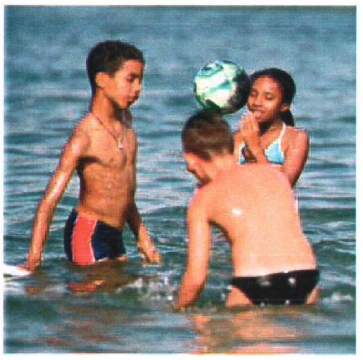
Witteveen + Bos

water
infrastructuur
milieu
bouw

Provincie Groningen

Onderzoek zwemwaterproblemen Proostmeer Wagenborgen

Hoofdrapport



Witteveen+Bos
Van Twickelostraat 2
postbus 233
7400 AE Deventer
telefoon 0570 69 79 11
telefax 0570 69 73 44

Witteveen + Bos

water
infrastructuur
milieu
bouw

Provincie Groningen

Onderzoek zwemwaterproblemen Proostmeer Wagenborgen

Hoofdrapport

onze referentie	projectcode	status
WAG1-1/panh/003	WAG1-1	definitief
projectleider	**projectdirecteur**	**datum**
ir. N.G. Jaarsma	ir. Th.G.J. Witjes	4 december 2003

autorisatie	naam	paraaf
goedgekeurd	drs. M. Klinge	h/o

Witteveen+Bos
van Twickelostraat 2
postbus 233
7400 AE Deventer
telefoon 0570 69 79 11
telefax 0570 69 73 44

Het kwaliteit management systeem van Witteveen+Bos is gecertificeerd volgens NEN-EN-ISO 9001 : 2000

© Witteveen+Bos
Niets uit dit bestek/drukwerk mag worden verveelvoudigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze dan ook zonder voorafgaande toestemming van Witteveen+Bos Raadgevende ingenieurs b.v., noch mag het zonder een dergelijke toestemming worden gebruikt voor enig ander werk dan waarvoor het is vervaardigd.

1947442

INHOUDSOPGAVE

	blz.
1. INLEIDING	**1**
1.1. Aanleiding en doel	1
1.2. Aanpak	1
1.3. Betrokken partijen	2
1.4. Leeswijzer	2
2. RESULTATEN	**3**
2.1. Historische schets	3
2.1.1. Ontstaan en ontwikkeling van het Proostmeer	3
2.1.2. Ontwikkelingen in de waterkwaliteit	4
2.2. Veldonderzoek 2003	6
2.2.1. Onderzoek naar zwemmersjeuk	6
2.2.2. Onderzoek naar de fytoplanktonsamenstelling	7
2.2.3. Onderzoek waterbodem	8
2.3. Waterbalans	10
2.4. Stoffenbalans	13
2.4.1. Aanvoer via vogels en zwemmers	13
2.4.2. Beschikbare nutriënten in de waterbodem en in de vegetatie	14
2.4.3. Uitloging via slibdepots	14
2.4.4. Fosfaatbalans op basis van belasting per m^2	14
3. KNELPUNTEN EN ONTWIKKELINGEN TEN AANZIEN VAN DE (ZWEM)WATERKWALITEIT	**17**
3.1. Samenvatting belangrijkste onderzoeksresultaten	17
3.1.1. Oorzaak zwemwaterproblemen	17
3.1.2. Waterbalans	17
3.1.3. Stoffenbalans	17
3.2. Implicaties voor de functies van het Proostmeer	17
3.2.1. Zwemwaterfunctie	17
3.2.2. Huidige ecologische toestand	18
3.2.3. Verwachtte ontwikkelingen ten aanzien van ecologie en waterkwaliteit	18
3.2.4. Relatie natuurfunctie en zwemwaterfunctie	19
4. MAATREGELEN EN PLAN VAN AANPAK	**20**
4.1. Kansrijke maatregelen	20
4.1.1. Maatregelen zwemmersjeuk	20
4.1.2. Maatregelen waterkwaliteit	21
4.2. Keuze voor maatregelen; scheiden of combineren van functies	22
4.2.1. Uitwerking in stappenplan	22
4.2.2. Scenario zwemwater	23
4.2.3. Scenario natuur	24
4.2.4. Scenario zwemnatuur	24
4.3. Slotopmerkingen en algemene aanbevelingen	25
LITERATUUR	**27**
laatste bladzijde	27

1. INLEIDING

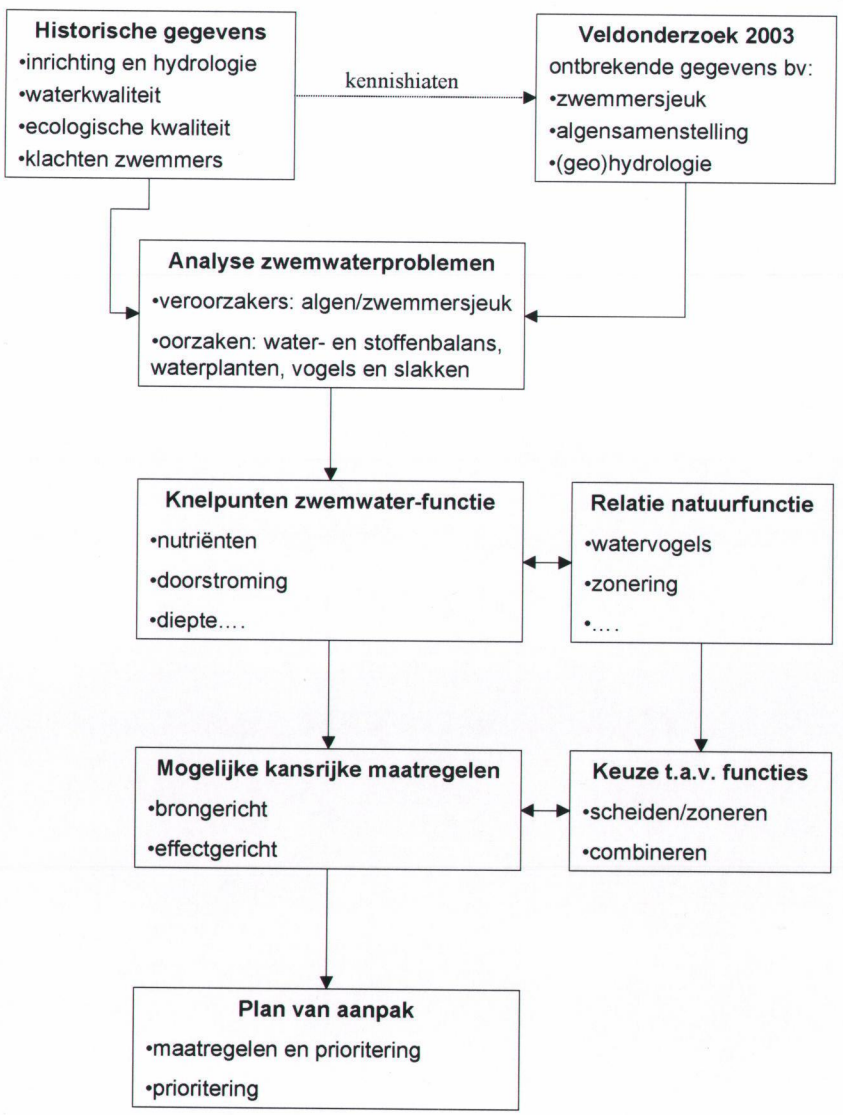
1.1. Aanleiding en doel

Het Proostmeer te Wagenborgen kent sinds enkele jaren zwemwaterproblemen (zie bijlage I in het bijlagenrapport voor een overzicht van geregistreerde klachten). Klachten van zwemmers duiden op twee mogelijke veroorzakers, dit zijn zwemmersjeuk (veroorzaakt door de parasiet Trichobilharzia ocellata) of toxische blauwalgen. Witteveen+Bos is verzocht de oorzaken te onderzoeken en mogelijke oplossingsrichtingen te formuleren. Een ander belangrijk aspect van de opdracht is om de verschillende functies van het meer (zwemwater en natuur) tegen elkaar af te zetten. Dit om een uitspraak te kunnen doen over de mogelijkheden voor een combinatie van natuur- en zwemwaterfunctie c.q. de wenselijkheid van een scheiding van functies.

1.2. Aanpak

De aanpak van het onderzoek is weergegeven in afbeelding 1.1. Binnen het project zijn een aantal fasen te onderscheiden. De eerste fase betreft het verzamelen van beschikbare gegevens en het uitvoeren van aanvullend veldonderzoek in de zomerperiode van 2003. De volgende stap is het in kaart brengen van de oorzaken van de problemen. Hieruit vloeien de belangrijkste knelpunten voort die samen met mogelijke oplossingsrichtingen worden gepresenteerd in dit rapport. Vervolgens is samen met de betrokken partijen is een plan van aanpak opgesteld voor het oplossen van de zwemwaterproblemen. Voor een uitgebreide beschrijving van de onderdelen van het project wordt verwezen naar het "plan van aanpak zwemwaterproblemen Proostmeer" (Witteveen+Bos, 2003).

Afbeelding 1.1. Aanpak van het onderzoek naar de zwemwaterproblemen van het Proostmeer



1.3. Betrokken partijen

Dit project is uitgevoerd in opdracht van Provincie Groningen, in samenwerking met de gemeente Delfzijl, waterschap Hunze en AA´s en de GGD Groningen. Hierbij waren de volgende personen betrokken:

- Provincie Groningen : dhr. Y. van Gosliga en dhr. M.A. Boeve
- Gemeente Delfzijl : dhr. N.J. Eerens en dhr. L.J. Uilenberg
- Waterschap Hunze en AA´s : dhr. C. Bezuijen
- GGD Groningen : mw. A. Jonkman, mw. C. Couwenberg, mw. I. Bos en dhr. B. Wolters

1.4. Leeswijzer

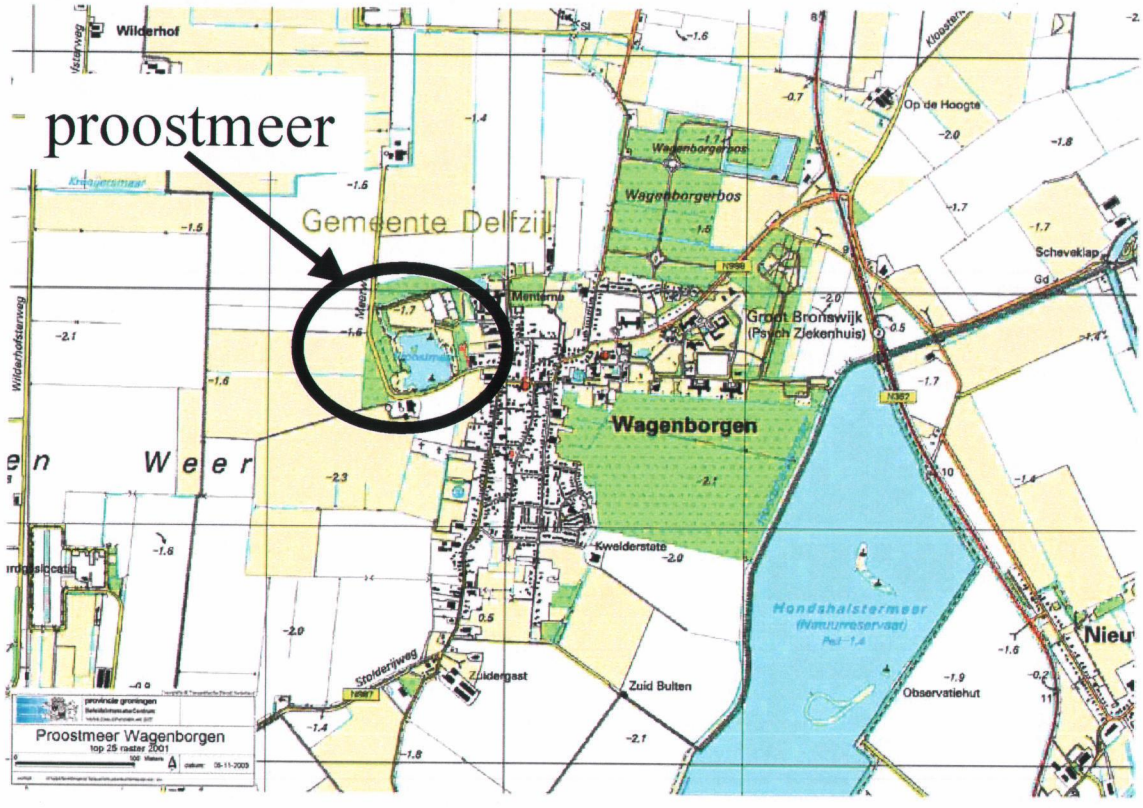
In hoofdstuk 2 worden de resultaten van het onderzoek beschreven. Dit hoofdstuk beschrijft de historische ontwikkelingen van het Proostmeer, het uitgevoerde veldonderzoek in 2003 en de globale water- en stoffenbalansen. Hoofdstuk 3 plaatst deze resultaten in een breder perspectief en beschrijft de huidige knelpunten en de verwachtte toekomstige ontwikkelingen van het Proostmeer met betrekking tot de waterkwaliteit. Hoofdstuk 4 geeft ten slotte een overzicht van mogelijke kansrijke maatregelen en presenteert 3 scenario's met ieder een stappenplan om deze maatregelen uit te voeren.

