



Cas Verhoeven, Gemeente Utrecht
Johan Blom, Royal Haskoning, thans Tauw

Fosfaatverwijdering zonder chemicaliën

In het Nederlandse oppervlaktewater is het fosfaatgehalte vrijwel overal de beperkende factor voor de groei van algen. Een te hoog fosfaatgehalte vormt ook het knelpunt voor het bereiken van een goede waterkwaliteit in het nieuwe watersysteem van Leidsche Rijn. In deze vinexlocatie ten westen van de stad Utrecht moet water gaan dienen als fundament voor recreatie, ecologie en inrichting én duurzaam stedelijk waterbeheer. Van 2005 tot afgelopen voorjaar is een grootschalige praktijkproef uitgevoerd om vast te stellen of het fosfaatgehalte in het oppervlaktewater van Leidsche Rijn met een zuiveringsfilter vergaand verlaagd kan worden.

Het watersysteem in Leidsche Rijn heeft een oppervlak van ongeveer 200 hectare. De watergangen hebben een gezamenlijke lengte van 80 kilometer. Bij het inrichten van het watersysteem worden de laatste inzichten toegepast. Door gebruik te maken van een gesloten watersysteem met flexibel peilbeheer is het vrijwel niet meer noodzakelijk om gebiedsvreemd water in te laten. Het watersysteem zal worden gevoed met hemel- en kwelwater. De kwaliteit van het water wordt zo goed mogelijk

gehouden, door bijvoorbeeld het water door het watersysteem te laten circuleren, de watergangen in te richten met rietkragen en het hemelwater via infiltratievoorzieningen te leiden. Toch wordt verwacht dat dit niet voldoende zal zijn om overmatige algenbloei te voorkomen.

Hét knelpunt is de nalevering van meststoffen uit de voormalige landbouwgronden en de emissie van meststoffen door de bijna 100.000 bewoners en hun huisdieren. Verwacht wordt dat het

fosfaatgehalte moet worden verlaagd om algenbloei in het watersysteem te voorkomen. Om dit voor elkaar te krijgen, is in een vroeg stadium¹⁾ gekozen voor het toepassen van een zuiveringsfilter. Samen met het Hoogheemraadschap de Stichtse Rijnlanden en de Provincie Utrecht heeft de gemeente Utrecht een onderzoek uitgevoerd²⁾. Tegelijkertijd is een proefinstallatie ontworpen en aangelegd. De grootschalige praktijkproef van de afgelopen drie jaar is van Europees belang. De Europese Unie ondersteunde de proef financieel vanuit het LIFE II-programma. Verder zijn inhoudelijke bijdragen geleverd door het IHE (Delft) en het Imperial College (Londen).

Overzicht van de kleine proefvakken.



Het proeffilter

Het centrale onderzoeksthema voor het praktijkonderzoek is het polijsten van het oppervlaktewater. Dit betekent het verlagen van de reeds lage fosfaatgehalten in oppervlaktewater tot beneden de detectiegrens. Randvoorwaarde is een systeem dat tenminste 30 jaar lang het oppervlaktewater zuivert zonder dat groot onderhoud noodzakelijk is. Het uiteindelijke zuiveringsfilter moet er voor zorgen dat het fosfaatgehalte in het watersysteem van Leidsche Rijn altijd lager is dan 0,15 mg/l.

Voor het ontwerp van de proefinstallatie stond maar weinig praktijkervaring ter beschikking. In eerste instantie is voortgebouwd op de ontwerpcriteria die gelden voor verticaal doorstroomde helofytenfilters. Deze criteria zijn getoetst in een theoretisch en praktisch vooronderzoek³⁾. Met behulp van literatuur, kolomproeven en massabalansberekeningen is voorspeld dat het riet slechts een zeer beperkte bijdrage kan gaan

leveren aan de verwijdering van nutriënten. Het filter zou dus geen helofytenfilter worden waarin de waterplanten een hoofdrol spelen. Het belangrijkste mechanisme om het fosfaatgehalte te verlagen, is adsorptie van orthofosfaat aan ijzeroxides en filtratie van gebonden fosfaat.

Op basis van de schaarse praktijkervaring, literatuur en kleinschalig laboratoriumonderzoek, werd vastgesteld dat met een filterbed met een mengsel van metallisch ijzer en calciumcarbonaat, een laag effluentfosfaatgehalte kan worden bereikt. Een oxidatief milieu en een optimale verdeling van water bleken essentieel om de verwijderingscapaciteit van het filterbed optimaal te benutten.

