

Eerste resultaten fosfaatfixatie met behulp van ijzerchloride in de plas Groot Vogelenzang veelbelovend

Inleiding

Als de eerste voortekenen niet bedriegen, lijkt het er op dat een goede oplossing is gevonden voor de bestrijding van de eutrofiëring. Eutrofiëring is nog steeds een omvangrijk waterkwaliteitsprobleem in Nederland. Wanneer de externe fosfaatbelasting drastisch wordt verlaagd zijn echter nog problemen te verwachten met de nalevering vanuit de jarenlang met fosfaat opgeladen waterbodem. Hierdoor is na de sanering van de externe bronnen de resterende fosfaatbelasting van het aquatisch systeem nog te hoog om voortgaande algenbloei te verhinderen. Om deze situatie te verbeteren is een lager fosfaatgehalte in de waterkolom nodig. Dit zou verwezenlijkt kunnen worden door te wachten tot de waterbodem weer in evenwicht is met de externe belasting

Samenvatting

Fosfaatfixatie is een nieuwe methode voor de bestrijding van eutrofiëring. Hierbij wordt een ijzer(III)chloride-oplossing door middel van injectie intensief in contact gebracht met de toplaag van de met fosfaat opgeladen waterbodem. Door deze behandeling worden niet alleen de in de waterkolom aanwezige fosfaten gefixeerd in een inerte en onoplosbare verbinding, maar wordt ook de nalevering vanuit de waterbodem aan banden gelegd.

Uit laboratoriumexperimenten is gebleken dat met een ijzerdosering van 100 g/m² de fosfaattnalevering zowel onder oxische als onder anoxische omstandigheden sterk vermindert. Met de uitvoering van het project Groot Vogelenzang is op praktisch schaal aangetoond dat fosfaatfixatie een snelle en relatief goedkope methode is om fosfaten in situ te binden, die bovendien een onmiddellijke verbetering van de waterkwaliteit tot gevolg heeft. De eerste resultaten van de behandeling zijn zeer hoopgevend. Het doorzicht is duidelijk verbeterd, het fosfaatgehalte en de chlorofylconcentratie in het water zijn significant verminderd en nadelige bijverschijnselen zijn niet waargenomen.

Om een goed inzicht te krijgen in de langetermijneffecten zal de ontwikkeling van de waterkwaliteit gedurende de komende twee jaar intensief worden gevolgd.



M. P. QUAK
Volker Stevin
Baggermaatschappij



P. C. M. BOERS
Dienst Binnenwateren/
RIZA



S. P. KLAPWIJK
Hoogheemraadschap
van Rijnland



J. C. VAN DER VLUGT
Rijksinstituut
voor Volksgezondheid
en Milieuhygiëne

en de gehalten in de waterkolom. Die natuurlijke aanpassing kan echter zo lang duren, dat ingrijpen geboden is [onder andere Bengtsson *et al.*, 1975]. Wanneer ingrijpen nodig is, kan het fosfaatrijke bodemmateriaal worden verwijderd door middel van baggeren. Mits zorgvuldig uitgevoerd blijkt baggeren effectief te zijn. Het is echter relatief duur en er kunnen problemen ontstaan met de berging van de specie. Bovendien is er weinig ervaring met de toepassing van zeer nauwkeurige baggermethoden in grotere meren. Wanneer er echter zoveel slib is afgezet dat de waterdiepte over een groot oppervlak moet worden vergroot, dan is baggeren de enige techniek die in aanmerking komt.

In andere gevallen lijkt een in situ behandeling een goed alternatief voor baggeren. In de literatuur [Cooke *et al.*, 1986] worden diverse projecten beschreven waar in relatief diepe meren de waterkolom behandeld werd met aluminiumzouten om de fosfaten te binden. Hiermee zijn zeer goede resultaten bereikt; zelfs meer dan 10 jaar na de behandeling blijkt de fosfaatconcentratie in het water zich op een constant laag niveau te handhaven.