2. RESULTATEN

2.1. Historische schets

In deze paragraaf worden kort de ontstaanswijze, ontwikkeling en waterkwaliteit van het Proostmeer beschreven. Afbeelding 2.1. laat de ligging van het Proostmeer zien.

Afbeelding 2.1. Ligging van het Proostmeer



2.1.1. Ontstaan en ontwikkeling van het Proostmeer

Onderstaand wordt een chronologisch overzicht van het ontstaan en de ontwikkeling van het Proostmeer gegeven:

- 1965 Proostmeer gegraven, circa 4 ha en 2,5 meter diep;
- jaren ´70 toedienen van diuron ter bestrijding van waterplanten, meer volledig "dood";
- 1972 aanplant bomen rondom meer;
- tot 1988 zeer traditioneel beheer;
- 1986-1995 ophoping sliblaag (0.5 – 1 meter diep);
- 1995 natuurtechnische maatregelen, baggeren, graven leemput, 1500 kg brasem;
- 1997 water weer op peil, herstel helder water en waterplanten, herstel visstand;
- augustus 1999, vissterfte (m.n. jonge vis);
- vanaf 1999/2000 jaarlijks terugkerende "flab"-lagen;
- 2001-2003 ontwikkeling blauwalgen en huidklachten zwemmers.

2.1.2. Ontwikkelingen in de waterkwaliteit

De huidige waterkwaliteit van het Proostmeer kan redelijk tot goed worden genoemd. Het water is helder en de gehalten voedingsstoffen zijn, voor Nederlandse begrippen, aan de lage kant. Dit geldt vooral voor stikstof, het fosfaatgehalte is in bepaalde gevallen betrekkelijk hoog. In het verleden is dit wel anders geweest, voorafgaand aan de natuurtechnische ingrepen was het voedingsstoffengehalte van het meer hoog en lagen er dikke baggerlagen. Na het baggeren is de situatie sterk verbeterd. In onderstaande wordt de rol van de waterkwaliteit hierin kort toegelicht.

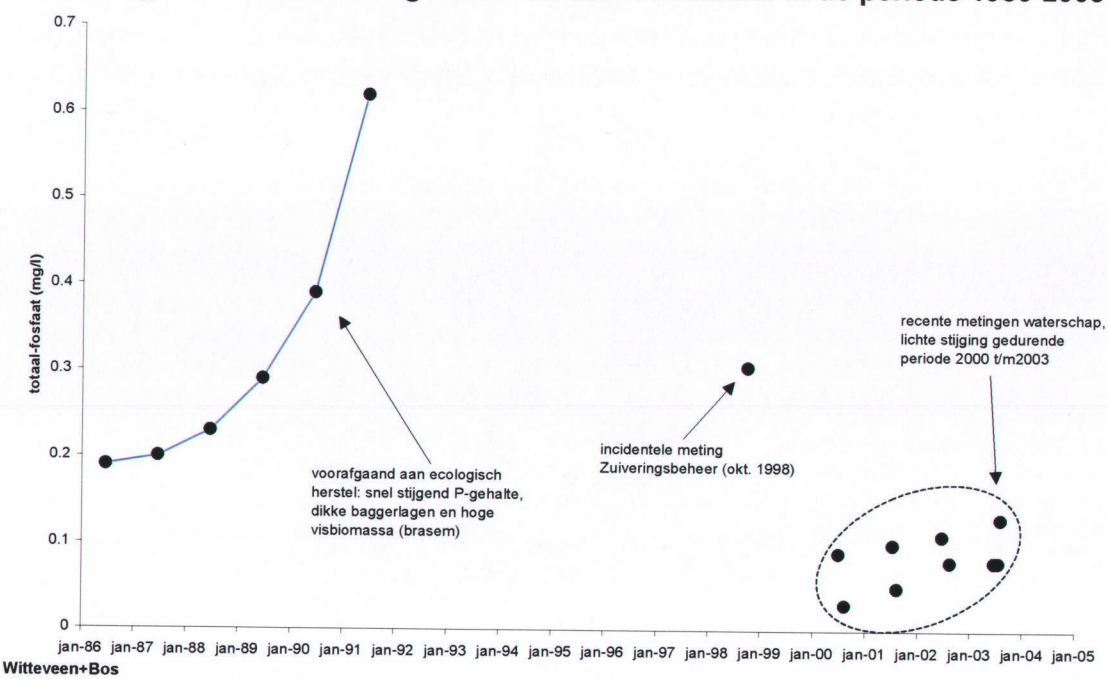
fosfaat

Fosfaat is in veel zoete oppervlaktewateren de voedingsstof die de groei van algen beperkt (limiterende nutriënt). Zeer fosfaatarme wateren zijn bijna per definitie helder, bij een stijging van het fosfaatgehalte neemt de hoeveelheid algen toe. Uiteindelijk vertalen voedingsstoffen zich via algen, watervlooien, macrofauna in vis. Het fosfaatgehalte is daarom vaak een goede graadmeter voor de hoeveelheid vis.

Dit geldt ook voor het Proostmeer. Afbeelding 2.2 laat de ontwikkeling van het fosfaatgehalte in de tijd zien. Na 1986 is er een sterke stijging van het fosfaatgehalte, tot circa 0.65 mgP/l in 1991. Op dat moment was de plas troebel en zeer voedselrijk met dikke sliblagen. Pas na het uitvoeren van de natuurtechnische maatregelen (droogzetten, baggeren en vis verwijderen) neemt het P-gehalte weer af.

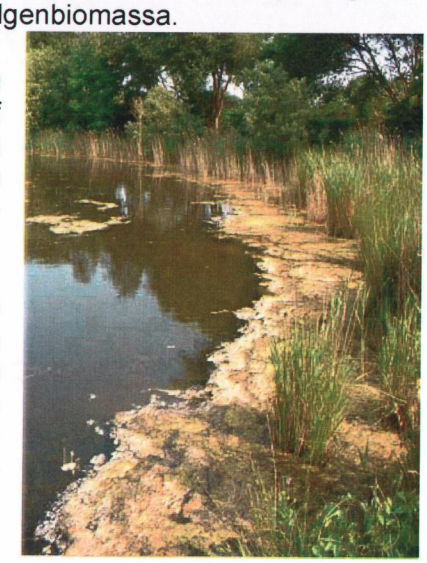
De vis speelt een cruciale rol hierin, de sterke stijging van het P-gehalte in de jaren voorafgaand aan herstel zijn vrijwel zeker het gevolg van de ontwikkeling van de visstand. Bij de aanwezigheid van veel bodemslib zorgt benthivore (bodemvoedsel-etende) vis voor opwerveling en nalevering van voedingsstoffen uit het slib. Dit wordt ook onderbouwd door de waarnemingen Na het droogzetten van het Proostmeer in 1995 is ongeveer 1500 kg brasem verwijderd op circa 3.3 hectare (dit is ongeveer 450 kg/ha). Door Hanson & Legget (1982) is het bestaan van de relatie tussen het fosfaatgehalte van een water en de visbiomassa aangetoond. Een zomergemiddelde fosfaatgehalte van 0.65 komt volgens hen ongeveer overeen met een visstand van 580 kg/ha. Bij dergelijke hoge visbiomassa´s is een water vrijwel altijd stabiel troebel. Pas na verwijdering van slib en vis kan het systeem weer omslaan naar een heldere toestand. Ter indicatie, voor stabiel helder water dient het zomergemiddelde fosfaatgehalte lager te zijn dan circa 0.1 mgP/l en de visbiomassa lager dan circa 100-150 kg/ha. Een situatie die nu in het Proostmeer wordt aangetroffen.

Afbeelding 2.2. Totaal-fosfaatgehalte van het Proostmeer in de periode 1986-2003



stikstof

Voor zoete oppervlaktewateren is fosfaat in de meeste gevallen limiterend, in (licht)-brakke wateren is dit vaak stikstof. Een belangrijk verschil in de rol van stikstof ten opzichte van fosfaat is dat stikstof door allerlei biologische en chemische processen kan verdwijnen uit het systeem of juist uit de lucht kan worden opgenomen. Door nitrificatie en denitrificatie worden ammonium en nitraat uiteindelijk omgezet in luchtstikstof, door stikstoffixatie wordt luchtstikstof juist omgezet in algenbiomassa.



In het Proostmeer speelt stikstof een belangrijke rol. Uit de chemische analyses blijkt dat de verhouding N:P dermate laag is dat stikstof limiterend is. Dit is opmerkelijk (gezien de overwegende P-limitatie van zoete wateren) maar is wel bekend van plantenrijke wateren. De waterplanten (en flab!) spelen een belangrijke rol in de stikstofdynamiek door opname van nitraat en ammonium.

Een bijkomend effect van de stikstoflimitatie is de competitieve bevoordeling van algen die stikstof uit de lucht kunnen fixeren. Dit is bekend van enkele geslachten blauwalgen. Van de meest abundante soorten die in het verleden in Proostmeer zijn aangetroffen (*Aphanizomenon* en *Anabaena*) is bekend dat ze stikstof kunnen fixeren (Whitton & Malcolm, 2000). Deze soorten kunnen onder bepaalde omstandigheden (o.a. hoge watertemperaturen) tot explosieve groei komen.

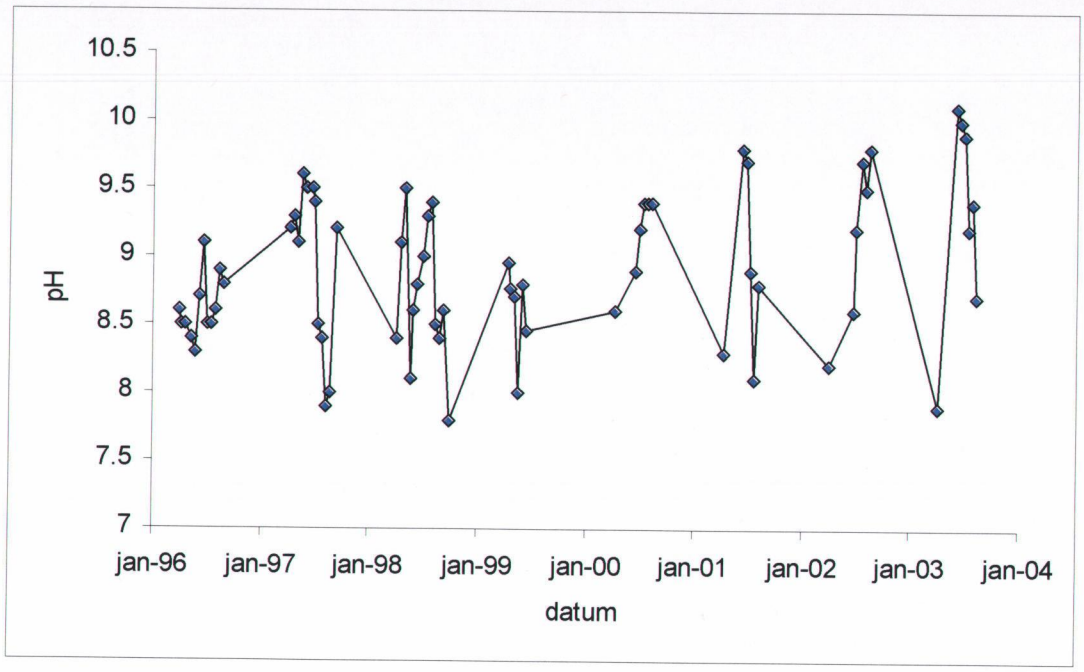
watertemperatuur, pH en zuurstof

Er zijn incidentele waarnemingen van hoge temperaturen, hoge zuurstofgehalten en extreem hoge pH. In juli en augustus 2002 was er een sterke oververzadiging van zuurstof (150-170%), de temperaturen lagen rond 24°C (max. 26°C) en de pH was 9.8. Dit wijst op een sterke productie door algen, waterplanten en flab gedurende warme perioden met hoge licht-instraling. De hoge zuurstofgehalten overdag hangen samen met zeer lage zuurstofgehalten 's nachts door respiratie (zuurstofconsumptie door verbranding). In extreme gevallen (in combinatie met afbraak van bijvoorbeeld dode algen) kan dit leiden tot zuurstofloosheid. Een ander aspect is de hoge pH, bij een dergelijke hoge pH kan ammonium (NH_4^+) omgezet in ammoniak (NH_3) wat boven een bepaalde concentratie (circa 20µg/l) giftig is voor vissen. De vissterfte in augustus 1999 kan samenhangen met sterke productie, fluctuerende zuurstofgehalten en de omzetting van ammonium in het voor vissen toxische ammoniak. Wat betreft de toxiciteit van de pH voor vissen wordt in de literatuur het volgende gezegd (EIFAC, 1968):

- pH waarden van 9.5-10, dodelijk voor zalmachtigen over langere tijd maar kan worden weerstaan gedurende korte perioden. Kan een negatief effect hebben op ontwikkelingsstadia van verschillende soorten;
- pH 10-10.5: Kan door blankvoorn en zalmachtigen gedurende korte periode worden weerstaan maar dodelijk over langere periode;
- pH 10.5-11: snel dodelijk voor zalmachtigen, expositie aan bovengrens gedurende langere tijd dodelijk voor zeelt, karper en snoek;
- Boven 11: snel dodelijk voor alle soorten vis.

