



Gerwin Koopmans, Alterra

Wim Chardon, Alterra

Paul Belder, Praktijkonderzoek Plant en Omgeving

Bert-Jan Groenenberg, Alterra

# Verwijdering van fosfaat uit bodemwater met ijzerzand: de omhulde drain

**In het Nederlandse oppervlaktewater zijn de fosfaatconcentraties vaak te hoog en vormt eutrofiëring een groot probleem. Fosfaatuitspoeling uit landbouwgronden draagt flink bij aan de totale fosfaatbelasting van het oppervlaktewater. Met brongerichte maatregelen, zoals evenwichtsbemesting, zal in sommige delen van het landelijk gebied de hoofddoelstelling van de Kaderrichtlijn Water niet worden gerealiseerd. Hiervoor zijn aanvullende maatregelen nodig die kunnen bijdragen aan het verbeteren van de chemische waterkwaliteit. We hebben de effectiviteit getest van een drainagebuis omhuld met ijzerzand om fosfaatuitspoeling te verminderen. Deze veldproef is uitgevoerd op een duinzandgrond in het bloembollengebied. Het gemiddelde zuiveringsrendement van de omhulde drainagebuis bedraagt 94 procent. Het omhullen van drainagebuizen met ijzerzand lijkt een veelbelovende maatregel voor het verminderen van fosfaatuitspoeling.**

**H**et fosfaatgehalte van landbouwgronden in gebieden met intensieve veehouderij is vaak hoog, omdat gedurende lange tijd hoeveelheden dierlijke mest werden toegediend die de afvoer van fosfaat met het gewas in ruime mate overschreden. De verhoogde fosfaatgehalten in de bodem leiden tot uitspoeling van fosfaat naar het grond- en oppervlaktewater. De urgentie om deze problemen aan te pakken, is groot, omdat het oppervlaktewater in 2015 moet voldoen aan de kwaliteitseisen van de Kaderrichtlijn Water. De hoofddoelstelling van deze richtlijn is het bereiken van een goede ecologische en chemische waterkwaliteit.

De totale fosfaatbelasting van het oppervlaktewater is sinds 1985 flink verminderd door maatregelen die de emissies uit industrie en rioolwaterzuiveringsinstallaties beperkten. Voor 2009 bedroeg de bijdrage van deze bronnen respectievelijk 4 en 38 procent<sup>1)</sup>. Een verdere verlaging van deze bronnen is echter kostbaar. Daarom is de aandacht van de Nederlandse overheid verschoven naar het verminderen van fosfaatuitspoeling uit landbouwgronden, waarvan de bijdrage aan de totale fosfaatbelasting van het oppervlaktewater voor 2009 wordt geschat op 58 procent<sup>1)</sup>. Door middel

van het aanscherpen van het generieke mestbeleid vermindert sindsdien de aanvoer van fosfaat in de vorm van kunstmest en dierlijke mest naar landbouwgronden. In 2015 dient zelfs sprake te zijn van evenwichtsbemesting, waarbij de fosfaat-aanvoer ongeveer gelijk dient te zijn aan de afvoer.

Onlangs deze beleidsinspanningen zal in sommige delen van het landelijk gebied de hoofddoelstelling van de KRW niet worden gerealiseerd. Als gevolg van de ophoping van fosfaat in landbouwgronden in het verleden ontstaat een najleffect, waarbij de fosfaatverliezen gedurende langere tijd onveranderd hoog kunnen blijven. In deze gebieden zijn daarom aanvullende maatregelen nodig die kunnen bijdragen aan het verbeteren van de chemische waterkwaliteit. Dergelijke maatregelen moeten kosteneffectief zijn en inpasbaar in de praktijk. Voorbeelden van maatregelen zijn de aanleg van helofytenfilters of bufferstroken en het onttrekken van fosfaat aan de grond door middel van het oogsten en afvoeren van een gewas zonder fosfaatbemesting (uitmijnen<sup>2)</sup>). Nadelen van helofytenfilters en bufferstroken zijn het grote ruimtebeslag en de hoge kosten<sup>3)</sup>. Het succes van uitmijnen is sterk afhankelijk van

de plaatselijke condities. Uitmijnen biedt bijvoorbeeld geen oplossing om fosfaatuitspoeling te verminderen als het fosfaat zich heeft verspreid in bodemlagen onder de bewortelbare zone<sup>2)</sup>. Een alternatief voor deze maatregelen is het verwijderen van fosfaat uit bodemwater met fosfaatbindende materialen, voordat dit water het oppervlaktewater bereikt<sup>4)</sup>.

