

NVA-workshop technologische aspecten van het defosfateringsproces



Samenvatting van de voordrachten en discussies van de workshop

Tot 1995 zullen veel voorzieningen getroffen moeten worden om de gewenste defosfatering van afvalwater te bereiken. Alle waterkwaliteitsbeheerders zullen te maken krijgen met het ontwerpen en bouwen van defosfateringsvoorzieningen voor zeer uiteenlopende rioolwater-zuiveringsinstallaties. Naast de reeds bestaande conventionele technologieën dienen zich ook nieuwe ontwikkelingen aan. De workshop werd georganiseerd om de technologen van de zuiverende instanties op basis van praktische

Samenvatting

Als gevolg van het Rijn Actie Programma en de Noordzee-afspraken zullen veel voorzieningen getroffen moeten worden voor de defosfatering van afvalwater van rwzi's. Tijdens de workshop werden de verschillende technologieën gepresenteerd. Zowel de conventionele technologieën zoals pre-precipitatie en simultane precipitatie als nieuwe technologieën zoals magnetische separatie, biologische defosfatering en de korrelreactor werden behandeld. Aangezien diverse eutrofiëringsbestrijdingsprojecten ter hand zijn genomen, werd eveneens aandacht besteed aan de defosfatering van oppervlaktewater.

Hier bleek een vaste dosering van 52 gram per m³ influent nodig voor een goede vlokvorming. De neveneffecten waren: aanzienlijk meer slib, verbeterde slibindikeigenschappen, aanzienlijk minder stankoverlast voor de omgeving, in het voorjaar verstopping van de oxydatiebedden en een verhoogd chloridegehalte in het effluent. De fosfaat-verwijdering bedroeg 82% bij een Me/P verhouding van 2,4.

De ervaringen te Leiden-Noord waren vergelijkbaar met die in Waddinxveen. De installatie werd voor 113% belast. Als gevolg van de hoge hydraulische belasting van de voorbezinktank werd hier een additionele polymeedosering toegepast van 1 gram per m³. Defosfatering door pre-precipitatie werd omschreven als een betrouwbare techniek. De defosfateringskosten bedragen circa f 13,= tot f 14,= per i.e. per jaar.

een reductie van 15-25% van de jaarlijkse lasten van het chemisch defosfateren. Bij de nieuwe technologieën zal de vermindering van jaarlijkse lasten echter gering zijn.

'Vergaande P-verwijdering met behulp van vlokingsfiltratie'

door ing. R. Van Dalen van het zuiveringsschap Veluwe
Door het zuiveringsschap Veluwe is semi-technisch onderzoek verricht naar vlokingsfiltratie op de rwzi te Beekbergen. Tijdens het onderzoek werd eveneens simultaan gedefosfateerd. Een aanzienlijk deel van het P in het effluent bleek gebonden te zijn aan zwevende stof (50-85%). Door reductie van het zwevende-stofgehalte in het effluent was een vergaande extra P-verwijdering mogelijk. Enkele technische uitvoeringen van filters werden nader toegelicht. De filters verschillen met name in de wijze van terugspoelen. In Beekbergen zijn twee identieke dubbellaagsfilters (zand en hydro-anthraciet) beproefd. Slechts de deeltjesgrootte van de filtermedia verschilde. Deze filters werden toegepast vanwege de goede vuilbergingeigenschappen. Gedurende de onderzoeksperiode werden meerdere parameters gevarieerd, zoals de Me/P verhouding en de filtratiesnelheid. Tevens zijn experimenten uitgevoerd, waarbij poly-electrolyet werd toegevoegd. De combinatie van simultane defosfatering en vlokingsfiltratie levert een effluent op met een P-gehalte van 0,5 mg/l, bij relatief lage 'overall' Me/P verhoudingen. De extra slibgroei bedroeg 50%. Hoge hydraulische belastingen zijn mogelijk. Door additionele dosering van poly-electrolyet kan de bedrijfstijd van de filters verlengd worden. De jaarlijkse lasten bedragen volgens de STORA f 13,35 tot f 20,45 per i.e. afhankelijk van de grootte van de installatie.

