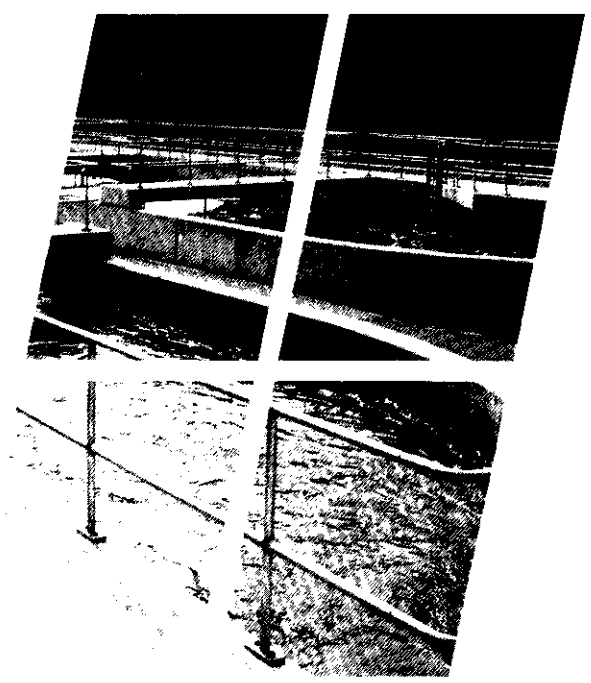
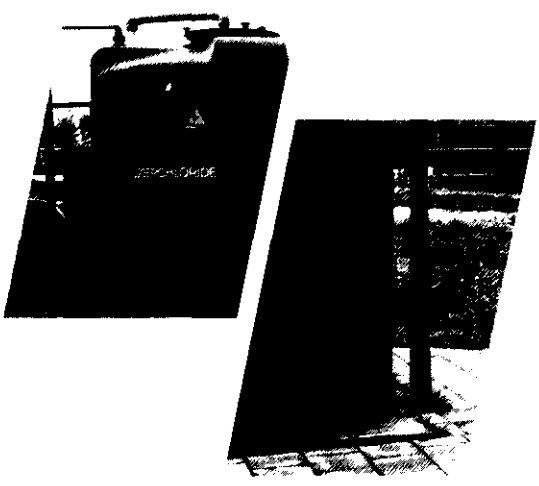


NN31050, 93-11

1993-11

# Overzicht en evaluatie van het programma PN-1992



ERLENDEK  
STARNOGEBOW

## Overzicht en evaluatie van het programma PN-1992



0000 0624 3477

STOWA  
Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer  
Postbus 8090  
3503 RB Utrecht  
tel. 030-321199  
fax 030-321766

Publikaties en het publikatieoverzicht  
kunt u uitsluitend bestellen bij:  
Hageman Verpakkers BV  
Postbus 281  
2700 AC Zoetermeer  
tel. 079-611188  
fax 079-613927  
o.v.v. ISBN- of bestelnummer en  
een duidelijk afleveradres.

Programma PN-1992

23 FEB. 1994

**stowa**

	<b><u>Inhoud</u></b>	<b><u>biz.</u></b>
1	INLEIDING	1
2	ACHTERGROND EN OPZET VAN PN 1992	2
3	EVALUATIE	4
3.1	Tijdplanning	4
3.2	Kosten	4
3.3	Inhoudelijke doelstellingen	4
4	TECHNOLOGISCHE BEVINDINGEN	6
4.1	Haalbaarheid effluenteisen	6
4.2	Invloed van de influentsamenstelling op P- en N-verwijdering	7
4.3	Dimensionering en ontwerp	8
4.4	Processturing	9
4.5	Neveneffecten van P- en N-verwijdering	10
4.6	Overige aspecten	10
5	RESTERENDE WITTE VLEKKEN	11
6	CONCLUSIES	13
	<b>Bijlagen</b>	
	Bijlage 1: Publikaties van het programma PN 1992	14
	Bijlage 2: Beschrijving van de projecten	16
	Bijlage 3: Financieel overzicht van het programma PN 1992	36

## 1 INLEIDING

In de periode 1990 - voorjaar 1993 is het Stowa-onderzoekprogramma "PN 1992" uitgevoerd, gericht op de fosfaat- en stikstofverwijdering uit afvalwater. Het programma heeft tot doel praktische informatie aan te dragen voor de invoering van fosfaat- en stikstofverwijdering op de Nederlandse rwzi's.

In deze notitie worden een overzicht en een evaluatie gegeven van het programma. De achtergronden en doelstellingen worden toegelicht. De uitvoering en resultaten van de diverse onderzoeken worden samengevat. Geëvalueerd wordt of de doelstellingen gehaald zijn, wat de toepassingsmogelijkheden zijn van de verkregen informatie en welke onderwerpen nader dienen te worden onderzocht.

Deze nota heeft als primair doel een overzicht, evaluatie en verantwoording te geven van het PN-programma als geheel. Een beschrijving van de projecten en hun resultaten is als bijlage bijgevoegd. Deze notitie is niet bedoeld als technische handleiding voor de gebruiker - hiervoor wordt verwezen naar de P- en N-handboeken en overige technische rapporten. In bijlage 1 en 2 wordt een overzicht gegeven van de publikaties en projecten.

## ACHTERGROND EN OPZET VAN PN 1992

De Rijn- en Noordzeestaten zijn in 1990 overeengekomen de belasting van het oppervlaktewater met onder meer fosfaat en totaal-stikstof te reduceren. In 1995 dienen deze emissies te zijn teruggebracht tot de helft van het niveau van 1985. Als uitvloeisel van deze overeenkomsten zijn in 1990 en 1992 AMvB's van kracht geworden waarin de emissie van fosfaat en stikstof via rwzi-effluenten wordt geregeld. Voor uit te breiden rwzi's (en op termijn waarschijnlijk voor alle rwzi's) wordt een effluentkwaliteit nagestreefd van maximaal 10 mg  $N_{10}$ /l als jaargemiddelde en maximaal 1 mg  $P_{10}$ /l als voortschrijdend gemiddelde van tien opeenvolgende waarnemingen.

In het licht van de aankomende P- en N-regelgeving constateerde de onderzoekadviescommissie (OAC) van de STORA in 1989 dat er slechts beperkte praktijkervaring bestond met het behalen van deze nieuwe effluenteisen. De OAC heeft hierop een onderzoekprogramma opgesteld met als doel vragen en knelpunten te elimineren, zodat (aldus het projectvoorstel) "in 1995 met betrekking tot thans operationele technieken geen vragen of onduidelijkheden meer zullen bestaan", en de zuiverende deelnemers in de STORA tijdig een voldoende beproefd instrumentarium geboden kon worden om te voldoen aan de effluenteisen voor P en N in 1995 en later.

Wegens de korte tijd die de P- en N-AMvB's overlieten voor voorbereiding en uitvoering van de benodigde maatregelen, diende het programma een beperkte duur te hebben en zich te richten op direct beschikbare technieken. Het P- en N-onderzoekprogramma diende te worden afgerond in 1992, welk jaartal in de titel is terug te vinden. Op organisatorische gronden zijn enkele slijbprojecten aan het programma toegevoegd; deze staan echter los van de PN-doelstelling en worden in deze notitie niet behandeld.

Het programma is opgesteld door een werkgroep bestaande uit ir. A.E. van Giffen (voorzitter, Hoogheemraadschap West-Brabant), ir. J. Boschloo (Zuiveringschap Drenthe), ir. R. den Engelse (Hoogheemraadschap van de Uitwaterende Sluizen in Kennemerland en West-Friesland, thans Hoogheemraadschap West-Brabant), ir. C. Kerstens (Zuiveringsbeheer Provincie Groningen), ir. K.F. de Korte (Riolering en Waterhuishouding Amsterdam), ir. Tj. Meijer (Zuiveringschap Limburg), ir. W. van Starckenburg (DBW/RIZA, thans Haskoning), drs. J.F. Noorthoorn van der Kruijff (STORA) en ir. P.C. Stamperius (STORA); voorbereiding en uitvoering van de bijbehorende werkzaamheden werden verzorgd door prof. ir. J.H.J.M. van der Graaf en ir. P. de Jong van Witteveen+Bos Raadgevende Ingenieurs. Laatstgenoemde vervulde tevens het secretariaat van de werkgroep.

Het programma werd op 4 april 1990 door het Algemeen Bestuur van de STORA vastgesteld. De realisatie van het programma werd gedelegeerd aan de (stuur)groep die het programma had opgesteld, met die verandering dat toen de heer den Engelse de heer van Giffen als voorzitter was opgevolgd.

Het programma PN 1992 heeft enkele parallellen met het RWZI 2000-programma. Een gemeenschappelijk onderwerp is de biologische defosfatering, met name in deelstroomsystemen. Een aantal onderzoeken op dit gebied, die vanuit beide programma's waren geïnitieerd, is begeleid door een gemeenschappelijke begeleidingscommissie. De afbakening en overlapping van PN 1992 met RWZI 2000 werden bewaakt door ir. W. van Starckenburg. Medio 1991 heeft van Starckenburg het RIZA verlaten en is ir. A.H. Dirkzwager tot de stuurgroep toegetreten.

Een belangrijk element van het PN-programma vormde het gebruikersplatform waar praktijkervaringen met P- en N-verwijdering werden uitgewisseld en verspreid. In het platform zijn technologen van alle zuiverende STOWA-leden vertegenwoordigd. Het platform fungeerde als klankbord voor de stuurgroep en had ondermeer tot taak de coördinatie en evaluatie van P/N-praktijkonderzoek en de uitwisseling van gegevens tussen onderzoekers en praktijk. De heren van Giffen (West Brabant) en de Jong (Witteveen+Bos) begeleidten het

platform als voorzitter respectievelijk technisch secretaris. Door het secretariaat van het platform is de beschikbare literatuur- en praktijkinformatie op het gebied van P- en N-verwijdering in handboeken gebundeld. Het praktijkplatform fungeerde daarbij als leverancier van gegevens, als klankbord en als begeleidingscommissie.

Een aantal door de waterkwaliteitsbeheerders uitgevoerde praktijkonderzoeken naar P- en/of N-verwijdering op rwzi's is door de STOWA ondersteund door middel van financiële participatie. Daarnaast is voor enkele onderzoeken assistentie geleverd in de vorm van een technisch secretariaat en ondersteuning vanuit het praktijkplatform. Deze ondersteuning heeft de mogelijkheden verruimd voor een optimale uitvoering en rapportage van de onderzoeken. De onderzoeksrapporten van de participatieprojecten zijn via het praktijkplatform verspreid en zo alle zuiverende STOWA-deelnemers ter beschikking gekomen.

Het PN-programma omvatte een groot aantal onderzoeksprojecten, die volgens de gebruikelijke STOWA-methodiek zijn uitbesteed aan ingenieursbureaus en onderzoekafdelingen van universiteiten. In de begeleidingscommissies hebben doorgaans leden van de stuurgroep en het praktijkplatform zitting gehad, met het oog op het overzicht en de nodige dwarsverbanden tussen de verschillende programmadelen.

In bijlage 2 wordt een overzicht gegeven van de onderzoeksprojecten, met hun uitvoerders, budget, doelstelling en belangrijkste resultaten.

### 3 EVALUATIE

#### 3.1 Tijdsplanning

De voorgenomen afronding per 31 december 1992 is bij vrijwel alle deelprojecten ruim-schoots gehaald. Bij enkele later gestarte projecten of projecten met een langere looptijd is de definitieve rapportage gereed gekomen in het eerste halfjaar van 1993. De tussentijdse resultaten van deze projecten zijn echter steeds via het praktijkplatform verspreid, zodat de beschikbaar gekomen informatie zo snel mogelijk kon worden toegepast. Dit gold eveneens voor de handboeken P- en N-verwijdering, waarin een overzicht wordt gegeven van de totale beschikbare informatie. De eerste delen hiervan zijn in mei 1991 aan het praktijkplatform gepresenteerd. De definitieve versies, waarin ook de informatie uit de diverse PN-onderzoeken is verwerkt, zijn in mei 1993 gepubliceerd.

Het onderzoek naar de stikstofverwijdering in compacte nageschakelde systemen neemt door de lange voorbereidingstijd en uitvoeringsduur een bijzondere plaats in. De resultaten van de eerste reeks proefnemingen zijn gepresenteerd in de tussenrapportage van oktober 1992. De experimenten zijn half april 1993 beëindigd; de definitieve rapportage wordt verwacht in september 1993.

#### 3.2 Kosten

Het totaal budget van het PNs-programma (inclusief de toegevoegde slijbprojecten) voor de periode 1990 tot en met 1993 bedroeg f 7.185.000. De verdeling van het totaalbudget over de looptijd en de verschillende projecten is weergegeven in bijlage 3. In de loop van het programma zijn enkele projecten toegevoegd en hebben enige verschuivingen tussen de budgetten van de onderdelen plaatsgevonden. De totale besteding is conform de planning bij aanvang van het programma.

#### 3.3 Inhoudelijke doelstellingen

Door het verzamelen van de bestaande informatie uit onderzoek en praktijk, aangevuld door studies en proefnemingen over een zeer breed front, is het inzicht in de mogelijkheden van P- en N-verwijdering in Nederland sterk verbeterd. Praktisch bruikbare informatie is verkregen over de werking van diverse zuiveringssystemen, de mogelijkheden om te voldoen aan gestelde effluenteisen en de daartoe benodigde dimensionering en procesvoering. Tevens is inzicht verkregen in de nevenaspecten, zoals beschikbare chemicaliën, invloed op slijbindex en effluentverzouting.

