

stowa

EXPERIMENTEN OP PRAKTIJKSCHAAL MET GROEN FOSFAAT
BIJ HET BCFS® PROCES

TERUGWINNING VAN FOSFAAT UIT RWZI'S



RAPPORT



TERUGWINNING VAN FOSFAAT UIT RWZI'S

EXPERIMENTEN OP PRAKTIJKSCHAAL MET GROEN FOSFAAT BIJ HET BCFS® PROCES

RAPPORT

2006

25

ISBN 90.5773.359.5



COLOFON

Utrecht, 2007

UITGAVE

STOWA, Utrecht

AUTEURS

ir. B.A.H. Reitsma (Tauw BV)

ing. J.E. Bults (Tauw BV)

BEGELEIDINGSCOMMISSIE

ing. F.A. Brandse (Waterschap Reest en Wieden)

ing. V. Claessen (Waterschap Aa en Maas)

dr. W.J. Schipper (Thermphos)

ir. H.M. van Veldhuizen (Waterschap Groot Salland)

ir. A. Verhoek (Stichting Mestverwerking Gelderland)

ir. P. Versteeg (Hoogheemraadschap van Rijnland)

ir. C.A. Uijterlinde (STOWA)

FOTO'S OMSLAG

Proefinstallatie op de rwzi Deventer

STOWA

rapportnummer 2006-25

ISBN 90.5773.359.5

TEN GELEIDE

De wereldvoorraad fosfaaterts is beperkt. Met de huidige wijze van verwerken van zuiveringsslib wordt fosfaat aan de kringloop onttrokken. Deze werkwijze draagt eraan bij dat op langere termijn een tekort aan fosfaat ontstaat. Om die reden is er belangstelling voor terugwinning van fosfaat uit stedelijk afvalwater. Thermphos, de enige fosfaatproducent in Europa, wil op termijn een deel van de ingenomen delfstof vervangen door teruggewonnen fosfaat.

In het verleden zijn er proeven gedaan om de technische en financiële mogelijkheden van fosfaatterugwinning op rwzi's te onderzoeken. De enige terugwinning bij rwzi's die op praktijkschaal in Nederland wordt toegepast, is de korrelreactor op de rwzi Geestmerambacht.

Fosfaatrijk stripperwater van rwzi's van het type BCFS[®] bevat relatief hoge concentraties fosfaat waardoor er mogelijkheden zijn voor precipitatie en hergebruik van fosfaat. De fosfaatverwerkende industrie wil het zogenaamde 'groene fosfaat' afnemen indien het aan bepaalde kwaliteitseisen voldoet.

In 2003/2004 zijn laboratoriumexperimenten gedaan om de haalbaarheid te testen. De resultaten waren zodanig dat er is gekozen voor een vervolgonderzoek op praktijkschaal. Het onderzoek is uitgevoerd op de rwzi Deventer. De rwzi Deventer (185.000 ie) is van het type BCFS[®].

In het onderhavige rapport dat voor u ligt, leest u hoe dit onderzoek is uitgevoerd en de resultaten. Gebleken is dat de werkelijkheid weerbarstiger is dan de theorie. Het blijkt moeilijk om het organische stofgehalte in het precipitaat laag te houden, waardoor het precipitaat niet aan de eisen van Thermphos voldoet. Tot slot zijn in dit rapport enkele beschouwingen opgenomen over alternatieve mogelijkheden om de fosfaatrijke precipitaten te verwerken.

Utrecht, januari 2007

De directeur van de STOWA
ir. J.M.J. Leenen

SAMENVATTING

Op basis van de positieve resultaten van het laboratoriumonderzoek uit 2003 (STOWA 2005 01) is door STOWA besloten de fosfaatterugwinning op praktijkschaal verder te onderzoeken. Bij de start van het onderzoek kwam uit de definitiefase naar voren dat steekvast aluminiumfosfaatprecipitaat voor Thermphos het meest interessante precipitaat is. Er is gekozen om dit praktijkonderzoek ook weer uit te voeren in de deelstroom van de BCFS[®] reactor van de rwzi Deventer. Er is een opstelling gebouwd op praktijkschaal met een capaciteit van 100 m³/h stripperwater. Het organische stofgehalte in het precipitaat moet zo laag mogelijk zijn (in ieder geval kleiner dan 5 %). Ondanks het feit dat bij de labexperimenten in 2003 het stripperwater zeer helder was, bleek het organisch stofgehalte nog aan de hoge kant (10 %).

Het P-gehalte in het stripperwater fluctueerde sterk (5-25 mg/l). Om overdosering van aluminium te voorkomen is een on-line P analyser onmisbaar. Bij de flocculatie is uitgegaan van een overmaat van 1,5 mol/mol ten opzichte van het aanwezige fosfaat. Hiermee wordt het ortho-P gehalte teruggebracht van 15-30 mg/l tot 5 mg/l. Het gemiddelde rendement hierbij was circa 66 %. In de indikker ontstaat een onderstroom met een precipitaatconcentratie van circa 1 %. In de ontwateringszakken is na enkele weken het drogestofgehalte gestegen tot circa 30 %. Er zijn enkele kilo's precipitaat geproduceerd. Het fosfaatgehalte voldoet aan de eis van Thermphos (groter dan 250 g P/kg as).

Het precipitaat heeft echter een organisch stofgehalte van 30-50 % en voldoet daarbij niet aan de eis van Thermphos (kleiner dan 5 %). Hierdoor zijn ook de gehalten zware metalen hoger dan de eis. Het is niet mogelijk gebleken om de toevoer van organische stof te beperken door aanpassingen aan het proces van de rwzi Deventer of het lager belasten van de strippertank. Het hoge zwevende stof in het stripperwater blijkt vrijwel zeker een intrinsieke eigenschap te zijn van het slibwatermengsel in de anaërobe tank. Uit indicatieve proeven is gebleken dat met een zwevende stofverwijdering circa 70 % van het zwevende stof kan worden verwijderd. Dat is echter niet voldoende om de eis van Thermphos te halen. De positieve verwachtingen van het labonderzoek uit 2003 zijn niet waargemaakt.

Hoewel er ook nog andere P-rijke deelstromen bestaan, zoals rejectiewater en overloopwater/centraat is bekend dat daarin vaak ook hoge zwevende stofgehalten voorkomen (van 100 mg/l – 1 g/l). Hiermee wordt de conclusie getrokken dat directe afzet van fosfaatprecipitaat uit de water- of sliblijn van een rwzi naar Thermphos (anders dan via een korrelreactor) niet mogelijk lijkt.

Anno 2006 staan SNB en Thermphos positief ten opzichte van het idee om aluminium-fosfaatprecipitaat mee te verbranden bij de productie van ijzerarme as. Het hogere fosfaatgehalte in de as en de lagere stookwaarde van het toegevoegde precipitaat zijn voor Thermphos respectievelijk voor SNB gunstig. Aanbevolen wordt om dit traject nader te onderzoeken.

DE STOWA IN HET KORT

De Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer, kortweg STOWA, is het onderzoeksplatform van Nederlandse waterbeheerders. Deelnemers zijn alle beheerders van grondwater en oppervlaktewater in landelijk en stedelijk gebied, beheerders van installaties voor de zuivering van huishoudelijk afvalwater en beheerders van waterkeringen. Dat zijn alle waterschappen, hoogheemraadschappen en zuiveringsschappen en de provincies.

De waterbeheerders gebruiken de STOWA voor het realiseren van toegepast technisch, natuurwetenschappelijk, bestuurlijk juridisch en sociaal-wetenschappelijk onderzoek dat voor hen van gemeenschappelijk belang is. Onderzoeksprogramma's komen tot stand op basis van inventarisaties van de behoefte bij de deelnemers. Onderzoekssuggesties van derden, zoals kennisinstituten en adviesbureaus, zijn van harte welkom. Deze suggesties toetst de STOWA aan de behoeften van de deelnemers.

De STOWA verricht zelf geen onderzoek, maar laat dit uitvoeren door gespecialiseerde instanties. De onderzoeken worden begeleid door begeleidingscommissies. Deze zijn samengesteld uit medewerkers van de deelnemers, zonodig aangevuld met andere deskundigen.

Het geld voor onderzoek, ontwikkeling, informatie en diensten brengen de deelnemers samen bijeen. Momenteel bedraagt het jaarlijkse budget zo'n zes miljoen euro.

U kunt de STOWA bereiken op telefoonnummer: 030-2321199.

Ons adres luidt: STOWA, Postbus 8090, 3503 RB Utrecht.

Email: stowa@stowa.nl.

Website: www.stowa.nl

SUMMARY

As a result of the positive lab findings in 2003 with regard to the recovery and reuse of phosphate from waste water (STOWA 2005 01) the STOWA decided to continue research on a larger scale. In the start up of the project aluminium precipitates appeared the most suitable product for Thermphos and a side stream of the BCFS[®] reactor of the Deventer WWTP appeared the most suitable location. A (semi)technical plant has been constructed with a capacity of 100 m³/h stripper water. The organic content in the precipitate must be below 5 %. In 2003 the organic content was 10%, in spite of the fact that the stripper water was clear.

The P content in the stripper water varied from 5-25 mg/l. With an aluminium dosage of 1,5 mol Al/mol P the ortho P content was reduced from 15-30 mg/l to 5 mg/l. The average Phosphate removal efficiency from the stripperwater was 66 %. To prevent losses of aluminium an on-line P analyses appeared inevitable. The thickener produced a precipitate with a dry matter content of 1 %. After a few weeks in "dewatering bags" the dry matter content increased to about 30 %. Several kg precipitate were produced. The product did meet the P requirements (P > 250 g P/kg ash).

The precipitate did not meet the organic content requirement however: 30-50 %. As a consequence also the heavy metal concentrations are too high. It was not possible to reduce the input of organics by adaptation of the treatment process of the WWTP Deventer or reducing the hydraulic load of the stripper tank. The suspended solids content in the stripper water seemed to be an intrinsic property of the MLSS in the anaerobic tank. From preliminary experiments with removal techniques it seemed possible to reduce the suspended solids content with about 70 %. In that case however the organic content requirements of Thermphos will still not be met. The expectations from 2003 did not become true.

Beside the investigated side stream of the BCFS[®] process, other P containing streams, like the centrate/filtrate from sludge digestion in theory are suitable for recovery and reuse. From literature it is known however that also high organic contents (0,1-1 g/l) can occur. The general conclusion is drawn that direct P recovery and reuse from the WWTP main en side streams on a continuous scale (other than the fluidized bed reactor Geestmerambacht) seem not feasible.

In the year 2006 both Thermphos and SNB (Sludge Incineration Noord Brabant) are willing to add the high organic aluminium phosphate to an iron free incineration unit to recover en reuse the phosphate from the ashes. The increase of the phosphate content of the ashes and the lower energy content of the precipitate are favourable for Thermphos and SNB respectively. It is recommended to investigate these options more extensive.

STOWA IN BRIEF

The Institute of Applied Water Research (in short, STOWA) is a research platform for Dutch water controllers. STOWA participants are ground and surface water managers in rural and urban areas, managers of domestic wastewater purification installations and dam inspectors. In 2002 that includes all the country's water boards, the provinces and the State.

These water controllers avail themselves of STOWA's facilities for the realisation of all kinds of applied technological, scientific, administrative-legal and social-scientific research activities that may be of communal importance. Research programmes are developed on the basis of requirement reports generated by the institute's participants. Research suggestions proposed by third parties such as centres of learning and consultancy bureaux, are more than welcome. After having received such suggestions STOWA then consults its participants in order to verify the need for such proposed research.

STOWA does not conduct any research itself, instead it commissions specialised bodies to do the required research. All the studies are supervised by supervisory boards composed of staff from the various participating organisations and, where necessary, experts are brought in.

All the money required for research, development, information and other services is raised by the various participating parties. At the moment, this amounts to an annual budget of some six million euro.

For telephone contact STOWA's number is: +31 (0)30-2321199.

The postal address is: STOWA, P.O. Box 8090, 3503 RB, Utrecht.

E-mail: stowa@stowa.nl.

Website: www.stowa.nl.

TERUGWINNING VAN FOSFAAT UIT RWZI'S

INHOUD

	TEN GELEIDE	
	STOWA IN HET KORT	
	SUMMARY	
	STOWA IN BRIEF	
1	INLEIDING	1
1.1	Probleemstelling	1
1.2	Doelstelling	2
1.3	Onderzoeksvragen	2
1.4	Werkwijze	2
1.5	Terminologie	2
1.6	Leeswijzer	3
2	DEFINITIEFASE	4
2.1	Inleiding	4
2.2	Thermphos	4
2.2.1	Inleiding	4
2.2.2	Organische stof	4
2.2.3	Ammoniak	5
2.2.4	Drogestofgehalte	5
2.2.5	Soort precipitaat	5
2.2.6	Amorfe structuur	5
2.2.7	Hoeveelheid gewenst product	5
2.3	Beschikbare fosfaatstromen rwzi's en praktijkervaring fosfaatterugwinning	6
2.3.1	Inleiding	6
2.3.2	Fosforverwijdering in de hoofdstroom waterlijn	6
2.3.3	Fosforverwijdering in een deelstroom waterlijn	6
2.3.4	Fosforverwijdering in de sliblijn	6
2.3.5	Overzicht nederlandse praktijkervaringen met fosforterugwinning	7
2.4	Milieu effecten aluminium	7

3	UITVOERING ONDERZOEK	9
3.1	Inleiding	9
3.2	Rwzi Deventer, dimensies BCFS®-reactor en p-strippertank	9
3.3	Praktijkinstallatie P-terugwinning	11
3.4	Keuze toe te passen aluminiumzouten	13
3.5	Bemonstering, analyses en meetapparatuur	14
3.6	Meetperioden	15
4	RESULTATEN	17
4.1	Inleiding	17
4.2	Samenstelling stripperwater	17
4.3	Samenstelling precipitaat	20
4.4	Procesoptimalisatie	21
5	ORGANISCHE STOF	23
5.1	Inleiding	23
5.2	Zwevende stofgehalte stripperwater	23
5.3	Procestechnische aspecten rwzi Deventer	26
5.4	Hydraulische belasting fosfaatstrippertank	27
5.5	Eigenschappen stripperwater	28
5.6	Indicatie zwevende stof verwijdering	30
5.7	Conclusies zwevende stof anaëroob stripperwater	30
6	DISCUSSIE	31
6.1	Inleiding	31
6.2	Onderzoeksvragen	31
6.3	Beschouwing	32
6.4	Hoe nu verder?	33
7	CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN	34
7.1	Conclusies	34
7.2	Aanbevelingen	34
	BIJLAGEN	
1	VERKLARENDE WOORDENLIJST EN AFKORTINGEN	
2	PRAKTIJKVOORBEELDEN FOSFOR TERUGWINNING IN NEDERLAND	
3	BEZOEKVERSLAG THERMPHOS	
4	ANALYSE RESULTATEN EN INTERPRETATIE THERMPHOS	
5	FACTSHEETS EN OVERZICHT KOSTEN CHEMICALIËN	
6	ORIËNTERENDE PROEVEN ZWEVENDE STOFVERWIJDERING	

1

INLEIDING

1.1 PROBLEEMSTELLING

Tot eind jaren tachtig werd zuiveringsslib met daarin een groot deel van de met het afvalwater aangevoerde fosfaatvracht direct aangewend voor bemesting van landbouwgronden. Door het aanscherpen van de normen voor zware metalen is dit niet meer mogelijk. Het meeste zuiveringsslib wordt inmiddels verbrand, waarmee het fosfaat definitief aan de natuurlijke kringloop wordt onttrokken. Het resultaat is dat er een zwaarder beroep wordt gedaan op de natuurlijke voorraad fosforeerts. Deze wereldvoorraad is echter beperkt en zal op termijn niet kunnen voldoen aan de vraag. Kringloopsluiting wordt meer en meer van belang. In de ons omringende landen, zoals Zweden en Duitsland, denkt men er zelfs over om terugwinning en hergebruik van fosfaat wettelijk te verplichten. Fosfaatproducent Thermphos heeft als doelstelling om op termijn circa 20 procent van de ingenomen delfstof te vervangen door teruggewonnen fosfaat.

Zuiveringsslib kan dus niet meer rechtstreeks worden toegepast, maar stedelijk afvalwater kan wel dienen als bron voor terugwinning van fosfaat. Hiernaar is reeds veel onderzoek gedaan en met wisselend succes wordt door middel van diverse technieken fosfor teruggewonnen. Problemen die men hierbij tegenkomt zijn te veel verontreiniging in het gevormde fosfaatprecipitaat, een te laag fosforgehalte, te nat precipitaat en tenslotte de hoge kosten (door een hoog energie- of chemicaliënverbruik).

De rioolwaterzuivering (rwzi) in Deventer met een capaciteit van 185.000 ie is uitgerust met een BCFS[®]-reactor. Deze genereert een deelstroom met relatief hoge fosfaatconcentraties (circa 20-30 mg/l) en weinig verontreinigingen. Dat maakt deze stroom interessant voor terugwinning van fosfaat. In 2003-2004 is in opdracht van STOWA een laboratoriumonderzoek uitgevoerd naar fosfaatprecipitatie in de deelstroom van de BCFS[®] reactor. Gekeken is naar neerslagproducten die ontstaan door toevoeging van calciumhydroxide, aluminiumchloride en magnesiumoxide en de afzetmogelijkheden van deze neerslagen als grondstof. Op basis van de positieve resultaten van het laboratoriumonderzoek is door STOWA besloten de fosfaatterugwinning met aluminium verder te onderzoeken en aluminiumfosfaatprecipitaten op praktijkschaal te produceren.

Er is gekozen om dit praktijkonderzoek ook weer uit te voeren in de deelstroom van de BCFS[®] reactor van de rwzi Deventer. De reden hiervoor is dat er een strippertank aanwezig is en er daardoor minder aanpassingen aan de rwzi hoeven plaats te vinden. Dit betekent echter niet dat alleen BCFS[®] systemen geschikt zijn. Bij alle bio-P systemen met anaerobe tank is toepassen van een strippertank en fosfaatterugwinning uit het stripperwater mogelijk. Ook P terugwinning in van andere P-rijke deelstromen kan mogelijk zijn, maar dat wordt bij het onderhavige onderzoek niet meegenomen.

1.2 DOELSTELLING

Het doel van het onderzoek is de uitkomsten van de proefnemingen op labschaal te vertalen naar de praktijksituatie. Duidelijk moet worden of de terugwinning van fosfaat uit rwzi's en de rechtstreekse afzet naar Thermphos (waarbij aan de eisen wordt voldaan) op praktijkschaal technisch mogelijk en financieel haalbaar is.

1.3 ONDERZOEKSVRAGEN

De haalbaarheid van fosfaatterugwinning op praktijkschaal kunnen we vaststellen aan de hand van de beantwoording van de volgende vragen:

1. Hoe constant is het P-gehalte in het stripperwater? Wat zijn de effecten van DWA en RWA aanvoer? Is een continue bedrijfsvoering mogelijk door te werken met een vaste aluminium-dosering?
2. Wat is de samenstelling van het precipitaat? Voldoet deze aan de eisen van Thermphos? Indien dit niet het geval is, kan de installatie dan zodanig worden bedreven of aangepast dat wel aan de eisen kan worden voldaan? Welke variaties treden er op?
3. Hoe zijn de bezink- en indikeigenschappen van het precipitaat? Hoe functioneert het flocculatie- en het afscheidingsproces? Zijn deze voldoende voor een rendabele winning? Hoe kunnen ze worden geoptimaliseerd?
4. Kan het bezonken/ingedikte precipitaat worden ontwaterd? Tot welk droge-stofgehalte? Is er polyelectrolyet nodig en hoeveel?
5. Waar liggen de gevoeligheden in het proces? Welke optimalisaties zijn hierbij mogelijk?
6. Wat wordt het niveau van de kosten van een praktijkinstallatie voor een zuivering ter grootte van de rwzi Deventer?

1.4 WERKWIJZE

In eerste instantie zijn in een definitiefase diverse vragen beantwoord die nodig waren om het praktijkonderzoek te kunnen uitvoeren. Vervolgens is op de RWZI Deventer met zoveel mogelijk bestaande apparatuur een terugwinstinstallatie gebouwd op praktijkschaal. Hiermee is fosfaatprecipitaat gemaakt en zijn diverse proeven gedaan die in het onderhavige rapport worden beschreven. Tijdens de uitvoering van het onderzoek is de aandacht verschoven naar de problematiek van het hoge gehalte aan organische stof in het precipitaat. Aan deze problematiek is een apart hoofdstuk gewijd.

1.5 TERMINOLOGIE

In bijlage 1 is een overzicht gegeven van de in deze rapportage gebruikte terminologie en afkortingen. Voor de duidelijkheid hier vast de belangrijkste:

- influent: het afvalwater dat op de rwzi binnenkomt;
- effluent: het gezuiverde afvalwater van de rwzi;
- stripperwater: het fosfaatrijke water dat uit de fosfaatstripper wordt onttrokken (= influent proefinstallatie);
- precipitaat: het fosfaatrijke neerslag na precipitatie met aluminium;
- overloopwater: het stripperwater na precipitatie.

1.6 LEESWIJZER

In hoofdstuk 2 wordt de definitiefase beschreven. Hierin wordt de informatie samengevat die voor de uitvoering van het onderzoek is verzameld. Hoofdstuk 3 beschrijft hoe het onderzoek is uitgevoerd. In hoofdstuk 4 worden de resultaten gepresenteerd. Vervolgens wordt in hoofdstuk 5 een beschouwing over de zwevende stofproblematiek gepresenteerd. In hoofdstuk 6 tenslotte volgen de conclusies en aanbevelingen.

2

DEFINITIEFASE

2.1 INLEIDING

In dit hoofdstuk wordt de in de definitiefase uitgevoerde nadere verkenning betreffende de kwaliteitseisen van Thermphos beschreven alsmede het onderzoek naar de beschikbare fosfaatstromen en Nederlandse ervaringen met fosfaatterugwinning.

2.2 THERMPHOS

2.2.1 INLEIDING

Met potentiële afnemer Thermphos is overlegd aan welke eisen het precipitaat bij voorkeur moet voldoen. Deze zijn in tabel 1 weergegeven.

TABEL 1 KWALITEITSEISEN FOSFAATPRECIPITATEN (BRON: THERMPHOS)

parameter	P ₂ O ₅ (g/kg as)	Koper (mg/kg as)	Zink (mg/kg as)	IJzer (g/kg as)	organisch materiaal (% koolstof)
concentratie	>250	<100	<300	<10	<5

In bijlage 2 is een uitgebreid overzicht weergegeven van de technische en economische randvoorwaarden die Thermphos stelt aan haar grondstoffen. In dit hoofdstuk volgt een samenvatting van de belangrijkste conclusies. In verband met het belang dat Thermphos hecht aan het organische stofgehalte van de aangeleverde materialen is hier speciale aandacht aan besteed.