Een extreem hoge pH lijkt dus in bepaalde gevallen dodelijk te zijn voor vis. In hoeverre de waargenomen effecten (vissterfte bij hoge pH-waarden) ook daadwerkelijk een direct effect van de pH zijn of indirect lopen via zuurstoffluctuaties of toxische algen is niet geheel duidelijk. Afbeelding 2.3. geeft het verloop van de pH weer in het Proostmeer vanaf 1996. Gedurende deze periode lijkt het verloop steeds grilliger te worden met hogere pieken. In 2003 worden frequent waarden bereikt rond of boven pH=10. Omdat dit metingen overdag zijn is de verwachting dat de waarden 's nachts (veel) lager liggen en de waarden niet constant zo hoog zullen zijn. Toch kan niet uitgesloten worden dat de hoge pH en daarmee samenhangende hoge NH_3 gehalten vissterfte ten gevolg kunnen hebben.

Afbeelding 2.3. Gemeten pH-verloop van het Proostmeer in de periode 1996-2003.



2.2. Veldonderzoek 2003

2.2.1. Onderzoek naar zwemmersjeuk

Na klachten over zwemmersjeuk is de éénmalige bemonstering van poelslakken enkele dagen eerder uitgevoerd op 30 juni 2003 (zie bijlage II in het bijlagenrapport). In het zwemgedeelte is hierbij 50 m van de oever afgezocht op slakken en 20 m^2 van de dieper gelegen bodem bemonsterd met een macrofaunanet. In het natuurgedeelte is 10 m^2 zandbodem met het net bemonsterd. Er zijn in totaal circa 50 slakken van de soorten *Planorbis carinatus, Physa fontinalis, Radix ovata, Bythinia tentaculata, Potamopyrgus antipodarum, Valvata piscinalis, Planorbarius corneus* verzameld in het Proostmeer. Grote poelslakken (*Lymnaea stagnalis*) en de mogelijk ook als tussengastheer dienende grote posthoornslak (*Planorbarius corneus*) werden alleen langs de oever in het zwemgedeelte gevonden. Op de bodems in zwem- en natuurgedeelte werden alleen een kleinere soort poelslak aangetroffen (*Radix ovata*) en soorten uit andere families. De monsters zijn op 1 juli ontvangen en onderzocht door de groep van dr. J.F. Sluiters (Eramusuniversiteit, Rotterdam). Bijlage II in het bijlagenrapport laat de gedetailleerde resultaten zien en een toelichting hierop van het bureau Koeman en Bijkerk.

resultaten

Er zijn ter hoogte van de oever van het zwemstrand geïnfecteerde slakken aangetroffen. De klachten van de zwemmers (jeukende bulten) kwamen ook overeen met zwemmersjeuk zodat aannemelijk is dat dit in ieder geval verantwoordelijk is voor (een deel van) de klachten. Een mogelijke (tijdelijke) oplossing is om de slakken te verwijderen, te beginnen bij het zwemstrand.

Conclusie: Eén ovale poelslak (*Radix ovata*), afkomstig van de oever in het zwemgedeelte was sterk positief voor ocellate furcocercariën, die cercariëndermatitis kunnen veroorzaken. Alle andere verzamelde slakken waren negatief.
Advies zou kunnen zijn om alle lymnaeide slakken (Radix en Lymnaea) te verzamelen > 15 mm schelphoogte, te beginnen bij de zwemoever.

2.2.2. Onderzoek naar de fytoplanktonsamenstelling

Het fytoplankton is vier keer bemonsterd in de periode medio juni tot medio augustus. Hierbij zijn het zwemgedeelte en het natuurgedeelte apart bemonsterd. Voor een ondiep meer was de hoeveelheid fytoplankton betrekkelijk laag. Het op basis van biovolume geschatte chlorofyl-a-gehalte liep uiteen van 4 µg/l medio juni tot 20 à 30 µg/l op de overige tijdstippen.

Potentieel toxische blauwalgen domineerden van eind juni tot eind juli. Hierbij ging het om één soort, *Aphanizomenon flos-aquae* var. *flos-aquae*, met een maximale dichtheid van ca. 45.000 cellen per ml (ca. 1500 filamenten per ml en een geschatte chlorofyl-a-bijdrage van ca. 27 µg/l). Tijdens de bezoeken aan het Proostmeer, op 30 juni en 24 juli, waren de 1 tot 2 cm grote kolonies duidelijk zichtbaar in de waterkolom.

Een dergelijke dichtheid van *A. flos-aquae* is niet extreem hoog, maar wel een factor drie hoger dan de mogelijke referentiedichtheid bij 0.1 mg P/l en een hoge graasdruk van grote *Daphnia*'s. Volgens de WHO-richtlijnen voor recreatiewater zou voor het Proostmeer bij deze dichtheid de kwalificatie **"moderate probability of adverse health effects"** van toepassing zijn.

Aphanizomenon flos-aquae is in staat tot de vorming van drijflagen waardoor de dichtheden plaatselijk sterk kunnen toenemen tot boven het niveau waarbij een verhoogd risico op negatieve gezondheidseffecten geldt. Drijflagen zijn tijdens het veldwerk niet waargenomen. Wel zijn tussen de oevervegetatie hier en daar grotere vlokken van samengeklonterde kolonies gezien, die bij waterbeweging weer gemakkelijk uit elkaar vielen.

Voor zover bekend produceert *Aphanizomenon flos-aquae* geen microcystine, alleen de neurotoxinen saxitoxine en mogelijk anatoxine. Door de gezondsheidsraad is voor zwemwater alleen een advieswaarde voor microcystine vastgesteld, die afgeleid is van de WHO-advieswaarde van 20 µg microcystine per liter. Zoals bij alle gram-negatieve bacteriën bevatten de celwanden van *A. flos-aquae* lipopolysachariden die bij baders huidirritatie lijken te kunnen veroorzaken.

Tussen het zwemgedeelte en natuurgedeelte was geen duidelijk, consistent verschil in het vóórkomen van Aphanizomenon flos-aquae. Wat het overige fytoplankton betreft bevatte de gemeenschap van het zwemgedeelte soms wat meer benthische algen (Pediastrum spp., Fragilaria spp.). Uit de gehele soortensamenstelling kan worden afgeleid dat het fytoplankton onderhevig was aan een hoge graasdruk. Dit uitte zich niet alleen in de dominantie van A. flos-aquae, maar ook in de toename van grote kolonievormende groenalgen (Coenochloris, Volvox) in de loop van de zomer. Daarnaast werden soorten gevonden die epizoïsch leven op kleine crustaceeën (*Chlamydomonas rattuli*, *Chlorangiella* sp.).

Verder ontwikkelde zich in augustus (na het plaatsen van de borden waarop het zwemmen ontraden werd) op het strand een mooie vegetatie van Naaldwaterbies.

Uit bovenstaande wordt duidelijk dat:
- in het algemeen de algendichtheden laag zijn;
- er alleen in juli sprake was van een behoorlijke blauwalgendichtheid;
- bij deze dichtheid een "moderate probability of adverse health effects" oftewel een matige kans op negatieve gezondheidseffecten verwacht mag worden;
- er geen drijflagen zijn vastgesteld.

Ten aanzien van de zwemwaterproblemen wordt geconcludeerd dat de aangetroffen dichtheden aan blauwalgen in 2003 naar verwachting een matige kans op zwemproblemen vormden. Hieruit blijkt dat de blauwalgen in het Proostmeer nu of in de toekomst een zeker risico vormen. De verwachting is echter ook dat zwemmersjeuk de veroorzaker van de klachten is, gezien de resultaten van de Trichobilharzia-onderzoek en de verschijningsvorm van de zwemwaterklachten.

De algensamenstelling wijst op een hoge graasdruk, dit wil zeggen dat het zoöplankton (watervlooien etc.) de algendichtheid laag houden. Dit wijst eveneens op een relatief lage predatie van vis op watervlooien, de indruk bestaat dat de visbiomassa laag is.

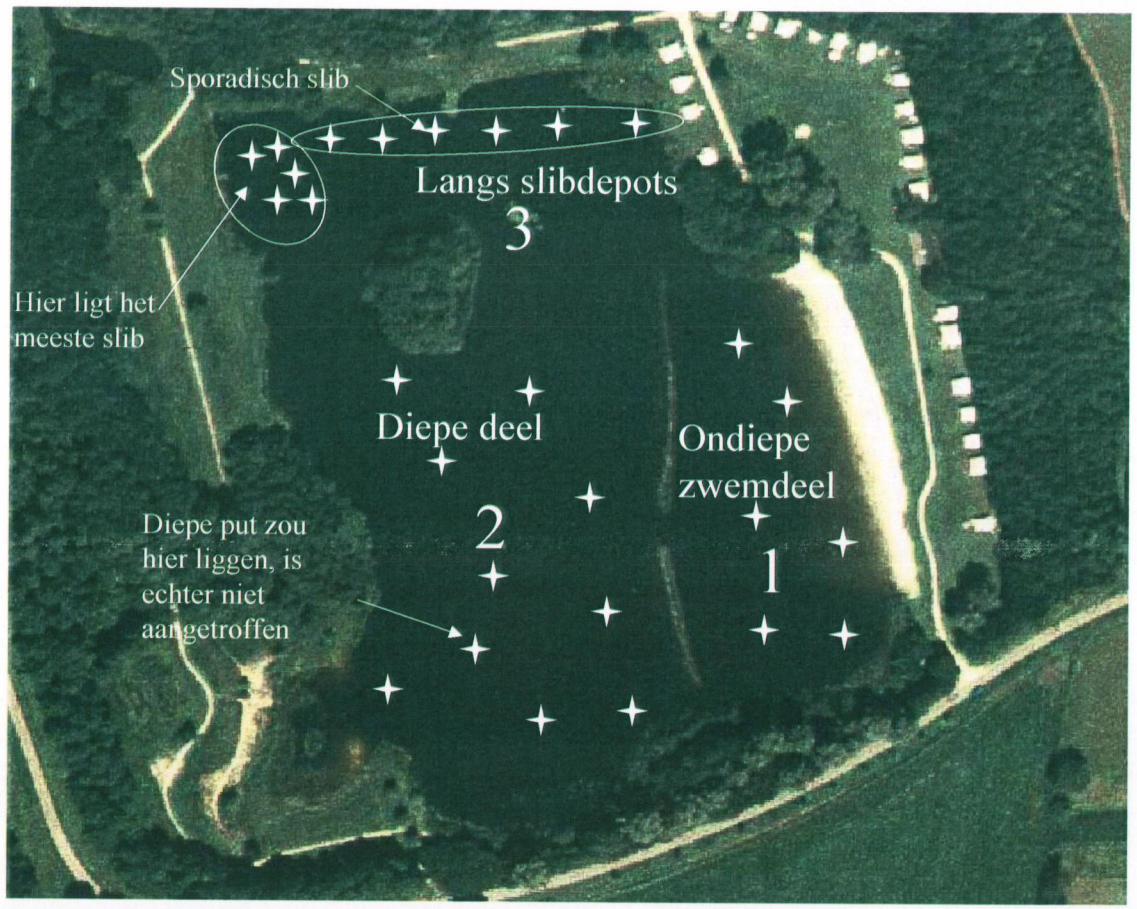
Wat betreft de dominante soort blauwalg die is aangetroffen is het interessant om vast te stellen dat het een soort is die luchtstikstof kan fixeren. In het verleden is naast *A. flos aquae* ook *Anabaena mendotae* aangetroffen in behoorlijke dichtheden. Ook deze soort is in staat stikstof uit de lucht te benutten. Uit de chemische analyseresultaten blijkt dat de hoeveelheden NH_4-N en NO_3-N in het Proostmeer laag tot zeer laag zijn, het meer is naar verwachting N-gelimiteerd. Onder deze omstandigheden hebben stikstof-fixerende blauwalgen een competitief voordeel ten opzichte van andere algen en bestaat het risico van blauwalgendominatie en –bloei, ondanks het heldere water.

2.2.3. Onderzoek waterbodem

Afbeelding 1 geeft de locaties van de bodemboringen aan, het meer is daarvoor opgedeeld in drie compartimenten:

1. ondiep zwemdeel.
2. diepe gedeelte (er zijn tijdens het onderzoek echter geen delen dieper dan circa 1,5 meter aangetroffen), volgens zwemmers kun je overal in het meer staan.
3. langs de slibdepots aan de noordoever.