De afvoer van bodemwater via buisdrainage is een belangrijke transportroute van fosfaat, omdat ruwweg de helft van de Nederlandse landbouwgronden op deze manier wordt ontwaterd. Door fosfaatbindend materiaal met een goede waterdoorlatendheid rondom een drainagebuis aan te brengen (omhulde drain), is fosfaat uit bodemwater te verwijderen, voordat dit water de drainagebuis instroomt. Voor dit doel is ijzerzand te gebruiken, omdat dit materiaal goed fosfaat kan binden<sup>5)</sup>. In dit artikel lichten we de herkomst en de eigenschappen van ijzerzand toe en bespreken we de voorlopige resultaten van een veldproef met een drainagebuis, omhuld met ijzerzand. Bij een omhulde drainagebuis wordt geen beslag gelegd op schaarse ruimte, wordt de boer of bloembollenteler niet gehinderd in zijn werkzaamheden op het land en is geen onderhoud nodig.

pH	textuur (%)			totale gehalten macro-elementen (g kg)						
	klei (0-2 µm)	silt (2-50 µm)	zand (50-2000µm)		Al	Ca	Fe	Mg	Mn	P
7,2	2	1	97	384	0,62	6,1	198	0,36	2,9	3,4

#### Algemene eigenschappen van het ijzerzand<sup>9)</sup>.

#### Ijzerzand

In Nederland wordt circa 60 procent van het drinkwater geproduceerd uit grondwater<sup>5)</sup>. Dit heeft een anaeroob karakter en is ijzerhoudend; het ijzer is dan aanwezig als gereduceerd Fe<sup>2+</sup>. Voor menselijke consumptie moet het ruwe water worden ontijzerd, omdat ijzer een bruine kleur en een onaangename smaak aan het water geeft. Voor dit doel wordt het ruwe water over filters geleid met grof zand. Het Fe<sup>2+</sup> hecht zich aan het oppervlak van de zandkorrels en wordt geoxideerd, waardoor een laagje ijzeroxide om de zandkorrels ontstaat. Het aldus ontstane ijzerzand wordt vervangen als het verontreinigd raakt met micro-organismen of als het niet langer effectief is om ijzer te verwijderen. In de tabel wordt een aantal eigenschappen en gehalten van macro-elementen van het gebruikte ijzerzand gegeven. Het is afkomstig van de waterproductielocatie Someren van Brabant Water. Het ijzerzand heeft een licht alkalische pH en de textuur wordt gedomineerd door zand. De verzadigde waterdoorlatendheid van ijzerzand is hierdoor veel hoger dan van de verschillende Nederlandse grondsoorten<sup>6)</sup>.

Het belangrijkste macro-element is Fe, dat voornamelijk aanwezig is in de vorm van amorf ijzerhydroxide (Fe(OH)<sub>3</sub>) met een hoge fosfaatbindingscapaciteit<sup>7)</sup>. Na Fe is Ca het belangrijkste macro-element, aanwezig in de vorm van CaCO<sub>3</sub>. Daarnaast