2.2.2 ORGANISCHE STOF

Thermphos heeft de ervaring dat organische stoffen in te verwerken producten een probleem kunnen vormen bij het bereiden van fosfaaterts pellets. Een goede kwaliteit van deze pellets is een harde technische randvoorwaarde voor een ongestoord proces in de elektro-ovens (zie bijlage 3.2). Organische stoffen kunnen met name de slijtvastheid van de pellets bij hoge temperaturen negatief beïnvloeden. Een te lage slijtvastheid van de pellets leidt tot stofvorming in de elektro-ovens.

Vaak wordt het gloeiverlies van de indamprest van een te verwerken product gezien als een maat voor het gehalte aan organische stof. Bij het precipitaat moet men er echter rekening mee houden dat tijdens het gloeien van het materiaal (bij 600°C) ook kooldioxide kan ontwijken ten gevolge van het ontleden van carbonaten. Tevens kan bij het gloeien eventueel hydraatwater ontwijken. Het meten van het gehalte aan TOC en/of het gehalte aan COD heeft in dit geval de voorkeur boven het meten van het gloeiverlies van de indamprest. Vooral snog hanteert Thermphos de acceptatie-eis: gloeiverlies < 5% van indamprest.

Het gehalte aan organische stof (eventueel het gloeiverlies van de indamprest) in het aan te bieden precipitaat behoeft dus aandacht. Poly-electrolyet toevoeging ten behoeve van het verbeteren van de indik- en ontwateringseigenschappen moet daarom ook kritisch worden bezien.

2.2.3 AMMONIAK

Toepassing van andere fosfaatprecipitaten, bijvoorbeeld op basis van struviet (magnesium-ammonium-fosfaat), leidt tijdens de verwerking bij Thermphos tot het ontwijken van ammoniak. Dat wordt door Thermphos als negatief beoordeeld, omdat deze ammoniak als lucht-emissie vrij kan komen bij de droogstap in de sinterfabriek, of tot de emissie van stikstof-oxiden kan leiden.

2.2.4 DROGESTOFGEHALTE

Thermphos hanteert een acceptatie-eis dat een te verwerken product 95% droge stof moet bevatten. Dit kan een probleem vormen bij hergebruik van fosfor uit "natte" sectoren. In de toekomst zouden steekvaste producten kunnen worden aangeleverd die bij Thermphos thermisch worden gedroogd. Thermphos is dus onder voorbehoud bereid steekvaste natte producten nader te bestuderen. In principe kan een investering in een drooginstallatie interessant zijn vanaf een bepaalde jaarhoeveelheid.

2.2.5 SOORT PRECIPITAAT

Op basis van navolgende bevindingen heeft de productie van een aluminiumprecipitaat de voorkeur boven de productie van calcium- en magnesiumprecipitaten:

- Van de drie soorten op labschaal verkregen precipitaten (aluminium, calcium en magnesium) heeft aluminiumfosfaat het hoogste gehalte fosfor en de laagste gehalten ijzer, zink en koper;
- Bij het productieproces van Thermphos wordt grind (SiO_2) gebruikt. Vanuit chemisch oogpunt kan aluminium een deel van het grind vervangen. Calcium en magnesium kunnen dit niet;
- Een nadeel van zure aluminium is de beïnvloeding van het bufferend vermogen van het slibwatermengsel in de actief-slibtanks en de hogere kosten van het aluminiumproduct.

2.2.6 AMORFE STRUCTUUR

Het verwerken van fosforprecipitaten met amorfe structuur is voor Thermphos geen probleem.

2.2.7 HOEVEELHEID GEWENST PRODUCT

Thermphos doet routinematig op labschaal proeven om de slijtvastheid van allerlei mengsels te testen. Met enkele tientallen grammen kan heel aardig voorspeld worden of de slijtvastheid beïnvloed wordt. Ook is het mogelijk op labschaal pellets te draaien. Hiervoor is circa 1 kg materiaal nodig. Het nadeel hiervan is dat het pelletiseerproces in feite niet goed één of twee ordegroottes te verkleinen is zonder dat er wezenlijke veranderingen optreden. Ook is het zo dat de pelletiseerbaarheid voor Thermphos belangrijk is, maar dat bij een praktijkproef meerdere aspecten worden meegenomen. Daarom doet Thermphos alleen definitieve toezeggingen als er een grote hoeveelheid materiaal is verwerkt.

Op basis van schattingen en berekeningen kan gesteld worden dat Nederlandse rwzi's op korte termijn (0-5 jaar) zoveel fosforhoudend precipitaat kunnen leveren dat door Thermphos 0,5 tot 1% van de fosfaaterts vervangen zou kunnen worden door fosforhoudend precipitaat.

Op lange termijn (5-10 jaar) zou deze vervanging kunnen oplopen tot 10%. Voor een full-scale praktijkproef van 7 dagen waarbij bij Thermphos 0,5 tot 1% van het fosfaaterts wordt vervangen, zou tussen de 60 en ruim 150 ton fosforhoudend precipitaat (o.b.v. 100% droge stof) aangeleverd moeten worden.

2.3 BESCHIKBARE FOSFAATSTROMEN RWZI'S EN PRAKTIJKERVARING FOSFAATTERUGWINNING

2.3.1 INLEIDING

Zuiveringsinstallaties met biologische fosfaatverwijdering maken gebruik van het feit dat bacteriën fosfaat in hun cellen vastleggen als polyfosfaat. Dit polyfosfaat vormt een energiereserve die het voor de bacterie mogelijk maakt onder anaërobe condities vetzuren op te nemen en op te slaan als Poly Hydroxy Butyraat (PHB). Onder anaërobe condities komt hierdoor fosfaat vrij, terwijl onder aërobe of anoxische condities dit fosfaat in overmaat wordt opgenomen.

Bij zuiveringsinstallaties die biologisch fosfaat verwijderen komen stromen met hoge fosforconcentraties voor, die mogelijk interessant zijn om fosfor terug te winnen. We onderscheiden de volgende plaatsen:

- de hoofdstroom van de waterlijn;
- deelstroom van de waterlijn;
- de sliblijn.

2.3.2 FOSFORVERWIJDERING IN DE HOOFDSTROOM WATERLIJN

Procesvarianten waarbij biologische fosfaatverwijdering in de hoofdstroom wordt toegepast, zijn onder andere: Phoredox, (m)UCT, Bardenpho, Hoogvlietvariant, BCFS[®], e.d. In de anaërobe tank neemt het fosforgehalte in de waterfase toe. In de anoxische en de aërobe tank(s) wordt de overmaat aan fosfaat weer opgenomen.

2.3.3 FOSFORVERWIJDERING IN EEN DEELSTROOM WATERLIJN

Bij bovengenoemde configuraties kan uit de anaërobe tank een waterige stroom met hoog fosforgehalte worden onttrokken (deelstroom). Alleen de BCFS[®]-reactoren hebben hiervoor een voorziening, de fosforstrippertank. Bij veel andere bio-fosfaat-rwzi's is plaatsing van een fosfaatstrippertank in principe mogelijk. De (m)UCT en BCFS[®] configuraties hebben hierbij de voorkeur, omdat bij deze techniek veel vetzuren aanwezig zijn in de anaërobe tank, waardoor er veel fosfaat kan worden afgegeven, en dus de fosforopbrengst het hoogst zal zijn.

2.3.4 FOSFORVERWIJDERING IN DE SLIBLIJN

Slib dat onder aërobe condities uit het proces wordt afgescheiden bevat veel fosfaat. In de sliblijn kan dit fosfaat vrijkomen bij de secundaire slibindikker als, bij voldoende verblijftijd, anaërobe condities ontstaan. Het slibwater bevat dan hoge concentraties fosfor. Doorgaans wordt fosfaatrelease bij de secundair slibindikker zoveel mogelijk voorkomen (voorkomen anaërobe omstandigheden, dosering metaalzouten), maar met de juiste procesconfiguratie kan dit juist worden gestimuleerd en kan fosfaat apart worden afgescheiden. Ook in het rejectiewater na gisting en ontwatering kan vrij fosfaat in een hoge concentratie aanwezig zijn. In veel situaties echter ontstaat oncontroleerbare struvietneerslag waardoor de terugwinning van fosfaat wordt bemoeilijkt. Bovendien bevat het rejectiewater meer verontreinigingen (gehalte organische stof, metalen) waardoor het minder aantrekkelijk is als basis voor precipitatie.

In een deel van het retourslib kan door toevoeging van azijnzuur het fosfaat worden vrijgemaakt uit het slib. Een voorbeeld van een dergelijk proces is het Phostrip-proces. Dit vergt veel chemicaliën. De terugwinning van het vrijgemaakte fosfaat kan op verschillende manieren plaatsvinden: klassieke precipitatie en afscheiding en de toepassing van de korrelreactor.

2.3.5 OVERZICHT NEDERLANDSE PRAKTIJKERVARINGEN MET FOSFORTERUGWINNING

In bijlage 1 zijn een aantal stukken tekst uit beschikbare literatuur verzameld welke de ervaringen weergeven van fosforterugwinning in de praktijk in Nederland. Deze, niet volledige, verzameling geeft aan dat op meerdere rwzi-systemen fosforterugwinning mogelijk is. Hierbij is slechts zelden de verbinding gemaakt met de eisen van de uiteindelijke eindgebruiker van het geproduceerde product. In de praktijkervaringen is slechts een enkele toepassing gevonden van fosforterugwinning in de industrie. In de praktijk zal de industrie niet snel geneigd zijn dit op te pakken tenzij er wetgeving van toepassing is of economisch voordeel te behalen valt. Onbekend is welke fosforvruchten in de industrie voor fosforterugwinning in aanmerking komen. In tabel 2 is een overzicht gegeven.

TABEL 2 OVERZICHT FOSFORTERUGWINNINGSPROJECTEN IN NEDERLAND

Instelling	Proces	Opmerking
rwzi Bommelerwaard	Calciumfosfaatprecipitatie: toevoeging Ca(OH)_2 mengen, flocculeren, bezinken	Technische problemen met roerwerk. Product te nat voor Thermphos, te laag fosforgehalte, te veel CaCO_3
rwzi Heemstede	Phostripporces: supernatant ontwateren met centrifuge en PE, korrelreactor	Centrifuge en PE nodig om in te dikken. PE verstoort proces in korrelreactor
rwzi Haarlem-Waardepolder	Phostripproces: fosfaat vrijmaken met azijnzuur, precipitatie met CaO , bezinken, indikken	Laag organisch stofgehalte. Precipitaat te nat, te laag fosforgehalte, te veel CaCO_3
rwzi Geestmerambacht	Phostripproces; fosfaat vrijmaken met azijnzuur Korrelreactor voor calciumfosfaatprecipitatie	Geproduceerde korrels geschikt als grondstof voor kippenvoer en als grondstof voor Thermphos
Rivierenland	Precipitaat drogen op slibdroogbedden	Veel problemen, te harde koek, grond bleef vastplakken, onkruid groeide er door heen. Wel inzetbaar voor Thermphos, maar weinig P aanwezig
Lamb Weston / Meijer en Colsen	Anphos, ammoniumstruvietprecipitatie in anaëroob effluent van industrieel afvalwater	Stabiel proces, succesvolle fosfaat en stikstofverwijdering. Getest door Thermphos, en verworpen wegens NH_3 uitstoot
Stichting Mestverwerking Gelderland	Kaliumstruvietprecipitatie uit kalvergier	Kaliumstruviet wordt afgezet bij en verwerkt door Thermphos

2.4 MILIEU EFFECTEN ALUMINIUM

Aluminium wordt veelvuldig toegepast op rwzi's. Vaak is het als restproduct beschikbaar (Reynolds, Solvay). Het is naast (aanvullende) fosfaatverwijdering in de waterlijn ook geschikt om de slibvolume-index te verlagen. Aluminium is in staat de groei van sommige draadvormers sterk te remmen.

Uit een studie uit 2001 van het Hoogheemraadschap van Rijnland naar het gebruik van chemicaliën ten behoeve van defosfatering op Rijnlandse zuiveringen wordt duidelijk dat de toxiciteit van aluminium sterk afhankelijk is van de omstandigheden zoals: pH, zoutgehalte, aanwezigheid van complexvormers en dus ook de samenstelling van het ontvangende op-

pervlaktewater. In zout water is aluminium niet toxisch. Bij neutrale pH (5-7) zijn de aluminiumverbindingen slecht oplosbaar. De meeste gegevens met betrekking tot toxiciteit zijn samengevoegd in een tweetal rapporten van RIZA en RIVM, beiden uit 1993. Daaruit zijn tot op heden in Nederland geen vastgestelde rijks- of provinciale beleidsstandpunten of normen voortgevloeid, noch voorstellen daartoe van RIZA c.q. RIVM. In het kader van het huidige onderzoek wordt verder geen aandacht aan de milieueffecten van aluminiumdosering besteed. Naar verwachting komt er bij dosering van aluminium voor fosfaatterugwinning namelijk niet meer aluminium in het milieu terecht dan bij regulier uitgevoerde simultane (aanvullende) aluminiumdosering ten behoeve van fosfaatverwijdering. Aandachtspunt is wel het mogelijke pH-effect van aluminiumdosering, dit kan voor specifieke gevoelige oppervlaktewateren (met een relatief lage pH) mogelijk minder gewenst zijn.

Bij het uitvoeren van de experimenten is het aluminiumgehalte in het stripperwater voor en na flocculatie gemeten, zie figuur 14. Er blijkt geen significante verhoging op te treden. Het meeste aluminium is in gebonden vorm aanwezig.

3

UITVOERING ONDERZOEK

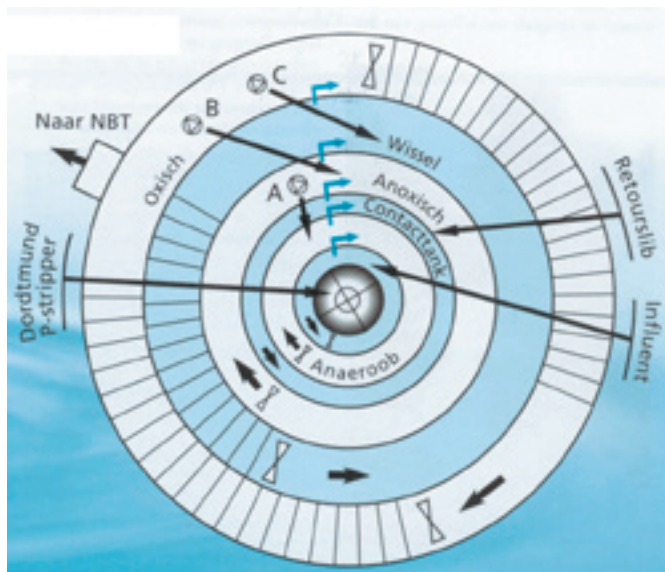
3.1 INLEIDING

In dit hoofdstuk wordt beschreven hoe het onderzoek is uitgevoerd. In paragraaf 3.2 worden in het kort de specificaties van de BCFS[®] reactor en Dortmund P-strippertank van de rwzi Deventer beschreven. In paragraaf 3.3 wordt praktijkinstallatie voor P-terugwinning gepresenteerd. In paragraaf 3.4 wordt de keuze van de toe te passen chemicaliën toegelicht aan de hand van labproeven. Paragraaf 3.5 beschrijft de uitgevoerde metingen en bemonsteringen aan de praktijkinstallatie.

3.2 RWZI DEVENTER, DIMENSIES BCFS[®]-REACTOR EN P-STRIPPERTANK

In figuur 1 is schematisch de BCFS[®]-reactor van de rwzi Deventer weergegeven met de Dortmund P-strippertank in het midden en de anaërobe tank (in twee ringen) daarom heen.

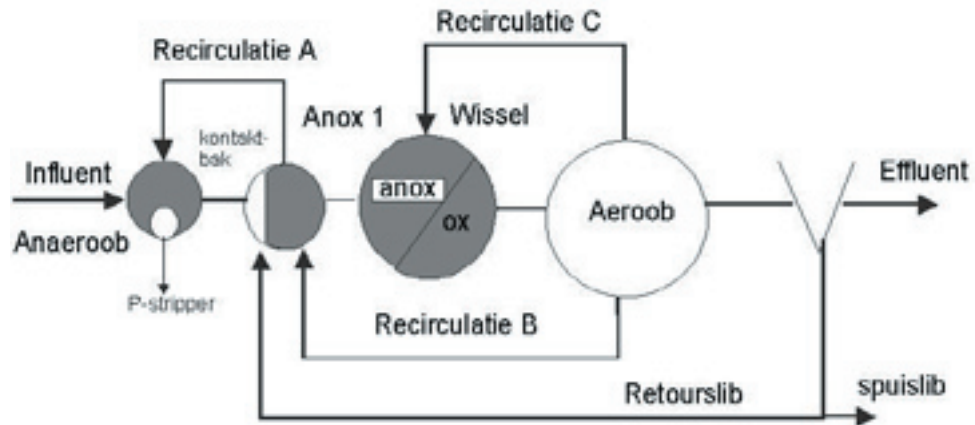
FIGUUR 1

LAY-OUT BCFS[®]-REACTOR RWZI DEVENTER MET DORTMUND FOSFAATSTRIPPERTANK IN HET MIDDEN

De BCFS[®]-reactor heeft een diepte van 5 m. Voor de biologische defosfatering wordt een anaërobe tank toegepast. In deze anaërobe tank worden de zogenaamde bio-P-bacteriën geselecteerd. Uit de vluchtige vetzuren die in het aanvoerstelsel en in de anaërobe tank uit het afvalwater ontstaan, vormen deze bacteriën reservestoffen (PHB, poly-hydroxy-butyraat) onder gelijktijdige afgifte van fosfaat. In de volgende aërobe actief-slibtanks wordt vervolgens in het actief-slib overmaat fosfaat opgenomen dat met het spuislib wordt afgevoerd. De anaërobe tank wordt gevoed met voorbezonden afvalwater en actief-slib met een zo laag mogelijk nitraat- en zuurstofgehalte uit het einde van de anoërische zone (recirculatie A). In figuur 2 is een schematische weergave van het BCFS[®]-proces weergegeven.

FIGUUR 2

SCHEMATISCHE WEERGAVE BCFS®-PROCES RWZI DEVENTER MET FOSFAATSTRIPPERTANK



De specificaties van de BCFS®-reactoren van de rwzi Deventer zijn weergegeven in tabel 3.

TABEL 3

SPECIFICATIES BCFS®-REACTOREN RWZI DEVENTER

parameter	eenheid	
volume volledige BCFS®-tank	m ³	10.070
anaërobe tank, inclusief strippertank	m ³	1.200
anoxische contacttank	m ³	500
anoxische tank	m ³	2.352
wisseltank	m ³	3.009
aërobe tank	m ³	3.009
slibbelasting (over anoxisch en aëroob volume)	kg BZV / kg ds.d	0,053
N-belasting (over totale volume)	kg N / kg ds.d	0,017
slibgehalte	g ds / l	5

Het voorbezonden afvalwater komt binnen onderin de binnenste anaërobe ring. Hier wordt het voorbezonden afvalwater opgemengd met het slib van recirculatie A. Na minimaal één omloop gaat het slib-watermengsel over de rand naar de buitenste anaërobe ring van de anaërobe tank, alwaar het na enkele omlopen onderlangs naar de contacttank gaat. Op deze plaats wordt een hoeveelheid slib/watermengsel met fosfaatrijk water afgetapt en naar de strippertank verpompt. De strippertank bevindt zich in het midden van de actief-slibtank en is uitgevoerd als een Dortmund bezinktank.

De strippertank werkt in principe met een continue toevoer van anaëroob slib en een continue afvoer van bezonden slib. In de Dortmundtank bezinkt het slib. Het slib onder in de bezinktank wordt teruggepompt naar het begin van de anaërobe tank waar het voorbezonden afvalwater binnenkomt. Het verschil tussen deze twee debieten (supernatant) stroomt onder vrij verval over de overstortrand naar de stripperwaterverzamelput vanwaar dit water via twee pompen en twee leidingen wordt afgevoerd.

TABEL 4

SPECIFICATIES P-STRIPPERTANK

parameter	eenheid	
stripperwaterdebiet (2 tanks)	m ³ /h	70
slibgehalte actief-slibtanks	g ds/l	5
slibgehalte in anaërobe tank (gemiddeld)	g ds/l	3,75
slibvolume-index	ml/g ds	120
acceptabele oppervlaktebelasting	m/h	0,78
benodigd oppervlak per actief-slibtank	m ²	45

De strippertank in de rwzi Deventer is niet ontworpen op P-terugwinning. De ontwerpcapaciteit (totaal dus voor twee tanks) is ontworpen en gebouwd op 70 m³/h. Hiermee kan volgens een theoretische balans voldoende fosfaat uit het proces worden afgevoerd om de effluenteis te halen. Omdat de Dortmundstrippertanks samen zijn ontworpen op 70 m³/h kan de capaciteit niet onbepaald worden opgevoerd. De maximale belasting die we willen toepassen voor terugwinning is 110 m³/h (voor twee tanks). Hierbij is uitgegaan van een fosfaatgehalte van circa 30 mg/l. Indien het werkelijke gehalte fosfaat lager is, zouden we eigenlijk meer willen onttrekken, maar dan wordt de Dortmundtank (volgens de theorie afhankelijk van de SVI) overbelast (zie tabel 4).

Een belangrijke vraag hierbij is of de ontwerptheorie voor de Dortmundtank, die gebaseerd is op de STOWA-richtlijn voor ronde nabezinktanks, hier wel opgaat. Een Dortmundtank is dieper, er zijn geen hydraulische RWA-fluctuaties en dus zou een grotere belasting mogelijk zijn. Anderzijds is nog weinig bekend over de bezinkeigenschappen van anaëroob slib.

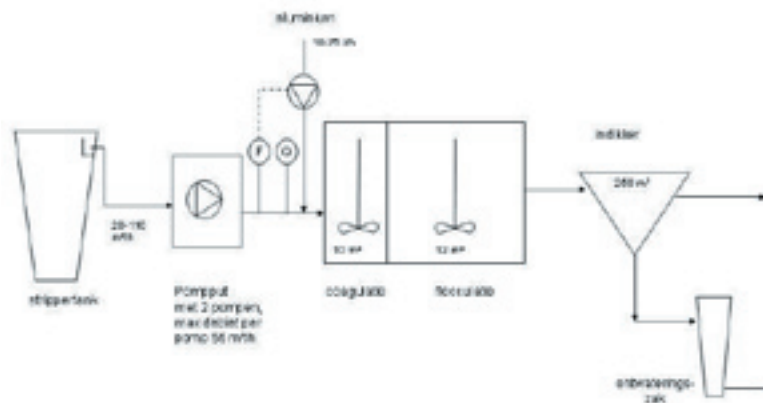
3.3 PRAKTIJKINSTALLATIE P-TERUGWINNING

De praktijkinstallatie is volgens het schema in figuur 3 ontworpen en gerealiseerd op basis van bestaande en gehuurde procesonderdelen.

Het fosfaatrijke supernatant stort over vanuit de strippertank naar een pompput. Het slib wordt teruggepompt naar de anaërobe tank. Vanuit de pompput wordt het stripperwater met een zo constant mogelijk debiet naar de proefinstallatie gepompt. Het signaal van de on-line fosfaatmeter stuurt de aluminiumdosering aan. Na een actieve menging in de coagulatie tank stroomt het water over naar de langzaam geroerde flocculatie tank waarna het overstort in een indikker (welke voorheen werd gebruikt als centraatbuffer). De indikker stort over op het terreinriool. Periodiek wordt het bezonken precipitaat onderuit de indikker in een ontwateringszak gepompt.