'Praktische resultaten defosfatering zuiveringsschap Veluwe'

door ir. P. Tessel van het zuiveringsschap Veluwe
Reeds in 1972 startte het zuiveringsschap



H. DIJK
Provincie Friesland
Hoofdgroep Waterstaat
en Milieu

ervaringen meer inzicht te geven in de aspecten die van belang zijn bij het uitwerken van de defosfateringsplannen. Aangezien ook diverse integrale eutrofiëringsbestrijdingsprojecten ter hand zijn genomen, is ook aandacht besteed aan fosfaatverwijdering uit oppervlaktewater. De workshop bestond uit negen inleidingen en een discussie, waarbij van gedachten werd gewisseld over de conventionele en nieuwe technologieën.

'Ervaringen met chemicaliën in voorbezinktanks'

door ir. E. Leeuw van het Hoogheemraadschap van Rijnland
Bij het Hoogheemraadschap van Rijnland heeft men ervaring opgedaan bij drie rwzi's, waar pre-precipitatie werd toegepast. In principe komen ijzer(III)-chloride, ijzerchloridesulfaat en ijzer-aluminiumsulfaat in aanmerking. In Gouda werd ijzeraluminiumsulfaat (AVR) aan het influent toegevoegd. De rwzi was voor 70% belast. De dosering werd gestuurd op het influentdebiet, onafhankelijk van de P-concentratie. Een minimale chemicaliëndosering van 70 gram per m³ influent bleek nodig om een goede flocculatie te verkrijgen. Als neveneffecten traden op: aanzienlijk meer slib, verslechterde slibindikeigenschappen, toevoeging van zware metalen aan het milieu, toename van de zoutvracht in het effluent en een verbeterd rendement van de voorbezinktanks. De P-verwijdering bedroeg 88% bij een Me/P (metaal/fosfor) verhouding van 1,9. In Waddinxveen werd ijzerchloride aan het influent toegevoegd. De rwzi was voor 137% belast. Evenals in Gouda werd de dosering gestuurd op het influentdebiet.

'Invloed P vrije wasmiddelen op defosfateringsrendement'

door ing. R. van Dalen van het zuiveringsschap Veluwe
Gemiddeld bedroeg de P-vracht in afvalwater in Nederland in 1985 3,0 gr/i.e.dag, waarvan 1,0 gr/i.e.dag afkomstig was van wasmiddelen. In 1995 zal de P-vracht afkomstig van wasmiddelen gereduceerd zijn tot nul, zodat 2,0 gr/i.e.dag resteert. Het gemiddelde biologisch verwijderingspercentage ligt volgens het CBS op ca. 40% (P-reductie van 15 mg/l naar 9 mg/l). Als het rendement gelijk blijft, zal het P-gehalte in het effluent dalen tot 6 mg/l. Wordt daarentegen aangenomen dat de absoluut verwijderde hoeveelheid gelijk blijft, dan stijgt het rendement van ca 40% naar ca 60%, en bedraagt de concentratie in het effluent 4 mg/l. Deze gegevens zijn van toepassing op rwzi's waar geen aanvullende defosfatering plaatsvindt. De inleider stelde dat zolang P niet beperkend is, verondersteld mag worden dat de benodigde hoeveelheid voor de celopbouw constant zal blijven. Zo geredeneerd zal het rendement toenemen. Onderzoekingen in onder andere Zwitserland lijken dit te bevestigen. Een vermindering van de P-aanvoer zal leiden tot