bevat ijzerzand nog fosfaat, aluminium, mangaan en magnesium. Door de zeer lage P:Fe-verhouding is de oplosbaarheid van het fosfaat zeer laag. Behalve de hiervoor genoemde macro-elementen zijn er nog zeer kleine hoeveelheden zware metalen zoals arseen, cadmium, koper, nikkel, lood en zink aanwezig in het ijzerzand. De gehalten daarvan liggen rondom de achtergrondgehalten in de bovenste tien centimeter van de Nederlandse bodem<sup>8)</sup>. De beschikbaarheid van deze metalen, zoals bepaald met een 0,01 M CaCl<sub>2</sub>-extract, bleek zeer laag (niet detecteerbaar), waarschijnlijk als gevolg van de grote bindingscapaciteit van het Fe(OH)<sub>3</sub>. Na langdurig percoleren met een oplossing met een hoge fosfaatconcentratie in een kolomproef blijkt ijzerzand een zeer hoge fosfaatbindingscapaciteit te bezitten<sup>5)</sup>. Samen met de hoge waterdoorlatendheid maakt dit ijzerzand tot een geschikt materiaal om te worden getest als omhulling van een drainagebuis.

#### Veldproef met omhulde drainagebuis

De veldproef met de omhulde drainagebuis is uitgevoerd op een bloembollenperceel op een kalkrijke duinzandgrond nabij Egmond aan den Hoef. In het oppervlaktewater van gebieden met duinzandgrond, waar veel bloembollen worden geteeld, overschrijdt de fosfaatconcentratie vaak ruimschoots het concentratieniveau van het maximaal toelaatbare risico<sup>4)</sup>. De beperking van de fosfaataanvoer naar duinzandgrond in het

kader van evenwichtsbemesting kan tot problemen leiden bij het op peil houden van het organische stofgehalte en het realiseren van een optimale opbrengst. De urgentie om alternatieve maatregelen te testen om fosfaatsuitleping te verminderen, is dan ook hoog in de bloembollensector<sup>9)</sup>. Het proefperceel heeft een lengte van 420 meter en een breedte van 200 meter en wordt gedraineerd door een stelsel van drainagebuizen. Die zijn aangelegd in de breedterichting van het perceel met een onderlinge afstand van 10 meter en liggen op circa 80 cm diepte. In september 2010 is tussen twee bestaande drainagebuizen een sleuf gegraven met een lengte van 55 meter en een diepte van 90 cm en een breedte van 40 cm. In de sleuf is kokosdoek aangebracht, waarop een laagje ijzerzand van 10 cm is gelegd en daarop de nieuwe drainagebuis (zie foto). Aan de zijkanten van de drainagebuis werd een laagje van 10 cm ijzerzand aangebracht en bovenop de buis een laagje van 10 tot 20 cm. Vervolgens is het kokosdoek dichtgevouwen en de grond teruggezet. Op vijf plaatsen met een onderlinge afstand van 10 meter zijn keramische afzuigcups ingegraven: onder, aan weerszijden van en boven de drainagebuis. Met deze cups is het bodemwater te bemonsteren, voordat het door het ijzerzand de drainagebuis instroomt.

Tijdens het uitspoelingsseizoen 2010/2011 is op acht tijdstippen een bemonstering uitgevoerd van de afzuigcups, het effluent van de omhulde drainagebuis en de twee naburige niet-omhulde drainagebuizen en van het slotwater. De redoxpotential van de watermonsters is in het veld gemeten. De watermonsters van de drainagebuizen en de sloot zijn gesplitst in een gefiltreerd (0,45 µm) en een ongefiltreerd deel. In het gefiltreerde deel zijn de concentraties van fosfaat en van metalen zoals arseen, cadmium, koper, ijzer, mangaan, nikkel, loof en zink gemeten. In het ongefiltreerde deel is de totale fosfaatconcentratie gemeten.