FIGUUR 3

PROCESSHEMA PRAKTIJKINSTALLATIE VOOR P TERUGWINNING



Het ontwerp is gebaseerd op de volgende uitgangspunten:

- Continu proces
- Stripperwaterdebiet 20 - 110 m³/uur
- Gehalte fosfor in stripperwater 10 - 30 mg/l
- Minimale verblijftijd coagulator 2 min
- Minimale verblijftijd flocculator 20 min
- Maximale oppervlaktebelasting indikker 0,5 m/h
- % d.s. indikker 1%

Er is zoveel mogelijk gebruik gemaakt van bestaande onderdelen: de strippertank, pompput, indikker, en chemicaliënopslagtank.

Tijdens normaal bedrijf op de rwzi is de pompput gevuld met een debiet van 20 m³/h. Om met een hoger debiet dan 20 m³/h te kunnen draaien is tijdelijk een extra pomp geplaatst in de anaërobe tank, die door middel van een flexibele slang extra debiet over de strippertank laat lopen. Op de pompput zit een hoog/laag signalering, waarop de pompen gestuurd worden. Tijdens uitvoering van de proeven is het gewenst dat de aanvoer naar de proefinstallatie constant is, omdat de chemicaliëndosering gestuurd wordt op het ortho-P-gehalte en niet op het aangevoerde debiet. Om dit te bereiken is maar één pomp in de pompput in gebruik genomen en is deze in toerental teruggeregeld.

De proefinstallatie is op 6 februari 2006 op de rwzi Deventer geplaatst en verbonden met de bestaande indikker.

FIGUUR 4

PROEFINSTALLATIE OP DE RWZI TE DEVENTER



De diverse parameters konden worden gevarieerd: debiet, doseerverhouding aluminium, soort aluminium, mengenergie.

Aan het einde van iedere meetperiode is bezonken precipitaat met een dompelpomp vanaf het dek van de indikker opgepompt en voor ontwatering in een slibontwateringszak gepompt. (zie figuur 5) Daarna is de indikker volledig geleegd en gereinigd.

FIGUUR 5

GEVULDE ONTWATERINGSZAK



3.4 KEUZE TOE TE PASSEN ALUMINIUMZOUTEN

Uitgaande van de eisen die Thermphos stelt aan het precipitaat, weinig ijzer en organisch C, zijn door de firma Melchemie 4 typen aluminiumproduct geselecteerd: Melfloc 39, Melfloc N, Melfloc Pas-50 en Refinal. De eerste drie zijn zure producten, Refinal is basisch. In bijlage 5 zijn de factsheets van deze chemicaliën terug te vinden. Met deze chemicaliën zijn labproeven uitgevoerd om de vlokvorming en bezinking te testen.

Werkwijze: per bekeerglas is 2 liter stripperwater met een ortho-P-gehalte van 15,1 mg/l genomen. Hieraan zijn de verschillende producten in een lichte overmaat toegevoegd. De waarnemingen zijn genoteerd en weergegeven in tabel 5. De detectiegrens voor fosfaat is 0,01 mg P/l.

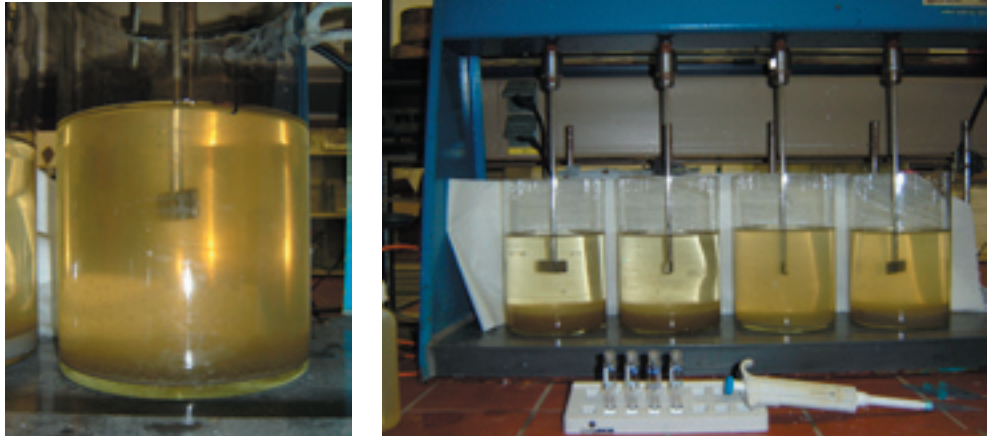
TABEL 5

BEKERGLASPROEVEN VLOKVORMING EN BEZINKING

	bekerglas			
	1	2	3	4
toegevoegd aluminium	Melfloc 39	Melfloc N	Melfloc Pas-50	Refinal
Me/P (mol/mol)	2,3	2,1	2,1	2,1
vlokvorming	snelle vlokvorming	snelle vlokvorming	eerst melkachtig	eerst melkachtig
pH	7,0	7,1	7,0	8,9
Precipitaat laagdikte na 20 minuten	2,0	1,5	0,4	1,0
Precipitaat laagdikte na 24 uur	1,0	1,1	0,4	0,8
fosfaatgehalte stripperwater na bezinking	< detectiegrens	< detectiegrens	< detectiegrens	< detectiegrens

Op basis van de resultaten is ervoor gekozen om de proeven te beginnen met Melfloc PAS-50. Er is nauwelijks verschil in de bezinksnelheid van de verschillende precipitaten, maar het slibvolume van dit precipitaat is aanzienlijk kleiner, zie figuur 6.

FIGUUR 6 LABPROEVEN; LINKS VLOKVORMING, RECHTS BEZINKING NA 20 MINUTEN



3.5 BEMONSTERING, ANALYSES EN MEETAPPARATUUR

In de praktijkinstallatie is het proces op diverse plaatsen gemonitord. Hierbij is gebruik gemaakt van on-line meetapparatuur. Voor de meting van het ortho-P-gehalte in de strippertank is een fosfaatanalyser, type Phosfax gebruikt, met een bereik van 0 tot 40 mg/l (aangepast ten opzichte van standaard fabrikaat), zie figuur 7.

FIGUUR 7 FOSFAATMETER, GEÏNSTALLEERD BOVENOP HET DEK VAN DE ACTIEFSLIBTANK OP DE RWZI TE DEVENTER



Tevens zijn on-line metingen gedaan in de actiefslibtank en de strippertank, welke zijn geregistreerd. Hiermee zijn de gehalten ammonium, nitraat, ortho-P en drogestof in de actiefslibtank en het pompdebiet van de stripperwaterpomp gemeten en geregistreerd. Ook zijn influentdebieten en neerslaghoeveelheden geregistreerd (standaard metingen op de rwzi). In tabel 6 is het overzicht van de bemonsteringen inclusief de overige periodieke bemonsteringen gegeven.

TABEL 6

SCHEMA BEMONSTERING EN ANALYSES

	stripperwater	overloop indikker	onderloop indikker	product
debiet	C		D*	
pH	C	D	D	
zwevend stof	P/C(l)	D(l)		
ortho-fosfaat	C/D (s)	D(s)	D(s)	
organisch C (TOC)	P(s)			B(l)
alkaliniteit	P(l)	P(l)		
aluminium	P(s)	D(s)		
gewicht				B(l)
volume				B(l)
droge stofgehalte			P(l)	B(l)
gloeirest				B(l)
Cu, Zn, K, Ca, Mg, Al, Fe, Si				B(l)
fosfor				B(l)

D = dagelijks ,C = continu (on line), B = per batch, P = tweemaal, * wordt ingeschat op basis van pompuren en capaciteit, l = labmeting, s = sneltest (met Dr Lange sneltesten)

De bezinkeigenschappen van het precipitaat zijn dagelijks onderzocht en er is gekeken naar de procesomstandigheden die hierop van invloed (kunnen) zijn.

Het precipitaat in de zakken is bemonsterd en geanalyseerd op fosfaat, metalen, organische stof en het drogestofgehalte. Het droge stofpercentage is in de loop van de tijd nog een aantal malen gemeten om te kunnen vaststellen of het precipitaat in de ontwateringszakken voldoende gedroogd kan worden.

3.6 MEETPERIODEN

In februari 2006 is de proefinstallatie aangesloten en getest. Op 8 maart was het gehalte fosfaat opgelopen tot 16 mg/l en is gestart met het produceren van aluminiumfosfaat. In tabel 7 zijn de proefperioden en de toegepaste aluminiumvarianten vermeld.

TABEL 7

PROEFPERIODE EN TOEGEPASTE ALUMINIUMVARIANT

batch	periode	chemicaliën
1	8 – 16 maart	PAS-50
2	17 – 24 maart	PAS-50
3	3 – 7 april	Melfloc 39
4*	14-16 juni	PAS-50

* alleen meting organische stof. Te weinig precipitaat om te bewaren.

De meetperioden hebben uiteindelijk geleid tot de productie van 3 batches product die zijn opgevangen. Tijdens het onderzoek bleek dat zich in het precipitaat te veel organische stof bevond. Hier is vervolgens uitgebreid onderzoek naar verricht in de periode van 8 april tot 16 juni, zie hoofdstuk 5.

De molverhouding gedoseerd aluminium ten opzichte van het gemeten gehalte fosfaat is gevarieerd van 1 tot 1,5 mol/mol. De debieten van het stripperwater zijn handmatig ingesteld tussen de 10 en 42 m³/h. Bij een bepaald ingesteld debiet is deze zoveel mogelijk constant gehouden. Het signaal van het on-line gemeten ortho-P-gehalte in het stripperwater is gebruikt voor aansturing van de aluminiumdoseerpomp. Hierdoor is de dosering van het aluminium zo optimaal mogelijk afgesteld op de aanwezige hoeveelheid fosfaat.

4

RESULTATEN

4.1 INLEIDING

In dit hoofdstuk worden de resultaten beschreven. Hierbij is de volgorde van de onderzoeksvragen zoals beschreven in hoofdstuk 1 gevolgd. In paragraaf 4.2 is eerst de samenstelling van het stripperwater en het verloop van het fosfaatgehalte in het stripperwater bepaald. In paragraaf 4.3 wordt de samenstelling van de precipitaten beschreven. Daarna volgt in paragraaf 4.4 de procesoptimalisatie.

4.2 SAMENSTELLING STRIPPERWATER

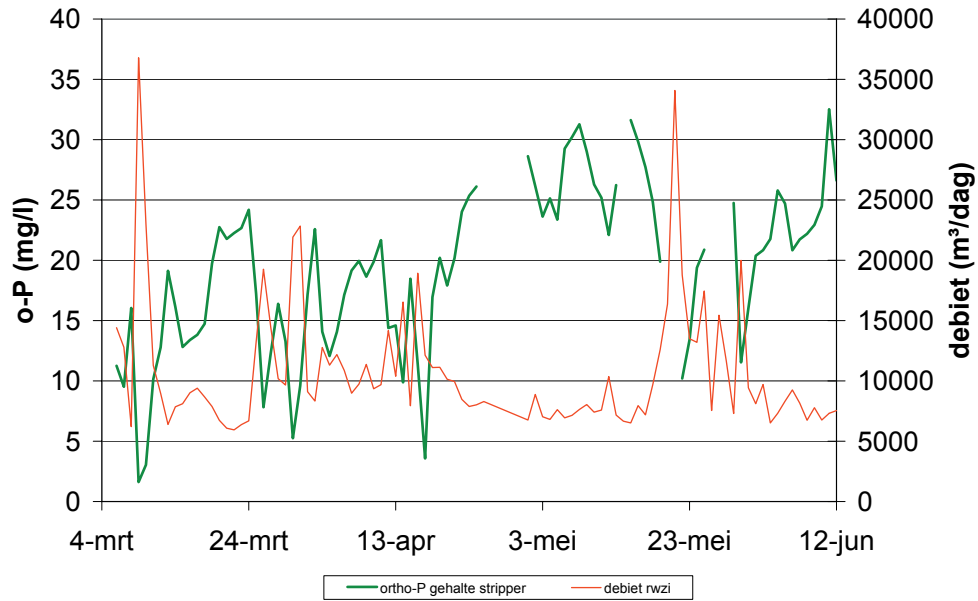
De samenstelling van het stripperwater is tweemaal geanalyseerd. In tabel 8 zijn de resultaten vermeld. Wat opvalt is het hoge zwevende stofgehalte. Het ortho-P gehalte is continu bepaald.

TABEL 8 SAMENSTELLING STRIPPERWATER

parameter	27/03/2006	04/04/2006
Bicarbonaat (mmol/l)	6,8	4,8
Carbonaat (mmol/l)	< 0,1	< 0,1
TOC (mg/l)	20	18
Zwevende stof (mg/l)	36	42
Aluminium (ug/l)	220	320

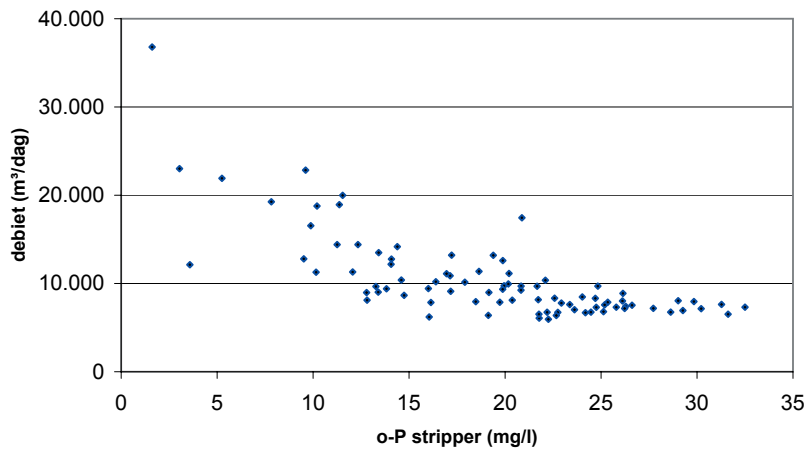
Op 27 februari 2006 is gestart met de on-line fosfaatmeting in het stripperwater en de on-line registratie van ammonium, nitraat, ortho-fosfaat en droge stof in de actief-slibtank. In figuur 8 zijn de meetresultaten van het fosfaatgehalte en het influent(dag)debiet van een aantal weken weergegeven. Duidelijk is te zien dat het ortho-P-gehalte in het stripperwater sterk fluctueert (van 2 tot 34 mg/l).

FIGUUR 8 FOSFAATGEHALTE STRIPPERWATER EN AANVOERDEBIET RWZI



In figuur 9 is het aanvoerdebiet uitgezet tegen het gehalte ortho-P in de stripper en wordt de relatie tussen beide parameters zichtbaar.

FIGUUR 9 RELATIE TUSSEN FOSFAATGEHALTE STRIPPERWATER EN AANVOERDEBIET RWZI

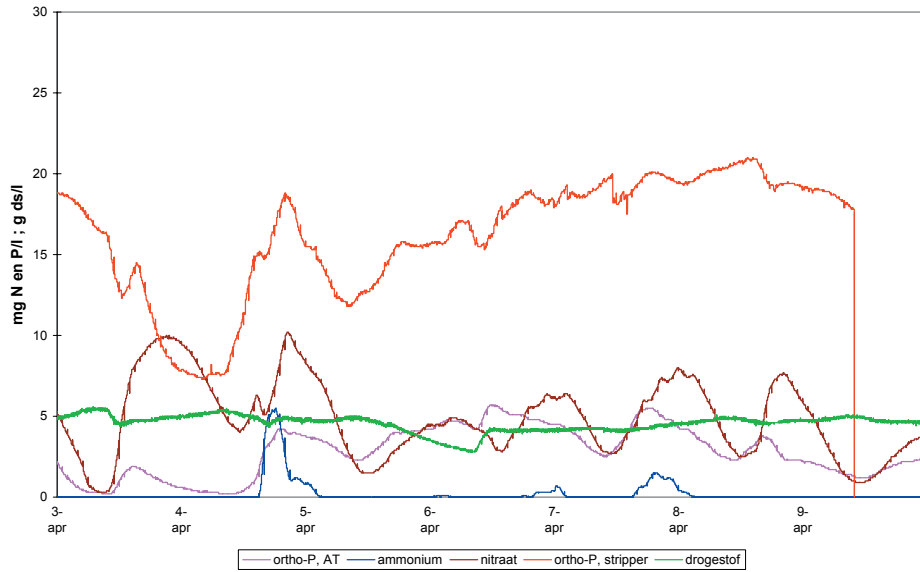


Bij hoge aanvoerdebieten (RWA) gaat de concentratie fosfaat omlaag.

De parameters die on-line tijdens de proef zijn gemeten, staan van week 14 als voorbeeld in figuur 10 weergegeven. Duidelijk te zien is het dag/nacht ritme voor de diverse parameters. Ammonium, nitraat en droge stof zijn gemeten aan het einde van de beluchte tank. Ortho-P is gemeten op dezelfde plaats en tevens in de stripper. Het dag en nacht ritme van ortho-P is een stuk minder gemakkelijk te herkennen.

FIGUUR 10

MEETGEGEVENS ACTIEFSLIBTANK 1, RWZI DEVENTER, WEEK 14



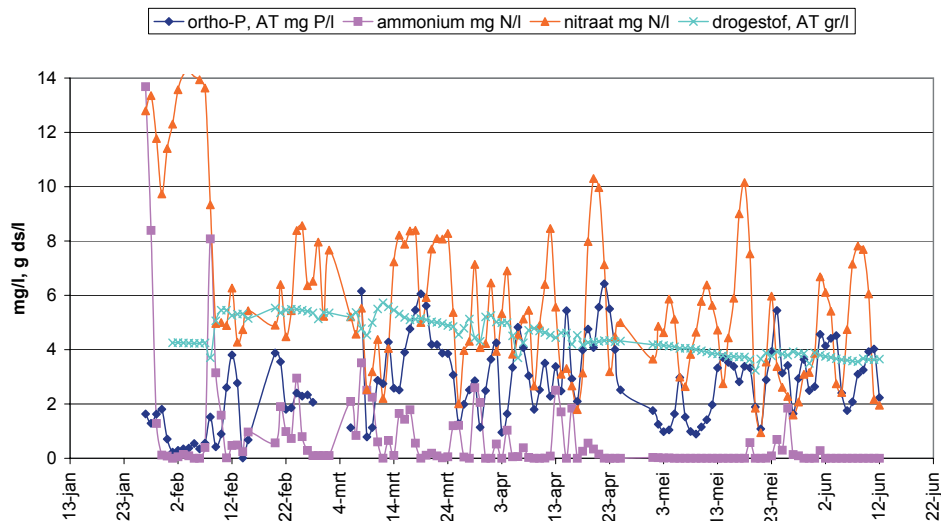
Na een periode met regenweer blijkt het fosfaatgehalte zich redelijk snel te kunnen herstellen, binnen 1 à 2 dagen.

Eén van de onderzoeksvragen was of het mogelijk is om fosfaat terug te winnen zonder gebruik te maken van een on-line P-meting en het aluminium te doseren op basis van het debiet, waarbij een vaste (onder)dosering ten opzichte van het gemiddelde ortho-P-gehalte is ingesteld. Gezien de grote schommelingen in het fosfaatgehalte (ook bij 10.000 m³/d) en de omgekeerd evenredige relatie met het debiet lijkt deze mogelijkheid niet zinvol. Naar verwachting is terugwinnen van fosfaat op basis van deze procesvoering ongunstig met betrekking tot het chemicaliënverbruik.

De resultaten van de overige weken zijn weergegeven in figuur 11. Bij het opstellen van figuur 11 zijn etmaalgemiddelde waarden gegenereerd over de hele proefperiode. Hierin is te zien, dat het droge stofgehalte vanaf half april lager is. Dit komt omdat tijdens onderhoud van de nabezinktanks het actief-slibgehalte tijdelijk moest worden verlaagd.

FIGUUR 11

MEETGEGEVENS ACTIEFSLIBTANK 1, RWZI DEVENTER



Samengevat:

- Tijdens DWA varieert het ortho-P gehalte in het stripperwater van 10 tot 34 mg/l
- Bij hoge aanvoerdebieten tijdens RWA zakt het ortho-P-gehalte soms tot onder de 5 mg/l
- Na het optreden van een RWA periode herstelt het ortho-P-gehalte in stripperwater zich in de daaropvolgende DWA periode met minder hoge aanvoerdebieten
- Werken met een vaste (onder) dosering zonder ortho-P-analyser lijkt niet zinvol

4.3 SAMENSTELLING PRECIPITAAT

In de vier proefperiodes (tabel 7) zijn 4 monsters aluminiumfosfaatprecipitaat verkregen. In tabel 9 is de samenstelling weergegeven.

TABEL 9 SAMENSTELLING PRECIPITATEN IN DE PROEFPERIODEN

		kwaliteitseis Thermphos	datum monstername			
			20-3-2006	27-3-2006	12-4-2006	16-6-2006
Aluminiumvariant			PAS-50	PAS-50	Melfloc 39	PAS-50
Gloeirest	% ds		34,2	48,5	47,5	48,8
Organisch koolstof	% ds	5	29	37	20	nb
Koper	mg/kg as	< 100	640	730	530	nb
Zink	mg/kg as	< 300	1.900	1.900	1.900	nb
Calcium	g/kg as		58	94	82	nb
Magnesium	g/kg as		16	35	13	nb
aluminium	g/kg as		205	439	263	nb
Ijzer	g/kg as	< 10	35	38	20	nb
Silicium	g/kg as		13	16	16	nb
Fosfor (als P ₂ O ₅)	g/kg as	> 250	402	737	502	nb

Nb: niet bepaald, wegens te weinig monster

Uit de vergelijking van de resultaten en kwaliteitseisen blijkt dat de gehalten organisch stof ver boven het gewenste niveau liggen. Ook de gehalten koper, zink en ijzer liggen boven de gewenste niveau's, wat waarschijnlijk samenhangt met de grotere hoeveelheid organische stof waaraan deze metalen zijn geadsorbeerd. De hoeveelheid fosfor in g/kg as is wel ruim voldoende.

De tweede batch is ook door Thermphos geanalyseerd, zie bijlage 4. De resultaten van Thermphos en Tauw liggen dicht bij elkaar. Het verschil tussen organische stof en gloeirest zou zowel AlCO₃ als Al(OH)₃ kunnen zijn.