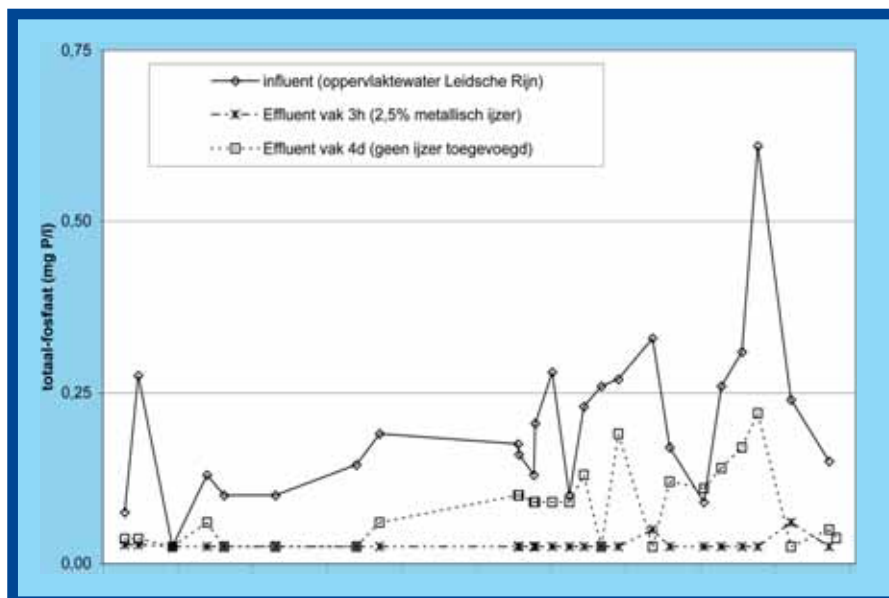
Met behulp van deze uitgangspunten is in 2004 en 2005 een proefinstallatie gebouwd. Ze kreeg een omvang van 5.000 vierkante meter netto filteroppervlak. In 13 parallele proefvakken is een aantal verschillende filtersamenstellingen beproefd en zijn enkele uiteenlopende bedrijfsvoeringen getest. Bij het invullen van de verschillende proefvakken en het uitvoeren van de proefneming is gezocht naar de optimale filtersamenstelling en bedrijfsvoering, maar ook naar de grenzen van het systeem.

Een typische opbouw van het filterbed is opgenomen in de tabel. De gemiddelde hydraulische belasting van het filterbed bedraagt 0,15 m³/m² per dag (variatie van 0,07 tot 0,45 m³/m² per dag). Door de gemeente Utrecht is gekozen voor het bedienen van de filters als 'batchproces'. Dit betekent dat de filters met behulp van een afsluiter in de afvoer eerst volledig gevuld worden. Na een korte tijd wordt de afvoer geopend en kan het water wegstromen uit het filter. Dit regime waarborgt een volledig gebruik van het volume van het filter en van de beschikbare adsorptiecapaciteit voor fosfaat.

De voordelen hiervan zijn, dat het filter volledig belucht wordt tijdens iedere batch. Een leidingnetwerk om het water te verdelen is niet nodig. Dit betekent een lage investering en minder onderhoud. Het is ook eenvoudiger om het filter te maaien. Tenslotte is de vorm van het filter flexibel. Hierdoor is het beter mogelijk om een filter in de omgeving in te passen.

Resultaten

Het oppervlaktewater van Leidsche Rijn bevatte tijdens de proefperiode 0,2 tot 0,3 milligram fosfaat per liter. Bijna alle proefvakken bleken in staat om dit gehalte te verlagen tot 0,025 à 0,05 milligram fosfaat per liter. Slechts één vak liet na een korte aanloopfase een duidelijk hoger fosfaatgehalte zien. Aan het filterbed van dit proefvak was geen ijzer toegevoegd. Het ijzer dat van nature aanwezig was in het zand, bleek slechts korte tijd in staat om fosfaat te adsorberen. In afbeelding 1 is voor twee van de proefvakken het verloop van het fosfaatgehalte in het influent en effluent weergegeven. Het eerste filterbed (3h) is het referentiefilter met 2,5 procent ijzer en vijf procent calciumcarbonaat. Het tweede filterbed (4d) is het enige filter



Afb. 1: Het verloop van het fosfaatgehalte in het influent en effluent in twee proefvakken.

Typische opbouw filterbed proefinstallatie.

toplaag	15 centimeter grof grind en zes rietplanten per m ²
adsorptielaag	60 centimeter met zand, 2,5% ijzer (0-5%) en 5% calciumcarbonaat (0-10%)
uitloplaag	20 centimeter met zand en 5% calciumcarbonaat (0-10%)
drainagelaag	1 centimeter drainagecomposiet
folie	0,1 centimeter

zonder toegevoegd ijzer. Het calciumcarbonaatgehalte bedraagt eveneens vijf procent. Op basis van deze resultaten wordt geconcludeerd dat ijzer essentieel is voor fosfaatadsorptie. Verder blijkt dat zeer lage fosfaatgehalten haalbaar zijn.