Het PN-programma heeft de bestaande en beschikbaar komende informatie gekanaliseerd en ondermeer via de PN-rapporten, het praktijkplatform en de handboeken naar de gebruikers doorgegeven. Deze directe informatieverbreiding heeft het onderzoek van de waterkwaliteitsbeheerders gestimuleerd en de voorbereiding van de benodigde rwzi-aanpassingen reeds tijdens de looptijd van het programma bevorderd.

Gesteld kan worden dat de resultaten van het PN-programma een volledig overzicht geven van de beschikbare systemen, en dat daaruit voldoende basismateriaal beschikbaar is gekomen voor het ontwerp van de benodigde voorzieningen. Hiermee wordt voldaan aan de hoofddoelstelling van het programma "het elimineren van knelpunten bij de fosfaat- en stikstofverwijdering zodat in 1995 met betrekking tot operationele technieken geen vragen of onduidelijkheden meer bestaan".

Het programma heeft veel nieuwe technologische en praktische inzichten opgeleverd voor de toepassing van P- en N-verwijdering op rwzi's. In hoofdstuk 4 wordt nader ingegaan op een aantal belangrijke aspecten, onder meer de haalbaarheid van de nieuwe effluenteisen in relatie tot de toegepaste zuiveringssystemen.

Hoewel het programma PN 1992 in grote lijnen de gewenste informatie heeft verschaft, is op enkele detailpunten de informatie nog niet geheel volledig. In hoofdstuk 5 wordt een overzicht gegeven van enkele resterende "witte vlekken" en onderwerpen voor nader onderzoek.



## 4 TECHNOLOGISCHE BEVINDINGEN

### 4.1 Haalbaarheid effluenteisen

#### **fosfaatverwijdering**

Volgens de fosfaat-AMvB zullen nieuwe rwzi's groter dan 100.000 i.e. moeten voldoen aan 1 mg  $P_{10r}/l$ , als voortschrijdend gemiddelde over tien waarnemingen. Voor kleinere rwzi's wordt 2 mg  $P_{10r}/l$  voorgeschreven.

Een aantal rwzi's met chemische defosfatering bereikt reeds een effluent met minder dan 1 mg  $P_{10r}/l$ . Door middel van hoge chemicaliëndoseringen kan deze lage effluentconcentratie goed worden beheerst. De meeste ervaringen zijn opgedaan met simultane precipitatie. Ook met voorprecipitatie kan in een aantal gevallen 1 mg  $P_{10r}/l$  worden bereikt.

Biologische defosfatering volgens het deelstroomprincipe blijkt in een groot aantal onderzoeken een betrouwbare methode, waarmee fosfaatconcentraties beneden 1 mg  $P_{10r}/l$  mogelijk zijn. Door sturing van de acetaatdosering en de processtromen kan de P-verwijdering goed worden beheerst.

Biologische defosfatering in de hoofdstroom door voorschakeling van een anaerobe ruimte blijkt in zeer veel gevallen goed in staat 1 à 2 mg  $P_{10r}/l$  te bereiken. Het hoofdstroomprincipe bereikt bij een aantal rwzi's 1 mg  $P_{10r}/l$ . De werking van het hoofdstroomprincipe blijkt sterk afhankelijk van de afvalwatersamenstelling, met name de beschikbaarheid van vetzuren. In veel gevallen is een beperkte aanvullende simultane metaaldosering nodig om consistent lage P-concentraties te halen.

Met name bij simultane precipitatie en bij biologische defosfatering in de hoofdstroom bevat het actief slib hoge concentraties fosfaat. Om aan 1 mg  $P_{10r}/l$  te kunnen voldoen dient derhalve de uitspoeling van zwevende stof te worden beperkt. Beheersing van de SVI en het nabezinkproces is daarom van groot belang.

Hoewel in diverse rapportages fosfaatverwijdering tot 1 mg  $P_{10r}/l$  wordt gemeld, is in de meeste gevallen niet duidelijk of ook wordt voldaan aan 1 mg  $P_{10r}/l$  als voortschrijdend gemiddelde over tien waarnemingen. Dit is vaak het gevolg van het experimentele karakter, waardoor de waarnemingsduur beperkt is, wisselende instellingen worden toegepast of schaalfactoren en storingen een meer dan normale rol spelen. In één onderzoek gedurende 3 maanden werd een verhouding 1 - 1,5 gevonden tussen het totaal gemiddelde en maximaal voortschrijdend gemiddelde over tien waarnemingen; dit is aanzienlijk lager dan de door het zuiveringsschap Veluwe op basis van meerjarige cijfers genoemde verhouding van 2 à 2,5. Hierbij moet echter worden opgemerkt dat de lengte van de periode waarover werd getoetst in hoge mate uitmaakt hoe ver het maximum van het voortschrijdend gemiddelde over tien waarnemingen verwijderd is van het gewone gemiddelde in de betreffende periode. Dit blijft bij de dimensionering en toetsing dus een punt van aandacht.

Op een aantal rwzi's treedt spontane biologische defosfatering in de waterlijn op door een combinatie van influent met veel vetzuren en anoxisch/anaërobe zones in de waterlijn. Hoewel in dergelijke systemen een aantrekkelijke extra fosfaatverwijdering optreedt, blijkt het zonder introductie van een volledig anaërobe ruimte in de waterlijn dikwijls niet mogelijk een betrouwbare P-verwijdering tot beneden 2 of zelfs 1 mg  $P_{10r}/l$  te handhaven. In een aantal gevallen is gestreefd naar biologische defosfatering door niet-beluchte zones binnen een aëratiecircuït te introduceren. Daarmee kon de stikstofverwijdering sterk worden verbeterd, maar de fosfaatverwijdering was veelal beperkt. Wel bleek het mogelijk door intermitterend beluchten met voldoende lange niet-beluchte perioden anaërobe condities in de aëratieruimte te bereiken, leidend tot betrouwbare biologische defosfatering (o.a. Bergambacht).

Nageschakelde fosfaatverwijdering door middel van korrelreactor (+ filter), magnetische separatie of vlokfiltratie was geen onderdeel van het PN-programma. Resultaten uit andere onderzoeken geven aan dat deze methoden P-concentraties beneden 1 mg  $P_{10}$ /l kunnen bereiken, mede door een efficiënte afscheiding van zwevende stof. Door de hoge kosten komt de toepassing van deze systemen bij de huidige effluenteisen nog niet duidelijk in beeld.

### **stikstofverwijdering**

Volgens de stikstof-AMvB zullen nieuwe rwzi's groter dan 20.000 i.e. moeten voldoen aan 10 mg  $N_{tot}$ /l, als jaargemiddelde. Voor kleinere rwzi's wordt 15 mg  $N_{tot}$ /l voorgeschreven.

Ultralaag belaste actief-slibsystemen met slibbelastingen rond 0,05 kg BZV/(kg d.s. d) hebben in principe voldoende ruimte voor volledige nitrificatie en denitrificatie. Van oudsher hebben ultralaag belaste systemen (mits voorzien van voldoende beluchtingscapaciteit) in het algemeen een zeer goede nitrificatie bereikt. Ter beperking van het energieverbruik is op veel plaatsen reeds gestreefd naar een betere denitrificatie, waardoor de N-totaalverwijdering toenam. Recentelijk wordt op veel rwzi's bewust gestreefd naar N-totaalverwijdering door verbeterde sturing van de beluchting, op basis van regelmatige ammonium- en nitraatmetingen door de bedrijfsvoerders. Daarbij wordt op een groot aantal laagbelaste oxydatiesloten, systemen met intermitterende beluchting en voordenitrificatiesystemen reeds 10 mg  $N_{tot}$ /l bereikt.

In conventionele actief-slibsystemen is de slibbelasting hoger dan bij oxydatiesloten en ontbreekt de nitraatrecirculatie die noodzakelijk is voor vergaande N-verwijdering. Op enkele laagbelaste actief-slibinstallaties (slibbelasting 0,05 - 0,10 kg BZV/kg d.s. d) bleek een sterk verbeterde N-totaalverwijdering mogelijk door de introductie van anoxische zones en recirculatievoorzieningen. Met name bij een goede bewaking van de ammoniumconcentratie in het effluent blijkt binnen het bestaande aëratievolume een betere N-totaalverwijdering mogelijk dan in de conventionele opzet van dergelijke systemen. Om echter een consistente effluentkwaliteit met 10 mg  $N_{tot}$ /l te bereiken is bij conventionele systemen veelal onvoldoende aëratievolume aanwezig. Daarnaast is een forse recirculatiestroom (4 tot 8 x Q-dwa) nodig om voldoende nitraat terug te brengen naar de anoxische zone.

Nitrificatie is sterk temperatuur-afhankelijk. Om aan de jaargemiddelde N-totaaleis te voldoen mag in de winter een minder goed resultaat worden bereikt, mits dit in de zomer wordt gecompenseerd. In het N-handboek is een benadering ontwikkeld voor de relatie tussen het temperatuurpatroon in de aëratieruimte, de ontwerp temperatuur van het zuiveringssysteem en de verwachte jaargemiddelde effluentkwaliteit.

Compacte nitrificatie- en denitrificatiesystemen op basis van slib-op-drager-technologie kunnen achter het zuiveringsproces worden geschakeld om de vereiste N-totaalverwijdering te bereiken. Uit de eerste resultaten van het praktijkonderzoek op rwzi Houtrust blijkt dat met deze systemen een betrouwbare bedrijfsvoering mogelijk is, mits de processturing afgestemd is op de korte verblijftijden. De effluentkwaliteit kan worden verbeterd tot enkele milligrammen ammonium- en nitraatstikstof per liter. Voor een volledig beeld van de technologische en praktische mogelijkheden zal de afronding van het onderzoek medio 1993 moeten worden afgewacht.

## **4.2 Invloed van de influentsamenstelling op P- en N-verwijdering**

### **chemische precipitatie**

Toepassing van chemische precipitatie is in grote mate onafhankelijk van de influentsamenstelling. De dosering is in het algemeen evenredig met de te verwijderen fosfaatvracht. Via de doseerverhouding kan het rendement binnen zekere grenzen worden beïnvloed. Een uitzondering hierop is precipitatie met kalk, waarbij de dosering en slibproductie sterk toene-

men met het bicarbonaatgehalte van het water en het rendement vooral wordt bepaald door de bereikte pH.

#### **biologische defosfatering in de hoofdstroom**

Het influent dient voldoende organische verbindingen (met name vetzuren) te bevatten om in de anaërobe zone als substraat te dienen voor de biologisch defosfaterende bacteriën. Uit laboratoriumproeven kan een indicatie worden verkregen of de benodigde substraten beschikbaar zijn. Per locatie blijkt dit sterk te verschillen. Bij onvoldoende of onregelmatige aanvoer van vetzuren is aanvullende simultane precipitatie nodig om lage P-effluentconcentraties te bereiken.

#### **biologische defosfatering in de deelstroom**

Omdat de benodigde vetzuren in de P-afgiftetank worden gedoseerd, is biologische defosfatering volgens het deelstroomprincipe in principe onafhankelijk van de influentsamenstelling.

#### **stikstofverwijdering in actief-slibsystemen**

De N-totaalverwijdering wordt in veel gevallen beperkt door de hoeveelheid BZV die beschikbaar is voor de denitrificatie van het gevormde nitraat. Voor een deel wordt dit bepaald door de BZV/N-verhouding in het influent. Daarnaast speelt de BZV-verwijdering een rol die plaatsvindt in de voorbezinking (eventueel versterkt door voorprecipitatie) of in een eerste biologische trap. De te denitrificeren hoeveelheid nitraat is afhankelijk van de stikstoftoevoer via het influent, verminderd met de N-vracht in het effluent en surplusslib en eventuele simultane denitrificatie in de nitrificatiezone. In proefnemingen is geconstateerd dat in het algemeen problemen met de denitrificatie optreden bij BZV/N-verhoudingen kleiner dan 3,5 in de toevoer van het actief-slibstelsel.

### 4.3 Dimensionering en ontwerp

#### **chemische precipitatie**

Defosfatering door toevoeging van chemicaliën is een beproefde techniek met weinig nieuwe technische aspecten. De dimensionering en het ontwerp bij chemische precipitatie vertonen geen onduidelijkheden. De belangrijkste dimensioneringsparameter is de Me/P-verhouding die bepaalt tot hoe ver de effluentconcentratie P-ortho wordt teruggedrongen. Gebruikelijke waarden zijn 1,5 - 2 mol Me/mol P. In een van de onderzoeken bleken soms doseringen tussen 2,5 en 3 mol/mol nodig te zijn om 1 mg  $P_{tot}$ /l als voortschrijdend gemiddelde te halen.

Bij toepassing van chemische precipitatie moet rekening worden gehouden met het gevormde chemisch slib. De actief-slibmassa (bij simultane precipitatie) en de slibverwerking dienen hierop te worden afgestemd (zie 4.4).

#### **biologische defosfatering in de hoofdstroom**

Bij biologische defosfatering in de hoofdstroom wordt een anaërobe tank voor de aëratieruimte geschakeld of intermitterende beluchting toegepast met een voldoende lange anaërobe fase. De toepassingsmogelijkheden blijken sterk afhankelijk van de influentsamenstelling en eventuele storing door terugvoer van nitraat in de anaërobe zone. Op basis van praktijktoepassingen is een indicatie verkregen van de benodigde anaërobe tijden. De dimensioneringsrichtlijnen in relatie tot de influentsamenstelling en overige omstandigheden zijn nog vrij grof. Door een beperkte aanvullende simultane defosfatering kunnen lage P-effluentconcentraties en een betere processtabiliteit worden bereikt.