Veluwe met defosfatering van afvalwater. Momenteel wordt gedefosfateerd op de rwzi's te Elburg, Harderwijk, Nijkerk, Epe en Heerde. Circa 44% van de totale P-vracht wordt aangevoerd op deze vijf van de in totaal drieëntwintig aanwezige rwzi's. Men heeft zowel met ijzer- als aluminiumzouten ervaring opgedaan. Defosfatering vindt plaats door middel van pre-precipitatie, simultane precipitatie en combinaties daarvan. Bij een onderlinge vergelijking van de defosfateringsresultaten bleken de P-gehalten in het effluent van actief-slibinstallaties duidelijk lager te liggen dan in het effluent van oxydatiebedinrichtingen. Oxydatiebedinrichtingen verliezen in het algemeen meer zwevende stof dan actief-slibinstallaties. De rendementen worden sterk beïnvloed door de aanwezigheid van zwevende stof in het effluent. Verdere verwijdering van de droogrest uit het effluent, bijvoorbeeld door middel van filtratie kan met het oog hierop te verkiezen zijn boven het toepassen van zeer hoge Me/P verhoudingen. Bij lage Me/P verhoudingen stijgt het P-aandeel in het slib sterk, terwijl de slibgroei gering is. Bij hoge Me/P verhoudingen stijgt het P-aandeel in slib veel minder, terwijl de slibgroei sterk toeneemt. Door deze wisselwerking wordt de maximum P-concentratie in het slib bepaald. Men heeft de ervaring dat ijzerzouten relatief weinig invloed hebben op de slibindex, aluminium zorgt daarentegen voor een sterke verlaging van de slibindex. Dosering van metaalzouten in voorbezinktanks levert minder goede verwijderingsrendementen op dan dosering in de aëratietank. Een verdeling van metaalzout over de voorbezinktanks en aëratietank bleek in Elburg het beste resultaat op te leveren.

'Defosfatering inlaatwater Naardermeer'

door ing. R. Neef van het zuiveringsschap Amstel en Gooiland
Het Naardermeer kampt 's zomers met een watertekort, waardoor inlaten van water noodzakelijk is. Het inlaten geschiedt in de periode maart-augustus, gedurende ca. 180 dagen. De inlaatcapaciteit bedraagt 14.000 m³ per dag. Om de eutrofiëring van het Naardermeer te bestrijden wordt het inlaatwater, dat een P-gehalte heeft van 0,1 mg/l, gedefosfateerd. Het rendement bedraagt 70%. Aan het inlaatwater wordt ijzer(III)-chloride toegevoegd. Het ijzer(III)-chloride wordt daartoe eerst verdund, waarbij de pH echter niet boven de 2 mag stijgen, omdat anders hydrolyse optreedt. De menging met het in te laten water is van

cruciaal belang voor een goed resultaat. De mengperiode moet zeer kort zijn, namelijk kleiner dan 1 seconde. Bij een te heftige menging slaat de gevormde vlok kapot, bij te geringe menging is de vlokopbouw onvoldoende. De vlokken bezinken slecht, in principe is een bezinktank met een groot oppervlak vereist. Gezien de krappe ruimte is gekozen voor een lamellenafscheider. De ervaringen zijn dat de pH niet van invloed blijkt te zijn op het defosfateringsproces, een loogdosering waarmee was gestart bleek overbodig te zijn. In de praktijk bleken de lamellen te vervuilen. Oplossingen werden gezocht in een gewijzigde constructie van de aanvoergoten, het toepassen van gladde lamellen en het wijzigen van het stromingspatroon. Voor een goede procesbeheersing is gedegen kennis van de vloeieigenschappen van groot belang.

'Twee coagulatieinrichtingen: t.b.v. suppletie Loosdrechtse Plassen en t.b.v. drinkwaterbereiding'

