de zeilroutes over 't Bovenwater. Enkele jaren geleden werd er nog 80 uur per week gemaaid. Omdat de waterplanten nu minder snel groeien, wordt er minder gemaaid. Het gemaaide materiaal drijft weg en komt in de rietkraag langs en op de oevers terecht. 't Bovenwater is troebel en het doorzicht is de laatste jaren afgenomen (ARCADIS, 1999).

Recente gegevens van het Waterschap Fleverwaard

Vooruitlopend op het beheersadvies, dat in dit rapport gemaakt wordt, is 2002 een proef met het horizontaal zoneren van waterplanten uitgevoerd. Op een zestal plaatsen, langs oever en buiten de zeilrakken, is er niet gemaaid. In week 20 was op deze locaties (en ook elders in het meer) geen groei van waterplanten zichtbaar. Het doorzicht was in deze week 1 tot 1,2 meter. In week 22/23 is in het meer met maaien begonnen, maar de genoemde 6 locaties werden niet gemaaid. Het bleek dat op deze locaties de waterplanten zich goed ontwikkelden. De voornaamste waterplanten die voorkwamen waren Schedefonteinkruid en plaatselijk Hoornblad. Tegen de afspraken in zijn in week 33 ook de genoemde 6 locaties gemaaid. In week 36 is er gestopt met maaien, omdat er nergens meer waterplanten waren.

BIJLAG 4 Geplande maatregelen

Er zijn in de nabije toekomst een tweetal maatregelen in en rondom het Bovenwater gepland:

Hevel in Markermeerdijk

Medio 2003 wordt er een hevel aangelegd in de Markermeerdijk. Deze hevel wordt gelijktijdig met de dijkverzwaring aangelegd. De hevel zorgt ervoor dat het niet meer noodzakelijk is om water in te laten vanuit de Lage Dwarsvaart om het peil in het Bovenwater te handhaven.

Toenemende recreatieve druk bij “Het strand”

De verwachting is dat de recreatieve druk bij “het strand” zal toenemen. Op deze plaats rondom het meer zijn de zeilschool, de scouting en de camping gesitueerd. Daarnaast fungeert deze plaats als opstaptelek voor kanoërs en surfers.

Zie verder kaart met aantekeningen van Hans op de kaart die we telkens kwijt zijn.

BIJLAG 5

Monitoringsprogramma waterkwaliteit

Hieronder is het bestaande monitoringsprogramma van het Waterschap Zuiderzeeland voor het Bovenwater aangegeven. Dit meetprogramma wordt thans om de 4 jaar uitgevoerd. Aanbevolen wordt dit programma (voorlopig) jaarlijks uit te voeren.

Locatie 00599 Hydrobiologisch meetpunt Meren en Plassen

Pakketten

HBV1 (1X)	Moederlaag waterbodem Hellingshoek oever
ZO01 (6X)	Kjeldahl stikstof Ammonium Nitraat + nitriet Nitriet Ortho-fosfaat Chloride Totaal fosfaat Sulfaat
ZO05 (4X)	Fenolalkaliniteit Totaal alkaliniteit Calcium Kalium Natrium Magnesium
ZO51 (6X)	Chlorofyl
HB01 (1X)	Macrofyten en Helofyten (juli/aug)
HB03 (8X)	Fytoplankton
HB05 (2X)	macrofauna (apr/juni en aug/okt)

Locatie 00700 Zwemwatermeetpunt

Pakketten:

ZOV1 (12X)

ZOV4 (12X)

Zo21 (12x)