Door P-afgifte tijdens de slibbehandeling kan bij hoofdstroomsystemen een belangrijk deel van het gebonden fosfaat weer vrijkomen. Dit kan worden vermeden door snelle indikking

en ontwatering van het surplusslib. Er zijn aanwijzingen dat door een beperkte simultane metaaldosering de P-afgifte van het surplusslib bij de indikking en gisting kan worden beperkt. Dit vermindert de noodzaak voor snelle indikking en ontwatering van het surplusslib bij biologische defosfatering. Voorts zijn diverse methoden beschikbaar om afgegeven fosfaat in het slibwater chemisch te binden.

### **biologische defosfatering in de deelstroom**

Uit diverse Nederlandse onderzoeken is een duidelijke richtlijn ontwikkeld voor de dimensionering van biologische defosfatering in de deelstroom. Door keuze van de verblijftijden, processtromen en doseringen is het proces goed te sturen.

De scheiding van het fosfaatrijke slibwater en het slib, na de P-afgiftetank, werd aanvankelijk uitgevoerd door middel van gravitatie-indikking. Deze heeft als nadeel beperkte sturingsmogelijkheden en een relatief laag rendement. De gravitatie-indikker is in een aantal gevallen vervangen door mechanische indikking. Nadelen van deze laatste methode zijn echter de hoge investeringen en bedrijfskosten (met name poly-elektrolyt). De praktische aspecten van het deelstroomproces zullen verder worden onderzocht in enkele demonstratieprojecten, die zich momenteel in de voorbereidingsfase bevinden.

### **stikstofverwijdering in actief-slibsystemen**

Op basis van de beschikbare informatie wordt de methode van de Duitse universiteiten ("Hochschulansatz" of HSA-model) het meest volledig en praktisch bruikbaar geacht voor de dimensionering van de nitrificatie en de denitrificatie. De uitgangspunten en uitkomsten van het dimensioneringsmodel komen behoorlijk overeen met praktijkervaringen en onderzoeksresultaten in Nederland. Een goede toetsing van de ontwerprichtlijnen onder praktijkomstandigheden kan echter pas plaatsvinden wanneer N-totaalverwijdering op veel praktijkinstallaties is ingevoerd; dit betekent dat op dit moment de betrouwbaarheid van het model nog niet grondig kan worden getoetst.

Verschillende procesvormen zijn beschikbaar voor de uitvoering van N-totaalverwijdering. Met alle uitvoeringen kan onder gunstige omstandigheden  $10 \text{ mg N}_{\text{tot}}/\text{l}$  worden bereikt. De haalbaarheid onder minder gunstige omstandigheden kan per systeem echter verschillen.

In veel gevallen is de denitrificatie beperkend voor verbetering van de N-totaalconcentratie, met name bij een lage BZV/N-verhouding in de denitrificatiezone. Een praktisch probleem daarbij is dat niet volledig bekend is welke BZV-fracties beschikbaar zijn voor de denitrificatie. Op basis van technologische overwegingen en resultaten van semi-technisch onderzoek worden voor denitrificatie bij een krap BZV-aanbod de systemen met influenttoevoer in een strikt anoxische zone en met een beperkte recirculatiestroom (met name voordennitrificatie en Bio-Denitro) gunstiger geacht dan aëratiecircuits.

Bij voordennitrificatie is afhankelijk van de omstandigheden een recirculatieverhouding van 4 - 8 nodig om het gevormde nitraat terug te voeren naar de denitrificatiezone. Gewaakt moet worden voor een te hoge zuurstofvracht in de recirculatiestroom, omdat deze de denitrificatie kan remmen. Voorts is een variabele verdeling nitrificatie/denitrificatie binnen het actief-slibvolume gunstig om in te spelen op belastingfluctuaties.

## **4.4 Processturing**

Gebleken is dat aanvoervariaties een grote invloed hebben op de effluentkwaliteit. Sturing van de beluchting en processtromen op basis van on-line meting van ammonium- en/of nitraatconcentraties kan met name bij sterk fluctuerende influenttoevoer een belangrijke verbetering van de N-totaalconcentraties geven. Bovendien kan optimaal gebruik worden gemaakt van het beschikbare aëratievolume door afhankelijk van de situatie nitrificatie of denitrificatie te laten plaatsvinden. Door een flexibele instelling van de nitrificatie- en denitrificatiezones in het actief-slibvolume in combinatie met een meet- en regelsysteem op basis van N-monitoren kan een efficiënte en betrouwbare N-totaalverwijdering worden bereikt.

#### 4.5 Neveneffecten van P- en N-verwijdering

##### **chemisch slib**

Bij chemische P-binding wordt een neerslag gevormd van metaalfosfaat- en -hydroxyde-complexen. Dit chemisch slib leidt tot extra productie van primair slib (bij voorprecipitatie) en secundair slib bij simultane precipitatie. Bij simultane precipitatie dient dit chemisch slib te worden gecompenseerd door verhoging van de slibmassa, door middel van een verhoogd actief-slibgehalte en/of een groter aëratievolume.

De hydroxydecomplexen bevatten gebonden hydraatwater dat bij temperaturen tussen 100 en 200 °C wordt losgelaten. Bij de droogrestbepaling volgens NEN leidt dit tot een overschatting van de hoeveelheid drogestof en het gloeiverlies. In de betreffende rapporten is een schatting gemaakt van de hoeveelheid hydraatwater in relatie tot het ijzergehalte, om de bepaling van drogestof en gloeiverlies te corrigeren.

##### **slibindex**

Chemische precipitatie (vooral met aluminiumzouten) leidt in de meeste gevallen tot verlaging van de slib-volume-index (SVI). Bij simultane precipitatie kan dit een bijdrage leveren aan de benodigde verhoging van de slibmassa, ter compensatie van de fractie inert chemisch slib.

Maatregelen ter verbetering van de N-totaalverwijdering leiden in veel gevallen tot slechtere bezinkingseigenschappen van het slib, met name door sterke groei van *Microthrix parvicella*. Door toepassing van selectoren en/of chemicaliën is in een aantal gevallen verbetering bereikt. Aërobe selectoren kunnen echter een negatieve invloed hebben op de denitrificatie en biologische defosfatering volgens het hoofdstroomprincipe.

##### **effluentverzouting**

Dosering van metaalzouten bij chemische precipitatie draagt bij aan de concentraties anionen in het effluent. Deze verhoging van de zoutvracht kan worden vermeden door defosfatering met kalk of toepassing van biologische defosfatering. Bij kalktoepassing (zowel in de hoofd- als deelstroom) kan zuurtoevoeging nodig zijn om het bicarbonaatgehalte te verlagen en/of de pH van het behandelde water te corrigeren; de daarbij toegevoegde vracht anionen kan vele malen groter zijn dan bij chemische precipitatie met Fe- of Al-zouten.

#### 4.6 Overige aspecten

##### **centrale drinkwaterontharding**

Bij centrale drinkwaterontharding is de alkaliteit van het drinkwater in de regel nog voldoende groot om de pH van het zuiveringsproces op een gunstige waarde te bufferen. Bij onvoldedige denitrificatie, defosfatering met Fe-zouten, verdunning met regenwater of bijzondere beluchtingssystemen kan de buffering onvoldoende zijn. Voor neutralisatie van de pH in het zuiveringsproces bij te lage alkaliteit is ongebluste kalk het meest economisch.

##### **marktsituatie voor chemicaliën**

De chemicaliën voor defosfatering, met name het veelgebruikte ferrosulfaat, zijn de komende jaren in voldoende aanbod en naar verwachting tegen 'normale' prijzen beschikbaar. Bij toename van de vraag naar ferrichloride zou bij de momenteel aanwezige productiecapaciteit op termijn een tekort ontstaan. Volgens recente signalen zal dit tekort waarschijnlijk worden opgevuld door nieuwe productiecapaciteit.

## RESTERENDE WITTE VLEKKEN

### Karakterisering van het influent-CZV

De organische componenten van het influent zijn van groot belang voor de denitrificatie en biologische defosfatering. De parameters CZV en BZV blijken in de praktijk nogal beperkt om de beschikbare organische stoffen voor beide processen te kwantificeren. Een belangrijke vraag daarbij is in hoeverre de beschikbare componenten worden verwijderd door voorbehandelingsstappen als voorbezinking, voorprecipitatie, aërobe of anaërobe selector, eerste biologische trap. In het verlengde hiervan liggen vragen ten aanzien van de hoeveelheid voor denitrificatie beschikbare CZV in verhouding tot  $\text{NO}_3\text{-N}$  en de concurrentie van denitrificatie en biologische defosfatering om CZV.

### Kinetiek en dimensionering van de N-verwijdering

Hoewel de principes van nitrificatie en denitrificatie duidelijk zijn en algemene richtlijnen voor de dimensionering beschikbaar zijn, is de kennis van de kinetiek nog onvolledig.

De dimensioneringsrichtlijnen (veelal gebaseerd op Duitse ervaringsgegevens) lijken behoorlijk aan te sluiten op de Nederlandse praktijk; een goede evaluatie van de praktijkwaarnemingen gericht op vergaande N-verwijdering heeft echter nog niet plaatsgevonden. Voorts is de informatie over de toepasbaarheid van de IAWPRC-vergelijkingen nog beperkt, bij gebrek aan waarden voor de gehanteerde parameters.

Bij de kinetiek van simultane denitrificatie is niet bekend welke omzettingssnelheden worden bereikt en hoe de beschikbaarheid van BZV is, met name voor lagere BZV/N-verhoudingen. Ook van de kinetiek van propstromers, gemengde reactoren en semi-continue processen is onvoldoende bekend om (theoretische) voordelen in dimensionering te kunnen vertalen. Hetzelfde geldt voor de invloed van variaties in influentsamenstelling en -vracht en effluentkwaliteit over de dag, de te hanteren ontwerptemperatuur in relatie tot seizoensvariatie en jaargemiddelde N-eis.

### Kinetiek en dimensionering van de biologische P-verwijdering

De diverse Nederlandse onderzoeken hebben veel informatie opgeleverd over de mogelijkheden van biologische defosfatering. Op basis hiervan zijn aanbevelingen opgesteld voor de dimensionering van P-afgiftetanks. De informatie is echter minder volledig voor de dimensionering van biologische defosfatering in de hoofdstroom door middel van een anaërobe tank of anaërobe fase in de tijd en voor het uitvoeren van een P-afgiftetank als propstroomtank of gemengde tank. Eveneens is meer kennis gewenst over de invloed van nitraat op de dimensionering van de P-afgiftetank in hoofd- of deelstroom.

### Haalbaarheid van primair-slibverzuring

De toepassing van voorbezinking kan belangrijk besparen op het actief-slibvolume, door het lagere gehalte inert materiaal in het actief slib als gevolg van de verwijdering van primair slib. Door BZV-verwijdering in de voorbezinking kan de BZV/N-verhouding beperkend worden voor denitrificatie en/of biologische defosfatering. Een interessante mogelijkheid om dit nadeel gedeeltelijk te ondervangen is hydrolyse van het primair slib en terugvoer van de geproduceerde laagmoleculaire verbindingen. De primair-slibverzuring is op enkele plaatsen op laboratoriumschaal onderzocht. Er is nog weinig inzicht in de praktische aspecten, economische haalbaarheid en haalbare BZV-opbrengst onder verschillende omstandigheden.

### Stabiliteit van de defosfatering

Door de normstelling op basis van voortschrijdend gemiddelde is de fosfaatverwijdering gevoelig voor kortdurende overschrijdingen. Beheersing van effluentpieken is derhalve zeer belangrijk. Het karakter van effluentvariaties en de stabiliteit van biologische defosfatering in de hoofdstroom verdienen daarbij meer aandacht.

### **Neveneffecten van N- en P-verwijdering**

In het kader van PNs 1992 is verkennend onderzoek gestart naar de (nadelige) neveneffecten van N- en P-verwijdering op de bezinkbaarheid van het actief slib. Het is nog te vroeg om conclusies te trekken; op basis van de huidige bevindingen is meer inzicht gewenst.