#### Resultaten

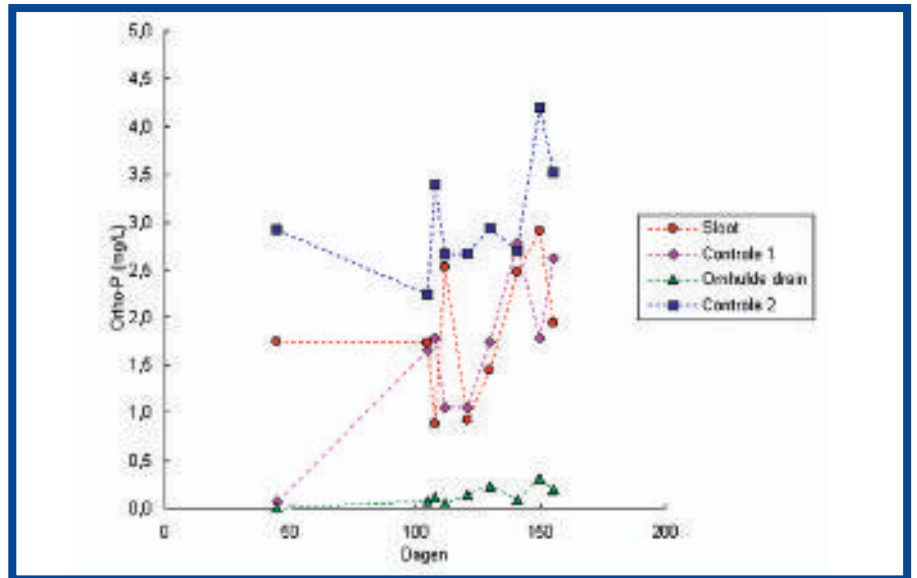
De fosfaatconcentraties van het bodemwater in de afzuigcups die langs de omhulde drainagebuis zijn ingegraven, komen goed overeen met de fosfaatconcentraties van het effluent van de twee naburige niet-omhulde drainagebuizen. De effectiviteit van de omhulling om fosfaatsuitleping te verminderen, is daarom af te meten ten opzichte van deze twee naburige niet-omhulde controle-drainagebuizen. De orthofosfaatconcentraties van het effluent van de twee controledrainagebuizen en het slotwater overschrijden ruimschoots het MTR-niveau van 0,10 mg/l (zie afbeelding 1). De over de tijd gemiddelde orthofos-

De aanleg van de met ijzerzand omhulde drainagebuis op een bloembollenperceel nabij Egmond aan den Hoef.



faatconcentratie van het effluent van de controledrainagebuizen bedraagt 1,6 en 3,0 mg/l, en van het slootwater 1,8 mg/l. De totale fosfaatconcentratie bestaat voor 71 tot 82 procent uit orthofosfaat. Organisch fosfaat of fosfaat gebonden aan deeltjes zijn op deze locatie kwantitatief dus veel minder belangrijk dan orthofosfaat. De orthofosfaatconcentratie van het effluent van de omhulde drainagebuis varieert van <0,02 mg/l (detectielimiet) tot 0,31 mg/l (zie afbeelding 1). Deze variatie is mogelijk te verklaren door verschillen in neerslag: bij grotere hoeveelheden neerslag neemt de waterafvoer toe en neemt de verblijftijd van het bodemwater in het laagje ijzerzand af. Bij een kortere verblijftijd is ijzerzand minder goed in staat om fosfaat vast te leggen. De gemiddelde concentratie orthofosfaat in het effluent van de omhulde drainagebuis bedraagt 0,14 mg/l en is dus net iets hoger dan het MTR-niveau van 0,10 mg/l. Het gemiddelde zuiveringsrendement is circa 94 procent. Het ijzerzand is dus zeer goed in staat om fosfaat vast te leggen. Bovendien zijn er geen verhoogde concentraties van zware metalen gemeten in het effluent van de omhulde drainagebuis, zoals verwacht op basis van de test met 0,01 M CaCl<sub>2</sub>. Het omhullen van drainagebuizen met ijzerzand is dus een veelbelovende maatregel om fosfaatsuitspoeling uit landbouwgronden te verminderen.