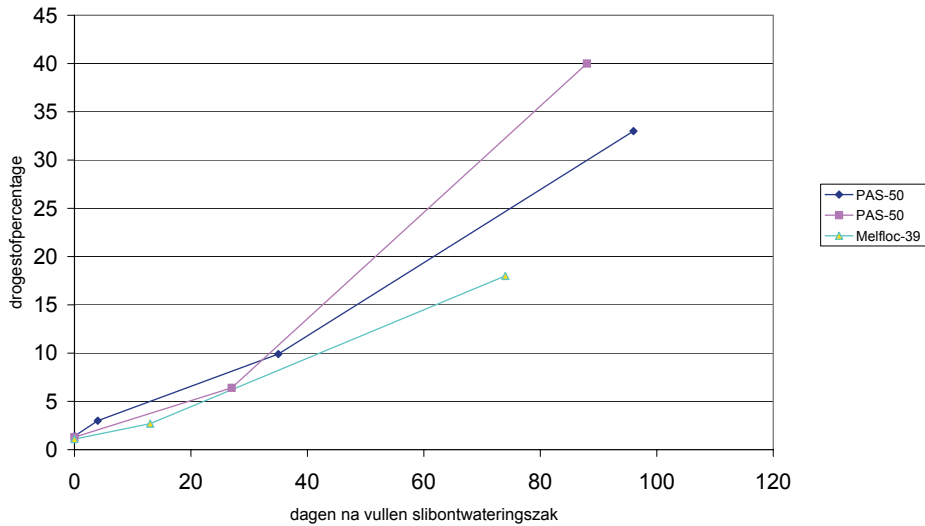
Het Cu en Zn gehalte is vrij hoog, vermoedelijk te wijten aan het meegekomen biologisch slib. Dat er slib aanwezig is, blijkt verder uit de sterke H₂S geur van het materiaal en het feit dat er gestaag gas wordt geproduceerd. Ook zit er nog relatief veel ijzer in. Wat bruikbaarheid betreft, het gehalte water, organisch koolstof en carbonaat is wel erg hoog. Verder zijn er volgens Thermphos geen onoverkomelijke bezwaren, uiteraard onder inachtneming van de eis dat het materiaal steekvast wordt aangeleverd.

Het achterhalen van de oorzaak het hoge organisch stofgehalte is een apart speerpunt geworden dat is beschreven in hoofdstuk 5.

4.4 PROCESOPTIMALISATIE

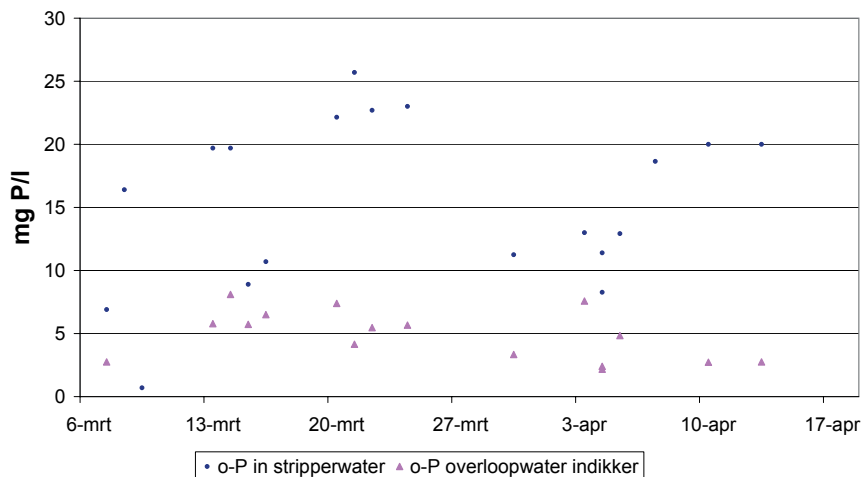
In de onderstroom van de indikker wordt een drogestofgehalte van circa 1% gerealiseerd. Het bezonken en ingedikte precipitaat uit de indikker is ontwaterd in slibontwateringszakken. Dit is een langzaam verlopend proces. Na een standtijd van circa 3 weken is het drogestofgehalte gestegen tot circa 5%. Na 6 weken is het gestegen tot 10-15% (figuur 13). Er zijn geen andere ontwaterings-technieken onderzocht.

FIGUUR 12 DROGESTOFGEHALTEN PRECIPITATEN IN DE LOOP VAN DE TIJD



Het flocculatieproces is nog niet optimaal. In de praktijk blijkt een Me/P verhouding van 1,5 mol/mol onvoldoende om tot fosfaatconcentraties lager dan 5 mg/l in het overloopwater van de indikker te komen, zie figuur 13.

FIGUUR 13 ORTHO-P GEHALTEN IN STRIPPERWATER EN OVERLOOPWATER VAN DE INDIKKER



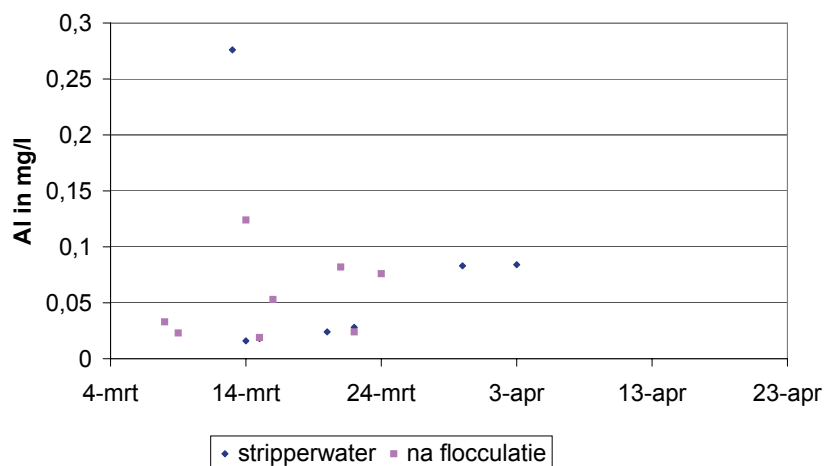
De minimale, gemiddelde en maximale rendementen van de fosfaatprecipitatie zijn weergegeven in tabel 10. De rendementen zijn sterk afhankelijk van de ingaande concentratie en dus van het aanvoerdebiet. Gemiddeld is het gemeten rendement 66%.

TABEL 10 GEREALISEERDE FOSFAATGEHALTEN

	Gemiddeld	Max	Minimaal
ortho-P in stripperwater mg/l	15,3	25,7	0,7
ortho-P na flocculatie mg/l	4,8	8,1	2,2
verwijderingspercentage	66	86	36

Bij het uitvoeren van de experimenten is het aluminiumgehalte in het stripperwater voor en na flocculatie gemeten, zie figuur 14. Er blijkt geen significante verhoging op te treden. Het meeste aluminium is in gebonden vorm aanwezig.

FIGUUR 14 ALUMINIUMGEHALTE STRIPPERWATER VOOR EN NA FLOCCULATIE



5

ORGANISCHE STOF

5.1 INLEIDING

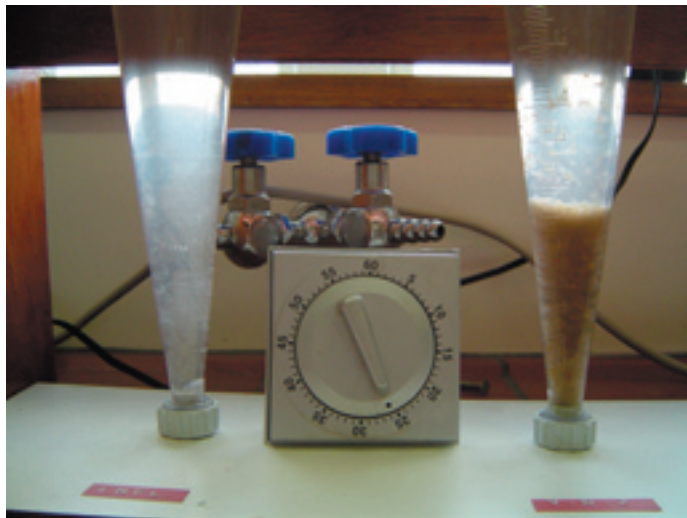
Ten opzichte van de precipitaten die bij het laboratoriumonderzoek zijn verkregen (STOWA rapport nr 2005-01) bevatten de precipitaten in het praktijkonderzoek veel meer organische stof. In dit hoofdstuk wordt gezocht naar een goede verklaring en worden resultaten gepresenteerd van enkele maatregelen om dit te verminderen. Eerst wordt in paragraaf 5.2 specifiek gekeken naar het zwevende stofgehalte in het stripperwater. In paragraaf 5.3 wordt de werking van de rwzi Deventer tegen het licht gehouden. De intrinsieke eigenschappen van supernatant en eventuele overbelasting van de stripper worden besproken in paragraaf 5.4. Mogelijke maatregelen om het zwevende stofgehalte te verminderen staan in paragraaf 5.5.

5.2 ZWEVENDE STOFGEHALTE STRIPPERWATER

Visuele waarnemingen tijdens het bemonsteren van het stripperwater en later ook metingen van het zwevende stofgehalte (eerst in mg zwevende stof/l, later via troebelheid in NTU met een on-line drogestof meter) van het stripperwater laten zien dat het zwevende stofgehalte veel varieert. Soms is het water nagenoeg helder en worden gehalten tussen 10-20 mg/l gemeten en soms is duidelijk zwevend stof zichtbaar in de vorm van fijne slibdeeltjes en worden gehalten gemeten van 50-60 mg/l. Zie ook de figuren 15 en 16. Ook is een paar maal per week een drijfslag op de strippertank waargenomen, soms weinig (zie figuur 17) soms ook een stevige laag van enkele centimeters dik. Uiteindelijk komt al dit drijvende materiaal, omdat er geen duikschot en drijfslagruimer is, in het stripperwater terecht.

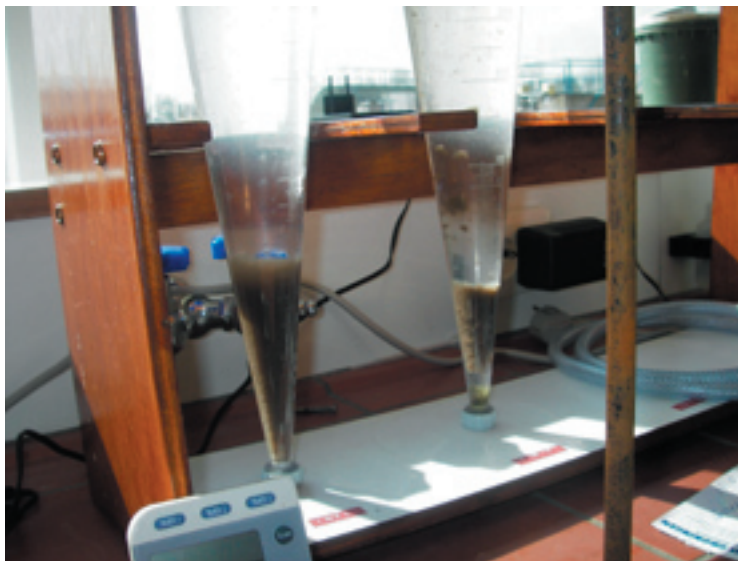
FIGUUR 15

MONSTERS GENOMEN OP 9 MAART NA 25 MIN. BEZINKTIJD; LINKS STRIPPERWATER, RECHTS EEN MONSTER UIT DE FLOCCULATIETANK



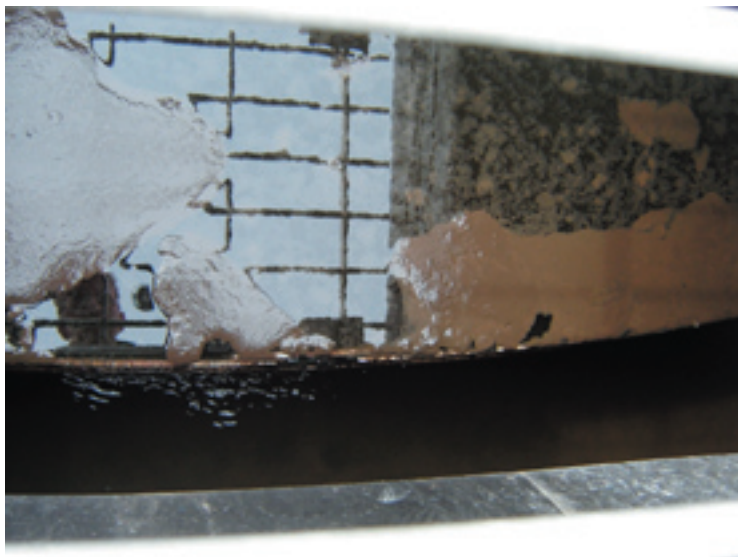
FIGUUR 16

MONSTERS GENOMEN OP 14 MAART NA 60 MIN. BEZINKTIJD; LINKS STRIPPERWATER, RECHTS EEN MONSTER UIT DE FLOCCULATIETANK



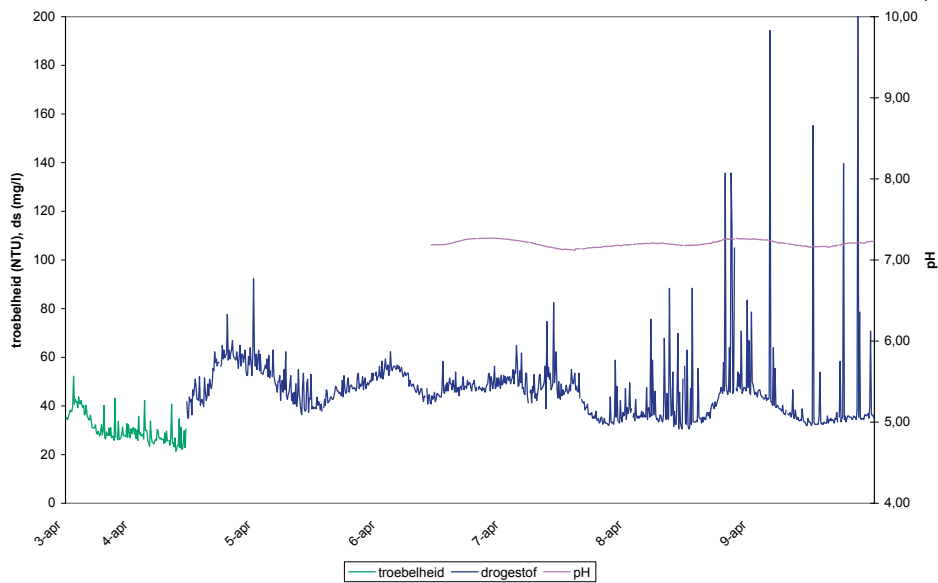
FIGUUR 17

EEN GERINGE DRIJFLAAG OP DE STRIPPERTANK



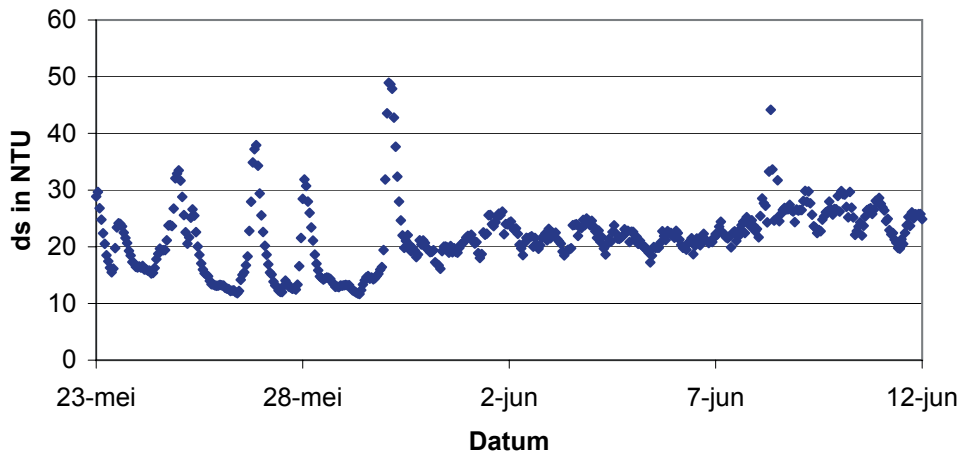
Een aantal weken is met een on-line drogestof meter het zwevende stofgehalte en de troebelheid (met dezelfde meter) van het stripperwater gemeten. Eerst is de troebelheid gemeten. Deze meting hoefde niet geïjkt te worden. In de "zwevende stof" stand bleek het moeilijk om de meter te ijken. Op 5 april 2006 is toch van troebelheid overgeschakeld op zwevende stofgehalte (figuur 18) om de waarden te kunnen vergelijken met de labmetingen (tabel 8). Deze bleken in dezelfde orde van grootte te liggen, zodat er vanuit kan worden gegaan dat de on-line zwevende stof metingen niet veel van de werkelijkheid hebben afgeweken.

FIGUUR 18 TROEBELHEID EN ZWEVENDE STOFGEHALTE STRIPPERWATER IN WEEK 14



Uit figuur 18 kan worden afgeleid dat een troebelheid van 20 NTU ongeveer overeenkomt met een zwevende stofgehalte van 20-40 mg/l. In figuur 19 is voor de periode 23 mei-12 juni alleen de troebelheid weergegeven (in NTU).

FIGUUR 19 TROEBELHEID STRIPPERWATER IN WEEK 21-23



Het is belangrijk voor het periodiek hoge zwevende stofgehalte een verklaring te vinden, omdat bij de labexperimenten uit 2003 een laag zwevende stofgehalte aanwezig was (er zijn geen zwevende stofgehalte metingen beschikbaar, maar het stripperwater was visueel helder en er is een laag organisch gehalte in de precipitaten aangetroffen (circa 10 %)). De volgende mogelijke oorzaken /verklaringen zijn in de volgende paragrafen verder uitgewerkt:

- procestechnische aspecten rwzi Deventer;
- eventuele overbelasting van de stripper;
- intrinsieke eigenschap stripperwater.

5.3 PROCESTECHNISCHE ASPECTEN RWZI DEVENTER

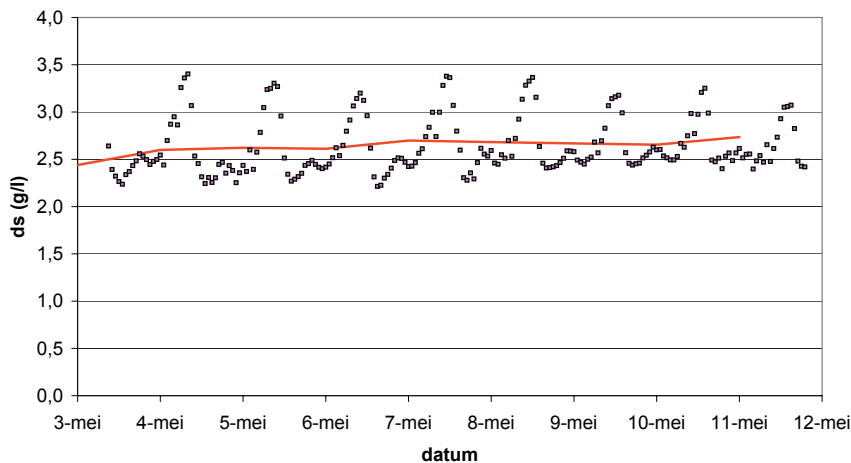
Tijdens de proefnemingen was er in eerste instantie twijfel of er wel voldoende slib in de anaërobe tank aanwezig was. Het BCFS[®] proces heeft doorgaans in de anaërobe tank een slibgehalte van 2/3 van het actiefslibgehalte in de AT en dat is voldoende voor een goede bio-P procesvoering en adsorptie van CZV. Om dit slibgehalte te controleren zijn de volgende maatregelen genomen:

- in de anaërobe tank is tijdelijk een drogestofmeter gehangen;
- de redoxregeling die pomp A (recirculatie van de denitrificatietank naar de anaërobe tank) aanstuurt op basis van een redoxmeting in de anaërobe tank is minder gevoelig gezet, zodat pomp A bijna continu op 100% heeft gedraaid (komt overeen met het DWA debiet).

De drogestofmeter is gelokaliseerd in de tweede anaërobe tank vlak bij de overlaat naar de denitrificatietank. De indompeldiepte is circa 50 cm en de afstand tot de wand is 30 cm.

In figuur 20 is het verloop van het drogestofgehalte in de anaërobe tank te zien en is het gemiddelde gehalte per dag weergegeven.

FIGUUR 20 MEETGEGEVENS DROGESTOFGEHALTE IN ANAËROBE TANK

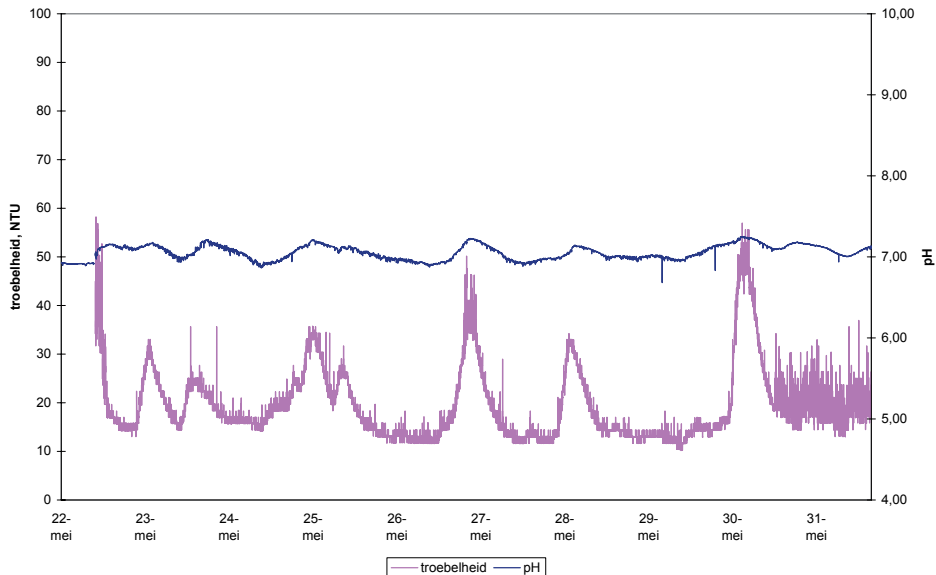


Uitgaande van het ontwerp-slibgehalte in de actief-slibtank van 5 g/l zou het slibgehalte in de anaërobe tank circa 3,0-3,5 g/l moeten zijn. Tijdens uitvoering van de proeven werden echter enkele nabezinktanks gereviseerd, waardoor het slibgehalte in de actief-slibtank kunstmatig laag gehouden werd (circa 3,7 g/l). Hiervan uitgaande moet het gehalte in de anaërobe tank circa 2,5 g/l zijn. Met de drogestofmeter in de anaërobe tank is vanaf 2 mei een slibgehalte variërend van 2,2-3,5 g/l gemeten, met een daggemiddelde van 2,65 g/l. Hieruit kan worden geconcludeerd dat pomp A werkt zoals zou moeten.

De huidige situatie is vergeleken met de situatie op 10 december 2003 toen de laboratorium-experimenten met zeer helder stripperwater zijn uitgevoerd. Het slibgehalte in de AT was 4,6 g/l. De samenstelling van het effluent van die dag was: $\text{NH}_4 = 0,1 \text{ mg/l}$, $\text{NO}_3\text{-N} = 7,0 \text{ mg/l}$ en ortho-P = 2,5 mg/l. Uit de SCADA registratie is voor pomp A van actief-slibtank 1 afgelezen: 14.382 m³/d. Dat betekent dat pomp A op maximum draaide: 600 m³/h. Op 9 en 10 december 2003 was het influentdebiet 12.750 m³/d respectievelijk 12.510 m³/d. Met deze gegevens is een slibgehalte in de anaërobe tank berekend van 3,2 g/l. Dat is hoger dan gemeten is in de huidige situatie.