1. Het programma PN 1992 is binnen de gestelde tijd en het gereserveerde budget afgerond.
2. Het programma heeft een duidelijk beeld gegeven van de beschikbare technieken, dimensioneringsrichtlijnen en diverse praktische aspecten. De resultaten kunnen als basis worden gebruikt voor de implementatie van P- en N-verwijdering in Nederland. Hiermee is aan de hoofddoelstelling van het programma voldaan.
3. Het gebruikersplatform heeft efficiënt gewerkt bij de uitwisseling van informatie van en naar de opstellers van de diverse rapporten en tussen de deelnemers onderling. Het platform heeft stimulerend gewerkt bij de uitvoering van onderzoeken door de zuiverende deelnemers.
4. Een effluentkwaliteit van 1 mg  $P_{tot}$ /l is in het algemeen haalbaar met chemische defosfatering of met biologische defosfatering in de deelstroom. Bij biologische defosfatering in de hoofdstroom is afhankelijk van de afvalwatersamenstelling dikwijls ondersteunende chemische precipitatie nodig om 1 mg  $P_{tot}$ /l te halen. In hoeverre 1 mg  $P_{tot}$ /l als voortschrijdend gemiddelde van tien waarnemingen constant haalbaar is, kan op basis van de beschikbare gegevens nog niet volledig worden beoordeeld.
5. Een effluentkwaliteit van 10 mg  $N_{tot}$ /l is in principe haalbaar met diverse actief-slibsystemen. De optimale uitvoering is afhankelijk van de plaatselijke situatie en afvalwatersamenstelling. Met name de BZV/N-verhouding van het (voorbehandelde) afvalwater speelt hierbij een rol. Processturing met behulp van N-monitoren kan belangrijk bijdragen aan de N-totaalverwijdering.
6. De dimensionering van P- en N-verwijdering is in grote lijnen duidelijk geworden. Voor stikstofverwijdering wordt de Duitse HSA-methode het best toepasbaar geacht; een grondige toetsing op basis van Nederlandse praktijkresultaten is echter nog niet mogelijk.
7. De neveneffecten en interacties van de verschillende processen zijn geïnventariseerd. Belangrijke aspecten hierbij zijn het effect van chemisch fosfaatslib op de N-verwijdering en de invloed van N-maatregelen op de slibbezinkingseigenschappen.
8. De toepassing van centrale drinkwaterontharding en de beschikbaarheid van chemicaliën voor defosfatering vormen geen grote belemmeringen bij de P- en N-verwijdering. De verhoging van de zoutvracht van het effluent door chemicaliëndosering kan een bezwaar zijn wanneer bijzondere eisen worden gesteld aan het zoutgehalte van het oppervlaktewater.
9. Het programma heeft enkele onvolledigheden in de kennis van P- en N-verwijdering aan het licht gebracht. De belangrijkste zijn de karakterisering van het influent, de kinetiek van de biologische fosfaat- en stikstofverwijdering en de invloed op de slibbezinkingseigenschappen.





## Bijlage 1: Publicaties van het programma PN 1992

Project-nummer	Titel	Publicatie-nr
PN 0012	Handboek chemische fosfaatverwijdering	93-06
PN 0013	Handboek stikstofverwijdering	93-07
PN 0018	<i>Invloed van P- en N-verwijdering op de bezinkeigenschappen van actief slib</i>	93-10
PN 0020	Verstopping van beluchtingselementen. Mogelijke relatie met simultane defosfatering?	91-04
PN 0031	P-verwijdering via postprecipitatie met kalk en magnetiet	93-01
PN 0040	Handleiding biologische fosfaatverwijdering	91-07
PN 0041	Biologische fosfaatverwijdering - Randvoorwaarden voor een goed rendement	93-03
PN 0050	Werking en neveneffecten van simultane defosfatering in actief-slibsystemen	91-03
PN 0051	Simultane defosfatering met ijzersulfaat. De rol van hydraatwater bij de bepaling van de nitrificatiecapaciteit	93-02
PN 0052	Simultane defosfatering met hoge Me/P-verhoudingen	92-12
PN 0060	Dimensioneringsgrondslagen voor biologische P-verwijdering in de sliblijn	92-06
PN 0070	Invloed van drinkwaterontharding op de P- en N-verwijdering uit afvalwater	92-04
PN 0080	Verzouting van effluent door fosfaatverwijdering	91-09
PN 0090	Chemicaliën voor P- en N-verwijdering. Marktanalyse	91-10
PN 0100	Voordenitrificatie - onderzoeksresultaten en praktijkrichtlijnen	93-04
PN 0110	Nitrificatie en denitrificatie in compactsystemen; inventarisatie en praktijkervaringen	91-05
	Nitrificatie en denitrificatie in compactsystemen - Praktijkonderzoek.	93-..
PN 0120	Monitoren voor P- en N-verwijdering	93-05
PN 0132	Invloed van chemische P-verwijdering op de slibgisting	93-09
PN 0150	Evaluatie van enzymtoepassingen bij slibverwerking	91-06

Uitgebracht als participatie-rapport en verspreid in het praktijkplatform:

- Optimalisatie van de fosfaatverwijdering op rwzi Echten. Zuiveringsschap Drenthe, juli 1992.
- Voordenitrificatie rwzi "De Verseput". Waterschap Schouwen-Duiveland, november 1992.
- Biologische defosfatering rwzi Bennekom - introductie van biologische defosfatering in de hoofdstroom bij een bestaande oxydatiesloot. Zuiveringsschap Veluwe/Stowa, oktober 1992.
- Stikstof- en fosfaatverwijdering pilotplant onderzoek RWZI Ede. STORA rapport 91-08.
- Vergaande nutriëntenverwijdering op een zeer laagbelaste actief-slibinstallatie; rapport rwzi 2000 nr 92-06.
- Project N- en P-eliminatie rwzi Eindhoven. Evaluatierapport van 17 maanden onderzoek naar vergaande biologische stikstof- en fosfaatverwijdering met behulp van een pilotplant. GTD-Oostbrabant, 1990.
- Biologisch defosfateren in de sliblijn van de awzi Kralingseveer. Onderzoek met een proefinstallatie in de periode november 1990 tot en met juli 1991. Hoogheemraadschap van Schieland, juni 1992.
- Onderzoek naar deelstroomdefosfatering RWZI Lichtenvoorde. Zuiveringsschap Oostelijk Gelderland, 1992.
- Fosfaatstripexperimenten op kleine praktijkschaal Almelo Vissedijk. Tauw Infraconsult & Waterschap Regge en Dinkel, februari 1992.
- Biologisch defosfateren op praktijkschaal bij de RWZI Oosthuizen. Tauw Infraconsult & HHRS Uitwaterende Sluizen, februari 1993.
- Onderzoek naar biologische defosfatering, lokatie Leiden-noord. HHRS van Rijnland, 19-3-1992.

## Bijlage 2: Beschrijving van de projecten

### 0010 GEBRUIKERSPLATFORM VOOR PRAKTIJKERVARINGEN MET DEFOSFATERING EN STIKSTOFVERWIJDERING

#### uitvoering:

Het platform was samengesteld uit 24 vertegenwoordigers van de zuiverende waterkwaliteitsbeheerders. Voorzitter was ir. A.E. van Giffen, het technisch secretariaat werd gevoerd door ir. P. de Jong (Witteveen+Bos).

#### budget:

Het totaalbudget voor de activiteiten van het platform en het opstellen van de P- en N-handboeken bedroeg f 888.000.

#### doelstelling:

Uitwisseling van ervaringen en onderzoeksgegevens bij de verbetering van P- en N-verwijdering; verwerking en bundeling van de gegevens in de vorm van praktijkhandboeken.

#### resultaat:

Het platform is van januari 1990 - januari 1993 tienmaal bijeengekomen. Diverse praktijkervaringen, onderzoeksgegevens en strategische aspecten op het gebied van P- en N-verwijdering zijn door het platform behandeld. Tussenresultaten van de diverse onderzoeken zijn via het platform verspreid. Het platform heeft als klankbord gefungeerd bij het opstellen van de handboeken P- en N-verwijdering.

De handboeken N-verwijdering en chemische P-verwijdering zijn in de vorm van groeiende modules aan het platform voorgelegd en aangepast op basis van de gemaakte opmerkingen. De handboeken geven een overzicht van de huidige stand van zaken op het gebied van N-verwijdering en chemische defosfatering. De informatie uit de verschillende PN-onderzoeken is in de betreffende hoofdstukken verwerkt. Een handleiding wordt gegeven voor de aanpak en dimensionering van P- en N-verwijdering. De P- en N-technieken worden toegelicht aan de hand van praktijkervaringen. Rekenvoorbeelden worden gegeven ter illustratie van de ontwerprichtlijnen. Interacties tussen de verschillende technieken worden beschreven.

In mei 1993 zijn de handboeken in definitieve versie gereedgekomen.

#### evaluatie:

Wegens de snelle technologische ontwikkelingen en de vele gelijktijdige onderzoeksactiviteiten op het gebied van P- en N-verwijdering was de behoefte aan snelle informatieuitwisseling groot. Het platform bleek goed in deze behoefte te voorzien.

De handboeken bieden een zo volledig mogelijk overzicht van de technologische achtergronden, beschikbare technieken, systeemkeuze en dimensionering, praktische aspecten en interacties tussen de verschillende P- en N-technieken. De handboeken zijn goed bruikbaar als naslagwerk en als handleiding bij de implementatie van P- en N-verwijdering.

Een aantal onvolledigheden in de beschikbare informatie en beperkingen bij de praktische toepassing is geconstateerd bij het opstellen van de handboeken. In hoofdstuk 5 van dit evaluatierapport worden deze behandeld.

#### rapportage:

Handboek chemische fosfaatverwijdering. Stowa rapport nr. 93-06, mei 1993.

Handboek stikstofverwijdering. Stowa rapport nr. 93-07, mei 1993.

## 0018 SLIBEIGENSCHAPPEN EN P- EN N-VERWIJDERING

uitvoering:

Instituut voor Milieuwetenschappen TNO (IMW), namens de STOWA begeleid door ir. A.E. van Giffen (voorzitter), ing. F.A. Brandse, ir. P. de Jong, ir. J. Kruit en ir. P.C. Stamperius.

budget: f 90.000.

doelstelling:

Er waren sterke aanwijzingen dat maatregelen tot verbetering van P- en/of N-verwijdering negatieve effecten konden hebben op de slibbezinkingseigenschappen. Het onderzoek was gericht op het verkrijgen van inzicht in deze effecten door evaluatie van Nederlandse praktijkgegevens.

resultaat:

Gegevens zijn verwerkt van onderzoeken op 44 rwzi's. Bij 66% van de rwzi's met maatregelen ter verbetering van de N-verwijdering werd een verslechtering van de slibbezinking waargenomen.

evaluatie:

De verwerking van de beschikbare gegevens bevestigt het in de praktijk ontstane beeld dat verbetering van de N-totaalverwijdering de kans op licht slib vergroot. Het project beperkt zich tot een inventarisatie van de situatie en biedt geen gerichte strategieën voor licht-slibbestrijding.

rapportage:

Invloed van P- en N-verwijdering op de bezinkeigenschappen van actief slib. STOWA rapport nr. 93-10, 1993.

## 0020 VERSTOPPING VAN BELUCHTINGSELEMENTEN BIJ SIMULTANE DEFOSFATERING

uitvoering:

TAUW Infra Consult B.V. te Deventer, namens de STOWA begeleid door ir. W.G. Werumeus Buning (voorzitter), ing. F.A. Brandse, H.G. Letteboer en ing. H.A.P. Mollen.

budget: f 86.000.

doelstelling:

Vanuit de praktijk kwamen wisselende berichten over het verstopping van beluchtingselementen als gevolg van chemicaliëndosering bij defosfatering. Het project beoogde inzicht te verschaffen in het optreden van (versnelde) verstopping en de eventuele rol van simultane defosfatering hierbij.

resultaat:

In de literatuur- en praktijkgegevens zijn geen indicaties gevonden voor een verhoogde kans op verstopping door chemische defosfatering. Verstopping wordt vooral toegeschreven aan vervuiling door organische componenten en door kalk bij hard water en hoge pH.

evaluatie:

In tegenstelling tot eerdere indicaties wordt de toepassing van simultane defosfatering niet belemmerd door verhoogd verstoppingsgevaar bij fijne-bellenbeluchtingselementen.

rapportage:

Verstopping van beluchtingselementen. Mogelijke relatie met simultane defosfatering?  
STOWA-rapport nr 91-04, juli 1991.

## 0030 PRAKTIJKONDERZOEK DEFOSFATERING EN STIKSTOFVERWIJDERING

In het kader van de participatieregeling is ondersteuning verleend aan praktijkonderzoeken op rwzi Echten en rwzi 'de Verseput' (Zierikzee).

### **Optimalisatie van de fosfaatverwijdering op rwzi Echten**

uitvoering:

Zuiveringschap Drenthe.

STOWA-participatiebijdrage f 30.000.

doelstelling:

De rwzi Echten is een carrousel met een ontwerpcapaciteit van 100.000 i.e. De afgelopen jaren trad naast vergaande N-verwijdering ook een redelijke P-verwijdering op. Een onderzoek is uitgevoerd met als doel na te gaan of door aangepaste sturing van de beluchting de fosfaatverwijdering in de carrousel kon worden verbeterd tot 2 mg  $P_{\text{tot}}/l$ .

resultaat:

Tijdens de aanvoer van afvalwater in de daguren is de beluchting geminimaliseerd om anoxische en/of anaërobe omstandigheden te stimuleren. Hiermee werd een effluentconcentratie N-totaal lager dan 10 mg/l bereikt. Uit fosfaatafgifteproeven bleek enige biologische P-activiteit in het slib; het was echter niet mogelijk in het effluent minder dan 2 mg  $P_{\text{tot}}/l$  te bereiken.

evaluatie:

Door reductie van de zuurstofinbreng in de carrousel kon de N-totaalverwijdering sterk worden verbeterd. Het bleek echter niet mogelijk door onbeluchte zones voldoende sterke anaërobe condities voor biologische defosfatering in de carrousel te creëren.

rapportage:

Optimalisatie van de fosfaatverwijdering op rwzi Echten. Zuiveringschap Drenthe, juli 1992.

### **Voordenitrificatie rwzi 'de Verseput'**

uitvoering:

Waterschap Schouwen-Duiveland.

