



Brechje Rijkens, Wetterskip Fryslân / Radboud Universiteit Nijmegen

Theo Claassen, Wetterskip Fryslân

Marianne Thannhauser-Douwma, Wetterskip Fryslân

Rob Leuven, Radboud Universiteit Nijmegen

Waterplanten om van troebel helder water te maken

Eutrofiëring is nog steeds een groot milieuprobleem in laagveenplassen. Daarom zijn in het laagveenmoerasgebied De Deelen in Friesland diverse herstelmaatregelen genomen. De chemische waterkwaliteit is mede daardoor langzaam aan het verbeteren. De omslag van troebel naar helder water met begroeiing van waterplanten blijft echter uit. Om te beoordelen of de waterkwaliteit al geschikt genoeg is voor groei van waterplanten, zijn enkele experimenten in *enclosures* uitgevoerd. Hierin zijn drie karakteristieke soorten waterplanten uitgezet. In ondiepe, beschut gelegen petgaten zijn deze planten goed aangeslagen; in diepere onbeschutte petgaten vrijwel niet. Wind en golfslag belemmeren de vestiging en verhogen de sterfte van waterplanten in de open petgaten. Dit fenomeen vertraagt de omslag van troebel naar helder water in meren en plassen.

In veel laagveengebieden kampen waterbeheerders met hoge interne mobilisatie en externe aanvoer van meststoffen. Water dat rijk is aan voedingsstoffen, veroorzaakt verschillende problemen. Blauwalgen domineren het systeem, waardoor weinig zonlicht tot op de waterbodem doordringt en waterplanten nauwelijks groeien. Daarnaast leven in een nutriëntenrijk systeem vooral bodemwoelende vissen, zoals brasem. Door omwoeling van de bodem vermindert het doorzicht nog meer. Deze troebele algenrijke situatie is zeer stabiel. In 2015, of indien uitstel wordt verleend uiterlijk in 2027, moeten alle wateren voldoen aan de normen van de Kaderrichtlijn Water (KRW). Voor vele watertypen is een zogeheten goede ecologische toestand bepaald, afgeleid uit referentiebeschrijvingen. Voor niet-natuurlijke watersystemen, zoals petgaten, is een zogeheten goede ecologische potentie (GEP) opgesteld. Voor dit type (M27) gelden als norm voor fosfaat, stikstof, doorzicht en chlorofyl respectievelijk 0,09 mg/l, 1,3 mg/l, 0,8 m en 25 µg/l.

De Deelen

De Deelen is een petgatenlandschap van ongeveer 500 hectare en heeft relatief gezien veel open water. Het gebied wordt beheerd door Staatsbosbeheer. In 1990 is de 'specifieke ecologische doelstelling van het hoogste niveau' (water voor natuur) aan De Deelen toegekend. Dit Vogelrichtlijngebied is als Natura 2000-gebied aangewezen met de status *sense of urgency*. Hierdoor ligt er

een grote druk op de beheerders om de KRW-normen tijdig te halen.

Begin jaren negentig was het water in De Deelen door eutrofiëring troebel en groen gekleurd. Op het water lagen plaatselijk drijfvlagen van blauwalgen, onderwaterplanten kwamen niet of nauwelijks voor en brasem was de dominante vissoort in het gebied^{1,7}. In de jaren 1992 t/m 1995 zijn verschillende maatregelen genomen om de kwaliteit van het gebied te verbeteren. De waterkwaliteit verbeterde ook langzaam, maar onvoldoende om het water helder te krijgen en de biodiversiteit te herstellen². Hysterese is een verklaring voor dit fenomeen (zie kader).

Hysterese

Wateren verkeren in een heldere of een troebele toestand, afhankelijk van hun trofiegraad. Zelfs bij eenzelfde intermediaire nutriëntenbelasting kan het water in het ene systeem troebel zijn, terwijl het in een ander systeem helder is³. Om een troebel water weer helder te krijgen, moet de nutriëntenconcentratie verlaagd worden tot soms ver onder het niveau waarbij het water troebel is geworden⁴. Ingrijpen in dit systeem door middel van biomanipulatie kan de omslag van troebel naar helder versnellen⁵. Een eutroof watersysteem zonder vegetatie kan anders lang vegetatieloos blijven, omdat de turbiditeit groot is, maar ook omdat de bodem verstoord wordt door benthivore vis en golfslag. Dit voorkomt dat planten zich kunnen vestigen. Daarnaast kan herbivorie het herstel van de vegetatie ook tegenhouden. Een systeem dat wel begroeid is met planten, zal ook begroeid (kunnen) blijven, omdat helder water de plantengroei stimuleert. Het sediment is daarnaast ook stabiel en de visstand zal minder bodemwoelende en meer plantminnende vissen bevatten. Doordat er genoeg waterplanten staan zal dit systeem een grote populatie herbivoren aan kunnen zonder een omslag naar een vegetatieloos systeem⁶. Het systeem biedt als het ware weerstand tegen verandering.