Hoewel dit in diepe meren een effectieve methode blijkt te zijn, is dit niet het geval in ondiepe [Cooke *et al.*, 1986], mede omdat zelfs bij een relatief geringe nalevering uit de waterbodem de fosfaatconcentratie in het oppervlaktewater snel wenselijk geachte waarden kan overschrijden. Bovendien is aluminium potentieel toxisch, zodat het beter is het gebruik hiervan te vermijden. Resultaten van laboratoriumonderzoek naar fosfaatfixatie met behulp van het niet toxische ijzer(III)chloride zijn onlangs gepubliceerd in dit tijdschrift [Boers & Wijesooriya, 1989]. Zij concludeerden dat ijzerchloride zowel onder oxische als onder anoxische omstandigheden in principe bruikbaar is om fosfaten te binden en dat behandeling van de toplaag van de bodem met deze ijzeroplossing goede perspectieven biedt. Verder kondigden zij de uitvoering van een praktijkexperiment in een meer aan. Op basis van deze gegevens is de fosfaatfixatiemethode verder ontwikkeld. Hierbij worden fosfaatbindende stoffen gecontroleerd in de waterbodem geïnjecteerd, waarbij de aanwezige fosfaten in zowel de toplaag van de waterbodem als in de bovenstaande waterkolom vastgelegd

worden in een inerte en onoplosbare verbinding.

In dit artikel berichten wij over het praktijkexperiment, uitgevoerd tussen 23 oktober en 11 november 1989, en over de eerste resultaten van het waterkwaliteitsonderzoek. Bij dit project waren vier instanties betrokken. DBW/RIZA verzorgde het vooronderzoek, Volker Stevin Baggermaatschappij de uitvoering, het Hoogheemraadschap van Rijnland de voorlichting en de benodigde WVO-vergunning, terwijl het Hoogheemraadschap gezamenlijk met het RIVM zorg draagt voor de monitoring.

De totale uitvoeringskosten van dit project bedroegen ca. f 250.000,-, waarvan ongeveer een kwart nodig was voor de levering van de ijzerchloride, een even groot deel voor de technische voorbereidingen inclusief aan- en afvoer van het materieel, en het resterende deel voor de uitvoering, logistiek en projectmanagement. Deze kosten werden gedragen door het Directoraat-Generaal voor de Milieuhygiëne van het ministerie van VROM, DBW/RIZA en Volker Stevin Baggermaatschappij.

Beschrijving projectlocatie

Het demonstratieproject fosfaatfixatie is uitgevoerd in de plas Groot Vogelenzang, die deel uitmaakt van het Reeuwijkse en Sluipwijkse plassengebied (zie afb. 1). De eutrofiëring van deze plassen en de mogelijkheden tot bestrijding daarvan zijn sinds 1983 onderwerp van studie van het Hoogheemraadschap van Rijnland en het Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieuhygiëne [Van der Vlugt & Klapwijk, 1987]. De externe fosfaatbelasting van de plassen is al in 1986 gereduceerd door de toepassing van fosfaatverwijdering op de afvalwaterzuiveringsinstallatie Reeuwijk-

Brug. Toch is tot op heden geen duidelijke verlaging van de fosfaatconcentratie in het oppervlaktewater van de plassen opgetreden. Dit komt waarschijnlijk doordat de lintbebouwing tussen de plassen nog niet is gerioleerd en doordat uit de waterbodem fosfaten worden nageleverd [Klapwijk *et al.*, 1988].