In figuur 21 is de troebelheid weergegeven voor week 21. In deze periode was pomp A ingesteld op 100% en was het slibgehalte in de anaërobe tank gecontroleerd. Nog steeds is de troebelheid relatief hoog en zijn regelmatige pieken in de troebelheid zichtbaar.

FIGUUR 21 TROEBELHEID IN STRIPPERWATER IN WEEK 21



Op basis hiervan kan worden vastgesteld dat er geen storing is geweest in de procesvoering van de rwzi Deventer met betrekking tot het functioneren van pomp A en daarmee tot het functioneren van de anaërobe tank. Wel is het slibgehalte lager geweest dan in 2003 tijdens de labexperimenten. Mogelijk heeft een lager slibgehalte een negatief effect, doordat er minder adsorptiekracht aanwezig is.

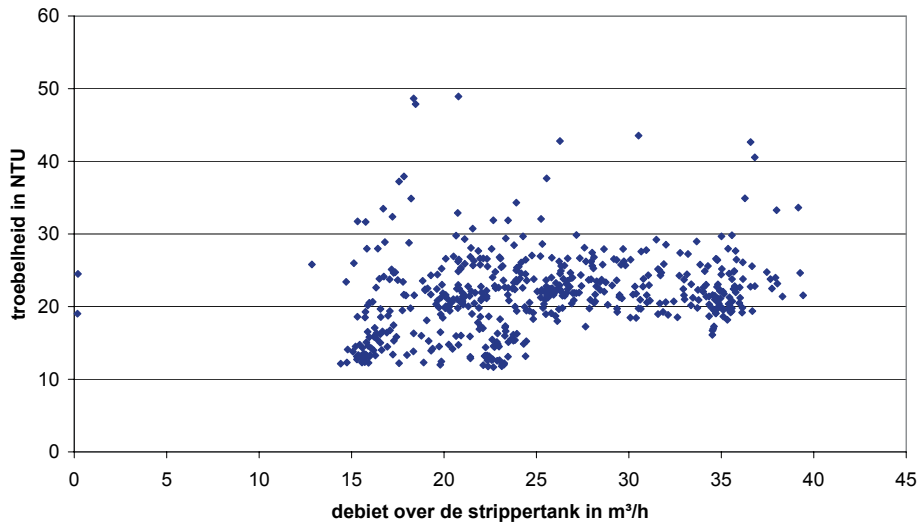
5.4 HYDRAULISCHE BELASTING FOSFAATSTRIPPERTANK

De Dortmund fosfaatstrippertank is niet ontworpen en gebouwd voor fosfaatterugwinning. Het doel was de afscheiding van een fosfaatrijke deelstroom die vervolgens met de sliblijn wordt afgevoerd. Daarom is er geen duikschot met drijfslaagafvoer geïnstalleerd. De Dortmundtank is destijds (2000) ontworpen op normale nabezinktankcondities. Het is natuurlijk de vraag of dit voor anaëroob slib goed functioneert. Door een pomp in de strippertank laten zakken, is indicatief een aantal malen vastgesteld dat de slibspiegel op circa 2 meter onder het wateroppervlak aanwezig was. De slibdeken spoelt niet uit.

De oppervlakte van de Dortmundtank is 45 m². De diepte is 5 meter. Het onttrokken strippertwater is qua debiet gevarieerd van 10 – 43 m³/h. Het slibafvoerdebiet is vast op 35 m³/h. De oppervlaktebelasting van de strippertank varieerde van 0,25 – 1,0 m/h. De verblijftijd varieerde van 2,5 tot 4,5 uur.

Uit figuur 22 is af te leiden dat hogere NTU gehalten van 20- 40 mg/l bij alle debieten voorkomen. Op basis hiervan blijkt dus geen duidelijke relatie tussen de troebelheid (en dus het zwevende stofgehalte) in het strippertwater en de belasting van de strippertank. Mogelijk dat het toepassen van een duikschot met drijfslaagruimer de doorstroom van zwevende stof en/of drijfslaag wel kan worden verminderd.

FIGUUR 22 TROEBELHEID IN STRIPPERTANK IN RELATIE TOT HET DEBIET OVER DE STRIPPERTANK



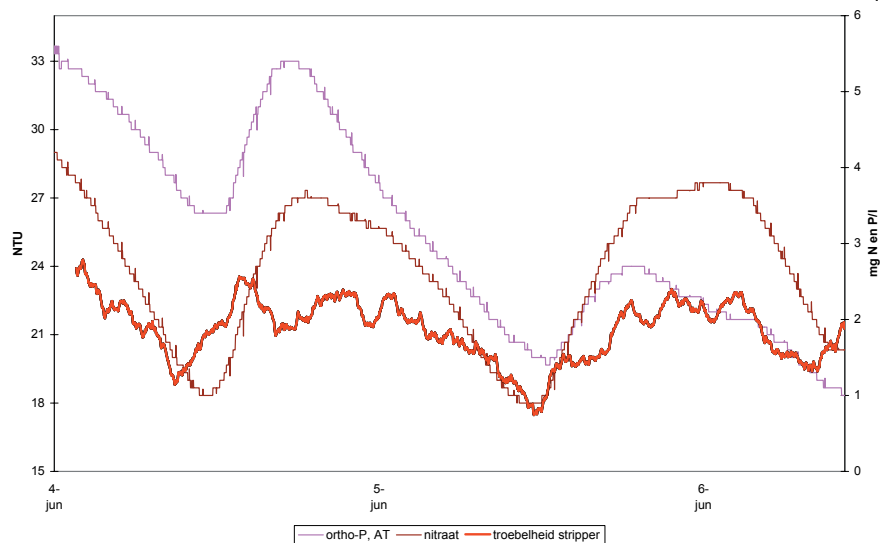
5.5 EIGENSCHAPPEN STRIPPERWATER

Afscheiding van slib vindt doorgaans alleen plaats met slib dat onder beluchte condities is geweest. Hoe gedraagt anaëroob slib zich met betrekking tot de vlokvorming en sedimentatie?

Hoewel het slib uit een anaërobe tank via pomp A afkomstig is uit een anoxische zone waarin naast adsorptie ook afbraak en omzetting van organische stof plaatsvindt, is het de vraag of dit slib als het in contact komt met voorbezonden afvalwater zoveel adsorptiekracht heeft dat alle CZV (zowel opgelost als gesuspenderd, colloïdaal) kan worden geadsorbeerd.

Een belangrijke vraag is of het zwevende stof bestaat uit gesuspenderde delen uit het voorbezonden afvalwater of dat het 'fines' zijn afkomstig uit het actief slib. Figuur 23 geeft aan dat de hoeveelheid zwevende stof (evenals ortho-P- en nitraatgehalte) meeloopt met het dag nacht ritme. Dit maakt het aannemelijk dat het zwevende stof de onvoldoende geadsorbeerde fractie gesuspenderd CZV uit het voorbezonden afvalwater betreft. Het heeft dan dus minder met de algehele actief-slibkwaliteit te maken.

FIGUUR 23 ZWEVENDE STOFGEHALTE IN STRIPPERTANK



Uit ervaringen met strippertanks bij andere BCFS® rwzi's is ook wel bekend dat een goede afscheiding moeilijk te realiseren is (F. Brandse 19/9/2006). Het stripperwater van de rwzi Holten is redelijk helder, maar lang niet zo helder als effluent (E. Boomkamp, 28/9/2006). Er blijft een waas in zitten.

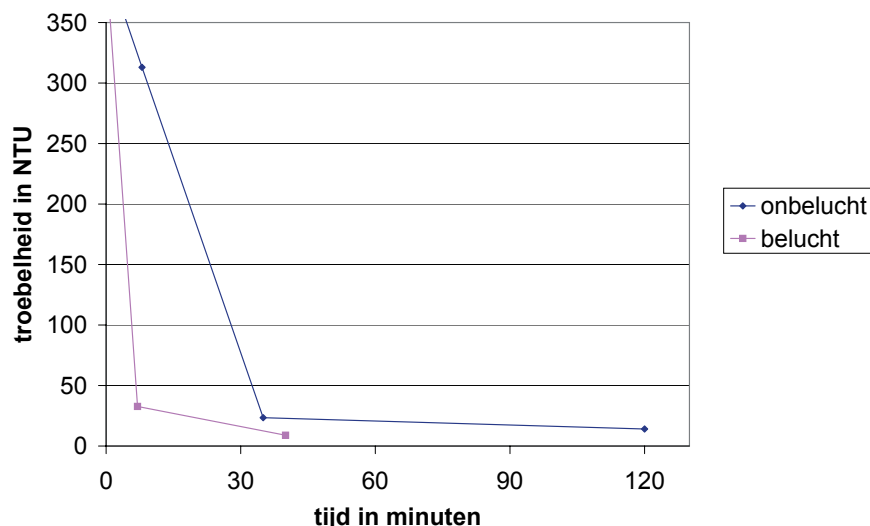
Navraag bij het Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier met betrekking tot Phostrip-proces bij rwzi Geestmerambacht heeft opgeleverd dat het zwevende stof na de stripper varieert van 35-100 mg/l. Bij de toepassing van de korrelreactor is dit echter minder een probleem.

Begin jaren 90 werd bij rwzi's van het type Schreiber de O₂ minimator toegepast om de biologische processen te regelen. De aërobe, anoxische en anaërobe perioden werden gestuurd op basis van de troebelheid (A. de Man, 28/9/2006). In de anaërobe periode nam de troebelheid toe. De theoretische achtergronden hiervan zijn slecht begrepen, maar het werkte redelijk. Probleem hiermee bleek het periodiek ontstaan van een drijfslag, waardoor de meting niet meer betrouwbaar was. Het ontstaan van een periodieke drijfslag op de strippertank is bij het onderhavige onderzoek ook opgetreden.

Navraag bij de TU Delft (van Loosdrecht 3/10/2006) leverde op dat het slib gedeeltelijk deflocculeert onder anaërobe omstandigheden. Een klein beetje deflocculatie levert al veel zwevende stof. Bovendien zijn de protozoa niet actief onder anaërobe omstandigheden. Zij zijn doorgaans verantwoordelijk voor een deel van de zwevende stofverwijdering uit het influent.

Op labschaal is een indicatief proefje gedaan om verschillen in sedimentatie van anaëroob slib met en zonder beluchting vast te stellen. Hierbij is een hoeveelheid anaëroob slib na 1 uur beluchten bezonken en is de troebelheid gemeten in vergelijking met hetzelfde niet beluchte anaëroob slib. De resultaten zijn weergegeven in figuur 24.

FIGUUR 24 TROEBELHEID NA BEZINKEN ANAEROOB SLIB MET EN ZONDER 1 UUR BELUCHTEN



5.6 INDICATIE ZWEVEND STOF VERWIJDERING

In bijlage 6 zijn de resultaten weergegeven van enkele indicatieve proeven die zijn uitgevoerd naar de verwijdering van het zwevende stof uit het stripperwater. Hierbij is door een leverancier van poly-elektoliet uitgezocht welke pe het meest geschikt is. Hierbij is maximaal een rendement bereikt van 70 %.

Daarnaast is tweemaal met een cylinder met Fuzzy bolletjes en een standtijd van enkele uren geprobeerd het zwevende stof (zonder pe) af te filtreren. Hierbij werd een rendement van maximaal 65 % gerealiseerd. Deze resultaten zijn zeer indicatief.

Het laagste zwevende stofgehalte in de afloop van de strippertank was circa 10 mg/l. Stel dat deze concentratie ook aanwezig was tijdens de labexperimenten in 2003 ontstaat er een precipitaat met een organisch stofgehalte van circa 10 %. Uitgaande van een ortho-P gehalte van 25 mg/l en een gemiddeld zwevende stofgehalte van 40 mg/l is de verwachting dat met maximaal 70 % zwevende stofverwijdering het onwaarschijnlijk is dat de eis van Thermphos met betrekking tot een organische stofgehalte kleiner dan 5 % haalbaar zal zijn.

5.7 CONCLUSIES ZWEVEND STOF ANAEROOB STRIPPERWATER

Op basis van de waarnemingen, de indicatieve experimenten en de signalen van andere rwzi's in Nederland blijkt dat het supernatant van anaëroob slib een zwevende stofgehalte heeft van 10-100 mg/l. Er zijn periodes van lage zwevende stof (10 mg/l) met daarbij soms pieken van 100 mg/l. Waarom en wanneer deze pieken optreden, is nog niet volledig duidelijk.

Er zijn mogelijkheden om het zwevende stofgehalte te reduceren met behulp van duikschot, drijfslaagruimer en filtratietechnieken. Op basis van de indicatief vastgestelde rendementen is het echter niet waarschijnlijk dat hiermee aan de organische stoffen van Thermphos kan worden voldaan.

6

DISCUSSIE

6.1 INLEIDING

In dit hoofdstuk wordt besproken in hoeverre de onderzoeksvragen met betrekking tot het praktijk-onderzoek uit paragraaf 1.3 zijn beantwoord. Daarnaast volgt een algemene beschouwing over de resultaten.

6.2 ONDERZOEKSVRAGEN

Onderzoeksvraag 1. Hoe constant is het fosfaatgehalte in het stripperwater? Wat zijn de effecten van DWA en RWA? Is een continue bedrijfsvoering mogelijk door te werken met een vaste aluminiumdosering?

Het fosfaatgehalte in het stripperwater blijkt bij DWA behoorlijk constant te zijn. Bij RWA neemt het P-gehalte echter snel af. Het herstel is ook weer snel (enkele dagen), maar in een regenachtige periode schommelt het P gehalte sterk, van 5-25 mg/l. Om deze reden is een vaste aluminiumdosering niet zinvol, met andere woorden een on-line fosfaatanalyser in het stripperwater is noodzakelijk om overdosering van aluminium te voorkomen.

Onderzoeksvraag 2. Wat is de samenstelling van het precipitaat? Voldoet deze aan de eisen van Thermphos? Indien dit niet het geval is, kan de installatie dan zodanig worden bedreven of aangepast dat wel aan de eisen kan worden voldaan? Welke variaties treden er op?

Er zijn enkele kilo's precipitaat geproduceerd. Het fosfaatgehalte is goed en voldoet aan de eisen van Thermphos (> 250 g/kg as). Het precipitaat voldoet niet aan de eisen van Thermphos met betrekking tot het organische stof gehalte: 30-50 %, terwijl de eis 5 % is. Hierdoor zijn ook de gehalten zware metalen hoger dan de eis. Het is niet mogelijk gebleken om de toevoer van organische stof te beperken door aanpassingen aan het proces van de rwzi Deventer of het lager belasten van de strippertank. Het hoge zwevende stof in het stripperwater blijkt vrijwel zeker een intrinsieke eigenschap te zijn van het slibwatermengsel in de anaërobe tank.

Onderzoeksvraag 3. Hoe functioneert het flocculatie- en het afscheidingsproces? Hoe zijn de bezink- en indikeigenschappen van het precipitaat? Zijn deze voldoende voor een rendabele winning? Hoe kunnen ze worden geoptimaliseerd?

Bij de flocculatie is uitgegaan van een overmaat van 1,5 mol/mol ten opzichte van het aanwezige fosfaat. Hiermee wordt het ortho-P gehalte verwijderd van 15-30 mg/l tot 5 mg/l. Het gemiddelde rendement hierbij was circa 66 %. In de indikker ontstaat een onderstroom met een gehalte aan precipitaat van circa 1 %.

Onderzoeksvraag 4. Tot welk droge-stofgehalte kan het bezonken/ingedikte precipitaat worden ontwaterd? Is er PE nodig en hoeveel?

In de ontwateringszakken is na enkele weken een droge stofgehalte van 30 % gehaald, zonder gebruik van PE. In hoeverre dit met mechanische indikking en ontwatering mogelijk is, is niet onderzocht.

Onderzoeksvragen 5 en 6. Waar liggen de gevoeligheden in het proces? Welke optimalisaties zijn hierbij mogelijk?

De gevoeligheden blijken te liggen in het hoge organische stofgehalte dat aanwezig is in het stripperwater, waardoor het precipitaat te veel organische stof bevat en daardoor niet voldoet aan de eisen van Thermphos. Uit indicatieve proeven is gebleken dat met een zwevende stofverwijdering ca 70 % van het zwevende stof kan worden verwijderd. Dat is niet voldoende om de eis van Thermphos te halen. Rechtstreekse afzet naar Thermphos is dus niet mogelijk.

6.3 BESCHOUWING

Bij de labexperimenten in 2003 (STOWA 2005 01) was het stripperwater helder. De precipitatieproeven op het lab bleken een goede kwaliteit precipitaat op te leveren. De hoeveelheid product was echter zeer gering (enkele grammen). Bovendien was er behoefte aan een continue praktijkopstelling om de positieve resultaten te verifiëren. Bij de laboratoriumproeven was het organisch stofgehalte aan de hoge kant. Bij de praktijkproeven was er de hoop dat door optimalisatie van de proefinstallatie dit gehalte zou kunnen worden gereduceerd.

Het praktijkonderzoek heeft opgeleverd dat het produceren van aluminiumprecipitaat met een hoog fosfaatgehalte en een redelijk afscheidingsrendement mogelijk is. Een veel groter probleem dan verwacht bleek echter het organische stofgehalte door invangen van slib. Bij de labexperimenten werd maximaal 10 % organische stof in het product aangetroffen, terwijl bij het huidige praktijkonderzoek 30 – 50 % gemeten is. Om die reden is het onderzoek verschoven richting het vaststellen van de oorzaak van het hoge gehalte aan organische stof.

Niet alleen was het zwevend stofgehalte veel hoger dan verwacht, het bleek ook tamelijk onvoorspelbaar wanneer zwevende stof en soms een drijfslag ontstonden. Nader onderzoek heeft opgeleverd dat het zeer waarschijnlijk is dat het optreden van een zeer wisselend zwevende stofgehalte een intrinsieke eigenschap is van stripperwater. Zo kon het dus ook gebeuren dat in 2003 een zeer heldere vloeistof is opgevangen, terwijl bij de continue proeven uiteindelijk een hoog organisch slibgehalte in het precipitaat is aangetroffen. Hoewel er technieken bestaan om dit te verlagen (zoals zandfiltratie, Fuzzyfiltratie en microfiltratie) is het onwaarschijnlijk dat het organisch stofgehalte voldoende kan worden teruggebracht. De positieve verwachtingen van het labonderzoek uit 2003 zijn niet waargemaakt.

Met deze resultaten is duidelijk geworden dat terugwinnen van fosfaat het stripperwater van een rwzi met als doel directe afzet bij Thermphos niet mogelijk is. Hoewel er ook nog andere P-rijke deelstromen bestaan, zoals rejectiewater en overloopwater/centraat is bekend dat daarin vaak ook hoge zwevende stofgehalten bestaan (van 100 mg/l – 1 g/l). Hiermee wordt de conclusie getrokken dat directe afzet van fosfaatprecipitaat uit de water- of sliblijn van een rwzi (anders dan via de korrelreactor) niet mogelijk is.

6.4 HOE NU VERDER?

Directe afzet van precipitaat naar Thermphos is niet mogelijk. Misschien kan worden aangehaakt bij andere projecten voor P-terugwinning.

In januari 2006 heeft SNB te Moerdijk in één van haar verbrandingslijnen bij wijze van proef 354 ton ijzerarme as met daarin circa 40 ton P geproduceerd. Deze as is in februari succesvol door Thermphos verwerkt. Thermphos en SNB hebben afgesproken om vanwege het succes een tweede, grootschaligere proef te doen waarbij in de periode van november 2006-maart 2007 ruim 2000 ton ijzerarme as wordt geproduceerd. Voor een structurele productie van de ijzerarme as is het voor SNB echter belangrijk om het volume aan ijzerarm slib te vergroten zodat er voldoende kostenvoordelen zijn tegenover de moeite die gaat zitten in het campagne-gewijs verzamelen en produceren van de as. SNB zal daarom samen met de STOWA in september met de aandeelhouders en klanten (circa 9 waterschappen) een onderzoek opstarten waarbij wordt onderzocht wat de mogelijkheden zijn voor het vergroten van het volume aan ijzerarm slib (bijvoorbeeld door op rwzi's over te schakelen van ijzer- op aluminiumzouten).

Uit een gesprek met SNB en Thermphos blijkt dat men positief staat ten opzichte van het idee om aluminiumfosfaatproduct mee te verbranden bij de productie van ijzerarme as. Voor Thermphos zou dit het voordeel hebben dat hierdoor de organische stof en het water uit het precipitaat verdwijnen terwijl het fosforgehalte van de as daardoor toeneemt. Bijkomend voordeel is dat het precipitaat in vergelijking met slib een veel lagere stookwaarde heeft en daardoor waarschijnlijk relatief goedkoop meeverbrand kan worden.

Interessant punt bij deze optie is dat mogelijk andere deelstromen van de rwzi, bijvoorbeeld centraat (met een veel hoger P gehalte) en eventuele andere precipitaten ook weer in beeld kunnen komen. Er is dan minder aandacht voor het gehalte organische stof vereist. Door het hogere P-gehalte in het centraat, zou de samenstelling van het product met betrekking tot verhouding P:organische stof gunstiger kunnen uitvallen dan tot nu toe aangenomen.

Een belangrijke vraag bij het coverbranden van precipitaat ("met P verrijkt slib") en zuiveringsslib bij SNB is of er nog een (kosten)voordeel bestaat. Heeft het zin om het fosfaatprecipitaat apart af te scheiden en naar SNB te transporteren in plaats van het precipitaat niet apart af te scheiden maar het direct met de rest van het slib te laten verwerken. Omdat het slib bij SNB een te hoge calorische waarde heeft, is het aantrekkelijk om de P-precipitaten met een relatief laag organisch gehalte mee te verbranden. De doorzet aan slib in de ovens kan daarmee worden verhoogd. De as kan bijna kosteloos worden afgezet bij Thermphos (alleen transportkosten). De besparing op deze afzetkosten door SNB kan gebruikt worden om korting te geven op de afzetkosten van de leveranciers van P precipitaten. De P terugwincapaciteit van SNB/Thermphos kan dan maximaal worden benut. De P arme slibben die dan overblijven worden in de andere verbrandingslijnen van SNB of elders verwerkt.