STOWA-participatiebijdrage f 45.000.

doelstelling:

De rwzi 'de Verseput' te Zierikzee is opgezet als een ringvormig voordenenitrificatiesysteem met centrale denitrificatiezone. Een onderzoek is uitgevoerd met als doel de fosfaat- en stikstofverwijdering te optimaliseren.

resultaat:

De oorspronkelijk als denitrificatieruimte bedoelde binnenring (24% van het actief-slibvolume) fungeert in de huidige bedrijfsvoering als anaërobe tank. Afhankelijk van het retourslibdebiet bedraagt de contacttijd 1 tot 1,6 uur. Bij hoog retourslibdebiet treedt minder fosfaatverwijdering op door terugvoer van nitraat en kortere anaërobe verblijftijd.

Bij een slibbelasting van circa 0,03 kg BZV/kg d.s. d wordt 6 - 8 mg  $N_{\text{tot}}$ /l in het effluent bereikt. De N-totaalverwijdering vindt vrijwel geheel plaats door simultane nitrificatie/denitrificatie in de buitenring.

evaluatie:

Het onderzoek heeft duidelijk gemaakt dat de denitrificatieruimte van rwzi de Verseput bij een lage recirculatieverhouding fungeert als anaërobe tank. De fosfaatverwijdering was in de onderzochte omstandigheden niet voldoende constant om steeds aan de eisen ( $P_{\text{tot}} \leq 2$  mg/l) te voldoen.

rapportage:

Voordenitrificatie rwzi "De Verseput". Waterschap Schouwen-Duiveland, november 1992.

#### 0031 P-VERWIJDERING DOOR MAGNETIET EN KALK

uitvoering:

Haskoning b.v., namens de Stowa begeleid door ing. R. van Dalen (voorzitter), dr. ir. J.L. de Reuver, ing. J.G. Segers en ir. P.C. Stamperius. Aan het onderzoek werd deelgenomen door ENVIMAG B.V. die de semi-technische installatie leverde en door het zuiveringsschap Rivierenland dat technische faciliteiten en analytische ondersteuning verleende.

budget: f 80.000.

doelstelling:

Onderzoek op semi-technische schaal naar magnetietdosering ter verbetering van de bezinksnelheid bij postprecipitatie met kalk.

resultaat:

Door toevoeging van magnetiet wordt de P-verwijdering bij postprecipitatie sterk verbeterd ten opzichte van precipitatie met alleen kalk of met kalk en poly-elektrolyt. In het effluent worden  $P_{\text{tot}}$ -concentraties kleiner dan 0,5 mg/l bereikt bij oppervlaktebelasting 8 - 12  $m^3/m^2 \cdot h$ . De kosten liggen iets lager dan bij magnetische separatie. Rekening moet worden gehouden met het verhoogde zwevende-stofgehalte en de hoge pH van het behandelde water.

evaluatie:

Het onderzoek heeft inzicht gegeven in de procesgegevens, dimensionering en kosten van postprecipitatie met kalk en magnetiet. De bereikte fosfaatverwijdering en kosten liggen in de zelfde orde van grootte als bij vlokfiltratie of korrelreactor + filtratie. Wegens de hogere kosten dan bij chemische of biologische defosfatering in de tweede trap ligt brede toepassing bij de huidige effluenteisen nog niet voor de hand. Een uitzondering hierop is wellicht de toepassing als compacte deelstroombehandeling in situaties met beperkte ruimte.

rapportage:

P-verwijdering via postprecipitatie met kalk en magnetiet. Stowa rapport 93-01, februari 1993.

#### 0040 HANDLEIDING STIMULERING BIOLOGISCHE P-OPNAME

uitvoering:

Landbouwniversiteit Wageningen, vakgroep Waterzuivering, namens de Stowa begeleid door ir. K.F. de Korte (voorzitter), ir. P.J.M. Knaapen en ir. A.W.A. de Man en ir. P.C. Stamperius.

budget: f 119.000.

doelstelling:

Evaluatie van principes en praktijkresultaten bij diverse uitvoeringen van biologische defosfatering en opstellen van richtlijnen voor de introductie c.q. verbetering van biologische fosfaatverwijdering op rwzi's.

resultaat:

Op basis van literatuurgegevens wordt een uitgebreid overzicht gegeven van de principes en uitvoeringsmogelijkheden. Op basis van praktijkervaringen worden globale dimensioneringsrichtlijnen gegeven voor biologische defosfatering in hoofd- en deelstroom. Van een aantal praktijkvoorbeelden wordt de opzet en werking behandeld.

evaluatie:

Het rapport schetst de stand der techniek op het gebied van biologische defosfatering en geeft een overzicht van de mogelijke systemen, hun dimensionering en werking in praktijkomstandigheden.

rapportage:

Handleiding biologische fosfaatverwijdering. Stowa-rapport 91-07, oktober 1991.

#### 0041 TECHNOLOGISCHE ASPECTEN VAN DE BIOLOGISCHE P-OPNAME

uitvoering:

Landbouwniversiteit Wageningen, vakgroep Waterzuivering, namens de Stowa begeleid door ir. K.F. de Korte (voorzitter), ir P.J.M. Knaapen, ir. E.J. Leeuw, ir. A.W.A. de Man, en ir. P.C. Stamperius.

budget: f 107.000.

doelstelling:

Naar aanleiding van de resultaten van PN 0040 is gericht laboratoriumonderzoek opgezet naar enkele technologische aspecten die de biologische fosfaatverwijdering in rwzi's kunnen beïnvloeden:

- het vrijkomen van fosfaat tijdens nabezinken en indikken;
- het vrijkomen van fosfaat bij de anaërobe slibstabilisatie;
- de invloed van lage temperaturen op de biologische fosfaatverwijdering;
- de relatie tussen slibleeftijd en biologische fosfaatverwijdering.

resultaat:

Het onderzoek heeft de volgende inzichten gegeven:

- in de nabezinking kunnen enkele tienden mg P/l uit het slib vrijkomen; aanbevelingen worden gedaan ter beperking van de invloed van deze P-afgifte op de effluentkwaliteit;
- bij gravitatie-indikking komt circa 30% van het gebonden fosfaat vrij; snelle mechanische indikking kan dit voorkomen;
- in de slibgisting komt circa 30% van het gebonden fosfaat vrij; bij aanwezigheid van onder meer calcium kan de afgifte veel lager zijn;
- lage temperaturen hebben geen invloed op het biologisch P-rendement, mits voldoende vetzuren aanwezig zijn; de anaërobe vorming van vetzuren uit influent-CZV is wel temperatuurafhankelijk en kan limiterend zijn voor de biologische defosfatering;
- bij toenemende slibleeftijd stijgt het aandeel P in de biomassa; bij slibleeftijden tot 40 dagen werd geen verminderd P-rendement waargenomen.

evaluatie:

Praktisch bruikbare informatie is verkregen over het vrijkomen van biologisch gebonden



fosfaat en eventuele beperkingen door een te hoge slijbleeftijd. Met deze aanvullende informatie zijn enkele hiaten in de kennis met name bij het hoofdstroomproces ingevuld.

rapportage:

Biologische fosfaatverwijdering - Randvoorwaarden voor een goed rendement. STOWA rapport 93-03.

## **0050 SIMULTANE DEFOSFATERING IN ACTIEF-SLIBSYSTEMEN**

uitvoering:

Witteveen+Bos raadgevende ingenieurs b.v., namens de STOWA begeleid door ir. J. Boschloo (voorzitter), ir. R.E.M. van Oers, ing. J.R. Starke, ir. P. J. Tessel en ing. P.P. Weesendorp.

budget: f 134.000.

doelstelling:

Bureaustudie met als doel het opstellen van een handleiding voor simultane chemische defosfatering en het elimineren van eventuele technologische knelpunten.

resultaat:

Diverse aspecten van simultane precipitatie worden beschreven. De haalbare P-verwijdering wordt vooral bepaald door de uitspoeling van aan slijbdeeltjes gebonden fosfaat. Het belangrijkste neveneffect is het aandeel inert chemisch slib in de actief-slibvlok, dat moet worden gecompenseerd door een grotere totale slijbmassa. De slijb-volume-index is bij de meeste rwzi's gedaald; deze daling is echter niet bij alle rwzi's opgetreden, zodat bij de dimensionering niet altijd met een hoger drogestofgehalte mag worden gerekend.

evaluatie:

Een overzicht is gegeven van de belangrijkste aspecten voor toepassing van simultane precipitatie. Onvolledig is de informatie over de haalbaarheid van 1 mg  $P_{tot}$ /l als voortschrijdend gemiddelde. Aanbevelingen worden gedaan om de belangrijkste witte vlekken weg te nemen (zie 0051 en 0052).

rapportage:

Werking en neveneffecten van simultane defosfatering in actief-slibsystemen. STOWA-rapport 91-03, mei 1991.

## **0051 PRAKTIJKONDERZOEK NAAR NEVENEFFECTEN VAN SIMULTANE P-VERWIJDERING IN ACTIEF-SLIBSYSTEMEN**

uitvoering:

Witteveen+Bos raadgevende ingenieurs b.v., namens de STOWA begeleid door ir. J. Boschloo (voorzitter), ing. R. van Dalen, ir. R.E.M. van Oers, ing. J.R. Starke, ir. P.C. Stamperius en ing. P.P. Weesendorp.

budget: f 137.000

doelstelling:

In de literatuur wordt melding gemaakt van nitrificatieremming door ijzerzouten. Een semi-technisch onderzoek is verricht om vast te stellen of bij simultane precipitatie met ijzerzou-

ten rekening moet worden gehouden met remming van de stikstofverwijdering.

resultaat:

In een proefinstallatie op het terrein van rwzi Alkmaar zijn de nitrificatie- en denitrificatiesnelheden in een actief-slibstelsysteem met hoge ferrosulfaat-dosering ( $Me/P = 4 \text{ mol/mol}$ ) vergeleken met die van een referentiestraat zonder Fe-dosering. Daarnaast zijn flankerende proeven verricht om eventuele acute toxiciteit van het ferrosulfaat te testen en de invloed van het ijzerslib op de bepaling van drogestof en gloeiverlies vast te stellen.

Het ijzerhydroxydneerslag bevat hydraatwater, dat bij de bepaling van het gloeiverlies ontwijkt. Dit betekent dat het gloeiverlies groter is dan het gehalte organische drogestof. Bij berekeningen van de nitrificatiecapaciteit moet hiervoor worden gecorrigeerd. Uit flankerende proeven is berekend dat 0,43 gram hydraatwater aanwezig was per gram Fe. Vertaald naar de proefomstandigheden in Alkmaar betekent dit dat 86% van het gloeiverlies bestond uit organische drogestof.

In de actief-slibproeven was de nitrificatie- en denitrificatiecapaciteit betrokken op het gloeiverlies in de straat met Fe-dosering circa 39% lager dan in de referentiestraat. Wanneer echter wordt gecorrigeerd voor het hydraatwater, bedroeg het verschil nog maar 13%, wat niet significant is in verhouding tot de onnauwkeurigheid in de metingen. Ook bij de acute-toxiciteitstests werd geen significant effect van ferrosulfaat op de nitrificatiecapaciteit gevonden.

evaluatie:

Aangetoond is dat ferrosulfaat niet toxisch werkt op nitrificatie en denitrificatie. Wel moet rekening worden gehouden met het gevormde chemisch slib. Bij hoge Fe-doseringen moet worden gecorrigeerd voor hydraatwater.

rapportage:

Simultane defosfatering met ijzersulfaat. De rol van hydraatwater bij de bepaling van de nitrificatiecapaciteit. STOWA-rapport 93-02.

## 0052 SIMULTANE DEFOSFATERING MET HOGE ME/P-VERHOUDINGEN

uitvoering:

Witteveen+Bos raadgevende ingenieurs b.v., namens de STOWA begeleid door ir. J. Boschloo (voorzitter), ing. R. van Dalen, ir. R.E.M. van Oers, ing. J.R. Starke, ir. P.C. Stamperius en ing. P.P. Weesendorp. De praktische uitvoering en analyses zijn verricht door de afdeling Zuiveringsbeheer van de Provincie Groningen, het Waterschap Friesland en het Zuiveringsschap Drenthe.

budget: f 55.000.

doelstelling:

Bij simultane defosfatering kan volgens de huidige ervaringen bij een Me/P-verhouding van 1,5 à 2 mol/mol een effluentconcentratie van 1 à 2 mg  $P_{10r}/l$  worden bereikt. De nieuwe AMvB-eis voor grote rwzi's van 1 mg  $P_{10r}/l$  als voortschrijdend gemiddelde van tien waarnemingen wordt in het algemeen niet gehaald. Onderzocht is of door verhoging van de Fe-dosering wel aan deze nieuwe eis kan worden voldaan.

resultaat:

Op vijf rwzi's is de werking bij een tot 3 Me/P verhoogde ijzerdosering vergeleken met referentieperiodes waarin 0,9 tot 2 mol Fe/mol P werd gedoseerd. Op alle rwzi's werd gedurende de drie maanden lange proefperiode voldaan aan 1 mg  $P_{10r}/l$  als voortschrijdend gemiddelde. De exacte Me/P-verhouding die hiervoor nodig was verschilde per rwzi. De verhoogde Me/P-verhouding leidde tot lagere SVI-waarden en had geen merkbaar effect op de stikstofverwijdering.

evaluatie:

Het is mogelijk gebleken bij simultane precipitatie door verhoging van de Fe-dosering te voldoen aan een effluenteis van 1 mg  $P_{tot}$ /l als voortschrijdend gemiddelde van tien waarnemingen. Hierbij moet worden aangetekend dat de waarnemingsperiode drie maanden bedroeg; bij toetsing over een langere periode is de kans op overschrijding groter.

rapportage:

Simultane defosfatering met hoge Me/P-verhoudingen. STOWA-rapport 92-12. November 1992.