Afbeelding 2.4. Luchtfoto van het Proostmeer met de locaties van de bodemboringen.



Tijdens het veldonderzoek is de bovenste 5 tot 10 cm van de bodem van het meer op de aangegeven locaties verzameld. Van alle bodemmonsters binnen een deelgebied zijn mengmonsters gemaakt. Deze zijn geanalyseerd op:

- totaal zwavel,
- totaal ijzer,
- totaal-fosfaat,
- water extraheerbaar-fosfaat (chemische nalevering) en
- lactaat-acetaat-extraheerbaar fosfaat (indicatie biologische nalevering).

Tevens is in het veld de aanwezigheid van slib kwalitatief onderzocht.

resultaten bodemonderzoek

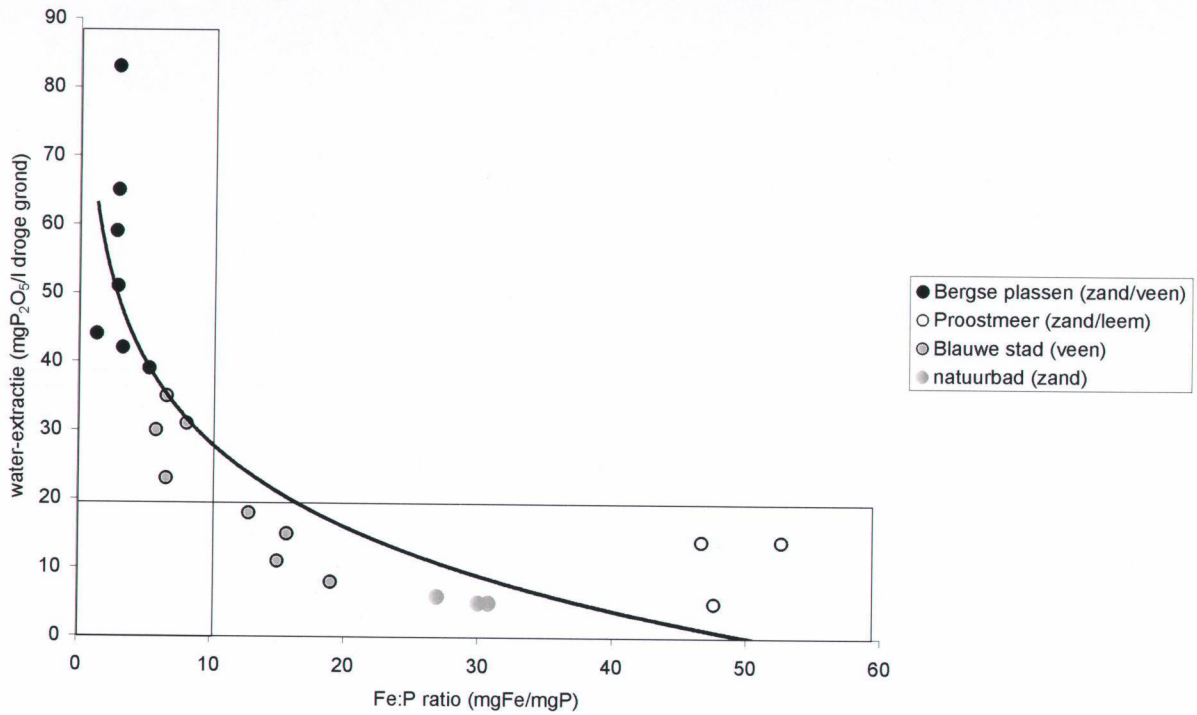
Tabel 2.1. geeft de resultaten van de chemische analyses kort weer, in bijlage III van het bijlagenrapport staan de uitgebreide resultaten. Opvallend bij vergelijking van de verschillende delen van het meer zijn de hogere waarden voor totaal-fosfaat en zwavel langs de baggerdepots (3). Bij de waterextractie wordt hier juist de laagste waarde voor P-nalevering gevonden, bij de lactaat-acetaat extractie komt dit verschil wel tot uitdrukking, zij het in geringe mate. De bodem langs de baggerdepots bestond uit donkergrijs slib, het organisch stofgehalte was hier het hoogst echter in absolute zin betrekkelijk laag. Er is tijdens de bemonstering in het algemeen weinig slib aangetroffen.

Tabel 2.1. Resultaten van de chemische analyse van het waterbodemmateriaal

analyse	eenheid	1: zwemdeel	2: "diepe" deel	3: baggerdepots
droge stof	gew. %	87	79	67
organische stof	gew. % van droge stof	<1	<1	6.4
fractie < 2 µm	gew. % van droge stof	1.3	6	10
totaal P	g P/kg ds	0.030	0.095	0.210
ijzer (Fe)	g/kg ds	1.4	5	10
zwavel (S)	g/kg ds	0.095	0.400	1.60
waterextractie	mgP2O5/l droge grond	14	14	<5
lactaat-acetaat extractie	mgP2O5/100 g droge grond	6	8	12

Afbeelding 2.5. geeft de chemische nalevering van fosfaat weer als functie van de verhouding ijzer:fosfaat (Fe:P ratio) in de bodem. Bij een lage Fe:P ratio is het fosfaat slechts beperkt gebonden en is de chemische nalevering hoog. In de literatuur wordt een verhouding van circa 10:1 tot 20:1 aangehouden waarbeneden de bodem sterk gaat naleveren. In de afbeelding zijn ter referentie de waarden van een natuurbad met zandbodem (Gelderland) de veenbodems in de Blauwe Stad (Groningen) en de waterbodem van de Bergse plassen (veenplassen in Rotterdam) opgenomen. Het Proostmeer, uiterst rechts in de afbeelding, zit ten opzichte van deze referentiewaarden in het gunstige traject. De Fe:P verhouding in de bodem is veel gunstiger en de nalevering van P vele malen lager dan bij de "slechte" bodems. Opvallend is dat er in de afbeelding een omslagpunt zit bij een Fe:P van circa 10:1. Bodems hierboven hebben een nalevering die varieert tussen 5 en 20 mgP_2O_5/l, bodems met een Fe:P die lager ligt dan 10 leveren vele malen meer fosfaat na.

Afbeelding 2.5. Chemische nalevering (waterextractie) van fosfaat in relatie tot Fe:P ratio van het bodemmateriaal. In de afbeelding zijn behalve het Proostmeer de resultaten van een natuurbad (zandbodem Gelderland) de Blauwe Stad (veenbodem Groningen) en de Bergse plassen (zand/veen Rotterdam) opgenomen



Enige kritische kantekeningen zijn hier echter wel op hun plaats. Ook bij een dergelijke "gunstige" bodemsamenstelling kunnen door biologische nalevering (vergelijkbaar met de lactaat-acetaat waarden) problemen optreden. De biologische nalevering is vele malen groter dan de chemische- en fosfaat kan op die wijze door planten of algen aan de bodem worden onttrokken. Gegevens van de KUN wijzen op het risico van het ontstaan van troebele omstandigheden bij waarden van circa 1.2 mmol/l, wat zelfs nog lager is dan wat er in het Proostmeer is aangetroffen (1.4 – 2 mmol/l).

2.3. Waterbalans

De hydrologie van het Proostmeer wordt in onderstaande toegelicht aan de hand van een beschrijving van het watersysteem en de waterbalans.

watersysteem

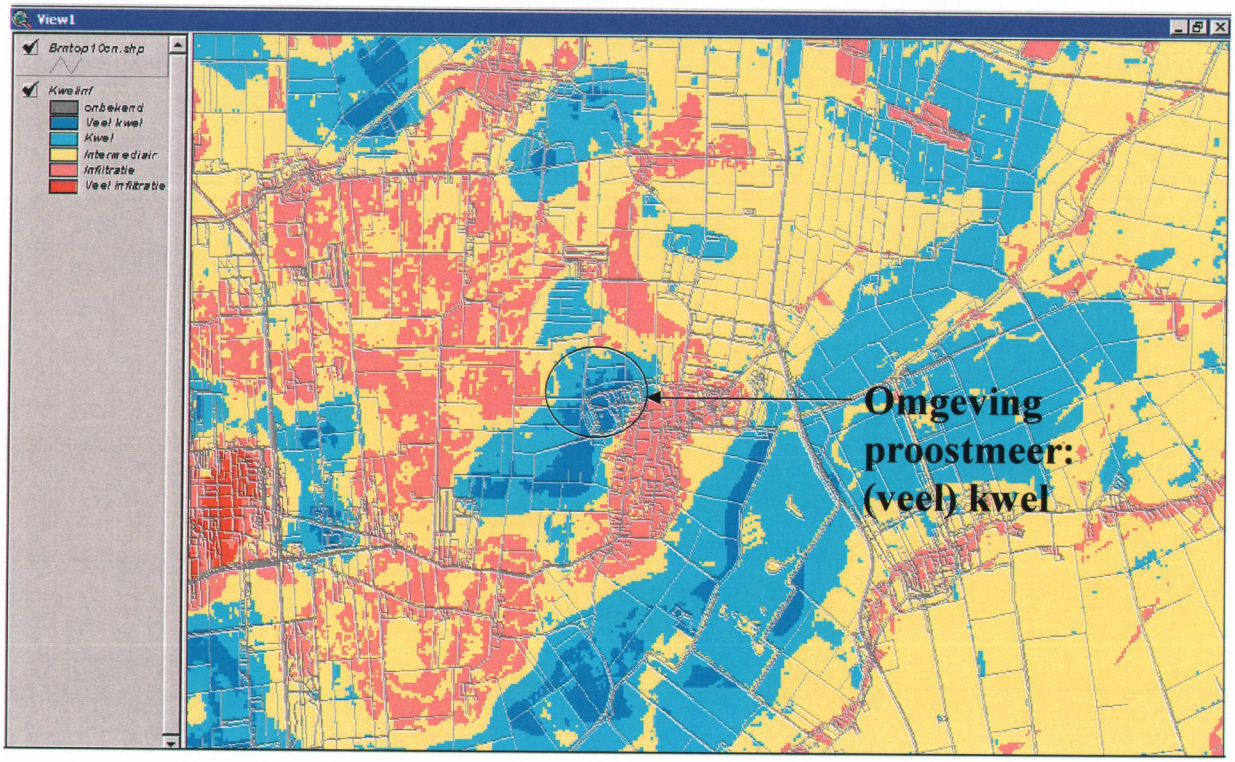
Het watersysteem van het Proostmeer is vrij eenvoudig, de plas heeft een oppervlak van circa 3.3 hectare, een maximale diepte van 1,5 meter en is in principe geïsoleerd van het omringende oppervlaktewater. De enige verbinding is een afvoerbuis waarmee overtollig water kan worden afgevoerd, deze buis kan door middel van een kraan handmatig worden opengezet. Afvoer vindt jaarlijks in de winter eenmalig (of enkele malen) plaats. Naar schatting wordt er dan 20-25 cm water afgelaten (mondelinge mededeling Nico Eerens). Aanvoer van oppervlaktewater vindt niet plaats.

waterbalans

Beschikbare gegevens over waterstromen van het Proostmeer zijn schaars en anekdotisch. In het verleden werd gesproken van wellen (bronnen in de meerbodem) en de indruk bestond dat het meer kwelgevoed is. Op dit moment komen volgens de beheerder Nico Eerens voorzover bekend geen wellen voor. Ook de daarmee samenhangende open plekken 's winters in de ijsvloer komen niet voor.

Op de kwelkaart Nederland (RWS-RIZA) ligt het Proostmeer ongeveer op de rand van het gebied waar kwel en wegzijging elkaar afwisselen. Op basis hiervan kan geen eenduidige inschatting worden gemaakt. Een meer gedetailleerde kwelkaart van waterschap Hunze en Aa´s verschaft meer inzicht (afbeelding 2.6.). De kaart laat zien dat de omgeving van het meer kan worden gekarakteriseerd als een zone met "kwel" of "veel kwel". Op de kaart is echter ook te zien dat op korte afstand hiervan intermediare en infiltratiezones zijn gelegen. In hoeverre de kaart op een dergelijk klein schaalniveau kan worden toegepast is vooralsnog onzeker, de begeleidende handleiding geeft ook aan dat in deze gevallen voorzichtigheid moet worden betracht.

Afbeelding 2.6. Kwelkaart van de omgeving van het Proostmeer (Waterschap Hunze en Aa´s).



De (handmatige) afvoer van water tijdens de winter is nooit gemeten. De schatting van de beheerder bedraagt circa 20-25 cm per jaar.