7

CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN

7.1 CONCLUSIES

- Het fosfaatgehalte in het stripperwater van de rwzi Deventer schommelt van 5 tot 30 mg/l door RWA effecten. Een on-line fosfaatanalyser is noodzakelijk om overdosering van aluminium te voorkomen.
- Het blijkt goed mogelijk een fosfaatprecipitaat te produceren met een P gehalte dat voldoet aan de eisen van Thermphos. Het verwijderingsrendement van fosfaat uit het stripperwater van de praktijkinstallatie is circa 66 %. Indikking lukt tot 1% en ontwateren (aan de lucht, zonder PE) tot circa 30 %.
- Het precipitaat heeft een organisch stofgehalte van 30-50 % en voldoet daarbij niet aan de eis van Thermphos (kleiner dan 5 %). Hierdoor zijn ook de gehalten zware metalen hoger dan de eis.
- Het hoge gehalte organische stof blijkt te worden veroorzaakt door een periodiek te hoog gehalte zwevende stof in het stripperwater. Uit diverse informatiebronnen wordt bevestigd dat het een eigenschap is van stripperwater afkomstig uit anaëroob slib. Dit hoge zwevende stofgehalte blijkt niet te voorkomen. Hoewel er technieken beschikbaar zijn om zwevende stof te verwijderen, is ingeschat dat hiermee nog niet aan de eisen van Thermphos kan worden voldaan.
- Rechtstreekse afzet naar Thermphos van precipitaat uit stripperwater is dus niet mogelijk. Er is ingeschat dat dit ook zal gelden voor eventuele andere P-rijke stromen op rwzi's, aangezien daar ook vaak hogere zwevende stofgehalten aanwezig zijn.

7.2 AANBEVELINGEN

- SNB en STOWA gaan een studie uitvoeren naar de mogelijkheden om het gebruik van ijzerarm slib te vergroten. Bekeken wordt of coverbranden in de ijzerarme sliblijn van fosfaatrijke precipitaten voordelen biedt.
- Verder wordt voorgesteld om op labschaal enkele andere reststromen van rwzi's te testen op productie van aluminiumprecipitaat om te zien waar het hoogste P-gehalte in verhouding tot het organische stofgehalte gerealiseerd kan worden, bijvoorbeeld uit centraat, rejectiewater of andere P-rijke stromen, die worden geproduceerd (bijvoorbeeld bij de rwzi's Dinther en Almere).

- Indien blijkt dat de ijzerarme verbrandingslijn van SNB voor fosfaatterugwinning kansrijk is, wordt voorgesteld om de “verrijking” van slib met fosfaatrijk precipitaat te onderzoeken. De opbrengsten moeten enigszins opwegen tegen de kosten die op de rwzi's moeten worden gemaakt. Veel hangt hierbij af van de eventuele kortingen die op de afzet van P-precipitaten worden gegeven. Indien de balans positief doorslaat, is het zinvol om op een geschikte locatie een grote partij (enkele honderden tonnen) P-precipitaat te produceren en het effect op de verdere verwerking bij SNB en Thermphos te testen.

BIJLAGE 1

VERKLARENDE WOORDENLIJST EN AFKORTINGEN

BCFS®	Biologische Chemische Fosfaat- en Stikstof verwijdering
DWA	Droog Weer Aanvoer
effluent	het gezuiverde afvalwater van de rwzi
influent	het afvalwater dat op de rwzi binnenkomt
MAP	Magnesium Ammonium Fosfaat
NTU	De eenheid NTU is een maat voor de troebelheid of turbiditeit van een vloeistof. Voluit is dit "Nephelometric Turbidity Unit". De meetmethode van de NTU is gebaseerd op het reflecterend vermogen van de moeilijk bezinkbare of volledig colloïdale deeltjes in de vloeistof. Tijdens de meting wordt een lichtstraal op de vloeistof geschoten en haaks hierop de hoeveelheid binnenvallend licht gemeten. Hoe meer licht wordt gemeten hoe meer er door de deeltjes wordt weerkaatst. Een direct verband tussen de hoeveelheid deeltjes en de gemeten NTU is niet te leggen aangezien de reflectie, vorm en kleur van de deeltjes sterk kunnen verschillen.
overloopwater	het stripperwater na precipitatie
PE	poly-electrolyet, middel ter verbetering van de ontwaterbaarheid van slib
PHB	Poly-beta-hydroxyboterzuur. PHB is een polymeer van een vetachtige stof en wordt gebruikt als energiereserve. Zoals wij vet opslaan, slaan bacteriën PHB op.
precipitaat	het fosfaatrijke neerslag na precipitatie met Al, Ca of Mg (= product)
RWA	Regen Weer Aanvoer
RWZI	RioolWaterZuiveringsInstallatie
stripperwater	het fosfaatrijke water dat uit de rwzi wordt afgetapt (= influent proefinstallatie)
STOWA	Stichting Toegepast Onderzoek WATERbeheer
WGS	Waterschap Groot Salland

BIJLAGE 2

PRAKTIJKVOORBEELDEN FOSFORTERUGWINNING IN NEDERLAND

RWZI BOMMELERWAARD

Op deze rwzi wordt fosfaat verwijderd door toepassing van $\text{Ca}(\text{OH})_2$, een mengtank, een flocculatietank (binnendeel) en een bezinker (buitendeel). Het roerwerk wordt volledig gedragen door het middendeel en is te zwaar waardoor deze vaak vastloopt. Het precipitaat gaat vervolgens naar een opslagindikker, waar het wordt ingedikt tot circa 10-15 %. Dat is nog net verpompaar. Onderhandelingen met Thermphos zijn stukgelopen. Het product is te nat was, bevat te weinig fosfor en teveel CaCO_3 .

RWZI HEEMSTEDDE

Op deze rwzi werd deelstroomdefosfatering met het Phostrupproces toegepast. Het supernatant van de fosfaatstriptank in de sliblijn (waaraan azijnzuur is toegevoegd) werd ontwaterd met een centrifuge en PE en korrelreactor. Door PE werd het proces in de korrelreactor verstoord. De installatie is uitgezet en er vindt in het geheel geen defosfatering meer plaats.

RWZI HAARLEM-WAARDEPOLDER

Via het Phostrupproces wordt fosfaat vrijgemaakt met azijnzuur en met CaO calciumfosfaat geproduceerd dat in een bezinker en een indikker wordt afgescheiden en ingedikt. Het is gelukt het organische stofgehalte te verlagen. Er was overleg gevoerd met Thermphos, maar het precipitaat was te nat, had een te laag fosfaatgehalte en bevatte te veel CaCO_3 , waardoor afzet niet mogelijk was.

RWZI GEESTMERAMBACHT

Voor de rwzi Geestmerambacht is gekozen voor biologische fosfaatverwijdering met een deelstroomproces, inclusief korrelreactoren. De redenen hiervoor waren:

- De mogelijkheid fosfaat als aparte stroom te winnen, waardoor hergebruik van fosfaat een optie is, en
- De wens bij te dragen in de ontwikkeling van een nieuw proces: de kristallisatie van calciumfosfaat uit afvalwater. Vanwege de mogelijkheden van het proces heeft waterschap Uitwaterende Sluizen (US) van het Rijk financiële ondersteuning voor het project ontvangen (circa 1,0 miljoen euro's)

In 1997 is door waterschap Uitwaterende Sluizen 795 ton Ptotaal verwerkt: ongeveer 65 % is langs chemische weg behandeld, 10 % is op de rwzi Geestmerambacht aangevoerd, en 25 % op de overige 13 locaties. Het 'overall' rendement bedroeg 77 %.

De hoofdonderdelen van de precipitaatbehandeling zijn:

- drie gravitatie-indikers;
- een homogenisatietank;
- twee ontwateringscentrifuges;
- twee ontwaterde slibsilo's.

De investering voor het deelstroomproces bedroeg in totaal ongeveer € 4,2 miljoen, waarvan het Rijk € 0,9 miljoen bijdroeg. De kosten van fosfaatverwijdering zijn ongeveer € 5,9/kg verwijderd P. De kapitaalkosten zijn fors: ongeveer 55 % van het totaal. De productie van fosfaatkorrels in 1999 bedroeg circa 135 ton. De korrels bevatten gemiddeld circa 12 % P. In 1998 zijn de korrels hergebruikt bij de productie van kippenvoer. Eind 1998 zijn echter in samenwerking met Thermphos in Vlissingen testen gedaan, en met ingang van 2000 worden de korrels door dat bedrijf ingezet als een van de grondstoffen voor haar productie. De conclusies, na zelf ruime ervaring met het deelstroomproces, inclusief korrelreactoren, te hebben opgedaan, zijn:

- Het proces kan bevredigend worden bedreven, nadat een aantal operationele en technische problemen is opgelost.
- Het proces moet zorgvuldig worden bedreven.
- De kosten van fosfaatverwijdering op de rwzi Geestmerambacht bedragen € 6 /kg P verwijderd
- Door optimalisaties komen de kosten van het proces op € 4,5 – 5,5 / kg P verwijderd.
- De fosfaatkorrels kunnen daadwerkelijk worden hergebruikt.

RIVIERENLAND (RWZI ZALTBOMMEL)

In het verleden heeft men geprobeerd het precipitaat te laten drogen op slibdroogbedden. Dit gaf veel problemen: te harde koek, grond bleef vastplakken, onkruid groeide erdoorheen. De koek ligt bij Aalst in een depot. De koek is door Thermphos geanalyseerd en in principe wel inzetbaar. Het fosfaatgehalte was echter laag.

ANPHOS® PROCES VAN LAMB WESTON/MEIJER EN COLSEN B.V.

Uit onderzoek werd de vorming van ammoniumstruviet als mogelijkheid om te defosfateren als veelbelovend gekwalificeerd. Op basis hiervan werd met medewerking van Rijkswaterstaat en Novem besloten tot het uitvoeren van een nader onderzoek naar de toepassingsmogelijkheden van het proces om struviet te maken uit het anaëroob effluent van industrieel afvalwater. De motivatie voor het gebruik van dit proces was gebaseerd op de volgende mogelijkheden:

- Anaëroob effluent bevat veel fosfaat en weinig CO₂. Hierdoor is de pH-buffering niet te sterk en kan de pH eenvoudig verhoogd worden om het proces in de juiste condities te brengen waardoor aanpak bij de bron het meest geschikt blijkt te zijn
- Samen met de binding van fosfaat wordt ammonium gebonden. Aangezien stikstof in de aërobe zuivering verwijderd moet worden, worden kosten bespaard door de verwijdering samen met fosfaat
- De productie van struviet levert een meststof van bekende samenstelling dat ingezet kan worden als vervanging van reeds gebruikte kunstmeststoffen

Met deze installatie werd op praktijkschaal vastgesteld dat de processen overeenkomstig de verwachtingen verlopen en dat het geheel voldoende bestuurbaar en controleerbaar is. De uitgevoerde test in de definitieve configuratie heeft aangetoond dat het proces stabiel werkt en een fosfaatverwijdering van 75 – 90 % realiseert en een stikstofverwijdering welke in mg/l ongeveer gelijk is aan de hoeveelheid verwijderd fosfaat. Dit voldoet ruimschoots aan de doelstellingen. Het behandelde water heeft geen nadelige invloed op de werking van de aërobe zuivering en heeft naast een verlaging van het fosfaatgehalte tevens een lager CZV en een lager gehalte aan vaste bestanddelen. Het gevormde neerslag is onderzocht en bestaat naast anaëroob slib voornamelijk uit ammoniumstruviet.

Op basis van de testresultaten werden de kosten berekend van deze wijze van fosfaatverwijdering uit anaëroob effluent. De kosten voor deze wijze van defosfatering bedragen inclusief kapitaalslasten op basis van afschrijving in 5 jaar circa € 2,80/kg geproduceerd P. De exploitatiekosten bedragen circa € 0,30/kg geproduceerd P.

De eerste Anphos® installatie met een capaciteit van 100 m³ per uur is inmiddels continu in gebruik bij de waterzuivering van Lamb Weston/Meijer in Kruiningen. Een aantal technische kinderziekten zijn overwonnen en daarmee voldoet de installatie aan de gestelde eisen. Eind juli is de installatie uitgebreid met een capaciteit van nog eens 100 m³ per uur.

Het ammoniumstruviet is onderzocht door Thermphos en verworpen wegens de NH₃ uitstoot.

KALIUMSTRUVIETPRODUCTIE DOOR STICHTING MESTVERWERKING GELDERLAND

Sinds 1998 wordt op de kalvergierbewerkingsinstallaties KGBI Putten kalium-struviet geproduceerd (KMgPO₄·6H₂O). De ontwaterde struviet wordt afgezet naar en verwerkt door Thermphos.

VERWERKING VAN OVERSCHOT AAN KALVERGIER

In Nederland is sprake van een overschot aan dierlijke mest: in sommige gebieden wordt door de intensieve veehouderij meer mest geproduceerd dan de boeren op hun eigen grond mogen gebruiken. Veelal wordt de overtollige mest naar akkerbouwgebieden getransporteerd (Flevo-polders, Groningen en Zeeland) en gebruikt als meststof voor plantaardige productie. De sector Vleeskalverhouderij heeft echter een andere weg gekozen. Sinds 1976 wordt kalvergier verwerkt door middel van een biologisch actief slib-systeem. Aanvankelijk in een proefinstallatie, maar sinds midden jaren tachtig in twee full-scale kalvergier-bewerkingsinstallaties (KGBI's). Inmiddels exploiteert stichting Mestverwerking Gelderland vier KGBI's op de Veluwe en in de Gelderse Vallei, met een gezamenlijke verwerkingscapaciteit van 660.000 ton mest per jaar. De locaties zijn gekozen in het concentratiegebied van de kalverhouderij. Transportafstanden van het bedrijf naar de KGBI's zijn klein.

FOSFAATVERWIJDERING DOOR STRUVIETPRODUKTIE

Het lage drogestofgehalte van kalvergier maakt het mogelijk, de gier te verwerken in een actief-slibstelsysteem. Met nitrificatie-denitrificatie wordt de stikstof afgebroken. In drie van de vier KGBI's wordt fosfaat verwijderd door kalkmelk te doseren in de beluchting. Het geproduceerde surplusslib bevat tevens de calciumfosfaten. Dit product, bewerkte kalvergier, wordt aangewend als meststof in de akkerbouw.

In KGBI Putten wordt geen kalk gedoseerd in de beluchting. Na de biologische verwerking en de slib-waterscheiding bevat het effluent nog circa 250 mg P per liter. In een nageschakelde installatie wordt dit fosfaat verwijderd met magnesium. In de eerste struviet-reactietank wordt een dunne magnesiumoxide-suspensie gedoseerd. Het reactiemengsel stroomt over in een tweede reactietank en wordt vervolgens in een nabezinktank gepompt. In deze tank wordt de bezonken struviet van het effluent gescheiden. Het effluent bevat nog circa 10 mg P per liter en wordt geloosd op de riolering. De bezonken struviet wordt opgeslagen. De struviet wordt periodiek ontwaterd met een kamerfilterpers.

EINDPRODUCT: KALIUM-STRUVIET

Omdat het effluent van de KGBI geen ammonium bevat, maar wel een hoog gehalte kalium wordt vrijwel uitsluitend kaliumstruviet geproduceerd: $\text{KMgPO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$. De samenstelling van de koeken is globaal:

Vrij water	30 %
Kristalwater	25 %
Fosfaat (PO_4)	18 %
Kalium (K_2O)	8 %
Magnesium (MgO)	14 %

De struvietproductie is gestart in 1998. Na enkele jaren met technische aanloopproblemen wordt sinds 2000 op een betrouwbare, constante wijze fosfaat uit het effluent verwijderd en struviet geproduceerd. Verschillende afzetkanalen zijn getest. Sinds 2003 wordt struviet ontwaterd en afgezet naar de Thermphos.

BIJLAGE 3

BEZOEKVERSLAG THERMPHOS

DOEL VAN HET OVERLEG

Als beoogd afzetkanaal van teruggewonnen fosfor is overleg met Thermphos geïnitieerd. Overleg in het verleden door verschillende personen en instanties heeft een onduidelijk beeld opgeleverd over de acceptatie van fosforslibben door Thermphos.

Doelstelling van het overleg was het bespreken van:

- onderdelen uit het STOWA-rapport “Onderzoek fosfaatterugwinning uit stripperwater BCFS®-rwzi Deventer”(STOWA-nummer 2005-01);
- de mogelijke verwerking van fosforhoudend slib, afkomstig van BCFS®-rwzi's, door Thermphos op de locatie Vlissingen-Oost;
- participatie van Thermphos in het betreffende nog lopende STOWA-onderzoek.

UITWISSELEN VAN INFORMATIE

Het eerste deel van het overleg is besteed aan het uitwisselen van informatie. Het productieproces bij Thermphos te Vlissingen-Oost is besproken en een vijftal informatiebronnen is ontvangen, zie bijlage 3.1. De meest relevante informatie over het bedrijf Thermphos is weergegeven in bijlage 3.2.

In een eerder stadium heeft de heer Schipper het bovengenoemde STOWA-rapport ontvangen. Relatief lang is stilgestaan bij de chemische samenstelling van de drie precipitaten die in het STOWA-rapport zijn beschreven. In bijlage 3.3 is de belangrijkste informatie uit het STOWA-rapport nader geanalyseerd zoals dit gedeeltelijk ook tijdens het overleg heeft plaatsgevonden. De bijlagen 3.4, 3.5 en 3.6 zijn opgesteld ter ondersteuning van dit proces van nadere analyse.

ACCEPTATIE-EISEN THERMPHOS

Thermphos hanteert acceptatie-eisen voor producten die worden aangeboden ter verwerking. Slechts enkele zijn harde technische eisen ten behoeve van het waarborgen van een goed verloop van de verschillende processen en ter bescherming van de procesinstallaties (corrosie). De meeste eisen hebben een financiële achtergrond. Het verwerken leidt in zo'n geval tot extra kosten die aan het geleverde product zouden moeten worden toegerekend.

Het is vaak niet zo dat slechts een enkele eigenschap of een enkel gehalte verkeerd is. Men beoordeelt bij Thermphos het product op basis van meerdere parameters waarbij een negatieve kan worden gecompenseerd door een of meer parameters die positief uitvallen.

De basis van elke beoordeling vormt het fosfaaterts dat Thermphos normaliter verwerkt.

HET GEHALTE AAN FOSFOR

Het fosfaatgehalte wordt vaak uitgedrukt als P_2O_5 . Dat wil niet zeggen dat de fosfor ook in deze vorm aanwezig is. Het fosfaaterts dat Thermphos normaliter verwerkt bevat 30-38 % gemeten als P_2O_5 in de asrest, na het gloeien van de indamprest van monstermateriaal. De drie precipitaten, als in het eerdergenoemde STOWA-rapport, bevatten de volgende hoeveelheden fosfor:

- 32 % P_2O_5 in as van het calciumprecipitaat;
- 46 % P_2O_5 in as van het aluminiumprecipitaat;
- 42 % P_2O_5 in as van het magnesiumprecipitaat.

Alle drie precipitaten voldoen aan de eis van Thermphos van meer dan 25 % P_2O_5 in de asrest. Het aluminiumprecipitaat komt als beste uit de bus.

HET GEHALTE AAN CALCIUM, ALUMINIUM EN MAGNESIUM

Afhankelijk van het type reagens dat is toegepast, bevatten de drie precipitaten de volgende macrohoeveelheden calcium, aluminium en magnesium, uitgedrukt in de respectievelijke oxiden (zie de bijlagen 4, 5 en 6):

- 512 gram CaO per kg asrest in het calciumprecipitaat;
- 425 gram Al_2O_3 per kg asrest in het aluminiumprecipitaat;
- 398 gram CaO en 104 gram MgO per kg asrest in het magnesiumprecipitaat.

Bij Thermphos wordt grind (SiO_2) gebruikt om calcium uit het fosfaaterts te binden in steenslak ($CaSiO_3$), zie bijlage 2. Vanuit een chemisch oogpunt kan aluminium een deel van het grind vervangen. Hierdoor is het precipitaat van aluminium voor Thermphos aantrekkelijker dan de precipitaten van calcium en magnesium.

HET GEHALTE AAN IJZER

Thermphos streeft er naar producten te verwerken die weinig ijzer en veel fosfor bevatten (zie bijlage 2). Dit streven kan worden vertaald in een lage verhouding tussen ijzer en fosfor. Thermphos hanteert de eis: $Fe/P < 0,05$ mol/mol (ofwel < 90 gram Fe per kg P).

Voor de drie precipitaten kunnen de volgende verhoudingen tussen ijzer en fosfor worden berekend (zie de bijlagen 4, 5 en 6):

- 23 gram Fe per kg P voor het calciumprecipitaat;
- 14 gram Fe per kg P voor het aluminiumprecipitaat;
- 14 gram Fe per kg P voor het magnesiumprecipitaat.

Uit de voorgaande cijfers blijkt dat de drie precipitaten qua ijzergehalte ruimschoots voldoen aan de door Thermphos gestelde acceptatie-eis.

HET GEHALTE AAN ZINK EN KOPER

In het productieproces van Thermphos te Vlissingen-Oost komt de verontreiniging zink vrij in een stofstroom uit de elektrostatische precipitatoren (zie ref. 2, blz. 10). Deze stofstroom wordt deels gespuid. Toename van de hoeveelheid zink leidt tot extra afzetkosten voor deze spuiroom.

In het productieproces wordt de verontreiniging koper opgenomen in de legering ferrosfosfor die vrijkomt in de elektro-ovens (zie bijlage 2). Toename van de hoeveelheid koper kan leiden tot een afname van de kwaliteit van deze legering.

Het fosfaaterts die Thermphos normaliter verwerkt bevat relatief weinig zink en koper. Daarentegen bevatten de drie precipitaten relatief veel zink en koper (zie bijlage 3). Gelet op het beperkte aandeel fosfor uit afvalwater ten opzichte van de totale hoeveelheid fosfor die Thermphos verwerkt, worden op voorhand echter geen problemen met zink en koper verwacht.

HET GEHALTE AAN ORGANISCHE STOFFEN

Thermphos heeft de ervaring dat organische stoffen in te verwerken producten een probleem kunnen vormen bij het bereiden van pellets. Een goede kwaliteit van deze pellets is een harde technische randvoorwaarde voor een ongestoord proces in de elektro-ovens (zie bijlage 3.2). Organische stoffen kunnen met name de slijtvastheid van de pellets bij hoge temperaturen negatief beïnvloeden. Een te lage slijtvastheid van de pellets leidt tot stofvorming in de elektro-ovens.

Vaak wordt het gloeiverlies van de indamprest van een te verwerken product, gezien als een maat voor het gehalte aan organische stof. Bij de drie betrokken precipitaten moet men er echter rekening mee houden dat tijdens het gloeien van het materiaal (bij 600°C) ook kooldioxide kan ontwijken ten gevolge van het ontleden van carbonaten. Tevens kan bij het gloeien eventueel hydraatwater ontwijken. Het meten van het gehalte aan TOC en/of het gehalte aan COD heeft in dit geval de voorkeur boven het meten van het gloeiverlies van de indamprest. Vooral nog hanteert Thermphos de acceptatie-eis: gloeiverlies < 5% van indamprest.

In de bijlagen 3.4, 3.5 en 3.6 zijn de resultaten weergegeven van een poging om het gehalte aan organische stof in de drie precipitaten te bepalen. In bijlage 3.3 is het resultaat samengevat, waarbij het gemeten gloeiverlies is onderverdeeld in een deel organische droge stof (ODS), een deel ontweken kooldioxide, een deel ontweken hydraatwater en bij struviet een deel ontweken ammoniak.

Voor het calciumprecipitaat komt de benadering uit op een gehalte van circa 20 % ODS in de indamprest. Voor de twee andere precipitaten komt de benadering uit op een gehalte van rond 10 % ODS.