Recente maatregelen

Vanaf 2003 is het peilbeheer gewijzigd met het toelaten van een seizoensgebonden peilfluctuatie van maximaal 0,5 meter in plaats van een vast streefpeil. Hierdoor wordt 's zomers minder water ingelaten. Tevens zijn experimenten met biomanipulatie gestart om te beoordelen of het wegvangen van bodemwoelende en plantenetende vissen een trigger is om het water in De Deelen weer helder te krijgen. Hiervoor is in vier petgaten visstandbeheer uitgevoerd. Twee identieke grote onbeschutte petgaten liggen in het noorden van het gebied; twee kleine en beschutte petgaten aan de zuidkant. Alle vier petgaten zijn afgesloten met een viswerend scherm. Van ieder paar is één

petgat leeg gevist. In de andere twee is de visstand gehandhaafd⁷⁾. Het visstandbeheer heeft uiteindelijk geen verbetering teweeg gebracht.

In dezelfde vier petgaten is gekeken of het water geschikt is voor onderwatervegetatie. Het tot nu toe wegblijven van deze vegetatie kan verschillende oorzaken hebben: de chemische waterkwaliteit is nog niet geschikt voor waterplanten, omdat het water te troebel is; de bodemchemie werkt remmend doordat schadelijke stoffen in het bodemwater zijn opgelost; er zijn geen zaden of kiemen in het gebied aanwezig of dispersie gaat moeizaam. Ook kunnen er problemen zijn met de vestiging van planten door windwerking, golfslag, vraat door vogels of omwoelen van de bodem door vissen.

Proeven in enclosures

De geschiktheid van het gebied voor plantengroei is getest in afgesloten ruimten (*enclosures*), omdat daarin de fysieke verstoring door wind en golfslag worden geminimaliseerd en geïntroduceerde planten

zich ter plekke kunnen vestigen⁸⁾. Bovendien is minder plantenmateriaal nodig voor de proeven. Wanneer de waterplanten in deze afgebakende delen van het oppervlaktewater aanslaan, zijn waterkwaliteit, bodemgesteldheid en mogelijkheden tot vestiging en groei goed.

De experimenten zijn in vier petgaten uitgevoerd: twee in het noordelijke gedeelte van het gebied en de twee in het zuidelijke deel. Alle petgaten zijn in 2003 visdicht afgesloten van de rest van het gebied. De noordelijke petgaten zijn ongeveer 3,5 hectare groot en een meter diep. Op de bodem ligt een dikke venige sliblaag, met uitzondering van de oostoever waar de bodem vrij stevig is. De laaggelegen, afgeplagde delen van de rechte oevers staan in de winter en in het voorjaar onder water en zijn vrijwel onbegroeid. De zuidelijke petgaten zijn kleiner: ongeveer 1,5 hectare groot. De gemiddelde diepte is 0,6 meter met enkele diepe delen van ongeveer een meter. De bodem is bedekt met een dikke venige sliblaag en gedeeltelijk begroeid met gele

plomp (*Nuphar lutea*). De oevers zijn grillig en begroeid en bieden schuilmogelijkheden voor vis, terwijl er geen ondiepe oeverzones zijn. Aan de zuidkant van de petgaten staan bomen die voor enige beschutting zorgen.

Halverwege deze vier petgaten staan aan beide oevers een serie van vier aaneengesloten vakken van drie bij drie meter. In drie van deze vakken zijn in september 2003 waterplanten geïntroduceerd, met een aanvangsbedekking van circa 25 procent per vak. Van noord naar zuid zijn ze gevuld met stomp fonteinkruid (*Potamogeton obtusifolius*), gewoon blaasjeskruid (*Utricularia vulgaris*) en krabbescheer (*Stratiotes aloides*). Het zuidelijke vak diende als blanco. De hier gepresenteerde vegetatieontwikkeling is gevolgd in de periode 2004 t/m 2006. In de winter van 2006/2007 zijn de visschermen in de zuidelijke petgaten weggehaald.