Door de hoge grondwaterstand hebben de drainagebuizen tijdens het grootste deel van de meetperiode onafgebroken onder water gestaan. Dit was bij de opzet van de veldproef niet voorzien. Als gevolg hiervan is het omhullen van een drainagebuis onder extreme omstandigheden getest. Een mogelijk probleem van het gebruik van ijzerhoudend materiaal is namelijk het oplossen van ijzerhydroxide door reductieprocessen, dat tot uitspoeling van ijzer en een vermindering van de fosfaatbindingscapaciteit zou kunnen leiden. In tegenstelling tot deze verwachting is de ijzerconcentratie in het effluent van de omhulde drainagebuis juist een stuk lager dan die van de beide controledrainages (zie afbeelding 2). Uit de metingen



Afb. 1: De concentratie orthofosfaat in het slootwater en in het effluent van de met ijzerzand omhulde drainagebuis (omhulde drain) en van de controledrainagebuizen (controle 1 en controle 2) op de bemonsteringstijdstippen tijdens het uitspoelingsseizoen 2010/2011.

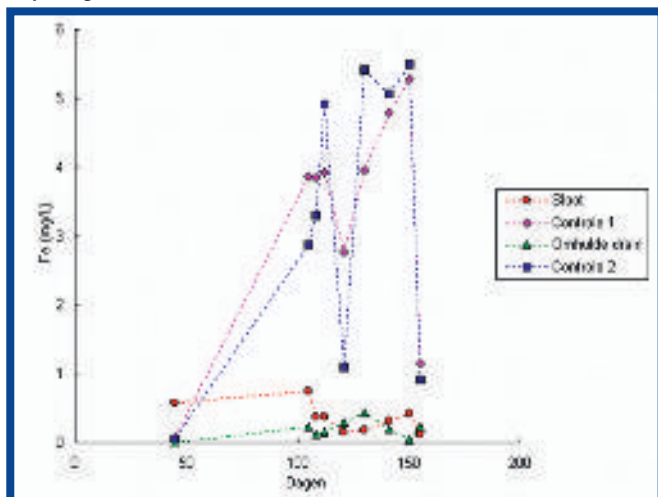
van de redoxpotentiaal (zie afbeelding 3) blijkt inderdaad een gereduceerd milieu te zijn ontstaan voor zowel de omhulde drainagebuis als de twee controledrainagebuizen. De redoxpotentiaal van de controledrainagebuizen is echter duidelijk lager dan die van de omhulde drainagebuis. De redoxpotentiaal wordt door het ijzerzand waarschijnlijk op een hoger niveau gebufferd. Een mogelijke verklaring hiervoor is de aanwezigheid van mangaanoxide in het ijzerzand (zie tabel 1). Dit buffert de redoxpotentiaal van de omhulde drainagebuis op een hoger niveau waarbij Mn(III) of Mn(IV) wordt gereduceerd en vrijkomt als Mn<sup>2+</sup> in bodemwater. Deze veronderstelling wordt ondersteund door de metingen die een verhoogde concentratie mangaan laten zien in het effluent van de omhulde drainagebuis. Als gevolg hiervan wordt het ijzerhydroxide niet gereduceerd en behoudt het zijn hoge fosfaatbindende capaciteit. Waarschijnlijk wordt daarnaast Fe<sup>2+</sup> in het naar de drainagebuis aangevoerde bodemwater geoxideerd tot Fe<sup>3+</sup>. Dit kan precipiteren als

Fe(OH)<sub>3</sub> in het laagje ijzerzand<sup>10</sup>. Dit verklaart mogelijk de lagere ijzerconcentraties in het effluent van de omhulde drainagebuis (zie afbeelding 2). Op deze manier ontstaat dus nieuw Fe(III)-oxide zolang mangaanoxide in het ijzerzand aanwezig is.