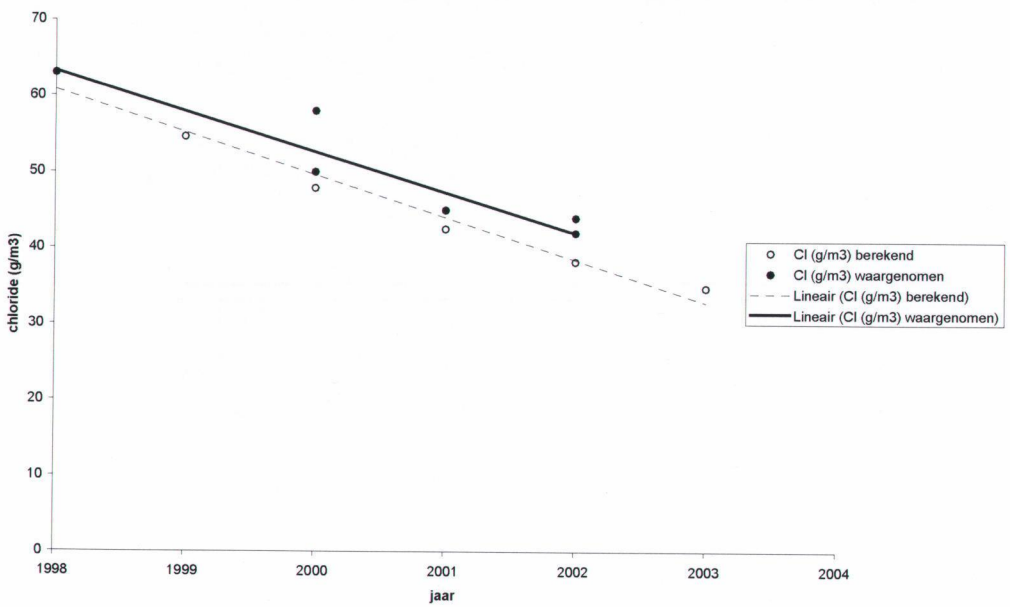
Voor het opstellen van een gedetailleerde waterbalans zijn bovenstaande gegevens te mager. Om een orde grootte waterbalans op te stellen is uitgegaan van:

1. Afvoer van waterschijf van 20-25 cm water per jaar.
2. Plas ligt op de rand van kwel/wegzijgingsgebied.
3. Bodem lemig dus slecht-doorlatend, dit wordt onderbouwd door de lange periode voor herstel van de oorspronkelijke waterstand na het droogzetten en natuurtechnisch beheer.
4. Chloridegehalte daalt de laatste jaren met gemiddeld circa 5 mg/l per jaar (63-43).
5. Als vuistregel kan worden aangehouden dat de neerslag circa driekwart meter per jaar bedraagt. Tweederde hiervan verdampt; de rest komt tot afstroming.

Er van uitgaande dat de hoeveelheid afgelaten water ongeveer overeenkomt met het neerslagoverschot (ca. 25 cm) zou het meer neerslaggevoed zijn. Dit is te controleren met een chloridebalans, chloride is een conservatieve stof wat wil zeggen dat deze niet bij biologische of chemische omzettingsprocessen verdwijnt of juist wordt geproduceerd. Aan de hand van de waterbalans van de plas, het chloridegehalte van de neerslag en het chloridegehalte op tijdstip t=0 kan het theoretische chloride-verloop worden berekend.

Het chloride-gehalte van het Proostmeer vertoont een dalende trend gedurende de periode 1998-2002. Dit wijst op verdunning door neerslag, afbeelding 2.7. laat de vergelijking tussen gemeten en berekend chlorideverloop zien.

Afbeelding 2.7. Gemeten verloop het van chloridegehalte en berekend chloridegehalte in het Proostmeer, uitgaande van neerslaggevoede situatie



basisgegevens	waarde
oppervlak plas (m2)	33000
gemiddelde diepte (m)	1.25
volume plas (m3)	41250
chloride in neerslag (g/m3)	7
chloride in plas 1998 (g/m3)	63

berekening chloride bij volledig neerslaggevoed		
T (jaar)	Cl (g/m3) berekend	waargenomen
1998	63	63
1999	55	-
2000	48	58/50
2001	43	45/45
2002	38	42/44
2003	35	

Op basis van deze waarnemingen is de globale waterbalans van het meer weergegeven in tabel 2.2. De verblijftijd van het water in het meer is groot, circa 5 jaar.

Tabel 2.2. Globale jaarlijkse waterbalans van het Proostmeer in de periode 1998-2002

aanvoer	**m^3/jaar**	**afvoer**	**m^3/jaar**
neerslag	24750	verdamping	16500
kwel	0	wegzijging	0
		aflaat via duiker	8250
totaal	**24750**		**24750**

2.4. Stoffenbalans

De voedingsstoffenbalans van het meer is iets complexer. Hier zijn meer posten te onderscheiden. Als mogelijke aanvoerposten worden genoemd:

- vogels (en honden);
- zwemmers;
- bladval;
- voedselrijke kwel (echter geen data + kwel op 0 gesteld in waterbalans);
- bodem (potentiële nutriëntenfluxen vanuit de bodem naar de waterkolom);
- baggerdepots (inschatting van nutriëntenflux vanuit de baggerdepots naar de waterbodem).

Wat betreft de nutriënten zijn zowel fosfaat als stikstof van belang. In dit rapport wordt echter vooral gekeken naar fosfaat. De reden hiervoor is dat het stikstofgehalte in sterke mate wordt beïnvloed door allerlei biologische en chemische omzettingsprocessen. Ook zijn er zoals gezegd organismen die stikstof uit de lucht kunnen opnemen (zoals stikstoffixerende algen). Het stikstofgehalte kan daardoor in de tijd sterk fluctueren en is in dat opzicht een minder goede indicator voor de voedselrijkdom van een water dan fosfaat. Van sturing op stikstof door beheer mag daarom in het algemeen ook weinig effect worden verwacht.

De belangrijkste verliespost van fosfaat is de afvoer van water, deze kan relatief eenvoudig worden gekwantificeerd door de afvoer (m^3) te vermenigvuldigen met de gemiddelde nutriëntenconcentratie. Voor stikstof is een belangrijke afvoerpost de denitrificatie waardoor stikstof verdwijnt naar de lucht, deze kan op basis van de beschikbare gegevens niet worden gekwantificeerd.

2.4.1. Aanvoer via vogels en zwemmers

Ter kwantificering van deze beide aanvoerposten is gebruik gemaakt van in het kader van andere studies verzamelde kengetallen voor P en N-belasting van zwemmers en vogels. Indicatieve schattingen van aantallen vogels werden gedaan door het waterschap tijdens de bemonsteringen voor de zwemwaterkwaliteit in 2001. Voor een meer gedetailleerde inschatting van de aantallen vogels is de SOVON benaderd, deze konden echter geen aanvullende informatie leveren. Bij het bepalen van de belasting door vogels en zwemmers zijn de volgende uitgangspunten gehanteerd:

- waarnemingen vogels door Waterschap in 2001: 20-50 watervogels, 4 zwanen, een waarneming op 8 oktober 2003 leverde een aantal van 30 eenden, 30 meerkoeten, 2 aalscholvers en 4 volwassen + 2 jonge zwanen op (pers. med. Y. van Gosliga);
- schatting aantal zwemmers per dag: maximaal 200, maximaal 4000 zwembezoeken per seizoen.

Op basis van deze aannames zijn voor zwemmers en watervogels 2 scenario's opgesteld om een gevoel te krijgen van de bandbreedte. Onderstaande tabel 2.3. geeft deze weer voor de vogels. Er is aangenomen dat alle voedingsstoffen afkomstig zijn van externe bronnen (buiten de plas) in de praktijk zal een deel van de voedingsstoffen uit de plas zelf komen.

Tabel 2.3. Scenario's voor de aantallen, de verblijfduur en de belasting met nutriënten per dag van enkele vogelsoorten in het Proostmeer

soort	aantal scenario_1	aantal scenario_2	verblijfduur	P in gram per vogel per dag	N in gram per vogel per dag
wilde eend	30	10	365	0.44	0.22
zwanen (data kolganzen)	4	2	365	6.59	61.74
aalscholver	1	1	165	1.00	7.50
bl. Reiger	1	1	165	2.83	3.71
kokmeeuw	1	1	165	0.38	6.10

Voor zwemmers is het aantal zwembezoeken op 4000 gesteld en is met een minimum en maximum-schatting voor de N en P-belasting gerekend. Tabel 2.4 .geeft de waarden weer, de gekozen waarden zijn grijs gearceerd.

Tabel 2.4. Waarden voor de P en N-belasting van het oppervlaktewater door zwemmers (Witteveen+Bos, 2001)

	P (gram/persoon)	N (gram/persoon)
basisafgifte	0,002 – 0,006	0,2 – 0,4
basisafgifte + 10 ml urine	0.01	0.5
basisafgifte + 50 ml urine	0.05	0.9
basisafgifte + 100 ml urine	0.09	1.4

Bovenstaande getallen zijn vertaald naar een belasting per m^2 per jaar.

2.4.2. Beschikbare nutriënten in de waterbodem en in de vegetatie

Net als voor vogels en zwemmers zijn ook de resultaten van de bodemanalyses vertaald naar belasting per m^2. Belangrijk is om te beseffen dat het hier gaat om een potentiële beschikbaarheid, of nalevering van nutriënten uit de bodem ook daadwerkelijk plaatsvindt kan niet worden vastgesteld. Naast de bodem is ook een schatting gemaakt van de hoeveelheid voedingsstoffen in het aanwezige vegetatiebestand (en flab). Hiervoor is uitgegaan van:

- een drooggewicht van waterplanten van circa 1000 kg/ha (in de plantenrijke delen);
- 1 hectare waterplanten in het Proostmeer;
- een gewichtspercentage van fosfaat 0.25%.

Dit is mogelijk aan de hoge kant maar deze getallen worden aangehouden voor de zwemplas Stroombroek (Witteveen+Bos, 2001) waar een schatting wordt gemaakt van 2500 kg drooggewicht op 2.5 hectare met kranswieren, fonteinkruiden en Zanichellia. Hierin zit naar schatting 6 kg P opgeslagen. Deze schattingen komen ook overeen met Comin et. al. (1990) die een hoeveelheid van circa 7 kg P hebben berekend voor 2.5 hectare schedefonteinkruid.

2.4.3. Uitloging via slibdepots

Een orde-grootte inschatting van de uitloging van P vanuit de slibdepots is gemaakt door uit te gaan van de volgende veronderstellingen:

- de extra hoeveelheid P in de bodem ter hoogte van de slibdepots wordt veroorzaakt door uitloging;
- de uitstraling van het uitlogingseffect bedraagt 10 –15 meter vanuit de kant (orde grootte schaal waarop de metingen zijn gedaan);
- er liggen slibdepots langs de noordoostoever en langs de oever van het eiland;
- het uitstralingsoppervlak bedraagt in dat geval circa 2000-3000 m^2, ongeveer 5 à 10% van het oppervlak van de plas.

2.4.4. Fosfaatbalans op basis van belasting per m^2

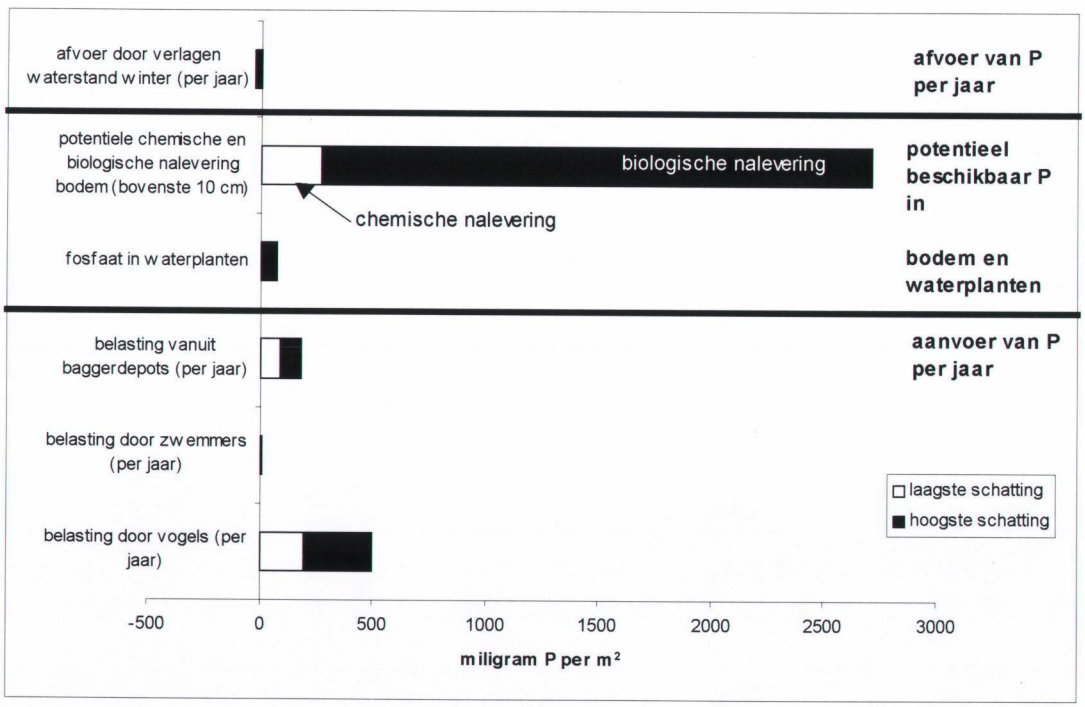
Zoals gezegd is bij het opstellen van de nutriëntenbalans van het Proostmeer vooral naar fosfaat gekeken. Tabel 2.5. geeft het resultaat van de berekeningen volgens de methoden die in bovenstaande paragrafen zijn besproken. In de tabel staan de orde-grootte schattingen van belasting met P door vogels en zwemmers (scenario 1 en 2), de nalevering vanuit de slibdepots (uitstraling naar 5-10% van het oppervlak), de potentiële nalevering vanuit de bodem (chemisch en biologisch), de hoeveelheid P in waterplanten en het P-verlies door waterafvoer.