Beschutting

De experimenten laten vrijwel geen onderling verschil zien tussen de twee noordelijke petgaten enerzijds en de twee zuidelijke petgaten anderzijds. Dit betekent dat nauwelijks verschil is gevonden tussen petgaten die leeg gevist zijn en petgaten met een standaard visstand. Tussen de beide series *enclosures* in hetzelfde petgat is ook weinig verschil gevonden. De plek waar de waterplanten zijn aangebracht, aan de oost- of aan de westkant van een petgat, heeft hier dus weinig invloed op het aanslaan van de waterplanten. Wel is een groot verschil gevonden tussen de afgebakende vakken in de grote onbeschutte en kleine beschutte petgaten. De *enclosures* in de noordelijke petgaten waren zeer gering of niet begroeid met waterplanten. Die in de zuidelijke petgaten waren al snel vol gegroeid, vooral met krabbescheer. Krabbescheer sloeg hier zelfs zo goed aan dat de populatie zich na een jaar al naar omliggende vakken had verspreid. De andere soorten deden het veel minder goed, waarschijnlijk mede door concurrentie van smalle waterpest (*Elodea nuttallii*) en in een geval door kikkerbeet (*Hydrocharis morsus-ranae*), soorten die zich spontaan vestigden.

Verschillen tussen petgaten en plantensoorten

Vanwege de grote overeenkomst in resultaten tussen de vier series afgesloten delen in de noordelijke en zuidelijke petgaten wordt hier alleen het resultaat gegeven van één serie uit de noordelijke (tabel 1) en één serie uit de zuidelijke petgaten (tabel 2).

De noordelijk petgaten blijven relatief leeg en onbegroeid (tabel 1). Krabbescheer is in drie van de vier *enclosures* alleen in 2004 in zeer geringe hoeveelheden teruggekomen. Het hoogste bedekkingspercentage voor deze soort was twaalf procent. Gewoon blaasjeskruid is alleen in één petgat teruggekomen in 2004 en had een bedekking van een procent. Stomp fonteinkruid is het eerste jaar na de inzet wel in alle afgesloten delen teruggekomen, maar ook slechts met een procent bedekking.



Enclosures in de noordelijke petgaten.

Tabel 1: Bedekkingen van waterplanten in enclosures in het noordwestelijke petgat. Per vak is het bedekkingspercentage per soort gegeven voor de jaren 2004 t/m 2006. Vanwege onderscheid in ondergedoken, drijvende en boven het water uitstekende planten, kunnen de percentages opgeteld boven 100 procent uitkomen.

monsterpunt	blanco			krabbescheer			gewoon blaasjeskruid			stomp fonteinkruid		
	2004	2005	2006	2004	2005	2006	2004	2005	2006	2004	2005	2006
	797	797	797	797	797	797	797	797	797	797	797	797
krabbescheer			7									
gewoon blaasjeskruid							1					
stomp fonteinkruid							1			1		
smalle waterpest											1	
gekroesd fonteinkruid												
drijvend fonteinkruid												
kikkerbeet												
klein kroos							1			1		
puntkroos												
veelwortelig kroos												

Daarnaast is wel smalle waterpest in alle vier proefopstellingen gevonden. In één serie had smalle waterpest een bedekking van 90 procent.

In 2005 stonden er nog minder planten in de *enclosures* dan in 2004. Alleen stomp fonteinkruid haalde nog een bedekking van een procent in twee afgesloten delen. Daarnaast kwam nog smalle waterpest en gekroesd fonteinkruid (*Potamogeton crispus*) voor. Deze laatste soort haalde een bedekking van één procent in het afgesloten deel van het noordoostelijke petgat.

In 2006 is in de noordelijk petgaten alleen nog maar smalle waterpest in drie van de *enclosures* aangetroffen.

De zuidelijke petgaten (tabel 2) toonden een grotere bedekking van de geïntroduceerde soorten. In deze proefopzetten hadden de planten zich zelfs naar de andere vakken en buiten de afgebakende delen uitgebreid. In 2004 stonden in alle vier de *enclosures* de vakken met krabbescheer helemaal vol. Drie *enclosures* hadden voor deze soort een bedekkingspercentage van 100 procent en één van 80 procent. Gewoon blaasjeskruid kwam in 2004 in drie van de vakken voor waarin de soort was geplant. De bedekking hiervan varieerde van een tot 20 procent. Het kwam ook in één vak van stomp fonteinkruid voor. Stomp fonteinkruid kwam met een bedekking van tien tot 50 procent voor in alle aangeplante vakken van de vier *enclosures*. Tevens stond het bij drie afgesloten delen in het vak van gewoon blaasjeskruid en bij één *enclosure* in het blanco vak. Daarnaast kwam smalle waterpest in drie *enclosures* voor in elk vak: de bedekking varieerde van vijf tot 100 procent.