De plas Groot Vogelenzang is 18 ha groot en tussen de 1 en 2,50 m diep. De bodem bestaat voornamelijk uit veen en heeft een fosfaatgehalte van 1,6 g P/kg d.s. De plas staat via enkele nauwe doorgangen in open verbinding met de overige plassen. In de aangrenzende plas Klein Vogelenzang is in april 1989 een experiment met actief visbeheer uitgevoerd. Hierbij is brasem weggevangen en snoek uitgezet [Van der Vlugt *et al.*, 1990]. Beide plassen, Groot en Klein Vogelenzang, zijn sinds begin 1988 tweewekelijks uitgebreid fysisch-chemisch, hydrobiologisch en vegetatiekundig onderzocht om de uitgangssituatie goed vast te leggen.

Voorbereiding

De omwonenden van de plas en andere belanghebbenden zijn in maart 1989 op de hoogte gebracht van het project op een voorlichtingsavond in het gemeentehuis van Reeuwijk. Verder is aan het project van te voren ruim aandacht gegeven in de plaatselijke en regionale media. Mogelijk als gevolg hiervan heeft de vergunnings-



Afb. 2 - Het vaartuig waarmee de fosfaatfixatie is uitgevoerd. Op het dak van het stuurhuis is een deel van het plaatsbepalingssysteem te zien, uiterst links de waterpomp en in het midden de sproeibuis. Deze sproeibuis wordt bij de injectie van de ijzerchloride vlak boven de bodem afgehangen.

procedure in het kader van de Wet verontreiniging oppervlaktewateren geen enkel bezwaarschrift opgeleverd. In de vergunning is onder meer vastgelegd dat slechts ijzerchloride toegepast mocht worden van dezelfde kwaliteit als bij de drinkwaterbereiding in gebruik is. Na het van kracht worden van de definitieve vergunning zijn door Volker

Stevin Baggermaatschappij de technische voorbereidingen gestart. Deze voorbereidingen bestonden uit een beperkt grondonderzoek, het inmeten en dieptepeilingen van de plas en uit het ontwerpen en bouwen van het injectievaartuig.

Vlak voor de start van de feitelijke uitvoering van het project zijn de omwonenden en belanghebbenden nogmaals op de hoogte gebracht door middel van een brief en een persbericht.

Randvoorwaarden en uitvoeringsmethode

Het effect van de behandeling van een met fosfaten opgeladen waterbodem is afhankelijk van een viertal factoren, te weten:

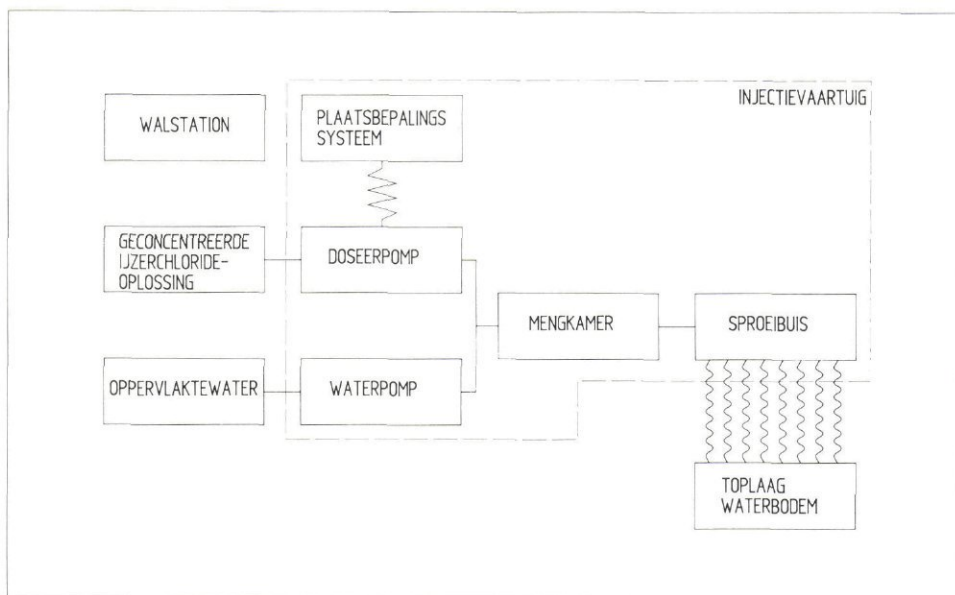
- de vaststelling van de dikte van de te behandelen laag;
- het verkrijgen van een goede menging van de fosfaatbindende ijzerchloride oplossing met deze laag;
- het toedienen van de juiste dosering;
- het nauwkeurig afwerken van de gehele bodem.