Tabel 2.5. Orde-grootte schattingen voor de jaarlijkse P-belasting van het Proostmeer en de potentieel beschikbare hoeveelheid fosfaat in het watersysteem

	laagste schatting (mgP/m^2)	hoogste schatting (mgP/m^2)
continue aan- en afvoerposten van fosfaat		
belasting door vogels (per jaar)	200	500
belasting door zwemmers (per jaar)	1	10
belasting vanuit baggerdepots (per jaar)	93	185
afvoer door verlagen waterstand winter (per jaar)		-25
potentieel beschikbaar fosfaat per compartiment		
fosfaat in waterplanten		76
potentiële chemische nalevering bodem (bovenste 10 cm)		270
potentiële biologische nalevering bodem (bovenste 10 cm)		2700

Afbeelding 2.8. geeft de resultaten uit tabel 2.5. grafisch weer.

Afbeelding 2.8. Indicatie van de afvoer van fosfaat, de potentiële beschikbaarheid van fosfaat en de belasting met fosfaat in mg/m^2 voor het Proostmeer. Zie tekst voor toelichting



De tabel en de afbeelding laten expliciete resultaten zien:

1. De potentiële biologische nalevering van P vanuit de bodem is veruit het hoogst van alle posten.
2. De aanvoer van nutriënten door vogels is potentieel erg hoog en overstijgt de verwachtte bijdrage van zwemmers.
3. De inschatting van het lekverlies uit de baggerdepots is echter ook hoog. De inschatting is echter globaal, waarbij onzeker is of de verhoogde P-gehalten volledig terug te voeren zijn op de baggerdepots. Toch kan dit een belangrijke factor zijn.
4. De hoeveelheid P in waterplanten en het verlies van P via afvoer worden beide laag ingeschat.

Concluderend kan (voorlopig) worden gezegd dat de bodem een belangrijke potentiële bron van fosfaat is. De bijdrage van vogels aan het P-gehalte is echter verontrustender, dit komt ieder jaar in de plas waardoor het systeem zich oplaadt. De bijdrage van zwemmers is in vergelijking met vogels nagenoeg verwaarloosbaar, bladval en slibdepots kunnen echter nog een forse bijdrage leveren. Met name deze laatste post is echter moeilijk met zekerheid te kwantificeren. Tenslotte geldt dat de geschatte hoeveelheid P in waterplanten slechts een gering deel van de totale P in de plas betreft en dat de afvoer van P ook zeer beperkt is. Hieruit blijkt dat het systeem zich in de loop van de tijd oplaadt!

3. KNELPUNTEN EN ONTWIKKELINGEN TEN AANZIEN VAN DE (ZWEM)WATERKWALITEIT

3.1. Samenvatting belangrijkste onderzoeksresultaten

3.1.1. Oorzaak zwemwaterproblemen

De zwemproblemen in het Proostmeer zijn met een grote mate van zekerheid te wijten aan de zwemmersjeuk. Enerzijds is tijdens het veldonderzoek in 2003 het voorkomen van *Trichobilharzia ocellata* vastgesteld, anderzijds wijzen de klachten van zwemmers (rode, jeukende bultjes) ook in die richting (zie bijlage II van het bijlagenrapport voor een meer uitgebreide toelichting).
De dichtheid van blauwalgen was gedurende het gehele seizoen in 2003 aan de lage kant en drijflagen (met daarin concentraties van blauwalgen die een verhoogd risico vormen) zijn niet op grote schaal waargenomen. Wel is het mogelijk dat lokaal op luwe plekken ophoping van blauwalgen plaatsvindt en drijflagen ontstaan. Lokaal kunnen deze mogelijk klachten veroorzaken. De conclusie is dat op basis van de hoeveelheden aangetroffen blauwalgen een matige kans op negatieve gezondheidseffecten bestaat.

3.1.2. Waterbalans

Indicatieve schattingen van de hoeveelheid uitgelaten water, gegevens van indicatieve kwelkaarten, de bodemsamenstelling en de chloridebalans wijzen op een neerslaggevoed systeem. De waterbalans laat derhalve neerslag, verdamping en handmatige afvoer als belangrijkste posten zien.

3.1.3. Stoffenbalans

Wat betreft de fosfaatbalans is de aanvoer door vogels naar verwachting het grootst, deze is een factor 20-100 hoger dan de geschatte belasting door zwemmers. Uitloging vanuit de baggerdepots is moeilijk te kwantificeren maar lijkt zeker van belang te kunnen zijn. De rol van de waterbodem in het Proostmeer is naar verwachting eveneens belangrijk. Op dit moment is het fosfaatgehalte vooral langs de baggerdepots hoog. Door het relatief hoge ijzergehalte (hoge Fe:P ratio) van de bodem is het fosfaat echter nog in redelijke mate gebonden. De bodem wordt echter opgeladen doordat de aanvoer van fosfaat de afvoer in sterke mate overtreft.

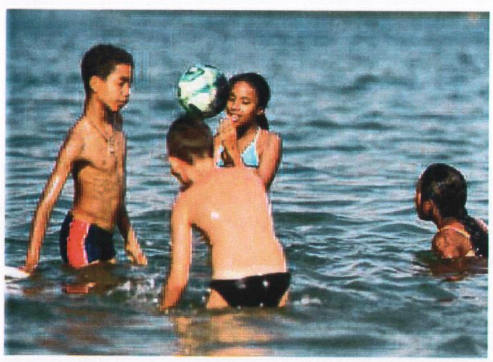
3.2. Implicaties voor de functies van het Proostmeer

In onderstaande worden de consequenties voor het Proostmeer aan de hand van de volgende punten toegelicht:

1. Zwemwaterfunctie.
2. Huidige ecologische toestand.
3. Verwachtte toekomstige ontwikkelingen ten aanzien van ecologie en waterkwaliteit.
4. Relatie natuur- en zwemwaterfunctie.

3.2.1. Zwemwaterfunctie

Voorzover we hebben kunnen vaststellen worden de huidige zwemwaterproblemen van het Proostmeer veroorzaakt door de parasiet *Trichobilharzia ocellata*. Deze parasiet heeft watervogels, zoals eenden, als gastheer en waterslakken als tussengastheer. Om de levenscyclus van de parasiet te onderbreken moeten we een van beide (tussen)gastheren uit het systeem verwijderen. Mogelijke maatregelen hiervoor worden in hoofdstuk 4 gepresenteerd. Zo lang het niet lukt om de parasiet kwijt te raken betekent dit voor de zwemwaterfunctie dat er jaarlijks (na de eerste klachten) een zwemverbod (of negatief zwemadvies) ingesteld zal worden. Eventueel kunnen zwemmers de klachten voorkomen of verminderen door direct na het zwemmen te douchen.



3.2.2. Huidige ecologische toestand

In de huidige situatie bevindt het Proostmeer zich qua waterkwaliteit en ecologische kwaliteit in een relatief goede toestand. Er is sprake van helder water met een soortenrijke watervegetatie. De fosfaatgehalten zijn echter niet in alle gevallen laag, de hoogste waarden liggen in een range waarbinnen zowel heldere als troebele omstandigheden (als gevolg van algenontwikkeling) kunnen voorkomen. De chlorofyl-a gehalten laten zien dat dit fosfaat slechts voor een deel wordt vertaald in algen. Dit hangt samen met het lage stikstofgehalte, wat naar verwachting in de meeste gevallen limiterend is. Een andere reden dat het watersysteem niet omslaat in een troebele toestand hangt waarschijnlijk samen met de visstand. We weten niet hoe de huidige visstand van het Proostmeer is maar de verwachting is dat de visbiomassa betrekkelijk laag is. De samenstelling van het fytoplankton (zwevende algen) wijst op een hoge graasdruk door zoöplankton (watervlooien). Dit is een aanwijzing voor een lage predatiedruk van vis op watervlooien. De lage visbiomassa hangt mogelijk samen met het optreden van een vissterfte in augustus 1999.

3.2.3. Verwachtte ontwikkelingen ten aanzien van ecologie en waterkwaliteit

Bij de beschrijving van de huidige waterkwaliteit hebben we vastgesteld dat deze relatief goed is. Er is sprake van helder water met veel ondergedoken waterplanten. Er zijn echter ook betrekkelijk grote hoeveelheden fosfaat aanwezig, in het water maar ook in de bodem. De stoffenbalans laat zien dat de watervogels een belangrijke bijdrage kunnen leveren aan de verrijking van de plas met voedingsstoffen. Een tweede, mogelijk belangrijke, post van nutriënten zijn de slibdepots. Het is moeilijk om de bijdrage hiervan te kwantificeren maar potentieel kunnen ze een belangrijke bijdrage leveren.

De stoffenbalans laat zien dat in het Proostmeer sprake is van een situatie met aanvoer van voedingsstoffen die, gezien de geïsoleerde ligging, vele malen groter is dan de afvoer. Het systeem laadt zich dus op! De voedingsstoffen die het systeem inkomen worden opgeslagen in de waterbodem. Deze heeft nu nog een gunstige Fe:P ratio, circa 40-50, hierdoor worden voedingsstoffen tot op zekere hoogte gebonden door de bodem. Een Fe:P ratio van minder dan 10-20 wordt in de literatuur aangehouden als een indicatieve grens, hieronder gaat de bodem fosfaat naleveren. Uitgaande van de huidige belasting door vogels (en zwemmers) zal het systeem na circa 20 tot 40 jaar een Fe:P ratio hebben van circa 20. Dit is een punt van zorg voor de toekomst. Hoe snel de bodem zich oplaadt is afhankelijk van de hoeveelheid voedingsstoffen die het systeem inkomt.

In het verleden is het systeem ook door voedingsstoffen opgeladen, in de jaren 90 lagen er dikke sliblagen en was het meer hypertroof en troebel. Dit is circa 30 jaar na de aanleg, wat in dezelfde ordegrootte ligt als de 20-40 jaar die hierboven werd genoemd. Het verdient aanbeveling om de oplading van de bodem te monitoren door deze periodiek te analyseren.

De ontwikkeling van de visstand is in sterke mate bepalend voor een omslag van helder, plantenrijk water naar een troebel systeem. In de huidige situatie bestaat de heldere toestand bij de gratie van een lage visbiomassa. De indruk bestaat dat de aanwas van jonge vis beperkt is, hierdoor is de predatiedruk op watervlooien gering. Wat de redenen voor de geringe aanwas van jonge vis zijn is niet bekend. Mogelijk dat dit samenhangt met de samenstelling van het zoöplankton (te grote soorten voor de kleinste vis). In een jaar met een grote aanwas van jonge vis kan het systeem ineens omslaan naar een troebel toestand. Deze kans wordt groter naarmate het water en de waterbodem meer en meer wordt opgeladen door voedingsstoffen. Het is dus van belang de input van voedingsstoffen zo veel mogelijk te beperken; brongericht (weren eenden, verwijderen slibdepots, beperken bladval) of effectgericht (oogsten flab/waterplanten). Onze inschatting is dat dit het proces zal vertragen, echter niet kan stoppen.

3.2.4. Relatie natuurfunctie en zwemwaterfunctie

Op dit moment staat de zwemwaterfunctie van het Proostmeer onder druk als gevolg van de zwemmersjeuk. Dit heeft een duidelijke relatie met de aanwezigheid van watervogels. De natuurfunctie van de plas (en ook de zwemfunctie via het risico op blauwalgenbloei) staat mogelijk op termijn onder druk als gevolg van voedselverrijking, eveneens voor een belangrijke deel veroorzaakt door watervogels. De vraag is daarom in hoeverre beide functies verenigbaar zijn. Heeft de toekenning (en effectuering) van één van beide functies invloed op de andere functie.