In 2005 stond in één blanco vak krabbescheer en in twee vakken stomp fonteinkruid, maar de blanco vakken werden gedomineerd door smalle waterpest. Krabbescheer deed het in drie *enclosures* onveranderd goed, maar in één bereikte deze soort nog slechts een bedekking van 60 procent. Dit kwam waarschijnlijk omdat kikkerbeet in dat afgesloten gedeelte een groot aandeel (30 procent) van het wateroppervlak opeiste. Gewoon blaasjeskruid kwam in 2005 alleen nog in beide *enclosures* van het zuidwestelijke petgat voor. De bedekking van deze plant bedroeg slechts één en vijf procent; smalle waterpest domineerde in deze vakken. Stomp fonteinkruid kwam in 2005 in drie *enclosures* voor met een bedekking van een procent. Deze plant kwam voor in het vak waarin het is aangeplant, maar ook in het vak waarin gewoon blaasjeskruid was geïntroduceerd.

In 2006 had krabbescheer zich in één *enclosure* zo uitgebreid dat het zelfs met een bedekking van 35 procent in het blanco vak voorkwam. Het blanco vak werd dat jaar in drie *enclosures* overigens nog wel gedomineerd door smalle waterpest. In één afgesloten vak was kikkerbeet de dominerende soort. Krabbescheer deed het in drie afgesloten vakken nog steeds erg goed. In één, die helemaal werd gedomineerd door kikkerbeet, haalde krabbescheer echter nog maar zes procent bedekking. Smalle waterpest

kwam overigens amper meer voor in het krabbescheervak. Gewoon blaasjeskruid was in 2006 helemaal uit de *enclosures* verdwenen; wel stond in dit vak twee maal krabbescheer en stomp fonteinkruid met een bedekking van respectievelijk vijf en één procent. Nog maar één *enclosure* waarin stomp fonteinkruid was geïntroduceerd, bevatte een vak met deze soort en de bedekking was laag (een procent). Dit vak werd gedomineerd door smalle waterpest en bij één *enclosure* door kikkerbeet.

Verbetering chemische waterkwaliteit

De halfjaargemiddelde waarden van fosfaat, stikstof, doorzicht en chlorofyl in petgaten verschillen tussen de noordelijke en zuidelijke petgaten (afbeeldingen 1 t/m 4). De concentratie totaalfosfaat in de petgaten verschilt aanzienlijk (zie afbeelding 1). In beide noordelijke petgaten komen zomerpieken voor, die duiden op fosfaataflevering uit de bodem. In de zuidelijke petgaten zijn dergelijke pieken niet waargenomen. Hier blijven de gehalten

ruim beneden 0,09 mg/l. Ook de gehalten totaalstikstof zijn in de noordelijke petgaten hoger dan in de zuidelijke (zie afbeelding 2), waarbij de pieken juist gelden voor de winter. De stikstofgehalten in de noordelijke petgaten zijn aan de hoge kant ('s zomers tussen 1,5 en 2,2 mg/l), maar niet zo hoog om een heldere toestand onmogelijk te maken. In de zuidelijke petgaten blijft dit gehalte na 2003 's zomers onder of op het niveau van 1,3 mg/l. Het doorzicht in de noordelijke petgaten is erg slecht (zie afbeelding 3). Met een doorzicht van ongeveer 40 cm hebben waterplanten op de bodem onvoldoende licht om te kunnen groeien en overleven. De zuidelijke petgaten bereiken echter wel lichtval tot op de bodem met een doorzicht van ongeveer 60 cm. Bij deze petgaten heeft doorzicht daarom geen remmende werking op het voorkomen van waterplanten. Bij aanvang van de experimenten, in de zomer van 2003, lagen de chlorofylgehalten in de vier petgaten tussen de 60 en 80 µg/l (zie afbeelding 4). Gezien de chlorofylgehalten lijken de herstelmaatregelen in 2004



Enclosures in de zuidelijke petgaten.