Dikte van de te behandelen laag

Het lijkt voor de hand te liggen de totale laagdikte te behandelen waarin fosfaten geaccumuleerd zijn. Een probleem is dat dergelijke gegevens vaak niet in voldoende detail beschikbaar zijn om hiervan een representatief beeld te krijgen. Bovendien zal waarschijnlijk blijken, dat de te behandelen laagdikte van plaats tot plaats nogal zal variëren. Gekozen is dan ook voor een meer pragmatische oplossing: welke laagdikte



Afb. 1 - Overzichtskaartje van de Reeuwijkse en Sluipwijkse plassen. De plas Groot Vogelenzang, waar het fosfaatfixatieproject is uitgevoerd, bevindt zich in het centrum van het gebied.



Afb. 3 - Schema waarop de hoofdcomponenten van de voor de fosfaatfixatie ontwikkelde apparatuur en hun onderlinge koppeling zijn weergegeven.

van het waterbodemsediment kan redelijkerwijs bijdragen tot de nalevering. Bij deze beschouwing is rekening gehouden met het opwoelen van de bodem door witvis op zoek naar voedsel en met de effecten van buitenboordmotoren, windopzet en van de vorming van grondijs. Bovendien is er ook een kostenaspect aan verbonden: hoe groter de te behandelen laagdikte wordt, hoe meer ijzerchloride nodig is. Een en ander heeft geleid tot de vaststelling van een gewenste behandelingsdiepte van 15 à 20 cm. Uit het door DBW/RIZA uitgevoerde vooronderzoek bleek dat voor de behandeling van een dergelijke laagdikte in de plas Groot Vogelenzang ca. 100 g Fe/m² nodig is. Hierbij wordt het ijzergehalte in de bodem met ca. 10% verhoogd.

Menging

Om een goede menging van de geïnjecteerde oplossing met de toplaag van de waterbodem te bereiken, is gebruik gemaakt van waterjets gemonteerd op een sproeibalk (zie afb. 2). Deze waterjets verbreken de samenhang van de toplaag van de waterbodem en brengen dit materiaal kortstondig in turbulente suspensie.

De hoofdcomponenten van de hiervoor ontwikkelde apparatuur zijn schematisch weergegeven in afb. 3.

Met behulp van een speciaal voor dit doel door Volker Stevin Baggermaatschappij ontwikkeld computerprogramma is op basis van ondermeer de bodemgesteldheid berekend wat de karakteristieken van de waterpomp zouden moeten zijn om de

gewenste indringing te bereiken. Voor de relatief ongeconsolideerde en sterk organische bodem van Groot Vogelenzang blijkt een pomp te voldoen met een relatief lage druk en debiet, wanneer de sproeibalk vlak boven de bodem wordt afgehangen.

Dosering

De gebruikte ijzerchloride is geleverd door Solvay Chemie, Amsterdam, als een 40%-oplossing en met een zuiverheid zoals vereist in de WVO-vergunning. Per m² moet 0,5 liter geconcentreerde ijzerchloride oplossing gedoseerd worden om de gewenste 100 g Fe/m² te bereiken. Deze hoeveelheid ijzerchloride werd met een doseerpomp aan de perszijde van de waterpomp geïnjecteerd, waarbij een verdunning met een factor 100 à 150 optrad. Geforceerde menging van de ijzerchloride met het door de waterpomp aangezogen oppervlaktewater vond plaats in de leiding naar de sproeibalk. Een juiste dosering werd verkregen door het debiet van de doseerpomp via de plaatsbepalingscomputer te koppelen aan de vaarsnelheid.