Samenhangend met de natuurfunctie van de plas is er gekozen voor een bepaalde inrichting en beheer. De inrichting bestaat onder andere uit de aanleg van natuurvriendelijke oevers (habitat voor slakken), de aanplant van bos (inwaaien van blad), de aanleg van een dam tussen natuur- en zwemgedeelte en de aanleg van een eiland (beide trekken mogelijk extra vogels aan). Uit het onderzoek is naar voren gekomen dat er op deze punten sprake is van een negatieve beïnvloeding van de zwemwaterfunctie door de natuurfunctie. De zwemfunctie heeft ook een (beperkt) negatief effect op de natuurfunctie, bijvoorbeeld door de inrichting van het zwemdeel of verstoring van watervogels. In dit opzicht is de huidige situatie voor geen van beide functies optimaal te noemen.

Om gerichte maatregelen te kunnen formuleren moet daarom eerst een keuze worden gemaakt voor de functie(s) die het Proostmeer dient te vervullen. Afhankelijk van die functie(s) zijn verschillende maatregelen gewenst. In hoofdstuk 4 wordt hierop verder ingegaan.

4. MAATREGELEN EN PLAN VAN AANPAK

4.1. Kansrijke maatregelen

In onderstaande paragrafen worden de meest kansrijke maatregelen besproken om de zwemwaterproblemen aan te pakken en de oplading van het watersysteem te vertragen. Eerst worden de meest kansrijke maatregelen ten aanzien van de zwemmersjeuk beschreven, vervolgens worden de maatregelen ten aanzien van de waterkwaliteit toegelicht. Meer verregaande maatregelen die zowel een positief effect op de waterkwaliteit als op de zwemmersjeuk kunnen hebben zijn het jaarlijks droogzetten van de oevers en het eens in de paar jaar droogzetten van de gehele plas.

4.1.1. Maatregelen zwemmersjeuk

brongericht

Mogelijke brongerichte (bestrijden parasiet) maatregelen voor zwemmersjeuk zijn:

- Op korte termijn is het verwijderen van slakken uit de oeverzone van het Proostmeer de belangrijkste brongerichte maatregel. Deze oplossing is in andere wateren reeds met succes is toegepast. Een voorbeeld is de recreatieplas Langspier in Brabant, waar duikers zijn ingezet om slakken te verwijderen. Voor het Proostmeer is deze oplossing op korte termijn het meest kansrijk om de zwemmersjeuk te bestrijden.
- Het jaarlijks droogzetten van de oever kan de ontwikkeling van waterplanten en slakken remmen. Bijkomende positieve effecten zijn de afbraak van organisch materiaal, de oxidatie van aanwezige zwavelverbindingen waardoor ijzer weer beschikbaar komt voor P-binding, en het eventueel aantrekken van ijzerrijk grondwater waardoor het ijzergehalte van de bodem toeneemt. Deze maatregel moet worden gecombineerd met het oppompen van diep grondwater omdat de "natuurlijke" aanvulling van het meer met ondiep grondwater een zeer langdurig proces is. Door gebruik te maken van dieper grondwater (mits voedselarm en chloride-arm) kan de waterkwaliteit tevens een belangrijke impuls krijgen. Deze maatregel is betrekkelijk ingrijpend en dient verder onderbouwd te worden aan de hand van o.a. kwaliteitsmetingen van het diepe grondwater.
- Het ontmoedigen van watervogels. Door een veranderde inrichting van het Proostmeer kan de aantrekkelijkheid voor watervogels worden verminderd. De scheidingsdam en het eiland oefenen naar verwachting een zekere aantrekkingskracht uit op watervogels, evenals de natuurlijke oevers. Vooral door de aanwezigheid van weinig verstoorde broedplaatsen (eiland) voor watervogels kan de vogeldichtheid worden beïnvloed. Het wijzigen van onderdelen van de inrichting van het meer kan het aantal watervogels duurzaam beperken, een garantie voor het oplossen van de problemen met zwemmersjeuk is dit echter niet. Er kan echter wel naar gestreefd worden dat de watervogels uitwijken naar het nabij gelegen Hondshalstermeer. Mogelijk zal het de kans op zwemmersjeuk verkleinen, hierover is echter te weinig bekend.
- Het weren van vogels (verjagen, wegvangen of afschieten) is eveneens een mogelijke maatregel. Dit kan echter op verschillende bezwaren stuiten (wet en regelgeving, Flora en faunawet). De vraag is of de vogels überhaupt voor langere tijd geweerd kunnen worden, aantrekkelijke plaatsen zullen waarschijnlijk meteen worden opgevuld door nieuwe vogels. Wij zien dit daarom niet als een duurzame oplossing.
- Verwijderen scheidingsdam. Om verwijdering van slakken door (eventueel aanwezige) blankvoorns te stimuleren verdient het aanbeveling om de scheidingsdam te verwijderen. Dit heeft als bijkomend voordeel dat er een toename van de watercirculatie optreedt waardoor een meer geleidelijke opwarming en verversing van het water in het zwemdeel plaatsvindt. Hoge watertemperaturen hebben een stimulerend effect op de groei van (blauw)algen. De verversing van het water heeft daarnaast een positief effect op de zuurstofdynamiek van het water in het zwemmersdeel en kan mogelijk een remmend effect hebben op de flabontwikkeling.

effectgericht
Mogelijke effectgerichte (voorkomen infectie) maatregelen voor zwemmersjeuk zijn:
- Het instellen van een zwemverbod of een negatief zwemadvies na vaststelling van zwemmersjeuk is een effectgerichte maatregel. Door te douchen na het zwemmen kan de infectie worden voorkomen of verminderd. Een maatregel kan zijn het plaatsen van een buitendouche, direct aan het strand.

4.1.2. Maatregelen waterkwaliteit

brongericht
Belangrijke brongerichte (beperken toevoer voedingsstoffen) maatregelen voor de waterkwaliteit zijn:
- Een belangrijke bron van voedingsstoffen en oorzaak voor het opladen van het Proostmeer zijn de watervogels. Het ontmoedigen en weren van vogels zijn dus belangrijke brongerichte maatregelen (zie ook maatregelen zwemmersjeuk).
- Een tweede belangrijke brongerichte oplossing is het opruimen van de aanwezige slibdepots. Hoewel de kwantificering van de bijdrage van de slibdepots betrekkelijk onzeker is mag toch worden verwacht dat ze een duidelijk merkbare bijdrage leveren. Dit blijkt ook uit de hogere P-gehalten in de bodem langs de slibdepots.
- Het opruimen van fecaliën van watervogels en honden (met name op het strand) en eggen van het strand is vanwege meerdere redenen gewenst. Het beperkt de toevoer van voedingsstoffen naar het Proostmeer. Als post op de stoffenbalans is de invloed van honden niet meegenomen, de kwantificering ontbreekt dus. Deze maatregel kan betrekkelijk eenvoudig worden uitgevoerd en is vooral ook vanuit hygiënische redenen gewenst.

effectgericht
Belangrijke effectgerichte (beperken effecten van voedselverrijking) maatregelen voor de waterkwaliteit zijn:
- Het verwijderen van flab. Hierdoor worden voedingsstoffen afgevoerd (niet veel), neemt de aantrekkelijkheid van het zwemwater voor zwemmers toe en wordt een mogelijk substraat voor slakken weggehaald. Het effect van flab op de waterkwaliteit gaat echter nog verder, flab-pakketten (floating algae beds ofwel drijvende algenmatten) zijn in staat tot een hoge productie (en consumptie) van zuurstof en beïnvloeden daarmee de waterkwaliteit. Mogelijke effecten zijn: sterke zuurstoffluctuatie en sterk fluctuerende pH, onder zuurstofloze omstandigheden kan dit zelfs nalevering van fosfaat vanuit de waterbodem ten gevolg hebben. Het periodiek oogsten van flab is dus en maatregel die meerdere positieve effecten op de waterkwaliteit heeft.
- Droogzetten van de gehele plas. Gezien de ontwikkelingsgeschiedenis van het Proostmeer en de huidige toevoer van voedingsstoffen mag verwacht worden dat het systeem op een zeker moment weer zal omslaan naar een troebel water. Door het periodiek (afhankelijk van de snelheid van opladen bijvoorbeeld eens in de 10-20 jaar) droogzetten van de gehele plas kan het slib worden opgeruimd en de aanwezige vis worden verwijderd. Hierdoor wordt het watersysteem "teruggezet" in de ontwikkeling. Dit is wat in 1995 bij de uitvoering van de natuurtechnische maatregelen is gedaan. Na het droogzetten kan het meer door natuurlijke aanvulling weer vollopen. Dit duurt echter zeer lang zodat deze maatregel eventueel kan worden gecombineerd met het oppompen van diep grondwater. Dit kan alleen wanneer het diepe grondwater (enkele tientallen meters diep) voedselarm en chloride-arm is. Het oppompen van diep grondwater mag uiteraard geen verslechtering van de waterkwaliteit veroorzaken. Wanneer het diepe grondwater een goede kwaliteit heeft kan de waterkwaliteit van het Proostmeer een belangrijke impuls krijgen. Andere positieve effecten van het droogzetten zijn de afbraak van organisch materiaal, de oxidatie van aanwezige sulfaatverbindingen waardoor ijzer weer beschikbaar komt voor P-binding en het eventueel aantrekken van ijzerrijk grondwater waardoor het ijzergehalte van de bodem toeneemt.

- Visstandbeheer. Deze maatregel is net als voorgaande gericht om de ontwikkeling van het Proostmeer van een heldere naar een troebele toestand om te keren. De visstand speelt hierin een belangrijke rol, zoals in eerdere paragrafen reeds is uitgelegd. Wanneer de visstand zich in de toekomst weer sterk ontwikkeld, kan het systeem in een kwalitatief goede toestand worden gehouden door periodiek de visstand uit te dunnen. Deze maatregel ligt op dit moment niet direct voor de hand (de verwachting is dat er weinig vis in het Proostmeer zit) maar kan op termijn een erg belangrijke maatregel blijken.

4.2. Keuze voor maatregelen; scheiden of combineren van functies

In het voorgaande hoofdstuk werd het spanningsveld tussen de zwemfunctie en de natuurfunctie van het Proostmeer duidelijk. Voor de keuze van maatregelen is de onderlinge beïnvloeding van functies belangrijk. Maatregelen die voor de ene functie gunstig zijn kunnen de andere functie nadelig beïnvloeden. Daarom zijn drie scenario´s opgesteld:

1. Scenario zwemwater: optimale inrichting en beheer voor de functie zwemwater.
2. Scenario natuur: optimale inrichting en beheer voor de functie natuur.
3. Scenario zwemnatuur: combinatie van zwem- en natuurfunctie.

Ieder van deze scenario´s wordt in onderstaande paragrafen uitgewerkt in een stappenplan met een bijbehorend pakket van maatregelen.

4.2.1. Uitwerking in stappenplan

In deze paragraaf worden de maatregelen uit 4.1. middels een getrapte benadering verwerkt in een stappenplan per scenario. De volgorde van maatregelen is van relatief eenvoudige korte termijnmaatregelen (stap 1) tot enkele meer duurzame maatregelen (stap 2). Tabel 4.1. geeft een overzicht van de genoemde maatregelen en de prioritering per scenario, onderstaand worden deze toegelicht.

Tabel 4.1. Maatregelen per scenario. 1= stap 1 (eenvoudiger, korte termijn), 2 = stap 2 (complexer, lange termijn)

maatregel	scenario zwemwater	scenario natuur	scenario zwemnatuur
verwijderen van flab	1	1	1
verwijderen slakken	1		1
periodiek instellen zwemverbod na klachten	1		1
plaatsen buitendouche	1		1
schoonhouden zwemstrand (eggen, opruimen fecaliën)	1		1
verwijderen scheidingsdam	2	2	2
verwijderen slibdepots	2	2	2
visstandbeheer	2	2	2
ontmoedigen van watervogels	2		2
weren van watervogels	2		
jaarlijks droogzetten oever + oppompen grondwater	2		
periodiek droogzetten plas (evt. + oppompen grondwater)		2	2
opheffen zwemwaterfunctie (+ instellen natuurfunctie)		1	
zoneren (rust voor vogels)		1	

4.2.2. Scenario zwemwater

Dit scenario gaat volledig uit van de handhaving van de functie zwemwater. De negatieve effecten van de "natuurfunctie" worden zo veel mogelijk geëlimineerd. Voor dit scenario zijn twee stappen onderscheiden. In de eerste stap worden enkele maatregelen genomen die vooral zijn gericht op het voorkomen van zwemmersjeuk. In de tweede stap worden meer lange termijnmaatregelen uitgevoerd om duurzaam de zwemmersjeuk te bestrijden en om de waterkwaliteit te verbeteren met het oog op het blauwalgen-risico. Doelstellingen voor dit scenario zijn kort samengevat:

- helder water, doorzicht > 1 meter, geen blauwalgenbloei;
- bacteriologisch gezond water, geen zwemmersjeuk;
- veiligheid.

stap 1. Korte termijn maatregelen

Deze stap bestaat uit een mix van de volgende bron- en effectgerichte maatregelen:

- grondig verwijderen van slakken te beginnen in het voorjaar (mei) en een tweede maal in de late zomer (augustus), echter frequentie afhankelijk van ontwikkeling dichtheden daarom eerst bijvoorbeeld wekelijks controle;
- verwijderen van flab (enkele malen per jaar op zo veel mogelijk plaatsen);
- verwijderen van fecaliën van honden en watervogels (vooral op het zwemstrand tijdens inspectie) en eggen van het strand;
- aanleg buitendouche en afkondigen zwemverbod/negatief zwemadvies na vaststellen zwemmers jeuk.