door ing. W. Kats van de gemeentewaterleidingen te Amsterdam
De gemeentewaterleidingen te Amsterdam beschikt over een tweetal coagulatieinrichtingen, één voor de drinkwaterbereiding (Loenderveen) en één voor de defosfatering van inlaatwater voor de Loosdrechtse Plassen. De debieten bedragen afhankelijk van de vraag 2500 tot 6000 m³ per uur, de oppervlaktebelastingen ca. 0,5 m per uur. Als coagulant wordt ijzer(III)chloride toegepast. Aan ijzer wordt te Loenderveen in de eerste trap 7 gr per m³ en in de tweede trap 5 gr per m³ toegevoegd. Bij de Loosdrechtse Plassen wordt in één trap 7 gr ijzer per m³ toegevoegd. De dosering geschiedt bij Loenderveen op verschillende diepten met een van kleine gaatjes voorzien raamwerk dat verticaal in de invoerstroom geplaatst is. Bij de Loosdrechtse Plassen wordt boven de waterstroom gedoseerd. De vlokvorming komt snel tot stand. Evenals de vorige inleider acht de heer Kats een goede kennis van de vloeieigenschappen van groot belang. De P-gehalten in het behandelde water bedragen 0,05 mg/l in gefiltreerd water en 0,09 mg/l in ongefiltreerd water. De investeringskosten bedroegen ca. f 3.000.000,= per project, de variabele lasten bedragen f 0,02 à f 0,03 per m³.

'Biologische defosfatering van afvalwater'

door ir. P. M. J. Jansen van de Landbouw Universiteit van Wageningen
Biologische defosfatering is op sommige rwzi's mogelijk door een gerichte bedrijfsvoering. De bacteriesoort *Acinetobacter* is

in staat onder aërobe omstandigheden P op te slaan en onder anaërobe omstandigheden weer af te geven. Als substraat zijn vluchtige vetzuren nodig. Als deze in onvoldoende mate in het te behandelen afvalwater aanwezig zijn, is de aanwezigheid van een anaërobe zone een essentiële voorwaarde. In deze zone ontstaan door hydrolyse vluchtige vetzuren. Biologische defosfatering is te stimuleren door intermitterende beluchting, op deze wijze is een rendementsverbetering mogelijk van ca. 30% naar ca. 85%. Belangrijke factoren voor het resultaat van defosfateren zijn de samenstelling van het afvalwater, de slibbelasting, het nitraatgehalte en de wijze van slibverwerking. Nitraat stoort het defosfateringsproces. Anaërobe slibbehandeling leidt tot P-afgifte dat veelal teruggevoerd wordt naar de installatie.

Voor een hoog rendement (85%) zijn aanvullende maatregelen noodzakelijk, zoals bijvoorbeeld het strippen van fosfor uit het slib of een gecombineerde biologische en chemische defosfatering. Tot nog toe zijn op praktijkschaal bij vier rwzi's experimenten uitgevoerd.

'Ontwerp- en bedrijfsaspecten korrelreactor voor fosfaatverwijdering'

door ir. E. Eggers van het ingenieursbureau DHV

De korrelreactor wordt bedreven als een fluïd-bedproces en ingezet als derde trap. Door de toevoeging van kalkmelk aan het te behandelen water ontstaat calciumfosfaat dat neerslaat op zandkorrels. De menging van het afvalwater met de chemicaliën verdient aandacht om een goede korrelvorming te bewerkstelligen. Een te hoge turbulentie kan slijtage van de zand/fosfaat-korrels veroorzaken. Bij toepassing van de korrelreactor zijn lage P-gehalten haalbaar. Er vindt geen extra slibgroei plaats. Hergebruik van P is in principe mogelijk. Het effluent van de reactor bevat in geringe mate amorfe vlokken. Op het moment van presentatie was de korrelreactor te Westerbork één week in bedrijf. De installatie is uitgevoerd met nafiltratatie. Het P-gehalte in het effluent bedroeg in deze korte bedrijfsperiode reeds minder dan 0,5 mg/l. De inleider beschouwt het ontwerpen van een korrelreactor op RWA-basis als economisch onaantrekkelijk. Wellicht zijn combinaties met simultane precipitatie mogelijk waarbij het P-gehalte in het totale debiet eerst teruggebracht wordt tot 1,5 mg/l waarna een deelstroom van 1 DWA in de korrelreactor behandeld wordt tot een P-gehalte van 0,5 mg/l. Op deze wijze zal het jaargemiddelde P-gehalte in het effluent 0,8 mg/l bedragen.