Tabel 2: Bedekkingen van waterplanten in enclosures in het zuidwestelijke petgat. Per vak is het bedekkingspercentage per soort gegeven voor de jaren 2004 t/m 2006. Vanwege onderscheid in ondergedoken, drijvende en boven het water uitstekende planten, kunnen de percentages opgeteld boven 100 procent uitkomen.

monsterpunt	blanco			krabbescheer			gewoon blaasjeskruid			stomp fonteinkruid		
	2004	2005	2006	2004	2005	2006	2004	2005	2006	2004	2005	2006
	801	801	801	801	801	801	801	801	801	801	801	801
krabbescheer		2	35	100	100	100			5			
gewoon blaasjeskruid				1			5	1				
stomp fonteinkruid			1				5	1	1	50	1	
smalle waterpest	100	100	80	5			50	80	95	100	90	90
gekleurd fonteinkruid		1	1									
drijvend fonteinkruid					1		25	25	1	5	10	1
kikkerbeet												
klein kroos	1	5	3	8	1	7			1	1		1
puntkroos		1	1		1							
veelwortelig kroos				2		35						

aan te slaan: in alle vier petgaten ligt het gehalte in 2004 lager dan in 2003. In de jaren daarna neemt het gehalte chlorofyl-a in de noordelijk petgaten weer toe tot het oude niveau. De chlorofylgehalten van de zuidelijke petgaten blijven op een voor De Deelen relatief laag niveau van 20-40 µg/l.

Perspectief

De experimenten met waterplanten laten zien dat de omstandigheden in de noordelijke petgaten nog niet voldoende

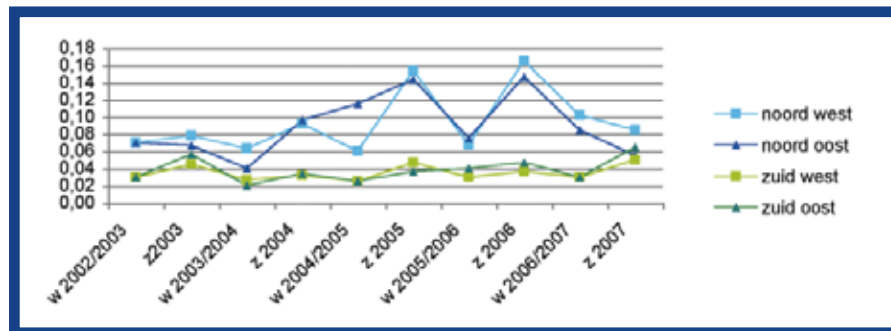
zijn voor de planten om langere tijd te overleven. Dit kan komen door het geringe doorzicht. Doordat de petgaten in een zeer open gedeelte liggen en veel groter zijn dan de oude petgaten, heeft de wind hier meer invloed. Opwerveling van bodemslib maakt het water te troebel voor onderwatervegetatie en verhindert de vestiging van waterplanten. Dit is ook waargenomen bij eerdere experimenten met *enclosures*⁸⁾ en in petgaten van de Alde Feanen van verschillende grootte⁹⁾.

Ook zorgt de opwerveling voor een grotere beschikbaarheid aan nutriënten. De samenstelling van het bodemvocht kan ook een verklarende variabele zijn voor het voorkomen of wegblijven van waterplanten¹⁰⁾. Een te grote concentratie ammonium in het bodemvocht kan namelijk schadelijk zijn voor waterplanten. Tijdens de experimenten zijn geen bodemvocht-analyses uitgevoerd. Het is dan ook niet zeker of de bodemchemie bij deze proeven een rol heeft gespeeld.