Plaatsbepaling

De vierde belangrijke randvoorwaarde is de nauwkeurigheid waarmee het plasoppervlak kan worden afgewerkt. Hoewel Groot Vogelenzang een relatief kleine plas is, zijn de afmetingen zeer groot wanneer deze gerelateerd worden aan de 2,50 m brede sproeibalk van het injectievaartuig. Zonder geavanceerde elektronische plaatsbepaling is het onmogelijk het plasoppervlak systematisch af te werken

en is het niet te controleren wat men precies heeft gedaan. Bij de uitvoering is gebruik gemaakt van een elektronisch plaatsbepalingssysteem, type Artemis. Dit bestaat uit een walstation op een bekend punt en een station op het injectievaartuig, waar het gekoppeld is aan de plaatsbepalingscomputer en een monitor. Op de monitor worden door het continu plotten van de actuele positie vaarlijnen geconstrueerd. Deze blijven zichtbaar op de monitor en zo wordt successievelijk de gehele plas ingekleurd.

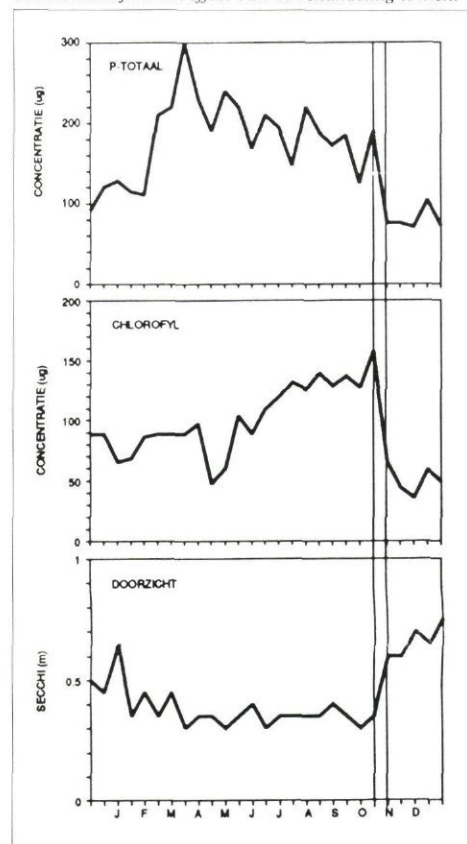
Logistieke aspecten

De aan- en afvoer van het materieel en de aanvoer van de ijzerchloride-oplossing vormde een speciaal probleem bij de behandeling van de plas Groot Vogelenzang.

De plas ligt in het centrum van het Reeuwijkse en Sluipwijkse plassengebied (zie afb. 1) en is behalve over water slechts bereikbaar over B-wegen met asdrukbeperkingen tot 1,1 ton.

De bereikbaarheid over water is eveneens betrekkelijk slecht. Plaatselijk is de waterdiepte nauwelijks 1 meter en de te passeren bruggetjes zijn smal.

Afb. 4 - Verloop van de concentratie van P-totaal, chlorofyl en van het doorzicht in Groot Vogelenzang gedurende het jaar 1989. De uitvoeringsperiode van het fosfaatfixatie-experiment is weergegeven als een verticale balk. Duidelijk is het effect van de behandeling te zien.