'Defosfatering door magnetische separatie'

door ing. G. van der Vos van Smit
Nymegen

Evenals bij de korrelreactor is hier sprake van een derde zuiveringstrap. Aan het te behandelen water wordt kalk toegevoegd waardoor calciumfosfaat neerslaat, dat daarna geadsorbeerd wordt aan een magnetische drager. Deze binding kan door dosering van poly-electroliet versterkt worden. De op deze wijze verkregen deeltjes worden vervolgens met een electromagneet afgevangen in een filtermatrix. Bij verzadiging van het filter wordt deze teruggespoeld. Het magnetisch dragermateriaal is voor meer dan 99% terug te winnen en kan hergebruikt worden. Het calciumfosfaat is in principe bruikbaar als meststof of als grondstof voor de fosfaatindustrie. De techniek heeft een rendement van meer dan 90%. Als derde trap zijn P-gehaltenes tot 0,5 mg/l haalbaar, als vierde trap tot 0,15 mg/l.

Naast P-verwijdering vindt eveneens afscheiding van zwevende stof en bacteriën plaats. Op basis van het hoge rendement van magnetische separatie en het 'natuurlijk' rendement van rwzi's van 40% is berekend dat volstaan kan worden met de behandeling van een deelstroom van de DWA aanvoer om te kunnen voldoen aan zowel het 75% als het 85% scenario uit het WAD rapport. Op deze wijze bedreven zullen de kosten volgens de inleider 15 tot 20% lager kunnen zijn dan bij chemische defosfatering. Smit Nymegen heeft tot nu toe goede ervaringen opgedaan met een mobiele installatie. In 1989 zijn een aantal installaties op praktijkschaal gepland.

Discussie

De discussie werd met name aangegrepen om antwoord te verkrijgen op vragen van technologische en/of financiële aard. In deze samenvatting worden slechts in globale zin de belangrijkste besproken zaken weergegeven. In algemene zin werd gepleit voor een objectieve kostenvergelijking tussen de verschillende technologieën; veel hangt daarbij af van de te stellen randvoorwaarden.

Magnetische separatie

De in de inleiding genoemde kostenramingen zijn gebaseerd op de aanname dat de kosten van de afvoer van het P nihil zijn (afname door fosfaatindustrie). Hoge zwevende-stofgehaltenes in het te defosfateren effluent zijn in principe niet nadelig voor het rendement. Met effluent dat slib bevat zijn nog geen operationele ervaringen opgedaan. Naar verwachting

zal deze technologie niet in de sliblijn toegepast kunnen worden.

De korrelreactor

De installatie te Westerborg is een demonstratie/studie-object, waardoor de installatie duurder uitvalt dan voor een goede bedrijfsvoering noodzakelijk is. Toepassing van de korrelreactor voor de defosfatering van oppervlaktewater is technisch wel mogelijk, maar economisch niet zinvol. Toepassing van de reactor in de sliblijn is in principe mogelijk, bijvoorbeeld in combinatie met biologische defosfatering.

Biologische defosfatering

Het precieze mechanisme van de P-verwijdering is nog onvoldoende opgehelderd. Het kostenplaatje is nog onduidelijk. Lange verblijftijden van afvalwater in de riolering zijn gunstig vanwege de vetzuurvorming. Bij overbelaste installaties is biologische defosfatering mogelijk; dit gaat echter ten koste van de nitrificatie. Het strippen van P uit slib is niet van invloed op de nitrificatie. Biologische defosfatering leidt in het algemeen tot een lagere slibindex. Naar verwachting zal deze technologie nog enkele jaren onderzoek vergen voordat toepassing op praktijkschaal verantwoord plaats kan vinden.