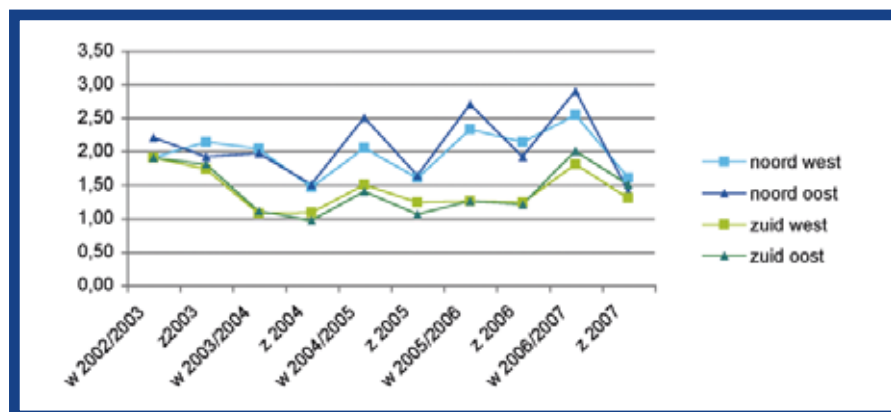
De experimenten in de zuidelijke petgaten laten echter het gewenste resultaat zien, vooral voor de geïntroduceerde krabbescheer. Deze soort bleek het beste in staat om te groeien en breidde zich zelfs uit naar andere *enclosures*. Naast de uitgezette soorten verschenen zeven andere soorten binnen de vakken. Hieruit valt op te maken dat de chemische omstandigheden in deze petgaten goed genoeg zijn voor de ontwikkeling van onderwatervegetatie. Opschaling van de experimenten in beschut gelegen petgaten, zodanig dat zich een kritische biomassa van waterplanten vestigt, kan dan leiden tot een omslag naar een stabiel heldere situatie in gehele petgaten. Krabbescheer lijkt hiervoor beter geschikt dan gewoon blaasjeskruid of stomp fonteinkruid. De huidige kwaliteit in De Deelen is niet in het hele gebied voldoende om aan de GEP te voldoen. Wel zijn er stukken in het zuidelijke gedeelte waarin de opgestelde GEP voor 2015 gehaald kan worden, wanneer de vegetatie zich daar ontwikkelt.

LITERATUUR

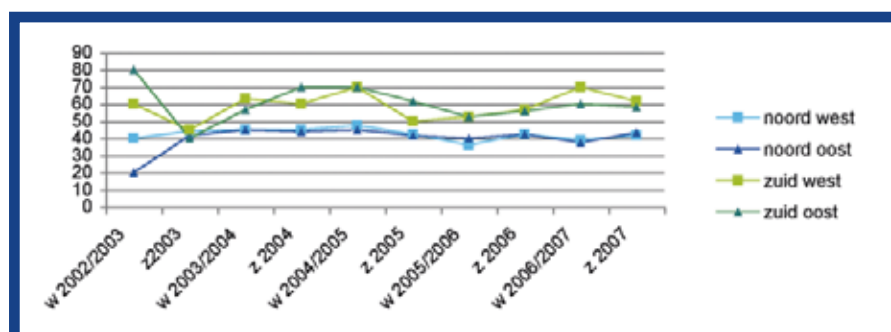
- 1) Claassen T. (1994). Eutrophication and restoration of a peat ponds area, De Deelen, in the northern Netherlands. Verh. Internat. Verein. Limnol. 25, pag. 1329-1334.
- 2) Claassen T. en M. Thannhauser-Douwma (2004). Waterkwaliteitsverbetering en natuurontwikkeling in De Deelen. H₂O nr. 10, pag. 18-22.
- 3) Scheffer M. en E. van Nes (2007). Shallow lakes theory revisited: various alternative regimes driven by climate, nutrients, depth and lake size. Hydrobiologia 584, pag. 455-466.
- 4) Scheffer M. en S. Carpenter (2003). Catastrophic regime shifts in ecosystems: linking theory to observation. Trends Ecol. Evol. nr. 12, pag. 648-656.
- 5) Søndergaard M., E. Jeppesen, T. Lauridsen, C. Skov, E. van Nes, R. Roijackers, E. Lammens en R. Portielje (2007). Lake restoration: successes, failures and long-term effects. Journal of Applied Ecology 44, pag. 1095-1105.
- 6) Scheffer M. (1998). Ecology of shallow lakes. Chapman & Hall, London.
- 7) Bonhoff G., H. Waardenburg en K. Burger (2006). Visstandbeheerproeven in natuurgebied De Deelen: eindrapport. Bureau Waardenburg.
- 8) Claassen T. (2000). Restoration of small water bodies by introducing aquatic plants. Verh. Internat. Verein. Limnol. 27, pag. 586-592.
- 9) Claassen T. en B. Brans (2006). Gradiënten in begroeiing van petgaten in de Alde Feanen. H₂O nr. 14/15, pag. 49-52.
- 10) Smolder A., L. Lamers, M. Moonen, K. Zwaga en J. Roelofs (2001). Controlling phosphate release from phosphate-enriched sediments by adding various iron compounds. Biogeochemistry 54, pag. 219-228.



Afb. 1: Halfjaargemiddelden van concentraties totaalfosfaat (in mg/l) in petgaten.



Afb. 2: Halfjaargemiddelden van concentraties totaalstikstof (in mg/l) in petgaten.



Afb. 3: Halfjaargemiddelden van doorzicht (in cm) in petgaten.

Afb. 4: Halfjaargemiddelden van chlorofylgehalten (in µg/l) in petgaten.