Met name het verwijderen van slakken is een belangrijke maatregel om de zwemfunctie te kunnen handhaven, echter ook de overige maatregelen hebben vooral een relevantie met betrekking tot de zwemfunctie.

stap 2. Lange termijn maatregelen

Deze maatregelen zijn vooral gericht op het verminderen van de negatieve effecten van watervogels en van de slibdepots. Ze hebben een positief effect op de zwemwaterkwaliteit door een afname van de kans op zwemmersjeuk of via de beperking van blauwalgen. De maatregelen zijn:

- wijzigen inrichting (verwijderen of wijzigen inrichting van scheidingsdam, eiland en oevers om vogels te ontmoedigen);
- weren watervogels;
- verwijderen slibdepots en aangrenzende waterbodem (beperken uitstroom van nutriënten);
- jaarlijks droogzetten van de oever in de winter (tegennatuurlijk peilverloop), hierdoor kan de ontwikkeling van waterplanten en slakken worden geremd.

aanbevelingen bij dit scenario

- ter bestrijding van de zwemmersjeuk wordt aanbevolen om reeds volgend jaar de eerste stap van stappenplan uit te voeren;
- met het oog op de verwachtte ontwikkeling van de waterkwaliteit is op termijn de uitvoering van de tweede stap gewenst. De keuze hiervoor kan echter afhankelijk worden gemaakt van de snelheid waarmee de waterkwaliteit verslechterd;
- de maatregel "jaarlijks droogzetten oevers" is betrekkelijk ingrijpend en dient verder onderbouwd te worden. Het valt buiten dit onderzoek om de wenselijkheid en de effecten van een dergelijke maatregel te onderzoeken. Om hieromtrent nadere uitspraken te kunnen doen verdient het aanbeveling om het diepe grondwater te onderzoeken op nutriënten (N en P), ijzer, chloride en sulfaat.

4.2.3. Scenario natuur

Dit scenario is vooral gericht op het instandhouden en verder ontwikkelen van de natuurwaarden van het Proostmeer. De natuurwaarden zijn vooral gelegen in het heldere, plantenrijke water, de watervogels en de natuurlijke oevers en omgeving. Dit scenario heeft impliciet een spanningsveld in zich, het streven naar helder, plantenrijk water staat op gespannen voet met het streven naar een rijke vogelstand (meer vogels, meer nutriënten meer kans op troebel water). Met het oog op de natuurwaarde is troebel water niet gewenst. Dit betekent dat het beheer gericht zal moeten zijn op het periodiek herstel van de plas door een combinatie van de maatregelen droogzetten of afvissen. Doelstellingen voor dit scenario zijn kort samengevat:

- helder, plantenrijk water, zonder algenbloei;
- natuurlijke oevers met soortenrijke vegetatie;
- rijke vogelstand.

stap 1. Korte termijn maatregelen

Voor dit scenario komen de volgende maatregelen als eerste in aanmerking:

- opheffen zwemwaterfunctie en toekennen natuurfunctie;
- verwijderen van flab (enkele malen per jaar, zo veel mogelijk plaatsen);
- minder toegankelijk maken/zoneren (rust voor watervogels).

stap 2. Lange termijn maatregelen

De volgende maatregelen zijn vooral gericht op het verminderen van de (effecten van) voedselverrijking:

- verwijderen scheidingsdam;
- verwijderen slibdepots en aangrenzende waterbodem (beperken uitstroom van nutriënten);
- afvissen; wanneer het watersysteem vertroebelt als gevolg van een sterke ontwikkeling van de visstand kan het verwijderen van de vis een omslag naar helder water bewerkstelligen;
- periodiek droogzetten van het meer in de winter, de frequentie is afhankelijk van de snelheid waarmee het systeem zich "oplaadt".

aanbevelingen bij dit scenario

- bij de keuze voor de natuurfunctie worden geen maatregelen genomen ter bestrijding van de zwemmersjeuk. Aanbevolen wordt daarom om de zwemfunctie van de plas te halen;
- met het oog op de verwachtte ontwikkeling van de waterkwaliteit is op termijn de uitvoering van de tweede stap gewenst. De keuze hiervoor kan echter afhankelijk worden gemaakt van de snelheid waarmee de waterkwaliteit verslechtert;
- voor de maatregel "periodiek droogzetten plas" gecombineerd met oppompen diep grondwater verdient het aanbeveling om het diepe grondwater te onderzoeken op nutriënten (N en P), ijzer, chloride en sulfaat.

4.2.4. Scenario zwemnatuur

Dit scenario gaat uit van de handhaving van de functie zwemwater en een belangrijke "natuurfunctie". In zekere zin is dit de handhaving van de huidige situatie, met daarbij het uitvoeren van enkele specifieke maatregelen om de huidige zwemwaterproblemen op te heffen en toekomstige problemen te voorkomen. Belangrijke overeenkomst tussen beide functies is dat gestreefd wordt naar helder, gezond water. De natuurfunctie komt in dit scenario komt vooral tot uitdrukking in helder, plantenrijk water en in mindere mate in de vogelstand. Ook voor dit scenario zijn twee stappen onderscheiden. In de eerste stap worden enkele eenvoudige maatregelen genomen, gericht op het voorkomen van zwemmersjeuk. In de tweede stap worden maatregelen uitgevoerd om duurzaam de zwemmersjeuk te bestrijden en de waterkwaliteit te verbeteren. Anders dan bij het scenario zwemwater wordt niet gekozen voor het jaarlijks droogzetten van de oevers maar voor het periodiek herstel van de plas door een combinatie van de maatregelen droogzetten of afvissen. De risico's voor de zwemwaterfunctie (kans op zwemmersjeuk of blauwalgenbloei) zijn daarmee groter.

Doelstellingen voor dit scenario zijn kort samengevat:
- helder water, doorzicht > 1 meter, zonder blauwalgenbloei;
- bacteriologisch gezond water, geen zwemmersjeuk, veilig;
- natuurlijke oevers, soortenrijke water- en oevervegetatie.

stap 1. Korte termijn maatregelen
Maatregelen die vooral zijn gericht op de zwemfunctie:
- grondig verwijderen van slakken te beginnen in het voorjaar (mei) en een tweede maal in de late zomer (augustus), echter frequentie afhankelijk van ontwikkeling dichtheden daarom eerst bijvoorbeeld wekelijks controle;
- verwijderen van flab (enkele malen per jaar, zo veel mogelijk plaatsen);
- verwijderen van fecaliën van honden en watervogels (vooral op het zwemstrand tijdens inspectie) en eggen van het strand;
- aanleg buitendouche en afkondigen zwemverbod/negatief zwemadvies na vaststellen zwemmersjeuk.

stap 2. Lange termijn maatregelen
Deze maatregelen zijn vooral gericht op het verminderen van de negatieve effecten van watervogels en van de slibdepots. Ze hebben een positief effect op de zwemwaterkwaliteit door een afname van de kans op zwemmersjeuk of via de beperking van blauwalgen. Deze maatregelen zijn:
- wijzigen inrichting (verwijderen of wijzigen inrichting van scheidingsdam en eiland om vogels te ontmoedigen);
- verwijderen slibdepots en aangrenzende waterbodem (beperken uitstroom van nutriënten);
- periodiek droogzetten van het meer in de winter, de frequentie is afhankelijk van de snelheid waarmee het systeem zich "oplaadt".

aanbevelingen bij dit scenario
- ter bestrijding van de zwemmersjeuk wordt aanbevolen om reeds volgend jaar de eerste stap van stappenplan uit te voeren;
- met het oog op de verwachtte ontwikkeling van de waterkwaliteit is op termijn de uitvoering van de tweede stap gewenst. De keuze hiervoor kan echter afhankelijk worden gemaakt van de snelheid waarmee de waterkwaliteit verslechterd;
- voor de maatregel "periodiek droogzetten plas" gecombineerd met oppompen diep grondwater verdient het aanbeveling om het diepe grondwater te onderzoeken op nutriënten (N en P), ijzer, chloride en sulfaat.

4.3. Slotopmerkingen en algemene aanbevelingen
In dit rapport wordt op basis van de bevindingen van het onderzoek een aantal scenario's gepresenteerd. Twee van deze scenario's vragen om een explicatie keuze voor zwemwater of natuur. De derde optie kan worden gezien als een voortzetting van de huidige situatie, waarbij wordt opgemerkt dat het Proostmeer op dit moment alleen een officiële (provinciale) zwemwaterfunctie heeft.

Een expliciete keuze voor één van de scenario's wordt in dit rapport niet gemaakt. Belangrijke overweging bij die keuze (naast technische aspecten en kosten) is vooral ook het belang dat door de betrokkenen wordt gehecht aan de zwemfunctie of de natuurfunctie van het Proostmeer. In die afweging speelt ook de functie van het nabijgelegen Hondshalstermeer een rol.

Wat betreft de haalbaarheid van de scenario's gaat het vooral om het oplossen van de zwemmersjeuk. De haalbaarheid hiervan is het grootst voor het scenario zwemwater waarbij het meest verwacht wordt van het jaarlijks droogzetten van de oevers. Ook van het verwijderen van slakken wordt de kansrijkdom reeds vrij hoog ingeschat, hoewel hiermee voorzover bekend nog niet veel ervaring is opgedaan. Wanneer de parasiet ondanks deze maatregelen blijvend klachten zal veroorzaken ligt het voor de hand om de zwemfunctie van de plas te halen.

Een ander punt van zorg voor zowel zwemwater (blauwalgen) als voor de natuur (troebel water) is de waterkwaliteit. De verwachting is dat deze in de loop van de tijd zal verslechteren en dat periodiek ingrijpen nodig zal zijn door het droogzetten (van delen van de) plas. Alle scenario's voorzien hierin, het verschil is de mate waarin maatregelen worden genomen om dit proces te vertragen en daarmee frequentie waarmee dit dient te gebeuren.

Tot slot enkele algemene aanbevelingen:

- Om de ontwikkeling van de water(bodem)kwaliteit van de plas te monitoren verdient het aanbeveling om de waterbodem regelmatig te toetsen. Om zicht te krijgen in de snelheid waarmee de bodem oplaadt wordt in het begin frequenter gemonsterd (bijvoorbeeld na 2 à 3 jaar) waarna de frequentie later eventueel kan worden verlaagd.
- Om de ontwikkeling van de plas en de rol van de vis hierin beter te kunnen kwantificeren is inzicht in de visstand gewenst. Een evenwichtige visstand met voldoende roofvis kan de omslag naar troebel water vertragen. Een kwantitatieve bemonstering geeft het duidelijkste inzicht in de visstand, ook kwalitatieve waarnemingen zoals waarnemingen van de aanwezigheid van grote brasems, snoek en jonge vis kunnen informatief zijn.

LITERATUUR

Comin, F.A., Menedez, M. & Lucena, J.T., 1990. Proposals for macrophyte restoration en eutrophic coastal lagoons. In: Gulati, R.D. Lammens, E.H.R.R., Meijer, M-L. & van Donk (eds). Biomanipulation-Tool for water management Hydrobiologia 200-201: 427-436. Kluwer Academic Publishers.

De Vries, J., 1994. Vogels en waterkwaliteit in de Wieden. Stageverslag van Hall instituut, Groningen. Zuiveringschap West Overijssel, Zwolle.

Eerens, N., 2001 (ongepubliceerd). Aangepaste tekst van publicatie over het Proostmeer in het Vlinderblad van de Vlinderstichting, 14-02-2001.

Eerens, N., 1993. Beheersplan recreatiegebied "Proostmeer". Rapport + bijlagen. Wagenborgen, gemeente Delfzijl.

Eifac. 1968. Water quality criteria for European fish. Report on extreme pH values and inland fisheries. European Inland fisheries Advisory Commission, Rome.

Grontmij, 1995. Verkennend onderzoek. Oppervlaktewater en waterbodem Proostmeer te Wagenborgen. In opdracht van DLG Groningen. Grontmij, Haren.

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

Whitton, B.A. & M. Potts (Eds), 2000. The Ecology of Cyanobacteria : Their Diversity in Time and Space. Kluwer Academic publishers.

Witteveen+Bos, 2001. Overlast van waterplanten in diepe zwemplassen: een dilemma? Stroombroek als voorbeeld. In opdracht van Recreatieschap Achterhoek-Liemers. Witteveen+Bos, Deventer.

Witteveen+Bos, 2003. Onderzoek en aanpak zwemwaterproblemen Proostmeer. Witteveen+Bos, Deventer.