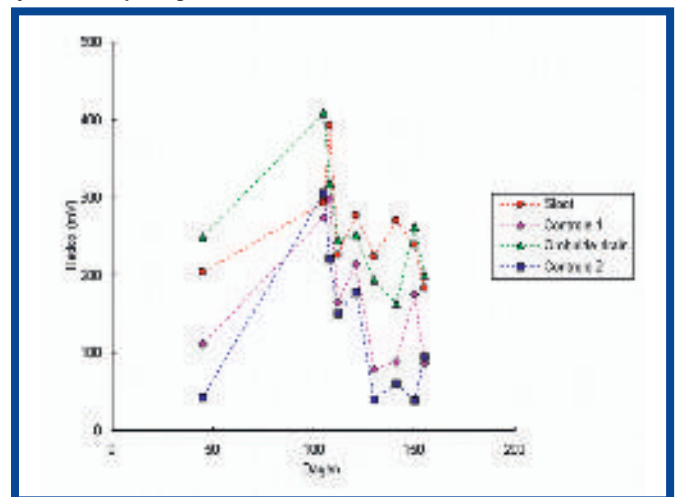
### Toekomstig onderzoek

De veldproef loopt nog door tot eind dit jaar. Hierbij zal speciale aandacht worden gegeven aan de redoxpotentiaal. Als de buffer van mangaanoxide in het ijzerzand uitgeput raakt, kan het Fe<sup>3+</sup> uit Fe(OH)<sub>3</sub> worden gereduceerd en als Fe<sup>2+</sup> vrijkomen in het bodemwater. Hierdoor ontstaat een risico op mobilisatie van het eerder vastgelegde fosfaat. Of dit op termijn daadwerkelijk gaat optreden is nu nog onduidelijk. Bij een toenemende P:Fe-verhouding van het ijzerzand zal onder gereduceerde omstandigheden het risico op fosfaatmobilisatie uit de omhulling naar het passerende bodemwater groter worden<sup>11</sup>. Pas bij een molaire P:Fe-verhouding die groter is dan 0,1, ontstaat onder gereduceerde

Afb. 2: De concentratie ijzer in het slootwater en in het effluent van de met ijzerzand omhulde drainagebuis (omhulde drain) en van de controledrainagebuizen (controle 1 en controle 2) op de bemonsteringstijdstippen tijdens het uitspoelingsseizoen 2010/2011.



Afb. 3: De redoxpotentiaal van het slootwater en van het effluent van de met ijzerzand omhulde drainagebuis (omhulde drain) en van de controledrainagebuizen (controle 1 en controle 2) op de bemonsteringstijdstippen tijdens het uitspoelingsseizoen 2010/2011.



omstandigheden een significante flux van fosfaat uit ijzerhoudende sedimenten naar het water en kan de fosfaatconcentratie sterk toenemen<sup>12)</sup>.

Door de enorme overmaat aan Fe in de omhulling van de drainagebuis blijft de P:Fe-verhouding van het ijzerzand naar verwachting de komende tien jaar veel lager dan deze kritische waarde. Een ander aandachtspunt is de waterafvoer door de omhulde drainagebuis. Een goede waterafvoer van overtollig regenwater is belangrijk voor de bloembollenteler om het land te kunnen bewerken. De waterafvoer is nog niet gemeten; dit zal de komende winter worden gedaan. Jaarlijks wordt in Nederland een beperkte hoeveelheid ijzerzand geproduceerd door waterbedrijven. Het principe van het gebruik van een ijzerhoudend fosfaatbindend materiaal rondom een drainagebuis lijkt goed te werken. Mogelijk zal worden gezocht naar alternatieve materialen, zoals ijzerslib waarvan door waterbedrijven veel meer wordt geproduceerd. Dit materiaal heeft echter een lage waterdoorlatendheid<sup>5)</sup>, die zou kunnen worden verbeterd door het te granuleren. Tot slot volgt onderzoek naar het terugwinnen van het fosfaat dat uit het bodemwater is weggevangen.

Dit onderzoek vindt plaats in het kader van het project 'Het gebruik van nitraatreducerende en fosfaatbindende materialen om lekken in nutriëntenkringlopen te dichten' binnen de subsidieregeling Innovatieprogramma Kader Richtlijn Water van Agentschap NL, met een bijdrage van Brabant Water.

Daarnaast wordt samengewerkt met het project Puridrain (zie het artikel hierna).