Het injectievaartuig (zie afb. 2) is opgebouwd uit twee pontons en een bijbehorend duwbootje elk met een breedte van ca. 2,60 m. Slechts in elkaars verlengde konden deze van de Breevaart, waar ze in het water waren gezet, naar Groot Vogelenzang varen. Daar aangekomen, zijn de pontons naast elkaar gekoppeld ter verhoging van de stabiliteit van het vaartuig. De aanvoer van de ijzerchloride-oplossing leverde eveneens enige problemen op. Totaal is voor de behandeling van de plas 120 ton (ofwel ca. 85 m³) geconcentreerde ijzerchloride-oplossing gebruikt. De ijzerchloride werd rechtstreeks van de fabriek aangevoerd per tankauto in ladingen van ca. 15 m³. Langs de Breevaart stond hiervoor een 20 m³ buffertank opgesteld. Vanuit deze buffertank werd het overgeslagen in zogenaamde multi-boxen, inhoud 1 m³, die geplaatst waren op vletten van een lokale aannemer. Met in totaal drie vletten met elk 2 multi-boxen werd de ijzerchloride naar Groot Vogelenzang aangevoerd. Aldaar werden de vletten beurtelings langszij het injectie-ponton afgemeerd en de multi-boxen leeggepompt door de doseerpomp. Door de goede afstemming van de logistiek op de capaciteit van het injectievaartuig is gemiddeld ongeveer 2 ha plasoppervlak per werkdag behandeld. De totale uitvoeringstijd inclusief aan- en afvoer, installatie en proefdraaien, bedroeg slechts 3 weken. Fosfaatfixatie, op welke werkwijze Volker Stevin Baggermaat-schappij patent heeft aangevraagd, is dus een zeer snelle behandelingsmethode voor de bestrijding van eutrofiëring.

Begeleidend onderzoek

Tijdens de uitvoering werden dagelijks watermonsters genomen voor de bepaling van pH, doorzicht, zwevend stof, Cl⁻, P-PO₄, P-totaal en O₂-gehalte. Om de week zijn BZV, CZV, en chlorofyl-*a* geanalyseerd. Sinds de beëindiging van de werkzaamheden worden alle bovengenoemde parameters weer tweewekelijks bepaald. Bovendien worden elke maand de zware metalen Cd, Hg, Cu, Ni, Pb, Zn,

Cr-tot, en As geanalyseerd. In Tabel I staan enige waarden van bovengenoemde variabelen vlak vóór en direct na de behandeling met ijzerchloride vermeld.

Als direct gevolg van de toevoeging van FeCl₃ trad er gedurende de behandeling een voorspelde maar alleszins acceptabele stijging van het chloride gehalte op van ruim 80 naar 150 mg/l. De pH vertoonde tegelijkertijd een lichte daling. De concentraties van P-totaal, chlorofyl-*a*, zwevend stof, BZV en CZV namen tijdens de behandeling sterk af, terwijl het doorzicht toenam van 35 cm tot 65 à 70 cm. Het verloop van de concentratie van chlorofyl-*a* en P-totaal en van het doorzicht in Groot Vogelenzang gedurende 1989 wordt weergegeven in afb. 4. Zowel chlorofyl-*a* als P-totaal dalen tijdens de behandeling naar een niveau dat lager ligt dan het winterniveau. Tijdens de behandeling nam plaatselijk, en met name in de ondiepe gedeelten, de troebeling direct achter het vaartuig sterk toe, maar verdween ook weer binnen enkele uren. Een rood-kleuring van het water door de toevoeging van het ijzer werd in het geheel niet waargenomen. Ook vissterfte trad niet op.

Conclusies

Tot nu toe heeft de fosfaatfixatiemethode de verwachtingen meer dan waargemaakt. De feitelijke behandeling van de ca. 18 ha grote plas heeft minder dan twee weken in beslag genomen en er zijn geen ongewenste neveneffecten opgetreden. Ondanks de moeilijke bereikbaarheid van de plas bedroegen de totale uitvoeringskosten naar onze schatting slechts tussen de 10 en 20% van die van het uitbaggeren van dezelfde plas, nog afgezien van mogelijke bergingsproblemen van de specie. De eerste resultaten zijn zeer hoopgevend. Vooral het gegeven dat synchroon met het afnemen van de concentraties van P-totaal en chlorofyl-*a* ook het zwevend stof sterk afneemt, wijst erop dat de verbetering van het doorzicht langs deze weg zeer wel mogelijk is. Fosfaatfixatie leidt dus tot een onmiddellijke verbetering van de waterkwaliteit. Voor een goede onderbouwing van beheers- en beleidsadviezen dienen de ontwikkeling van de waterkwaliteit en de waterflora in de komende twee jaar gevolgd te worden. Daarbij zal uiteraard blijken of de nu opgetreden verbetering van de waterkwaliteit in de plas Groot Vogelenzang duurzaam is. Wanneer dit het geval is dan biedt fosfaatfixatie door middel van ijzerinjectie in het sediment goede mogelijkheden de eutro-