## 0060 P-STRIPPEN OP KLEINE PRAKTIJKSCHAAL

In een gezamenlijk project van rwzi 2000 en PN 1992 is door verschillende uitvoerders een aantal onderzoeken verricht naar biologische defosfatering in de deelstroom. De onderzoeken zijn begeleid door ir. W. van Starckenburg (voorzitter), ir. P. de Jong, ing. P.J.C. Kuiper, ir. J. Ebbenhorst, mw. drs. M.E. Ikelaar, ir. P.J.M. Knaapen, ir. P.C. Stamperius. Aan de begeleidingscommissie namen tevens de teamleden van de betreffende onderzoeken deel. Vanuit PN 1992 is een aantal participatie-onderzoeken ingebracht; daarnaast is een aantal projecten vanuit rwzi 2000 geïnitieerd. De STOWA-participatieprojecten worden hieronder beschreven. Om het beeld van de verkregen informatie volledig te maken worden tevens de projecten vanuit RWZI 2000 kort beschreven.

De verkregen informatie over de dimensionering van de deelstroomssystemen is geëvalueerd in 'Dimensioneringsgrondslagen voor biologische P-verwijdering in de sliblijn'. STOWA-rapport 92-06, mei 1992.

### rwzi Bennekom

uitvoering:

Zuiveringsschap Veluwe.

STOWA-participatiebijdrage f 60.000.

doelstelling:

Een deel van de aëratieruimte van rwzi Bennekom (oxydatiesloot, 22.000 i.e.) is omgebouwd tot anaërobe ruimte. Hierdoor zijn goede randvoorwaarden geschapen voor biologische defosfatering.

Een meetprogramma is uitgevoerd met als doel de biologische fosfaat- en stikstofverwijdering te optimaliseren.

resultaat:

Introductie van biologische fosfaatverwijdering door voorschakeling van een anaerobe tank bij een oxydatiesloot bleek mogelijk. Door de aanpassingen verbeterde de gemiddelde nutriëntenverwijdering tot 9,5 mg  $N_{tot}$ /l (82% verwijdering) en 0,98 mg  $P_{tot}$ /l (88% verwijdering). De processtabiliteit van de biologische fosfaatverwijdering bleek minder dan bij voorgaande chemische defosfatering.

Door directe afvoer van het surplusslib wordt geen fosfaat teruggeleverd. Indien het slib echter gravitair wordt ingedikt (met 2 dagen verblijftijd) ontstaat een aanzienlijke teruglevering, waardoor het fosfaatgehalte van het effluent stijgt tot 3 mg  $P_{tot}$ /l.

evaluatie:

Introductie van biologische fosfaatverwijdering door voorschakeling van een anaërobe tank bij een oxydatiesloot bleek mogelijk in Bennekom. P-afgifte bij conventionele slibverwerking verstoort echter de effluentkwaliteit.

*rapportage:*

Biologische defosfatering rwzi Bennekom - introductie van biologische defosfatering in de hoofdstroom bij een bestaande oxydatiesloot. Zuiveringsschap Veluwe/Stowa, oktober 1992.

### **rwzi Ede**

*uitvoering:*

Witteveen+Bos raadgevende ingenieurs in opdracht van Zuiveringsschap Veluwe.

STOWA-participatiebijdrage f 60.000.

*doelstelling:*

Semi-technisch onderzoek naar de werking van stikstofverwijdering en biologische fosfaatverwijdering in een hoofdstroom- en een deelstroomsysteem.

*resultaat:*

De volgende configuraties zijn getest met afvalwater uit Ede en Barneveld:

- biologische defosfatering volgens het hoofdstroomprincipe, met stikstofverwijdering volgens Bio-Denipho;
- biologische defosfatering volgens het deelstroomprincipe, met stikstofverwijdering in een omloopsysteem.

Het Bio-Deniphoproces bereikte iets betere P- en N-verwijdering dan het deelstroomsysteem. Met Bio-Denipho kon worden voldaan aan de stikstofeis van 10 mg  $N_{tot}$ /l en (met 0,4 mol Fe/mol P ondersteunende Fe-dosering) aan de fosfaateis van 1 mg  $P_{tot}$ /l. Met fosfaatstrippen in combinatie met het omloopsysteem kon bij de heersende procesomstandigheden wel aan de P-eis, maar niet aan de N-eis worden voldaan. Bij gravitatie-indikking en/of vergisting van het surpluslib van het hoofdstroomproces trad aanzienlijke P-afgifte op.

*evaluatie:*

De biologische P-verwijdering volgens het hoofdstroomproces met een aanvullende Fe-dosering gaf in Ede vergelijkbare effluentresultaten als het deelstroomproces. In tegenstelling tot oudere opvattingen was er geen sprake van een minder grote stabiliteit bij het hoofdstroomproces.

*rapportage:*

Stikstof- en fosfaatverwijdering pilotplant onderzoek RWZI Ede. STORA rapport 91-08.

### **rwzi Bergambacht**

*uitvoering:*

Grontmij N.V. en Zuiveringsschap Hollandse Eilanden en Waarden.

Bijdrage in de kosten f 315.000 uit het budget van RWZI 2000.

*doelstelling:*

Het onderzoek richtte zich op de haalbaarheid van vergaande N- en P-verwijdering door aanpassing van de bedrijfsvoering in een carousel. In de hoofdstroom is intermitterende beluchting toegepast. Daarnaast is de rwzi uitgebreid met een deelstroombehandeling van het retourlib.

*resultaat:*

Door intermitterende beluchting is de N-totaalverwijdering verbeterd tot 8 mg  $N_{\text{tot}}$ /l bij slibbelasting 0,05 kg BZV/kg ds.d. Bij temperaturen < 12 °C is de nitrificatie onvoldoende om met behoud van de anaërobe fase aan 10 mg  $N_{\text{tot}}$ /l te voldoen.

De combinatie van anaërobe fase in de hoofdstroom en strippen van het retourslib leidde tot P-totaalconcentraties < 1 mg  $P_{\text{tot}}$ /l.

Experimenten zijn uitgevoerd bij verschillende procesinstellingen. Dit leidde tot de volgende conclusies:

- bij arbeidsfactor < 0,1 d<sup>-1</sup> (dat wil zeggen minder dan 10% van de actief-slibmassa doorloopt per dag de P-afgiftetank) is aanvullende selectie in de hoofdstroom noodzakelijk;
- de optimale acetaatdosering is circa 15 mg/g ds, bij 4 uur verblijftijd in de strippertank; verlenging van de strippertijd (tot 14 h) kan een onvoldoende acetaatdosering niet compenseren;
- op grond van het verschil tussen batch-proeven en de werking van de volledig gemengde strippertank wordt bij een propstroomconfiguratie van de stripper een grotere effectiviteit verwacht;
- bij pH < 7 in de P-afgiftetank, door onvoldoende neutralisering van het toegevoegde azijnzuur, treedt remming van de P-afgifte op;
- in een gravitatie-indikker komt 50 - 60% van het afgegeven fosfaat in de waterstroom terecht, waarin het chemisch kan worden gebonden; de rest wordt met het ingedikte slib teruggevoerd naar het zuiveringsproces;
- de kosten van het deelstroomproces zijn bij arbeidsfactor 0,1 d<sup>-1</sup> vergelijkbaar met het hoofdstroomproces of simultane defosfatering; bij grotere arbeidsfactor wordt het deelstroomproces aanmerkelijk duurder dan de andere varianten.

evaluatie:

Inzicht is verkregen in de mogelijkheden van intermitterende beluchting voor N-totaalverwijdering en biologische defosfatering door een combinatie van hoofd- en deelstroom. De technologische en economische haalbaarheid blijkt bij het combinatiesysteem beduidend hoger dan bij een deelstroomsysteem alleen.

rapportage:

Vergaande nutriëntenverwijdering op een zeer laagbelaste actief-slibinstallatie. Rapport rwzi 2000 nr 92-06.

## **rwzi Eindhoven**

uitvoering:

*Gemeenschappelijke Technologische Dienst Oost Brabant.*

Bijdrage f 50.000 uit het budget van rwzi 2000.

doelstelling:

Onderzoek naar de mogelijkheden voor vergaande N- en P- verwijdering op rwzi Eindhoven met biologische fosfaatverwijdering in de deelstroom. Een tweede hoofddoel van het onderzoek was het beheersen van de slibbezinkingseigenschappen.

resultaat:

Het onderzoek heeft de volgende conclusies opgeleverd:

- door behandeling van 12,5% van het retourslib gedurende 5 uur in de P-afgiftetank, met dosering van 30 g acetaat/kg ds, kunnen P-effluentgehaltenes < 1 mg  $P_{\text{tot}}$ /l worden bereikt;
- gescheiden stripper en indikker fungeren beter dan een gecombineerde tank;
- de totale slibproductie stijgt door de behandeling van het stripperwater met 12,5% bij kalkdosering en 7,5% bij gebruik van  $FeCl_3$ ;
- N-totaalgehaltenes < 10 mg/l zijn haalbaar door combinatie van nitrificatie, denitrificatie en

recirculatie;

- door een aërobe propstroomselector en compartimentering van de aëratieruimte werd een stabiele SVI ter grootte van 110 - 150 ml/g bereikt; extra recirculatie kan de slibbezinkingseigenschappen nadelig beïnvloeden.

evaluatie:

Door middel van fosfaatstrippen kan worden voldaan aan 1 mg  $P_{10r}$ /l. Door de kleine schaal van de proefinstallatie is nog geen volledig inzicht verkregen in de praktische mogelijkheden. Buiten het kader van PN 1992 is een vervolgonderzoek hiernaar uitgevoerd.

rapportage:

Project N- en P-eliminatie rwzi Eindhoven. Evaluatierapport van 17 maanden onderzoek naar vergaande biologische stikstof- en fosfaatverwijdering met behulp van een pilot-plant. GTD-Oostbrabant, 1990.

### **rwzi Kralingseveer**

uitvoering:

Hoogheemraadschap van Schieland in samenwerking met DHV.

Participatiebijdrage f 60.000.

doelstelling:

Het semi-technisch onderzoek had als doel de mogelijkheden en benodigde dimensionering vast te stellen van biologische defosfatering in de deelstroom.

resultaat:

Het onderzoek heeft de volgende resultaten opgeleverd:

- het P-influentgehalte varieerde sterk tussen 4 en 7 mg  $P_{10r}$ /l; bij strippen van 10% van het retourslib leidde dit tot sterke effluentfluctuaties;
- bij strippen van 15% van het retourslib, 5,3 uur verblijftijd in de P-afgiftetank en 20 mg acetaat/g ds werden effluentwaarden < 1 mg  $P_{10r}$ /l gehaald;
- P-afgifte in de nabezinktank vond niet of nauwelijks plaats;
- het opgeloste fosfaat in de afloop van de P-indikker kan goed worden geprecipiteerd met kalk of ferrichloride;
- toepassing van kalk voor de binding van het afgegeven fosfaat leidt tot 7 - 15% extra slibproductie;
- acetaatdosering in de strippertank geeft 3,5% extra biologisch slib.

evaluatie:

Met fosfaatstrippen zijn bij voldoende hoge arbeidsfactor en acetaatdosering effluentwaarden < 1 mg  $P_{10r}$ /l haalbaar.

rapportage:

Biologisch defosfateren in de sliblijn van de awzi Kralingseveer. Onderzoek met een proefinstallatie in de periode november 1990 tot en met juli 1991. Hoogheemraadschap van Schieland, juni 1992.

### **rwzi Lichtenvoorde**

uitvoering:

Zuiveringsschap Oostelijk Gelderland.

Participatiebijdrage f 60.000.

doelstelling:

De rwzi Lichtenvoorde is een carousel met een hoge mate van 'spontane' biologische fosfaatverwijdering. Het praktijkonderzoek had tot doel na te gaan of de P-effluentconcentratie verder kon worden verlaagd door fosfaat uit het surplusslib te strippen. Onderzocht is hoe het defosfateringsproces in de waterlijn stabiel kon worden gehouden door aanpassing van de processturing en de plaats van de influenttoevoer. De mogelijkheden voor chemische binding van het afgegeven fosfaat zijn onderzocht.

resultaat:

Het onderzoek leverde de volgende resultaten op:

- de biologische fosfaatverwijdering in de carousel is sterk gekoppeld aan de aanvoer van zeer vetzuurrijk influent, in combinatie met een goed evenwicht tussen zuurstofinbreng en stikstofverwijdering. Deze gunstige omstandigheden konden niet altijd worden gehandhaafd. In perioden met hogere nitraatconcentraties werd de biologische defosfatering sterk onderdrukt. Door het vetzuurrijke slachterij-afvalwater in een anoxische zone in te brengen werd een stabielere defosfatering bereikt;
- door het slibwater van de surplusslibindikking en -ontwatering te behandelen met  $\text{FeCl}_3$ , bij  $\text{Fe/P} = 0,2 - 0,35$  ten opzichte van de influentvracht, werd een P-effluentconcentratie van  $1,7 - 2,0 \text{ mg P}_{\text{tot}}/\text{l}$  bereikt. De extra slibproductie bedroeg minder dan 10% van de normale produktie;
- met kalk als precipitatiemiddel werd dezelfde effluentkwaliteit bereikt, maar de extra slibproductie nam toe tot 50%; wel had kalk een gunstige invloed op indikking en ontwatering.

evaluatie:

Slechts onder zeer specifieke omstandigheden blijkt de biologische P-activiteit in een carousel-installatie zonder anaerobe ruimte voldoende groot om (in combinatie met chemische behandeling van de slibwaterstromen) te voldoen aan de P-effluenteisen. Op de rwzi Lichtenvoorde bleek ondanks de zeer lage belasting en het gunstige influent geen stabiele P-verwijdering mogelijk.

rapportage:

Onderzoek naar deelstroomdefosfatering RWZI Lichtenvoorde. Zuiveringsschap Oostelijk Gelderland, 1992.