Conventionele technologieën

De invoering van P-vrije wasmiddelen heeft op de chemische defosfatering een positief effect. Dit geldt echter in mindere mate bij pre-precipitatie waarbij ten behoeve van de vlokvorming een minimale chemicaliëndosering vereist is. De ervaringen ten aanzien van de effecten van chemische defosfatering op de nitrificatie zijn verschillend. Bij lagere slibbelastingen is geen remmende invloed waargenomen, bij hogere slibbelastingen wel. Aluminiumzouten worden behalve voor defosfatering ook gebruikt voor de bestrijding van licht slib. De vrees werd geuit dat aluminium in de toekomst wel eens als een milieuprobleem gezien zou kunnen worden. Chemische defosfatering is minder geschikt als het slib verbrand of nat geoxydeerd wordt, vanwege mogelijk optredende corrosie in de installatie. De asrestenslotte bevat bij verbranding van fosfaathoudend actief slib relatief hoge gehaltenes aan fosfaatverbindingen die wellicht in de toekomst economisch terug te winnen zijn.

• • •

Analyse van opgeloste gassen

• Slot van pagina 111

capaciteit groter, terwijl door de toevoeging van de FID het toepassingsgebied aanzienlijk wordt verruimd. De spreiding in de standaarddeviatie bedraagt voor beide technieken minder dan 5%. Bij de stikstofanalyse is de analysegrens niet op de gebruikelijke wijze te bepalen, omdat deze grens lager ligt dan de laagste gehaltenes, die van nature in water voorkomen, of technisch realiseerbaar zijn. De analysegrens voor methaan met FID is 1 µg/l. In het artikel worden verschillende toepassingsgebieden voor de analysetechniek aangegeven. Dit betreft:

- Oververzadiging met stikstof in waterwinputten;
- Verwijdering van stikstof en zuurstof door vacuümontgassing;
- Verwijdering van methaan uit grondwater.

Geraadpleegde literatuur

- Barrenstein, A., Eckrich, W. und Obermann, P. (1983). *Die Weiterentwicklung einer gaschromatischen Methode zur Bestimmung von Gasen im Wasser*. Vom Wasser, 60, 85-93.
- Bennekorn, C. A. van (1987). *Kwaliteitsveranderingen van grondwater als gevolg van uitspoeling van meststoffen*. H₂O (20) 1987, nr. 9, 194-199.
- Klemmedtsson, L., Simkins, S. and Svensson, B. H. (1986). *Tandem Thermal Conductivity and Electron-Capture Detectors and non-linear calibration curves in quantitative nitrous oxide analyses*. Journal of Chromatography, 361, 107-116.
- Kollig, H. P., Falco, J. W. and Stancil, F. E. (1975). *Determination of Dissolved Gases in water by Diffusion and Gas Chromatographic Techniques*. Environmental Science & Technology, Volume 9, number 10, 957-960.
- McNair, H. M. and Bonell, E. J. (1968). *Basic Gas Chromatography Consolidated Printers*. Berkeley California.
- Meijers, A. P. en Bennekorn, C. A. van (1980). *De invloed van verschillende nozzle types op het flotatieproces*. H₂O (13) 1980, nr. 13, 270-272.
- Schippers, J. C., Kruithof, J. C., Mulder, F. G. en Lieshout, J. W. van (1987). *Nitraatverwijdering met langzame zwavel kalksteenfiltratie*. H₂O (20) 1987, nr. 2, 30-34.
- Speksnijder, P. (1987). *Analyse van permanente gassen in water*. Laboratoriumpraktijk, 340-341.

Geraadpleegde handboeken

- Bepaling van het gehalte aan zuurstof en het zuurstofverzadigingspercentage*. Electrochemische methode, NEN 6632, 1e druk, 1986.
- Chemical Engineers Handbook, Perry and Chilton, solubilities, 3-98, 5e editie, *Constanten van Henry voor stikstof en zuurstof*.
- Handbook of Chemistry and Physics, 53e editie, F-174 (1972-1973). *Samenstelling van droge lucht in volume-procenten*.
- Handbook of Chromatography, Zweig and Sherma, volume 1 (1984). *Keuze van kolomverpakingsmaterialen*. 7e Druk.
- Polytechnisch zakboekje van PBNA. *Partiële druk van waterdamp als functie van de temperatuur*.

• • •