Het batchproces heeft goed gefunctioneerd. Uit meting van het zuurstofgehalte en de redoxpotentiaal in het effluent van de verschillende vakken bleek dat sprake

was van een oxiderend milieu. De schrale en relatief droge condities in het filter blijken niet optimaal voor de groei van riet. Het riet groeide nauwelijks. Andere planten die wel spontaan tot ontwikkeling kwamen, zijn soorten die kenmerkend zijn voor braakliggende grond (vochtige tot natte ruigte).

In de laatste zes maanden van het onderzoek is een beladingsproef uitgevoerd. Twee proeffilters met uiteenlopende ijzergehaltes

Overzicht van het grote proefvak





Totaaloverzicht.

(1,25 en 5 procent) zijn geselecteerd. Aan deze filters is een kunstmatig samengestelde oplossing met natriumfosfaat toegevoegd (10-30 mg/l). Enkele maanden lang is op deze wijze een grote hoeveelheid orthofosfaat aan de vakken gedoseerd. Aan het einde van deze proefneming bleken deze filters nog niet volledig beladen te zijn. Vastgesteld is dat tenminste tien gram fosfor per kilogram ijzer kan worden verwijderd. Bij het hier gehanteerde ontwerp kwam dit neer op één kilogram orthofosfaat per vijf vierkante meter filterbed.

Het uitvoeren van de proef heeft inzichten bevestigd en nieuwe inzichten opgeleverd over de mogelijkheden van fosfaatverwijdering uit oppervlaktewater met helofyten- en andere zuiveringsfilters. Geconstateerd is dat de aanwezigheid van ijzer en oxiderende condities noodzakelijk zijn om fosfaat te verwijderen. Als het water goed wordt verdeeld over het filterbed, is een zeer laag effluentgehalte mogelijk. Verder is aangetoond dat riet niet van groot belang is voor fosfaatverwijdering uit oppervlaktewater met dergelijke systemen.

Het onderzoek leidt tot de volgende conclusies:

- Het polijsten van oppervlaktewater met een zuiveringsfilter is mogelijk onder praktijkomstandigheden. Er kan een zuiveringsfilter worden ontworpen dat het oppervlaktewater van Leidsche Rijn gedurende 30 jaar kan zuiveren;

Vullen van het grote proefvak.



- Het filterbed kan worden samengesteld met gangbare materialen (metallisch ijzer, calciumcarbonaat en zand). Het is niet nodig om aanvullend chemicaliën te doseren;
- De processen die in de praktijk plaatsvinden, kunnen goed worden voorspeld met laboratoriumonderzoek;
- Het zuiveringsfilter kan op verschillende manieren ingericht worden.

Het uiteindelijke filter

De uitkomsten van het praktijkonderzoek maken het mogelijk om een filter voor het watersysteem van Leidsche Rijn te ontwerpen. Een belading van tien gram fosfaat per kilogram ijzer is voldoende om gedurende 30 jaar het fosfaatgehalte te verlagen van 0,25 mg/l naar 0,025 mg/l. Het geplande uiteindelijke filter van zes hectare is voldoende groot om een waterstroom van 10.000 tot 20.000 kubieke meter per dag te behandelen. Dit is voldoende om in de zomersituatie vrijwel al het water in het watersysteem met het filter te kunnen behandelen.

Terugkijkend op het onderzoek zijn de betrokken partijen verrast door het hoge verwijderingsrendement voor fosfaat. Het hydraulische en technische functioneren van de proefinstallatie blijkt veel kritischer dan de verwijdering van fosfaat. De uitkomsten van dit onderzoek zijn niet alleen van

belang voor Leidsche Rijn, maar kunnen ook worden toegepast in andere situaties. Een voor de hand liggende toepassing is het bestrijden van algenbloei en blauwalgen in ander oppervlaktewater. Verder kan gedacht worden aan nazuivering van huishoudelijk of industriële effluenten. Een derde mogelijkheid is het behandelen van water uit gemengde rioleringsstelsels (overstort) of hemelwaterriolen.

LITERATUUR

- 1) Universiteit Utrecht (1996). Helofytenfilters voor kwaliteitsverbetering ten behoeve van VINEX-locatie de Leidsche Rijn. Concept-rapport.
- 2) Verhoeven C., M. de Burger en J. Blom (2004). Grootschalige proef met helofytenfilter Leidsche Rijn. H₂O nr 16, pag. 17-19.
- 3) Royal Haskoning (2003). Voorbereiding praktijk onderzoek verticaal doorstroomd helofytenfilter. Taakgroep Watersysteem Leidsche Rijn.