### **rwzi Almelo Vissedijk**

uitvoering:

Waterschap Regge en Dinkel in samenwerking met Tauw Infra Consult B.V.

Participatiebijdrage f 60.000.

doelstelling:

De rwzi Almelo Vissedijk is een actief-slibstelsysteem met een hoge mate van 'spontane' biologische fosfaatverwijdering. Het onderzoek had tot doel inzicht te krijgen in de mogelijkheden om het gebonden fosfaat uit een deelstroom van het retourslib te strippen. Tevens is aandacht besteed aan de mogelijkheden voor chemische binding van het afgegeven fosfaat.

resultaat:

- de acetaatdosering heeft een sterker effect op de P-afgifte dan de verblijftijd in de stripper;
- vier uur verblijftijd is wenselijk voor een stabiel stripproces.

evaluatie:

Enig inzicht is verkregen in de kinetiek van het P-afgifteproces. Omdat surplusslib werd gestript, is geen informatie verkregen over de invloed van strippen op de P-verwijdering in de waterlijn van de rwzi.

rapportage:

Fosfaatstripexperimenten op kleine praktijkschaal Almelo Vissedijk. Tauw Infraconsult & Waterschap Regge en Dinkel, februari 1992.

### **rwzi Oosthuizen**

uitvoering:

Hoogheemraadschap van de Uitwaterende Sluizen in Kennemerland en Westfriesland in samenwerking met Tauw Infra Consult B.V.

Participatiebijdrage f 60.000.

doelstelling:

Het onderzoek is primair gericht op de introductie van biologische defosfatering in een oxydatiesloot door aanpassing van het beluchtingsregime. Flankerend onderzoek is verricht naar de beperking van P-teruglevering uit de slibbehandeling.

resultaat:

Het onderzoek heeft de volgende resultaten opgeleverd:

- het bleek niet mogelijk binnen het omloopsysteem een zone te introduceren met voldoende lange verblijftijd en afwezigheid van nitraat en zuurstof om de benodigde anaërobe condities voor biologische defosfatering te bereiken;
- door intermitterend beluchten (1 uur aan, 1,5 uur uit) verbeterde de P-verwijdering tot gemiddeld 2,2 mg  $P_{10r}$ /l;
- $FeCl_3$  is gedoseerd in de toeloop van de voorindikker om P-terugvoer te voorkomen; tijdens deze dosering bedroeg de effluentconcentratie 1,9 mg  $P_{10r}$ /l. Massabalansgegevens tijdens en vóór deze proef ontbreken echter om de invloed van de  $FeCl_3$ -dosering op de effluentkwaliteit goed te kunnen beoordelen.

evaluatie:

Continue anaërobe condities binnen het omloopsysteem ten behoeve van biologische defosfatering zijn niet haalbaar. Intermitterende beluchting geeft wel een verbetering van de P-verwijdering.

rapportage:

Biologisch defosfateren op praktijkschaal bij de RWZI Oosthuizen. Tauw Infraconsult & HHRS Uitwaterende Sluizen, februari 1993.

### **Bennekom (LUW/DHV)**

In het kader van rwzi 2000 heeft de vakgroep Waterzuivering van de Landbouwuniversiteit in samenwerking met DHV op semi-technische schaal onderzoek verricht naar biologische P-verwijdering in de deelstroom in combinatie met fosfaatbinding in een korrelreactor. Ter informatie worden de belangrijkste resultaten hier gepresenteerd.

budget: f 207.000 uit rwzi 2000.

doelstelling:

Het onderzoek heeft zich gericht op de optimalisatie van biologische P-verwijdering in de deelstroom en de toepassing van de korrelreactor voor behandeling van het fosfaatrijke supernatant. Daarnaast zijn de mogelijkheden van primair-slibverzuring onderzocht.



resultaat:

Het onderzoek heeft de volgende resultaten opgeleverd:

- biologische P-verwijdering volgens het deelstroomprincipe leidt tot lage en stabiele effluentconcentraties van gemiddeld 0,2 mg  $P_{ortho}/l$ ;
- de P-verwijdering blijft intact tijdens het weglaten van een anaërobe fase in de hoofdstroom gedurende een deel van de experimenten;
- de verblijftijd in de strippertank dient 4 uur te bedragen bij een dosering van 10 tot 20 mg acetaat/g d.s. voor een goede P-afgifte en selectie van defosfaterende micro-organismen;
- de korrelreactor verwijdert bij optimale procescondities (pH, recirculatie, Ca/P-verhouding, carbonaatgehalte) 70 - 80% van het fosfaat in een geconcentreerde deelstroom;
- verzuring van primair slib als bron van acetaat is rendabel als  $> 4$  g CZV/i.e. wordt geproduceerd; bij primair slibverzuring werd 2 - 5 g CZV/i.e. gevormd, afhankelijk van de beschouwde vetzuurfracties en temperatuur;
- de acetaatdosering in het deelstroomproces kon worden vervangen door vetzuren verkregen uit de verzuring van een equivalente hoeveelheid primair slib; een voorwaarde daarbij is dat de geproduceerde vetzuren met hoog rendement ( $> 90\%$ ) worden afgescheiden van het primair slib.

evaluatie:

Het onderzoek heeft de mogelijkheden en globale ontwerpgrondslagen aangegeven voor biologische defosfatering in de deelstroom, P-binding met een korrelreactor en verzuring van primair slib.

Rapportage:

Biologische fosfaatverwijdering in combinatie met een korrelreactor. L.U. Wageningen, 1992. RWZI 2000 rapport nr. 92-04.

### **Rijnland**

Het Hoogheemraadschap van Rijnland heeft buiten het kader van het PN-programma semi-technisch onderzoek verricht naar biologische defosfatering in de retourslibstroom. De resultaten van het onderzoek zijn aan de projectgroep aangeboden. Ter informatie worden de belangrijkste resultaten hier gepresenteerd.

doelstelling:

Het onderzoek had tot doel ontwerpcriteria vast te stellen voor biologische fosfaatverwijdering volgens het deelstroomproces op de locatie Leiden-noord.

resultaat:

Bij een slibbelasting van 0,05 kg BZV/kg d.s. d kon aan de P-eis worden voldaan bij 26 g acetaatdosering per kg d.s. en 4 uur verblijftijd in de P-afgiffetank. Bij gravitatie-indikking diende minimaal 40% van de actief-slibmassa dagelijks de P-afgiffetank te doorlopen (slibarbeidsfactor  $\geq 0,4$  d<sup>-1</sup>). Bij een verbeterde slib-waterscheiding kan de dimensionering van de sliblijn worden beperkt, wellicht met een factor 2 (arbeidsfactor 0,2 d<sup>-1</sup> bij mechanische scheiding van slib en P-rijk supernatant). De korrelreactor werkte met wisselend resultaat. In combinatie met een CO<sub>2</sub>-stripper en effluentrecirculatie werd in de periode met optimale werking 89% van het aan de korrelreactor toegevoerde fosfaat vastgelegd.

evaluatie:

Informatie is verkregen over de basisdimensionering van het deelstroomproces en de toepassing van de korrelreactor voor binding van het vrijgekomen fosfaat. De praktische haalbaarheid van het proces blijkt sterk afhankelijk van het rendement waarmee het fosfaatrijke slibwater kan worden gescheiden. De korrelreactor blijkt gevoelig voor de procesomstandigheden en watersamenstelling.

rapportage:

Onderzoek naar biologische defosfatering, lokatie Leiden-noord. HHRS van Rijnland, 19-3-1992.

## 0070 AFVALWATERSAMENSTELLING EN P-VERWIJDERING

uitvoering:

DHV Water B.V., namens de STOWA begeleid door drs. G. IJff (voorzitter), ir. H. Brink, ir. P.C. Stamperius en ir. J. Zabicki.

*budget: f 75.000.*

doelstelling:

Het project had tot doel de consequenties na te gaan van centrale drinkwaterontharding voor de P- en N-verwijdering uit afvalwater.

resultaat:

Bij drinkwaterontharding wordt de alkaliteit in de regel verlaagd tot 2 mM. Een rekenmodel is ontwikkeld om de effecten van de drinkwateralkaliteit en diverse zuiveringsprocessen op de zuur/base-evenwichten te berekenen. Bij 2 mM alkaliteit zal de buffergraad voldoende zijn om een pH  $\geq$  6,5 te handhaven, behalve bij onvolledige denitrificatie, defosfatering met Fe-zouten, verdunning met regenwater of beluchting met een zeer lage lucht/water-verhouding. Voor neutralisatie bij te lage alkaliteit is ongebluste kalk het meest economisch.

evaluatie:

De factoren die de alkaliteit beïnvloeden zijn in beeld gebracht. Centrale drinkwaterontharding hoeft bij volledige nitrificatie en denitrificatie niet tot te lage alkaliteit en pH te leiden.

rapportage:

Invloed van drinkwaterontharding op de P- en N-verwijdering uit afvalwater. STOWA-rapport 92-04, april 1992.

## 0080 EFFLUENTVERZOUTING DOOR DEFOSFATERING

uitvoering:

Adviesbureau BKH, namens de STOWA begeleid door ir. P.J. Tessel (voorzitter), ing. J. Helmer, ing. J.G. Segers en ir. P.C. Stamperius.

*budget: f 64.000.*

doelstelling:

De bureaustudie diende na te gaan welke extra zoutvrachten aan het effluent worden meegegeven als gevolg van diverse, voornamelijk chemische defosfateringstechnieken.

resultaat:

De meeste defosfateringstechnieken leiden tot een verhoging van het chloride- of sulfaatgehalte met 25 tot 75 mg/l. Alleen technieken met fosfaatbinding door kalkdosering leiden niet tot verzouting, mits de zuurgraadcorrectie voorafgaande aan lozing met kooldioxyde plaatsvindt. Verlaging van het bicarbonaatgehalte bij korrelreactor of magnetische separatie geeft een sterke verhoging van de zoutvracht (met 100 tot 200 mg/l). Een beperkt literatuuronderzoek gaf geen zicht op nieuwe praktisch toepasbare defosfateringstechnieken met weinig of geen verzouting.

evaluatie:

De effecten van defosfatering op de effluent-zoutvracht zijn gekwantificeerd. Vooral ontharding bij nageschakelde kalkprecipitatie (korrelreactor, magneet) en volledig chemische defosfatering leiden tot sterk verhoogde zoutvrachten. Het best beschikbare praktische alternatief is volledige biologische defosfatering, in de hoofdstroom of in de deelstroom met kalkprecipitatie zonder ontharding.

rapportage:

Verzouting van effluent door fosfaatverwijdering. STOWA rapport nr. 91-09, november 1991.

## **0090 MARKTSITUATIE CHEMICALIËN VOOR P- EN N-VERWIJDERING**

uitvoering:

Nederlands Inkoopcentrum, namens de STOWA begeleid door J. den Burger (voorzitter), S. Bouma, ing. R. van Dalen en ir. P.C. Stamperius.

budget: f 45.000.

doelstelling:

Het project diende inzicht te verschaffen in de beschikbaarheid en mogelijke toekomstige prijsontwikkelingen van chemicaliën voor fosfaat- en stikstofverwijdering.

resultaat:

Het onderzoek kwam tot de volgende conclusies:

- voor ferrichloride wordt een sterke toename van de vraag verwacht, met als gevolg prijsstijgingen van 20% tot 50%; een alternatief hiervoor is ferrichloridesulfaat, waarvan voldoende aanbod aanwezig is;
- van de overige chemicaliën zal het aanbod naar verwachting sterker stijgen dan de vraag; de prijs zal zich normaal ontwikkelen;
- een groot aanbod aan metaalhoudende restprodukten is beschikbaar; een probleem is echter dat een constante aanvoer en constante kwaliteit vaak niet gegarandeerd kunnen worden.

evaluatie:

De chemicaliën voor defosfatering, met name het veelgebruikte ferrosulfaat, zijn de komende jaren in voldoende aanbod en naar verwachting tegen 'normale' prijzen beschikbaar. Het gesignaleerde tekort aan  $\text{FeCl}_3$  zal volgens recente aanwijzingen waarschijnlijk worden opgevuld door nieuwe productiecapaciteit.

rapportage:

Chemicaliën voor P- en N-verwijdering - marktanalyse. STOWA rapport nr. 91-10, november 1991.