fiëring ter plaatse aan te pakken. Gezien de relatief lage kosten kan eveneens gedacht worden aan een combinatie met andere methoden. Verder lijkt deze methode ook geschikt en haalbaar voor grotere meren. Uiteraard mag dit geen reden zijn de oorzaken van de eutrofiëring ongestoord door te laten gaan.

Literatuur

Bengtsson, L., Fleischer, S., Lindmark, G. and Ripl, W. (1975). *Lake Trummen restoration project; 1. Water and sediment chemistry*. Verh. Int. Verein. Limnol. 18: 1080-1087.
Boers, P. C. M. en Wijesooriya, W. A. D. D. (1989). *Fosfaatfixatie met ijzer: een methode om de interne fosfaatbelasting te verminderen?* H₂O (22) 1989, p. 501-504.
Cooke, G. D. et al. (1986). *Lake and reservoir restoration*. Ann Arbor Science, Boston.
Klapwijk, S. P., Does, J. van der en Vlugt, J. C. van der (1988). *Eutrofiëring in Rijnland*. H₂O (21) 1988, p. 474- 493.
Vlugt, J. C. van der en Klapwijk, S. P. (1987). *Waterkwaliteitsonderzoek in de Recuwijkse plassen 1983-1985*. H₂O (20) 1987, p. 85-91.
Vlugt, J. C. van der, Klapwijk, S. P. en Raat, A. J. P. (1990). *Visstandbeheer en waterkwaliteit. Eerste resultaten van een experiment in Klein Vogelenzang (Recuwijkse plassen)*. H₂O (23) 1990, p. 118-121.

Ere-doctoraat voor PWN-directeur Sprey

De Vrije Universiteit (VU) te Amsterdam heeft de heer C. Sprey, directeur van het Provinciaal Waterleidingbedrijf van Noord-Holland, een ere-doctoraat verleend op voorstel van de Faculteit der Biologie en de Faculteit der Aardwetenschappen. Het ere-doctoraat wordt de heer Sprey verleend vanwege zijn stimulerende beleid voor de integratie van wetenschappelijk onderzoek op het gebied van het beheer van natuurgebieden en de drinkwaterproductie. Dankzij zijn visie is onder andere de diep-infiltratie als nieuwe, milieuvriendelijke wijze van waterinfiltratie in de duinen tot stand gekomen. Het PWN is het eerste waterleidingbedrijf in Nederland dat deze methode toepast (zie pagina N 8). De promotie vindt plaats op 22 oktober 1990, de dag dat de VU haar honderd-tienjarig bestaan viert. Promotor is de hoogleraar prof. dr. W. H. O. Ernst.

Tabel I – Diverse waterkwaliteitsvariabelen bepaald vlak vóór en direct na de fosfaatfixatiebehandeling.

		Vóór	Na
pH	(-)	ca. 7,7	ca. 7,4
doorzicht	(cm)	35	65
zwevend stof	(mg/l)	23	15
CZV	(mg/l)	69	15
BZV	(mg/l)	10	6
Cl ⁻	(mg/l)	82	150
P-PO ₄	(µg/l)	7	6
P-totaal	(µg/l)	180	80
O ₂	(mg/l)	9	9
chlorofyl- <i>a</i>	(µg/l)	160	60