Het ontwijken van ammoniak uit het magnesiumprecipitaat, dat een hoeveelheid struviet bevat, wordt door Thermphos als negatief beoordeeld omdat deze ammoniak tot de emissie van stikstofoxiden kan leiden.

HET GEHALTE AAN DROGE STOF

In de thermische procesinstallaties van Thermphos kan slechts een beperkte hoeveelheid water worden verwerkt. Om deze reden hanteert Thermphos voornamelijk de acceptatie-eis dat een te verwerken product meer dan 95% droge stof moet bevatten.

Thermphos realiseert zich dat genoemde eis een sta in de weg is voor het hergebruiken van fosfor uit "natte sectoren", zoals de fosfor uit afvalwater. Om deze reden voorziet men een werkwijze waarbij in de toekomst steekvaste producten worden aangeleverd die bij Thermphos te Vlissingen-Oost thermisch worden gedroogd. Thermphos beschikt momenteel tijdelijk over een proefdroger waarin producten worden gedroogd met restwarmte uit de procestechnische installaties. Thermphos overweegt deze droger over te nemen.

Vanuit een oogpunt van duurzaamheid doen leveranciers er goed aan hun producten zo goed mogelijk te ontwateren. Dit om het aantal transporten en brandstofverbruik zoveel mogelijk te beperken.

OPZET VOOR EEN PRAKTIJKPROEF

De totale fosforvrucht in communaal afvalwater in Nederland bedroeg in 1998 circa 14.000 ton (ref. 1). Door bevolkingsgroei en andere ontwikkelingen kan deze hoeveelheid op de lange termijn wellicht toenemen tot 16.000 ton.

Indien alle rwzi's in Nederland zouden worden omgebouwd tot installaties met biologische defosfatering, inclusief terugwinning van fosfor uit stripperwater, zou maximaal 50 % van de fosfor uit het afvalwater kunnen worden teruggewonnen. Dit komt neer op 8.000 ton fosfor per jaar. Voor de korte termijn is het realistisch om uit te gaan van 10 % van deze hoeveelheid ofwel 800 ton fosfor per jaar.

Indien de voorgaande gegevens en aannamen gecombineerd worden met 80.000 ton fosfor die Thermphos jaarlijks produceert, dan kunnen de volgende vervangingspercentages worden berekend (fosfor uit afvalwater in % van totale productie van fosfor door Thermphos):

- 1 % vervanging op de korte termijn;
- 10 % vervanging op de lange termijn (maximaal haalbare hoeveelheid).

Gelet op deze vervangingspercentages in het reëel om een full-scale praktijkproef voor te bereiden waarbij 1% van het fosfaaterts wordt vervangen door het fosforhoudende precipitaat van de rwzi Deventer.

Bij Thermphos te Vlissingen-Oost wordt gemiddeld 80 ton fosfaaterts per uur verwerkt. Bij 1 % vervanging door een precipitaat met 25 % droge stof, is 3,2 ton vervangend product per uur nodig. Thermphos denkt bij een praktijkproef aan een proefduur van 1 week. In dat geval moet 540 ton vervangend product (met 25 % DS) worden aangevoerd.

Naar verwachting kan op de rwzi Deventer 2,8 ton precipitaat per dag met 25% droge stof worden geproduceerd. Voor het produceren van de eerdergenoemde 540 ton vervangend product, zou een full-scale proefinstallatie op de rwzi Deventer circa 7 maanden in bedrijf moeten zijn (gerekend is met circa 10 % verliezen).

RESTERENDE BESPROKEN ONDERWERPEN

- Thermphos is bereid om monsters van het precipitaat van de rwzi Deventer op het laboratorium te Vlissingen-Oost te analyseren.
- Kristallografisch onderzoek is niet noodzakelijk. Het analyseren van elementen is voldoende (som van oxiden moet bij benadering gelijk zijn aan de asrest).
- De heer Schipper van Thermphos is bereid zitting te nemen in de begeleidingscommissie van het STOWA-onderzoek.
- Door Thermphos is een full-scale proef uitgevoerd met de verwerking van 500 ton kaliumstruviet, afkomstig van de KGBI te Putten. Dit product bevatte circa 60% droge stof.
- Op basis van literatuurgegevens en theorie mag worden verwacht dat aluminium de vloeibaarheid van de slak bevordert. Dit pleit voor het produceren van een aluminium-precipitaat.

SAMENVATTENDE CONCLUSIES

- Op basis van meerdere parameters en overwegingen heeft de productie van een aluminiumprecipitaat de voorkeur boven de productie van de twee andere precipitaten.
- Thermphos is bereid in de toekomst steekvaste producten te ontvangen en deze producten zelf thermisch te drogen.
- Het gehalte aan organische stof (eventueel het gloeiverlies van de indamprest) in het aan te bieden precipitaat behoeft nader onderzoek. Andere parameters behoeven geen verdere aandacht.
- Op korte termijn zou 1 % van de fosfaaterts door Thermphos vervangen kunnen worden door een fosforhoudend precipitaat afkomstig van rwzi's. Op lange termijn zou deze vervanging kunnen oplopen tot 10 %.
- Voor een full-scale praktijkproef bij Thermphos zou ruim 500 ton fosforhoudend precipitaat (met 25 % DS) aangeleverd moeten worden.

BIJLAGE 3.1**REFERENTIELIJST MET INFORMATIEBRONNEN AFKOMSTIG VAN THERMPHOS**

1. Phosphate recycling in the phosphorus industry.
Environmental Technology, 2001, vol 22; No 11, pp1337-1347.
Geschreven door W. Schipper (Thermphos) e.a.
2. Phosphorus recycling in the P industry.
Bedrijfspresentatie Thermphos
Opgesteld door W. Schipper (Thermphos) e.a.
Totaal 40 Powerpoint-sheets
Opgestuurd naar Tauw 17-08-2005
3. Duurzaamheid hebben we zelf in handen
Publieksversie van Milieu- en Veiligheidsverslag over het verslagjaar 2000
Totaal 44 pagina's
Ontvangen in Vlissingen op 17-08-2005
4. Verbreding: onze visie op duurzame oplossingen
Publieksversie van Milieu- & Veiligheidsverslag over het verslagjaar 2001
Totaal 44 pagina's
Ontvangen in Vlissingen op 17-08-2005
5. Partner in progress
Engelstalige brochure over het bedrijf Thermphos
Totaal 8 pagina's tekst en foto's
Ontvangen in Vlissingen op 17-08-2005

BIJLAGE 3.2

RELEVANTE INFORMATIE OVER HET BEDRIJF THERMPHOS

Het productieproces

Thermphos wint fosfor uit fosfaaterts, een mineraal dat rijk is aan calciumfosfaat. Van het erts worden eerst pellets gemaakt. Dit zijn ronde korrels met een doorsnede van ongeveer een centimeter.

De pellets worden samen met cokes en grind in elektro-ovens verhit. Bij een temperatuur van ruim 1.500°C treedt de chemische reactie op, waarbij fosfor als damp vrijkomt. De fosfor wordt door afkoeling gecondenseerd.

Tijdens het proces in de elektro-ovens ontstaan drie bijproducten die een nuttige toepassing hebben:

- koolmonoxide;
- steenslak;
- ferrofosfor.

Zie voor een verdere beschrijving van het productieproces bijvoorbeeld de referenties 3 of 4 uit bijlage 3.1.

Grondstofstromen en producthoeveelheden

Bij Thermphos te Vlissingen-Oost worden jaarlijks de volgende hoeveelheden grondstoffen verwerkt (zie ref. 2, bladzijde 5):

- 600.000 ton fosfaaterts (calciumapatiet: $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{OH/F}$);
- 200.000 ton grind (SiO_2);
- 100.000 ton cokes (C).

Daarnaast is een elektrisch vermogen noodzakelijk van 100 tot 180 MW

Uit deze grondstoffen ontstaan na thermische reductie van het fosfaaterts jaarlijks de volgende hoeveelheden product (zie ref. 2, blz. 5):

- 80.000 ton fosfor (P_4);
- 600.000 ton steenslak (CaSiO_3);
- 220.000 ton koolmonoxide (C).

Fosfaatertsen bevatten een beperkte hoeveelheid ijzer ($\text{Fe} < 1 \text{ wt.}\%$). Tijdens het productieproces komt dit ijzer vrij als ferrofosfor. Dit is een legering bestaande uit 75 wt.% ijzer en 25 wt.% fosfor. Om meerdere redenen kan in het proces slechts een beperkte hoeveelheid ijzer worden verwerkt (zie ref. 1, blz. 3).

Het bereiden van pellets

Het fosfaaterts wordt in de elektro-ovens verwerkt in de vorm van pellets. Deze pellets moeten voldoen aan bepaalde eisen met betrekking tot diameter en slijtvastheid bij hoge temperaturen. Een goede kwaliteit van de pellets is noodzakelijk om stofvorming in de elektro-ovens te voorkomen (ref. 1, blz. 2).

De bereiding van de pellets begint met het breken en vermalen van het fosfaaterts. Daarna volgt het granuleren van het erts waarbij een bindmiddel wordt toegevoegd in de vorm van klei. Dit granuleren vindt plaats op roterende schotels.

Na het granuleren worden de verse pellets gedroogd en daarna gesinterd bij 800-900°C. Na het sinterproces worden de gecalcineerde pellets afgekoeld en kunnen ze worden opgeslagen alvorens te worden verwerkt in de elektro-ovens (zie ook ref. 2, blz. 6).

BIJLAGE 3.3

RELEVANTE INFORMATIE UIT STOWA-RAPPORT 2005 01

Het STOWA-rapport 2005 01 "Onderzoek fosfaatterugwinning uit stripperwater BCFS®-rwzi Deventer" geeft in tabel 11 op bladzijde 15 concrete informatie over de gemeten samenstelling in drie verkregen fosforrijke precipitaten.

In deze tabel valt op de relatief lage gloeirest van de indamprest of anders gezegd, het relatief hoge gloeiverlies van de indamprest (op het laboratorium van Tauw wordt standaard gegloeid bij 600°C).

Een hoog gloeiverlies van de indamprest duidt vaak op een hoog gehalte aan organische verbindingen. Een hoog gehalte aan organische stof in te verwerken materiaal kan nadelig zijn voor de processen bij Thermphos in Vlissingen-Oost.

In de bijlagen 3.4, 3.5 en 3.6 zijn de gegevens uit de eerdergenoemde tabel 11 op een andere manier weergegeven:

- De gemeten elementen zijn omgerekend naar de respectievelijke oxiden en weergegeven als percentage van de gloeirest.
- Het TOC-gehalte (zie bijlage 3 STOWA-rapport) is gebruikt voor het benaderen van het gehalte aan organische droge stof (ODS).
- Het TIC-gehalte (Total Inorganic Carbon) is bepaald via $TIC = TC - TOC$ (zie voor TC-gehalte bijlage 3 STOWA-rapport). Op basis van het TIC-gehalte is berekend hoeveel kooldioxide kan ontwijken uit carbonaten die tijdens het gloeiproces ontleden.
- Bij het gloeien van de indamprest kan eventueel aanwezig hydraatwater ontwijken. Via een massabalans kan een indruk worden verkregen van eventueel ontwijkend kristalwater (sluitpost in massabalans).

Het gehalte aan fosfor

In de volgende tabel wordt het gehalte aan fosfor in de asrest van de drie precipitaten vergeleken met het gehalte aan fosfor in het erts dat Thermphos normaliter verwerkt.

Materiaal	% P ₂ O ₅ in asrest	Informatiebron
Fosfaaterts	30 tot 38	Ref. 2, blz. 10
Ca-precipitaat	32	Bijlage 3.4
Al-precipitaat	45	Bijlage 3.5
Mg-precipitaat	42	Bijlage 3.6

Uit deze tabel blijkt alle drie precipitaten voldoende fosfor bevatten maar dat het aluminium-precipitaat, vanuit een oogpunt van een hoog gehalte aan fosfor, het meest aantrekkelijk is.

Bij het productieproces van Thermphos wordt grind (SiO₂) gebruikt. Vanuit een chemisch oogpunt kan aluminium een deel van het grind vervangen. Om deze reden is het precipitaat van aluminium (42,3% Al₂O₃ in de asrest, zie bijlage 3.5) aantrekkelijker dan de precipitaten van calcium en van magnesium.

Het gehalte aan ijzer, zink en koper

Zoals eerder vermeld, is een grondstof met een hoog gehalte aan ijzer (en een laag gehalte aan fosfor) niet aantrekkelijk voor Thermphos. In de volgende tabel wordt de verhouding tussen ijzer en fosfor in de drie precipitaten vergeleken met dezelfde verhouding in het erts dat Thermphos normaliter verwerkt. In deze tabel zijn deze verhoudingen ook weergegeven voor zink en koper.

Materiaal	mg Fe/kg P	mg Zn/kg P	mg Cu/kg P	Informatiebron
Fosfaaterts	< 76.000	0,07 – 0,7	0,07	Ref. 2, blz. 10
Ca-precipitaat	23.000	3.500	1.100	Bijlage 3.4
Al-precipitaat	14.000	2.300	570	Bijlage 3.5
Mg-precipitaat	14.000	2.300	710	Bijlage 3.6

Uit de tabel blijkt dat alle drie precipitaten qua ijzergehalte goed kunnen scoren ten opzichte van fosfaaterts. Van de drie precipitaten is het calciumprecipitaat het minst aantrekkelijk. Uit de tabel blijkt verder dat de drie precipitaten aanzienlijk meer zink en koper bevatten dan het erts dat Thermphos normaliter gebruikt (gerekend is met 34% P₂O₅). De som van de twee metalen zink en koper is het hoogst in het calciumprecipitaat en het laagst in het aluminiumprecipitaat.

Het gloeiverlies van de indamprest

In de volgende tabel is het gemeten gloeiverlies van de indamprest opgedeeld. Een deel ten gevolge van de ontleding van organische droge stof (ODS), een deel tengevolge van het ontwijken van kooldioxide (CO₂) dat vrijkomt bij de ontleding van carbonaten en een deel tengevolge van het eventueel ontwijken van hydraatwater (H₂O).

Materiaal	% ODS	% CO ₂	% H ₂ O	% gloeiverlies
Fosfaaterts	?	?	?	?
Ca-precipitaat	19,0	5,1	0,7	24,8
Al-precipitaat	11,8	5,1	12,8	29,7
Mg-precipitaat	10,8	15,0	-/- 3,1	24,4*

* inclusief 1,7 % door ontwijken van ammoniak (NH₃)

De gegevens in de tabel, ontleend aan de bijlagen 3.4, 3.5 en 3.6, zijn niet erg nauwkeurig. Uit de tabel blijkt echter wel dat de precipitaten aanzienlijke hoeveelheden organische stoffen bevatten (10-20% van de indamprest).

BIJLAGE 3.4

BESCHOUWING PRECIPITAAT MET REAGENS CALCIUM

Gemeten gloeirest 75,2% van indamprest

Element	Gehalte Gram/kg indamprest	Oxide	Gehalte Gram/kg asrest
Ca	275	CaO	512
P	105	P ₂ O ₅	320
Mg	9,0	MgO	19,9
Fe	2,4	Fe ₂ O ₃	4,56
Al	1,75	Al ₂ O ₃	4,32
K	1,7	K ₂ O	2,72
Zn	0,37	ZnO	0,61
Cu	0,12	CuO	0,20
Subtotaal			864
Onbekend		SiO ₂ (?)	136
Totaal Asrest			1.000

Opbouw van gemeten gloeiverlies:

• ODS	=	TOC x 2 = 9,5 x 2	=	19,0%
• CO ₂	=	TIC x 44/12 = 1,4 x 44/12	=	5,1%
• H ₂ O	=	sluiting balans	=	0,7%
• Totaal gemeten gloeiverlies	=		=	<u>24,8%</u>

BIJLAGE 3.5

BESCHOUWING PRECIPITAAT MET REAGENS ALUMINIUM

Gemeten gloeirest 70,3% van indamprest

Element	Gehalte Gram/kg indamprest	Oxide	Gehalte Gram/kg asrest
Ca	24	CaO	47,8
P	140	P ₂ O ₅	456
Mg	2,7	MgO	6,40
Fe	1,9	Fe ₂ O ₃	3,86
Al	160	Al ₂ O ₃	423
K	5,2	K ₂ O	8,91
Zn	0,325	ZnO	0,58
Cu	0,080	CuO	0,14
Subtotaal			947
Onbekend		SiO ₂ (?)	53
Totaal Asrest			1.000

Opbouw van gemeten gloeiverlies:

- ODS = TOC x 2 = 5,9 x 2 = 11,8%
- CO₂ = TIC x 44/12 = 2,0 x 44/12 = 5,1%
- H₂O = sluiting balans = 12,8%
- Totaal gemeten gloeiverlies = 29,7%

BIJLAGE 3.6

BESCHOUWING PRECIPITAAT MET REAGENS MAGNESIUM

Gemeten gloeirest 75,6% van indamprest

Element	Gehalte Gram/kg indamprest	Oxide	Gehalte Gram/kg asrest
Ca	215	CaO	398
P	140	P ₂ O ₅	424
Mg	47	MgO	104
Fe	1,9	Fe ₂ O ₃	3,59
Al	1,5	Al ₂ O ₃	3,68
K	2,0	K ₂ O	3,19
Zn	0,325	ZnO	0,54
Cu	0,10	CuO	0,17
Subtotaal			937
Onbekend		SiO ₂ (?)	63
Totaal Asrest			1.000

Opbouw van gemeten gloeiverlies:

• ODS	=	TOC x 2 = 5,4 x 2	=	10,8%
• CO ₂	=	TIC x 44/12 = 4,1 x 44/12	=	15,0%
• NH ₃	=	TKN x 17/14 = 1,4 x 17/14	=	1,7%
• H ₂ O	=	sluiting balans	=	-/- 3,1%
• Totaal gemeten gloeiverlies			=	<u>24,4%</u>

BIJLAGE 4

ANALYSERESULTATEN EN INTERPRETATIE THERMPHOS

ANALYSERESULTATEN EN INTERPRETATIE THERMPHOS

Er is een monster precipitaat (batch 2) opgestuurd naar Thermphos voor een analyse. Het drogestofgehalte in de ontwateringszak is ondertussen gelopen tot circa 3%. In het lab van Tauw is het volgende geanalyseerd:

- gloeirest: 48,5 %
- koper 250 mg/kg ds
- zink 650 mg/kg ds
- aluminium 150.000 mg/kg ds
- fosfor 110.000 mg/kg ds

De resultaten van de analyse van Thermphos zijn in de volgende tabel weergegeven.

XRF RESULTATEN PRECIPITAAT RWZI DEVENTER

	Gew %
Al ₂ O ₃	22,05
P ₂ O ₅	19,56
Na ₂ O	0,75
MgO	1,28
SiO ₂	2,36
SO ₃	1,68
Cl	0,37
K ₂ O	0,86
CaO	3,97
TiO ₂	0,11
MnO	0,045
Fe ₂ O ₃	1,75
CuO	0,0267 (213 ppm)
ZnO	0,0725 (582 ppm)
Rest	45,1
Vst in slurry	3,29 %
Org C slurry	1 %
Org C op vst	31,3 %
Rest	13,9 %
CO ₂ op Al	10,4 %
AlPO ₄	33,6 %
Al ₂ (CO ₃) ₃	18,3 %

Dus 3,2% droogrest, vaste stof: 31% organisch materiaal, onzichtbaar in XRF (= X Ray Fluorescence Spectroscopy): 45% (ongeveer gelijk aan gloeirest). De resultaten van Thermphos en Tauw liggen dus dicht bij elkaar.

Volgens Thermphos is het verschil tussen organische stof en gloeirest is mogelijk carbonaat. Dat klopt redelijk met het overschot aluminium: aluminium is aanwezig met een overmaat van 1,6 mol/mol t.o.v. AlPO_4 . Er is dus waarschijnlijk aluminiumcarbonaat gevormd. De globale samenstelling van de droge stof wordt daarmee 35% AlPO_4 , 20% $\text{Al}_2(\text{CO}_3)_3$, 30% organisch, 15% rest. Volgens Tauw zou het ook $\text{Al}(\text{OH})_3$ kunnen zijn.

Er is 200 ppm Cu en 600 ppm Zn. Dat is vrij veel, maar vermoedelijk te wijten aan het meegekomen biologische slib. Dat er biologisch slib aanwezig is, blijkt verder uit de sterke H_2S geur van het materiaal en het feit dat er gestaag gas in het emmertje wordt geproduceerd. Ook zit er nog relatief veel ijzer in. Wat bruikbaarheid betreft, het gehalte water, orgC en carbonaat is erg hoog. Verder zijn er volgens Thermphos geen onoverkomelijke bezwaren, uiteraard onder inachtneming van de eis dat het materiaal steekvast wordt aangeleverd. In deze vorm kan Thermphos er niets mee.

BIJLAGE 5

FACTSHEETS EN OVERZICHT KOSTEN CHEMICALIËN

MelSpring International B.V., Janbuittensingel 20, P.O. Box 143, 6800 AC Arnhem, The Netherlands, Phone: +31 (0)26 4451251
 Fax: +31 (0)26 4425092, E-mail: info@mel-spring.com, Website: www.mel-spring.com, Trade Reg. Arnhem 00121621, VOT no. nr 8110804918.01

ABN AMRO Bank N.V. Amsterdam, EUR Acc. no. 41 15 20 202 IBAN NL51ABNA0411520202, USD Acc. no. 41 15 20 164
 IBAN NL10ABNA0411520164 GBP Acc. no. 41 15 20 405 IBAN NL23ABNA0411520405, Swift code ABNANL2A

MELFLOC-39 (Polyaluminiumchloride)

MELFLOC-39 wordt als heldere gele vloeistof, als primair vlokmiddel (op basis van polyaluminium-hydroxidechloride) voor de waterbehandeling, via een speciaal productieproces vervaardigd.

MELFLOC-39 voldoet aan de voor de waterbehandeling goldende DIN-Norm 10634.

MELFLOC-39 moet in gevarenklasse 1, worden ondergebracht. Veiligheidsmaatregelen zoals voorgeschreven in de omgang met zuren dienen in acht te worden genomen

MELFLOC-39 wordt voor waterbehandeling zowel enkelvoudig- als in dual systemen voor koagulatie- en vlokprocessen van organische- en anorganische stoffen toegepast. Tijdens deze processen vindt bovendien chemische defosfatering plaats. In vergelijking met ijzerzouten biedt MELFLOC-39 het voordeel van een geringere slibproductie en een lager zoutgehalte in het effluent.

Toepassingsgebieden binnen de afvalwaterbehandeling o.a.:

- Defosfatering (simultane dosering zowel als voorprecipitatie)
- Lichtslibbestrijding en reduceren van de aanwas van draadvormende bacteriën
- Vervanging van ijzerzouten op kamerfilterpersen

Product specificaties:

pH-waarde	: < 1,4
Soortelijk gewicht bij 20° C.	: 1,37 kg/dm ³
Viscositeit (Brookfield)	: < 60 mPA
Alcaliteit	: 37 ± 3 %

Samenstelling:

Al ₂ O ₃	: 16,8 ± 0,6 gew. %
Al	: 0,9 ± 0,3 gew. %
Cl	: 22,0 ± 1,0 gew. %
SO ₄	: < 1,0 gew. %

Dosering:

MELFLOC-39 wordt bij voorkeur onverdund toegepast. Het doseerpunt dient bij voorkeur zo te worden gekozen dat een snelle en intensieve menging plaats vindt.