## **0100 SEMI-TECHNISCH ONDERZOEK VOORDENITRIFICATIE**

uitvoering:

Witteveen+Bos, raadgevende ingenieurs, namens de STOWA begeleid door ir. Tj. Meijer, ir. S.B. Gaastra, mw. ir. F.E. Vliek-Holtvoort, ir. A.W.A. de Man, ir. P.G. Piekema en ir. P.C. Stamperius. Tijdens het praktijkonderzoek is praktische en analytische ondersteuning verleend door Uitwaterende Sluizen (locatie Alkmaar), Zuiveringschap Limburg (locatie Susteren) en Zuiveringschap Drenthe (locatie Emmen).

budget: f 670.000.

doelstelling:

In het onderzoek zijn de mogelijkheden en beperkingen van N-totaalverwijdering door voordennitrificatie + nitrificatie nagegaan en zijn richtlijnen gegeven voor de dimensionering.

resultaat:

Het onderzoek heeft de volgende conclusies opgeleverd:

- uit continue effluentmonitoring blijkt dat variaties in aanvoer en watersamenstelling leiden tot onverwacht grote fluctuaties in de effluentkwaliteit; de installatie moet beschikken over voldoende sturingsmogelijkheden en flexibiliteit van de volumeverhouding nitrificatie/dennitrificatie om hierop in te spelen;
- de beschikbaarheid van BZV is veelal de beperkende factor voor volledige dennitrificatie; verschillende BZV-fracties zijn te onderscheiden naar beschikbaarheid en omzettingssnelheid;
- om 10 mg  $N_{tot}$ /l te halen is in het algemeen een recirculatie van 6 tot 10 maal het (dwa-)influentdebiet nodig; nog hogere factoren leveren slechts een geringe verhoging van het  $NO_3$ -rendement en kunnen leiden tot verstoring van de dennitrificatiecondities.

evaluatie:

Een effluentkwaliteit met  $\leq 10$  mg  $N_{tot}$ /l is haalbaar in een goed ontworpen voordennitrificatiesysteem, met voldoende flexibele processturing. Voordennitrificatie kan in principe goed inpasbaar zijn in bestaande actief-slibsystemen. De grote recirculatie benodigd voor een hoog rendement kan echter praktische problemen opleveren. Gezorgd moet worden voor een goede processturing in combinatie met voldoende flexibiliteit in de verhouding nitrificatie/dennitrificatie.

rapportage:

Voordennitrificatie - onderzoeksresultaten en praktijkrichtlijnen. STOWA rapport nr. 93-04, 1993.

## 0110 NITRIFICATIE EN DENITRIFICATIE IN COMPACTSYSTEMEN

uitvoering:

DHV Water b.v., namens de STOWA begeleid door ir. C. Kerstens (voorzitter), ir. S.G. van der Kooij, ing. P.C.J. Kuiper, ir. A. Mulder, ir. P.C. Stamperius en ir. J.K. Vink. Het Hoogheemraadschap Delfland heeft praktische en analytische ondersteuning verricht bij de uitvoering van de experimenten.

budget: f 3.276.000.

doelstelling:

Het onderzoek had tot doel na te gaan welke compactsystemen op korte termijn beschikbaar zijn voor nageschakelde (de)nitrificatie van huishoudelijk afvalwater en wat de mogelijkheden, beperkingen en kosten zijn van deze systemen. Enkele kansrijke systemen zijn getest in demonstratieprojecten op kleine schaal.

resultaat:

Uit de verkenning van de beschikbare systemen bleek dat één dennitrificatiesysteem en drie nitrificatiesystemen voldoen aan de criteria voor praktijktoepassing. Een indicatie is verkregen van de belangrijkste dimensioneringsparameters, zuiveringsprestaties en globale kosten.

Op de rwzi Houtrust is een praktijkproef op kleine schaal opgezet met de volgende kansrijke geachte systemen:

- Biofor (nitrificatie in vast bed);

- Nitrazur (denitrificatie in vast bed);
- anoxisch Oxitron (denitrificatie in fluid bed).

Het praktijkonderzoek besloeg de periode april 1992 - april 1993.

Uit de tussenrapportages over de proefperiode april 1992 - april 1993 zijn de volgende resultaten te melden:

- na een aanlooperperiode waarin technische problemen zijn opgelost, hebben de systemen de nagestreefde rendementen gehaald;
- bij het Degrémont Bioforsysteem moet men alert blijven op het goed functioneren van de luchtleidingen en de luchtverdeling. De hoeveelheid om te zetten ammonium is begrensd en ligt bij 0,9 kg NH<sub>4</sub>-N/m<sup>3</sup>.d;
- het Dorr-Oliver anoxische Oxitronstelsel en het Degrémont Nitrazur systeem hebben technologisch geen problemen. De aangevoerde hoeveelheid nitraat wordt met hoog rendement (98%) omgezet. Een begrenzing van de capaciteit kon niet worden aangetoond;
- door hun korte verblijftijd zijn de compactsystemen veel gevoeliger voor een juiste processturing dan actief-slibsystemen; dit vergt adequate meet- en regelsystemen en geschoold bedieningspersoneel;
- bij het nitrificerend gepakt-bedsysteem vindt enige verwijdering van zwevende stof plaats door de filterwerking van het bed; bij het anoxisch fluid bed stijgt het zwevendestofgehalte door uitspoeling van een deel van de geproduceerde biomassa;
- de aanwas van de biomassa is bij de denitrificerende installaties door de snellere groei en sterkere hechting moeilijker van het dragermateriaal te scheiden dan bij de nitrificerende systemen.

evaluatie:

De eerste fasen van het project hebben een beeld gegeven van de operationele compactsystemen en van hun belangrijkste praktische aspecten. Voor een volledig inzicht in de toepassingsmogelijkheden, kosten en dimensionering wordt verwezen naar het eindrapport van oktober 1993.

rapportage:

Nitrificatie en denitrificatie in compactsystemen - Inventarisatie en praktijkervaringen. STOWA rapport nr. 91-05. Augustus 1991.

Nitrificatie en denitrificatie in compactsystemen - Praktijkonderzoek tussenrapportage. DHV dossier E1197-10-103. November 1992.

Nitrificatie en denitrificatie in compactsystemen - Praktijkonderzoek. STOWA-rapport, oktober 1993.

## 0120 **MONITOREN VOOR P EN N**

uitvoering:

In het kader van dit project zijn praktijkonderzoeken van verschillende waterkwaliteitsbeheerders gebundeld. De STOWA heeft ondersteuning geleverd in de vorm van een participatiebijdrage en een technisch secretariaat, uitgevoerd door DHV Water bv. De beleidscommissie bestond uit mw. dipl. ing. G. Both (voorzitter), ing. F.A. Brandse, ing. R. van Dalen, ir. S.B. Gaastra, P.C. Stamperius en ing. J.H.A.M. Verbraaken.

budget: f 465.000 participatie en technisch secretariaat.

doelstelling:

Het project had tot doel om aan de hand van een beperkte inventarisatie en enkele praktijkexperimenten de mogelijkheden te onderzoeken voor meting van N en P.

resultaat:

In het project zijn acht onderzoeken verricht, waarbij vijf soorten metingen zijn toegepast:

- ortho-fosfaat
- ammonium
- nitraat + nitriet (NO<sub>x</sub>-N)
- redoxpotentiaal
- O<sub>2</sub>-minimator op basis van troebelheidsmeting

Met uitzondering van twee locaties (fosfaat- en redoxmeting) werd de beluchting gestuurd op basis van het meetsignaal.

Op basis van de resultaten van de toegepaste apparatuur en de regelstrategieën worden de volgende conclusies getrokken:

- de toegepaste filtratie-apparatuur functioneert goed; veiligheidshalve wordt een standtijd van 1 à 3 weken aangehouden;
- bij alle monitoren is het meetsignaal voldoende betrouwbaar;
- preventief onderhoud van de monitoren is eenmaal per 1 à 2 weken noodzakelijk;
- op een aantal locaties werd de effluentkwaliteit door de beluchterregeling op basis van het monitor-signaal verbeterd; bij defosfatering, geregeld met behulp van een fosfaat-monitor, werd 25% bespaard op het chemicaliëngebruik;
- bij de toepassing van een meet- en regelsysteem moet rekening worden gehouden met ultra-filtratie, analyse-apparatuur, opstellingskosten en aanpassingen van het regelsysteem; de totale jaarlijkse kosten van de meetapparatuur lopen uiteen van f 2.000 bij de redoxmeter tot f 30.000 voor de O<sub>2</sub>-minimator.

evaluatie:

P- en N-monitoren kunnen worden beschouwd als bewezen techniek. Inpassing in de meet- en regelsystemen bij P- en N-verwijdering is goed mogelijk en kan een forse verbetering geven van het zuiveringsrendement en de processtabiliteit.

rapportage:

*Monitoren voor P- en N-verwijdering. STOWA rapport nr. 93-05, 1993.*

## 0132 INVLOED VAN IJZERFOSFATEN OP DE SLIBGISTING

uitvoering:

Witteveen+Bos raadgevende ingenieurs bv, namens de STOWA begeleid door ir. R.E.M. van Oers (voorzitter), ir. S.G. van der Kooij en ir. P.C. Stamperius.

budget: f 70.000.

doelstelling:

In een praktijkproef te Amsterdam werd bij toepassing van chemische defosfatering een *verminderde organische-stofafbraak in de slibgisting waargenomen. Het onderhavige laboratoriumonderzoek is opgezet om de Amsterdamse waarnemingen te toetsen en zo mogelijk te verklaren.*

resultaat:

Op één locatie is in drie semi-technische actief-slibopstellingen slib gekweekt met FeSO<sub>4</sub>-dosering, met FeCl<sub>3</sub>-dosering en een blanco-slib. De drie slibben zijn onder gelijke omstandigheden vergist. Dit leidde tot de volgende conclusies:

- tijdens de vergisting van ijzerhoudend slib werd een afname van de gloeirest waargenomen, die niet optrad bij de referentiegisting; daarentegen was de afname van het gloeiverlies wat lager dan bij de referentie; de drogestofafbraak en gasproductie waren in beide systemen gelijk;
- de waargenomen verschuiving in de onderlinge verhouding tussen gloeirest en gloeiverlies bij de vergisting van ijzerhoudend slib zou ten onrechte kunnen worden geïnterpre-

teerd als verminderde afbraak van organische stof. Deze verschuiving is niet geheel te verklaren door de aanwezigheid van hydraatwater in het ijzerprecipitaat;

- de waarnemingen wijzen in de richting van een ongestoorde biologische afbraak van de organische stof in combinatie met niet geheel opgehelderde complicaties bij de bepaling van gloeirest en gloeverlies in aanwezigheid van ijzerslib. De interpretatie van de gloeirest- en gloeverliesgegevens dient bij vergisting van ijzerhoudend slib met de nodige voorzichtigheid te geschieden.

evaluatie:

De Amsterdamse waarneming van een (ogenschijnlijk) verminderde afbraak van de fractie gloeverlies wordt bevestigd. Het lijkt er echter op dat dit een chemisch/analytisch verschijnsel is, terwijl de biologische omzetting van organische stof in gistingsgas niet gestoord wordt.

rapportage:

Invloed van chemische P-verwijdering op de slibgisting. STOWA rapport nr. 93-09, 1993.

**Bijlage 3: Financieel overzicht van het programma PN 1992 (in kf)**

Omschrijving	Project-nummer	1990	1991	1992	1993	TOTAAL
<b>Projectcoördinatie</b>	0001	66	35	25	24	150
<b>P- en N-verwijdering</b>						
Gebruikersplatform	0010		18	20	10	48
- handboek P-verwijdering	0011	37	62	80	80	259
- handboek N-verwijdering	0012	146	100	100	90	436
- flankerend onderzoek	0013		5	120	20	145
totaal		183	185	320	200	888
Slibeigenschappen en P- en N-verw.	0018			90		90
Verstopping beluchtingselementen	0020	60	26			86
Praktijkonderzoek P- en N-eliminatie	0030		254	65		319
- P-verwijdering door magnetiet	0031		20	60		80
Handleiding biologische P-opname	0040	50	69			119
Technologische aspecten biol. P	0041			107		107
Simult. P-verw. in AS-systemen	0050					
- verkenning van gegevens	0051	98	36			134
- praktijkonderzoek	0052		160	70		230
totaal		98	196	70	0	364
P-strippen op kleine praktijkschaal	0060					
- participatie-experimenten	0061	50	300			350
Afvalwatersamenstelling & P-verw.	0070		72	3		75
Effluentverzouting & P-verw.	0080		64			64
P & N-verw.: marktsit. chemicaliën	0090		45			45
Voordenitrificatie: semi-techn. ond.	0100					
- mobiel onderzoek & evaluatie	0101	100	200	180	50	530
- flankerend onderzoek	0102	7	20	20		47
- evaluatie	0103			40	53	93
totaal		107	220	240	103	670
(De)nitrificatie in compactsystemen	0110					
- verkennend onderzoek	0111	73	54			127
- praktijkonderzoek + evaluatie	0112		616	1.600	900	3.116
- amoveren e.d.	0112				33	33
totaal		73	670	1.600	933	3.276
Monitoren voor P en N	0120	32	35	90	23	180
<b>Slibverwerking</b>						
Verglazing slibrestanten	0131			75		75
Remming van slibgisting	0132			60	10	70
Compendium slibdroging	0140	120	18			138
Bio-enzymproces (evaluatie)	0150	6	33			39
<b>TOTAAL</b>		<b>845</b>	<b>2.242</b>	<b>2.805</b>	<b>1.293</b>	<b>7.185</b>