#### LITERATUUR

- 1) Emissieregistratie (2011). Berekening voor 2009. [www.emissieregistratie.nl](http://www.emissieregistratie.nl).
- 2) Koopmans G., W. Chardon, O. Oenema en W. van Riemsdijk (2004). Uitmijnen biedt perspectief om uitspoeling van fosfaat uit zwaar bemeste landbouwgronden te verminderen. *H<sub>2</sub>O* nr. 12, pag. 15-18.
- 3) Noij G., W. Corré, E. van Boekel, H. Oosterom, J. van Middelkoop, W. van Dijk, O. Clevering, L. Renaud en J. van Bakel (2008). Kosteneffectiviteit van alternatieve maatregelen voor bufferstroken in Nederland. Alterra. Rapport 1618.
- 4) Chardon W., N. Reijers en A. van Dam (2008). Mogelijkheden voor toepassing van fosfaatfilters in de bloembollenteelt. Alterra. Rapport 1714.
- 5) Chardon W., J. Groenenberg, E. Temminghoff en G. Koopmans (2011). Use of reactive materials to bind phosphorus. *J. Environ. Qual.* In voorbereiding.
- 6) Wösten J., G. Veerman, W. de Groot en J. Stolte (2001). Waterretentie- en doorlatendheidskarakteristieken van boven- en ondergronden in Nederland: de Staringreeks. Alterra. Rapport 153.
- 7) Van der Zee S. en W. van Riemsdijk (1988). Model for long-term phosphate reaction kinetics in soil. *J. Environ. Qual.* nr. 17, pag. 35-41.
- 8) Lamé F., D. Brus, R. Nieuwenhuis, G. Derksen en M. van Vliet (2004). Achtergrondwaarden 2000. TNO. Rapport NITG 04-242-A.
- 9) Belder P., S. de Kool, S. Jansen, R. Stuurman, L. Feenstra, G. Koopmans en W. Chardon (2010). Effectgerichte aanpak verwijdering P uit bodem- en slotwater duinzandgrond. Bloembollenvisie december, pag. 20.
- 10) Postma D. en C. Appelo (2000). Reduction of Mn-oxides by ferrous iron in a flow system: Column experiment and reactive transport modeling. *Geochim. Cosmochim. Acta* nr. 64, pag. 1237-1247.
- 11) Loeb R., L. Lamers en J. Roelofs (2008). Prediction of phosphorus mobilisation in inundated floodplain soils. *Environ. Pollut.* nr. 156, pag. 325-331.
- 12) Boers P. en J. Uunk (1990). Methode voor het schatten van de nalevering van fosfaat door de waterbodem na vermindering van de externe belasting. Rijkswaterstaat dienst Binnenwateren/RIZA. Nota 90.032.

advertentie



Bezoek ons op  
**Aquatech**  
Standnummer: 01.212.

110354

Pompen - Afsluiters - Systemen



Start your smartphone's QR reader app, take a photo of the code and learn more. It's the first time you're using a QR code? Then download a free QR code reader software.

## Wij geven al onze energie. Zodat u energie bespaart.

Fluid Future - dat is de naam van ons veelomvattende energie-efficiëntieconcept voor uw totale hydraulische systeem. Het concept is bedoeld om de doelmatigheid van uw installatie te verbeteren. Daarvoor hebben wij vijf op elkaar afgestemde modules ontwikkeld, waarmee u gedurende de totale levenscyclus van uw pompen en afsluiters besparingsmogelijkheden kunt identificeren en benutten. Door op die manier het rendement van uw installatie te optimaliseren, zorgen wij ervoor dat uw installatie gunstiger, efficiënter en langer loopt. Fluid Future - een aanwinst voor uw bedrijf, het milieu en alle toekomstige generaties. [www.ksb.com/fluidfuture](http://www.ksb.com/fluidfuture)

KSB Nederland B.V. - [www.ksb.nl](http://www.ksb.nl) - [infonl@ksb.com](mailto:infonl@ksb.com)