De doseerhoeveelheid en het doseerpunt is voor elke toepassing verschillend en wordt door een voorafgaande laboratoriumtest in samenwerking met één onzer medewerkers bepaald. Voor afvalwaterbehandeling ligt de dosering doorgaans tussen 20 en 3000 gr/m³.

Levorm:

MELFLOC-39 kan in tankauto en containers van 1300 kilo worden aangeleverd. Containers worden leeg en schoongemaakt terug genomen. Voor containers wordt éénmalig statiegeld betaald.

Houdbaarheid en Opslag

MELFLOC-39 is beperkt stabiel en dient binnen 6 maanden na levering te worden verbruikt. **MELFLOC-39** dient in zuurbestendige tanks te worden opgeslagen (PVC, polypropyleen, polyethyleen, glasvezelversterkt polyester etc.)

MelSpring International B.V., Jansbuitensingel 20, P.O. Box 143, 5800 AC Arnhem, The Netherlands, Phone: +31 (0)26 4151251
 Fax: +31 (0)26 4425093, E-mail: info@melpring.com, Website: www.melpring.com, Trade Reg. Arnhem 09131621, VAT no. nl 811080481.8.01

ABN AMRO Bank N.V. Amsterdam, EUR Acc. no. 41 15 20 202 IBAN NL51ABNA011520202, USD Acc. no. 41 15 20 154
 IBAN NL 10ABNA011520154 CRP Acc. no. 41 15 20 415 IBAN NL23ARNAB411520415, Swift code ARNANL2A

MELFLOC-N (Polyaluminiumchloride)

- MELFLOC-N** wordt als heldere gele vloeistof, als primair vlokmiddel (op basis van polyaluminiumhydroxidchloride) voor de waterbehandeling, via een speciaal productieproces vervaardigd.
- MELFLOC-N** voldoet aan de voor de waterbehandeling geldende DIN-Norm 19634.
- MELFLOC-N** moet in gevaarclassse 1, worden ondergebracht. Veiligheidsmaatregelen zoals voorgeschreven in de omgang met zuren dienen in acht te worden genomen
- MELFLOC-N** wordt voor waterbehandeling zowel enkelvoudig- als in dual systemen voor koagulatie- en vlokprocessen van organische- en anorganische stoffen toegepast. Tijdens deze processen vindt bovendien chemische defosfatering plaats. In vergelijking met ijzerzouten biedt MELFLOC-N het voordeel van een geringere slibproductie en een lager zoutgehalte in het effluent.

Toepassingsgebieden binnen de afvalwaterbehandeling o.a.:

- Defosfatering (simultane dosering zowel als voorprecipitatie)
- Lichtslibbestrijding en reduceren van de aanwas van draadvormende bacteriën
- Vervanging van ijzerzouten op kamerfilterpersen

Product specificaties:

pH-waarde	: 1,6 ± 0,2
Soortelijk gewicht bij 20 ° C.	: 1,24 kg/dm ³ ± 0,02
Viscositeit (Brookfield)	: < 50 mPA
Alkaliteit	: 25 ± 3 %

Samenstelling:

AL ₂ CO ₃	: 10,2 ± 0,4 gew.%
AL	: 0,5 ± 0,2 gew.%
Cl	: 16,0 ± 0,5 gew.%
SO ₄	: <1,0 gew.%

Dosering:

MELFLOC-N wordt bij voorkeur onverdund toegepast. Het doseerpunt dient bij voorkeur zo te worden gekozen dat een snelle en intensieve menging plaats vindt. De doseerhoeveelheid en het doseerpunt is voor elke toepassing verschillend en wordt door een voorafgaande laboratoriumtest in samenwerking met één onzer medewerkers bepaald. Voor afvalwaterbehandeling ligt de dosering doorgaans tussen 20 en 3000 gr/m³.

Levorm:

MELFLOC-N kan in tankauto en containers van 1300 kilo worden aangeleverd. Containers worden leeg en schoongemaakt terug genomen. Voor containers wordt éénmalig statiegeld betaald.

Houdbaarheid en Opslag

MELFLOC-N is beperkt stabiel en dient binnen 6 maanden na levering te worden verbruikt. **MELFLOC-N** dient in zuurbestendige tanks te worden opgeslagen (PVC, polypropyleen, polyethyleen, glasvezelversterkt polyester etc.)

MelSpring Internationaal B.V., Janibultensingel 20, P.O. Box 143, 6800 AC Arnhem, The Netherlands, Phone: +31 (0)26 4451251
Fax: +31 (0)26 4425003, E-mail: info@melpring.com, Website: www.melpring.com, Trade Reg. Arnhem 09121621, VAT no. nl 0110604018.01

ABN AMRO Bank N.V. Amsterdam, EUR Acc. no. 41 15 20 202 IBAN NL51A3N0411520202, USD Acc. no. 41 15 20 154
IBAN NL10ASNA0411520954 CBPAAC: no. 41 15 20 415 IBAN NL23ABIN0411520485, Swift code: ABNANL2A

MELFLOC PAS-50 (Anorganisch vlokmiddel)

MELFLOC PAS-50 is een zure PolyAluminium-Sulfaat oplossing.

MELFLOC PAS-50 is ontwikkeld als anorganisch vlokmiddel voor de reiniging van sterk vervuilde afvalwaters. Bij de toepassing van PAFS-50 ontstaan goed sedimenteerbare Aluminiumhydroxides en Hydroxofosfaten.

MELFLOC PAS-50 biedt voor de behandeling van afvalwater een breed scala aan toepassings-mogelijkheden en voordelen zoals:

- Defosfatering
- Licht slib bestrijding / tegengaan draadvormende bacteriën
- Verbetering bezinkingseigenschappen
- H₂S eliminatie
- Geen toevoeging van chlorides

In vergelijking met ijzorzoulen biedt **MELFLOC PAS-50** het voordeel van een geringere slibproductie, lager zoutgehalte in het effluent en lagere belasting van de zuurbuffercapaciteit.

Product specificaties:

- pH-waarde : 3,3 ± 0,4
- Soortelijk gewicht bij 20° C. : 1,25 kg/dm³ ± 0,05
- Aluminium gehalte : ca. 1,5 mol/kg (ca. 4,0 gew.% Al₃⁺)

Dosering:

MELFLOC PAS-50 wordt bij voorkeur onverdund toegepast. Het doseerpunt dient bij zo te worden gekozen dat een snelle en intensieve menging plaats vindt. De doseerhoeveelheid en het doseerpunt is voor elke toepassing verschillend en wordt door een voorafgaande laboratoriumtest in samenwerking met één onzer medewerkers bepaald.

Levorm:

MELFLOC PAS-50 kan in tankauto en containers van 1200 kilo worden geleverd. Containers worden leeg en schoongemaakt terug genomen. Voor containers wordt éénmalig statiegeld betaald.

Houdbaarheid en Opslag

MELFLOC PAFS-50 dient in zuurbestendige tanks te worden opgeslagen (PVC, polypropyleen, polyethyleen, glasvezelversterkt polyester etc.)

Melspring International B.V., Jansluitersingel 20, P.O. Box 141, 5800 AC Arnhem, The Netherlands, Phone: +31 (0)26 4151251
 Fax: +31 (0)26 4425053, E-mail: info@melspring.com, Website: www.melspring.com, Trade Reg. Arnhem 09131621, VAT no. nl 8110.80.401.0.01

ABN AMRO Bank N.V. Amsterdam, EUR Acc. no. 41 15 20 202 IBAN NL51ABNA0411520202, USD Acc. no. 41 15 20 164
 IBAN NL10ABNA0411520164 GBP Acc. no. 41 15 20 415 IBAN NL31ABNA0411520415, Swift code ABNANL2A

REFINAL 6 (Natriumaluminaat)

Refinal 6 is een stabiele hooggeconcentreerde alkalische Aluminium-oplossing die uit secundaire minerale grondstoffen wordt geproduceerd.

Refinal 6 wordt toegepast voor de afvalwaterbehandeling om fosfaten als Aluminiumfosfaat te doen neer slaan of om Aluminiumhydroxide te vormen.

De voordelen van het werken met Refinal 6 zijn:

- geen opzouling door zuurresten zoals Chloriden en Sulfaten
- geen verzuring, maar geringe alkalisering
- verbeterde werking van de biologie
- geen corrosie problemen op plaatsen waar gedoseerd wordt
- afname slibproductie in vergelijking met ijzer-zouten
- afname van ijzerafzettingen (beluchtingselementen / ontwateringsapparatuur)

Refinal 6 Produkteigenschappen :

Uiterlijk	: Lichtgele oplossing
Soortelijk gewicht	: ca. 1,34 g/cm ³
Vriespunt	: ca. -20° C.
Viscositeit bij + 20° C. *	: ca. 20
Viscositeit bij 0° C.	: ca. 100
Viscositeit bij - 15° C.	: ca. 350
Aluminium % Al ₂ O ₃	: ca. 12
Aluminium % Al	: ca. 5,0 ± 0,2
Natriumhydroxide % NaOH	: ca. 16
Deelstof mol/kg	: ca. 2,3 mol Al/kg
pH-waarde	: 14

*Viscositeit in mPa's met rotatieviscosimeter

Omgang en opslag :

Refinal 6 is sterk alkalisch. Bij de omgang met dit produkt dient men veiligheidsbril en beschermende handschoenen te dragen.

Refinal 6 kan in ijzeren opslagtanks opgeslagen worden. Bij langdurige opslag kan uitkristallisatie optreden. Verdunnen met water verhoogt de kans op uitkristallisatie.

Refinal 6 wordt in tankauto aangeleverd.

Toepassing en Dosering :

Voor opslag en doseersystemen van **Refinal 6** kunnen als materiaal het beste RV/S en kunststof (PE, GFK, PVC), gebruikt worden.

Refinal 6 kan met verdringerpompen, membraampompen of slangenpompen gedoseerd worden. De doseerhoeveelheid bedraagt:

1g P/m³ = ca. 12 g = ca. 9 ml Refinal 6 per m³

Gehalte aan zware metalen volgens ATV- en LWA richtlijnen.

Refinal 6 hydrolyseert indien sterk verdund en vormt Aluminiumhydroxide. In verbinding met opgeloste fosfaten (ortho) ontstaat Aluminiumfosfaat.

Op basis van equivalente hoeveelheden ontstaat de volgende balans:

1g P = 5,24g FeCl₃ = 1,80g Fe = 4,87g FePO₄
 1g P = 2,65g NaAlO₂ = 0,87g Al = 3,94g AlPO₄

Voor het elimineren van fosfaten is in vergelijking met ijzer zouten minder precipitatie-middel nodig en wordt ca. 20% minder fosfaatslib gevormd.

OVERZICHT KOSTEN CHEMICALIËN**LEVERINGSKOSTEN**

productnaam	product	levering	prijs per ton
Refinal 6	6%-ig natriumaluminaat	Tankauto \geq 15 ton	€ 90,00
Melfloc PAS-50	4%-ig polyaluminiumsulfaat	Tankauto \geq 15 ton	€ 160,00
Melfloc N	5,4%-ig polyaluminiumchloride	Tankauto \geq 15 ton	€ 155,00
Melfloc 39	8,9%-ig polyaluminiumchloride	Tankauto \geq 15 ton	€ 230,00

GEBRUIKSKOSTEN

		Melfloc 39	Melfloc-N	Melfloc PAS 50	Refinal
Stripperwaterdebiet	m ³ /uur	30	30	30	30
P-gehalte in stripperwater	g/m ³	25	25	25	25
doseerverhouding	mol Al/P	1,5	1,5	1,5	1,5
Kosten per kg product	euro/kg product	0,23	0,16	0,16	0,09
%Al in product voor coagulatie	%	8,9	5,4	4,0	6,0
kosten per kg Al	euro/kg Al	2,58	2,87	4,00	1,50
Rho product	kg/m ³	1.370	1.240	1.250	1.340
Al-product dosering	kg/h	11,0	18,1	24,5	16,3
Al-product dosering	liter/dag	193	351	470	292
Kosten per dag	euro	61	68	94	35

BIJLAGE 6

ORIËNTERENDE PROEVEN ZWEVENDE STOFVERWIJDERING

INLEIDING

Anno 2006 zijn de volgende mogelijkheden in beeld om zwevende stof uit het supernatant te verwijderen:

- Flocculatie met pe-dosering vóór de aluminium-precipitatie;
- Toepassen van een Fuzzy filter;
- Toepassen van een continu of discontinu zandfilter.

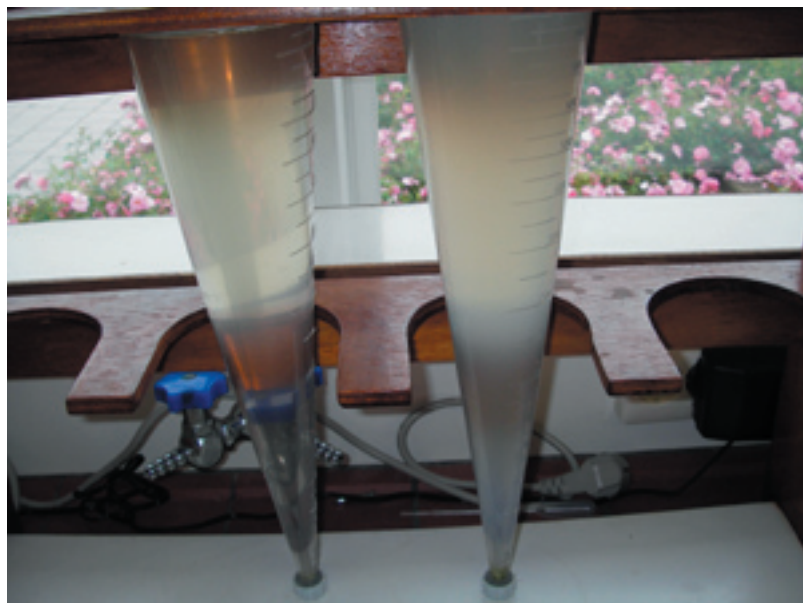
In het onderhavige onderzoek is flocculatie met pe-dosering en toepassen van een Fuzzy-filter met enkele indicatieve proefjes verkend.

FLOCCULATIE MET PE DOSERING

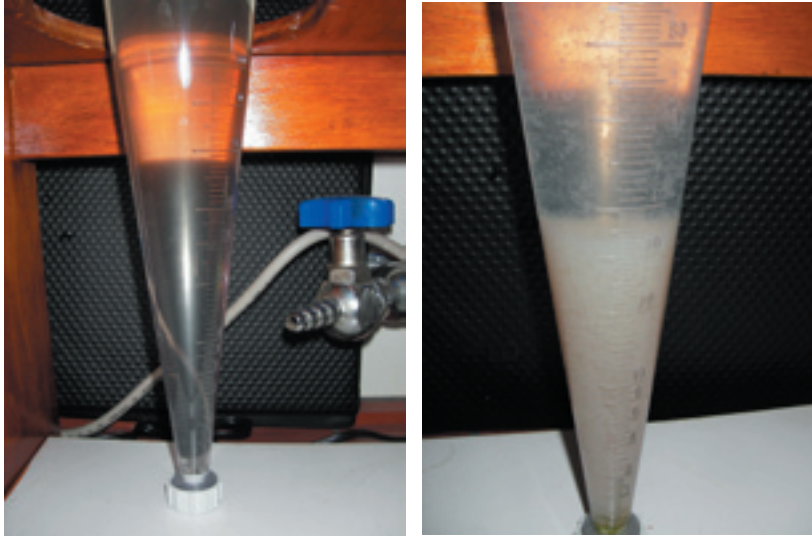
Door Melspring zijn testen uitgevoerd om het optimale type en de juiste doseerverhouding van pe vast te stellen. Hiermee lijkt het mogelijk om circa 70 % te verwijderen tot een gehalte kleiner dan 10 NTU (zie bijlage 6.1).

Er zijn enkele kleine aanpassingen aan de praktijkinstallatie verricht om een test te doen met pe-dosering vóór de dosering van aluminium. Op de huidige plaats waar aluminium wordt gedoseerd, is een statische menger geplaatst, waarin de pe is gedoseerd. In het eerste compartiment kan het uitgevlokte zwevende stof bezinken. In het tweede wordt met een snelle menger aluminium gedoseerd. Na het opstarten van de proefinstallatie met pe-dosering zijn monsters genomen boven uit beide compartimenten. In de volgende figuren is te zien dat het bovenstaande water in compartiment 1 nagenoeg helder is. In compartiment 2 ontwikkelen zich duidelijke vlokken.

FLOCCULATIE IN MONSTER UIT COMPARTIMENT 1 EN 2 VAN DE PROEFINSTALLATIE



FLOCCULATIE IN MONSTER UIT COMPARTIMENT 1 EN 2 VAN DE PROEFINSTALLATIE NA 20 MINUTEN



Na 20 minuten is het water uit compartiment 1 nog steeds helder. In het water van compartiment 2 hebben zich goed bezinkbare vlokken gevormd.

Toch waren de resultaten van de praktijkproef niet positief; het precipitaat bevatte nog steeds bijna 50% organische stof. Dit komt waarschijnlijk door de matige bezinkbaarheid van de gevormde PE-vlokken. De toegepaste proefopstelling zou uitgebreid moeten worden met een lamellenafscheider of andere filtratiestap voor de PE vlok.

FUZZY FILTER

Het Fuzzy filter is een systeem om zwevende stof te verwijderen. Het filtermateriaal bestaat uit balletjes die vervaardigd zijn uit een synthetische vezel (polyvinylideenchloride). De balletjes hebben een diameter van 33 mm en worden bij elkaar gehouden door een gefixeerde onderplaat en een beweegbare bovenplaat. Doordat de hoogte van de plaat in de kolom variabel in te stellen is, kan de compressie van het filterbed worden gevarieerd waardoor de poriegrootte in de balletjes kan worden vergroot of verkleind. Het filter kan relatief hoog belast worden tot een filtratiesnelheid van 60-100 m/h. Anno augustus 2006 bevindt het zich nog in een pilot stadium. In de volgende figuur is een Fuzzy filter weergegeven (zie ook H₂O 7 2006).

FUZZY FILTER



Er zijn twee indicatieve proefjes gedaan. Bij de eerste proef is over een vat gevuld met fuzzy bolletjes een uur stripperwater geleid, zie volgende figuur. Het rendement bedroeg circa 25%, zie volgende tabel. Een tweede proef, met hogere compressie van het filter en een langere standtijd (2 uur) is een hoger verwijderingsrendement gevonden, circa 50-70 %. Deze resultaten zijn een verkenning. Mogelijk zou deze techniek dus een bijdrage kunnen leveren aan de verlaging van het zwevende stof gehalte.

RESULTATEN INDICATIEVE FILTREERPROEF MET FUZZYFILTER

		stripperwater	gefiltreerd water
eerste proef 10 april 2006			
zwevende stof	mg/l	20	15
orthofosfaat	mg P/l	20	19
TOC	mg//l	14	16
tweede proef 22 mei 2006			
zwevende stof	mg/l	30	11
orthofosfaat	mg P/l	9,7	9,5

FILTREERPROEFOPSTELLING MET FUZZYFILTER



LINKS EEN MONSTER VOOR FILTRATIE, RECHTS NA FILTRATIE MET HET FUZZY FILTER



Flocculatie met pe vergt een aparte afscheidingsunit. Op basis van de uitgevoerde verkenning kan gesteld worden dat verwijdering van zwevende stof tot zo'n 70% mogelijk zou moeten zijn. Of het Fuzzy-filter dat in de praktijk kan halen, kan nog niet met zekerheid worden gezegd.

BIJLAGE 6.1

LABORATORIUMONDERZOEK PE DOSERING STRIPPERWATER RWZI DEVENTER

Datum	: 22-5-2006
Uitgevoerd door	: E. Vonk
Gebruikte apparatuur	: Jartest apparaat : 2100P ISO Turbidimeter : Brand Transferpette 10-1000 µl
Polyelektrolyt:	: Nalco CE 45031, Kationisch poly-electrolyet (circa 46% actief, laagkationisch, hoogmoleculair, structu- urgemodificeerd) : Nalco 71057, Kationisch poly-electrolyet (circa 50% actief, middelmatig / hoog kationisch, hoog- moleculair, lineair) : Nalco CE 45033, Kationisch poly-electrolyet (circa 46% actief, laagkationisch, hoogmoleculair, structu- urgemodificeerd)
Mengcycli	: 2 min x 300rpm; 2 min. x 50 rpm; 1 min. x 300rpm; 1 min. x 50 rpm; 30 min. bezinktijd.

test	influent ml	type poly-electrolyt	dosering Poly-electrolyt mg actief /l	turbiditeit voor bezinking NTU	turbiditeit na bezinking NTU	verwijderingsrendement
0	500		geen	32,9	22,2	32,4%
1	500	71052	0,05	35	14,2	59,5%
2	500	CE 45031	0,05	31,4	12,8	59,3%
3	500	CE 45033	0,05	34,2	16,4	52,1%
4	500		geen	35,5	18,2	48,8%
5	500	71052	0,075	33,1	12,7	61,7%
6	500	CE 45031	0,075	34,1	12,8	61,4%
7	500	CE 45033	0,075	33,4	16,3	51,2%
8	500		geen	32,4	19,3	40,5%
9	500	71052	0,125	31,9	11	65,6%
10	500	CE 45031	0,125	33,8	10,3	69,6%
11	500	CE 45033	0,125	32,6	14,1	56,8%
12	500		geen	33,7	16,3	52,0%
13	500	71052	0,175	32,8	11,2	66,0%
14	500	CE 45031	0,175	32,7	9,95	70,0%
15	500	CE 45033	0,175	32,5	15	54,0%
16	500		geen	23,9	19,3	20,0%
17	500	71052	0,225	21,3	12,6	60,0%
18	500	CE 45031	0,225	22	12,2	65,0%
19	500	CE 45033	0,225	20,9	15,3	27,0%
20	500		geen	22,5	19,6	23,0%
21	500	71052	0,275	21,8	15,1	31,0%
22	500	CE 45031	0,275	21,9	11,5	48,0%
23	500	CE 45033	0,275	21,9	15	32,0%

Opmerkingen: Alle polymeren aanmaakconcentratie 0,1% effectief

Conclusie: Het meest geschikte product is CE 45031 doseergraad test nr 14 dit komt overeen met 175 ml/m³ afvalwater (aangemaakt Pe). Benodigd ruw polymeer 0,41 ml /m³ afvalwater bij een 0,1% effectief. CE 45031 heeft een 46% werkstofgehalte. Bij de labtesten heb ik alles 50% effectief gemaakt. Prijs: Leveringen zijn mogelijk in Jerrycans, OWC en tankwag. Prijs per kilo is € 2,15 excl B.T.W. vrijgeleverd. Levertijden zijn tenminste 10 werkdagen