

GEMEENSCHAPPELIJKE
TECHNOLOGISCHE DIENST OOST-BRABANT

I

1991 - 11 W

Praktijkexperimenten met chemische defosfatering op de
tweetraps-zuiveringsinrichting Vinkel en flankerend
pilot-plantonderzoek met magnetische defosfatering

R 91-11 W

door:
ir. J. Kruit
ing. V.W.M. Claessen

92/100-191-11w)

Inhoudsopgave	blz.
Voorwoord	
Samenvatting	
1 Inleiding	1
2 Doel	1
3 Uitvoering	1
3.1 Uitgangssituatie	1
3.2 Opzet van het onderzoek	3
3.2.1. Waterlijn	3
3.2.2. Slibontwateringsproeven	4
3.2.3. Magnetische defosfatering	4
3.2.4. Analyses	4
4 Resultaten en discussie	4
4.1 Fase 1 en 2	4
4.2 Fase 4 en 6	6
4.2.1. Fosfaat	6
4.2.2. Stikstof	6
4.2.3. Chloride, Zware metalen	7
4.2.4. pH	7
4.2.5. Slibbezinking	7
4.2.6. Slibproductie	8
4.2.7. Biogasproductie	9
4.2.8. H ₂ S-concentratie in het biogas	9
4.2.9. Drukmetingen beluchtingselementen	9
4.3 Slibontwateringsproeven	10
4.3.1. Mobiele pers	10
4.3.2. Slibontwatering rwzi Veghel-Uden	10
4.4 Magnetische defosfatering	11
4.4.1. Uitvoering	11
4.4.2. Conclusies	12
4.5 Evaluatie	13
5 Conclusies	14
6 Literatuur	15
Bijlagen	

BIBLIOTHEEK DE HAFF
Droevendaalsesteeg 3a
Postbus 241
6700 AE Wageningen

STORA 10/10/01 Rq1-11w



4 DEC 2003

1703041

Voorwoord

Voor u ligt het eindrapport van het project Chemische Defosfatering rwzi Vinkel. Het project omvat een praktijkonderzoek naar de mogelijkheden van vergaande defosfatering met chemicaliën. De chemicaliën die zijn gebruikt, zijn FeCl_3 en Alton. Tevens is een pilot-plant onderzoek uitgevoerd naar de mogelijkheden van Magnetische defosfatering door de fa. Smit b.v. te Nijmegen.

Dit project is onder meer mogelijk gemaakt door een participatiebijdrage van de STORA.

Verder danken wij in het bijzonder de volgende mensen die ons met raad en daad hebben bijgestaan:

- Rik Harms, stagiair Hogeschool Eindhoven, thans student TU Eindhoven, voor P-inventarisatiestudie, slibontwateringsproeven en opstart praktijkproef,
- Frans Boleij, medewerker afdeling Onderzoek, voor ondersteunend laboratoriumonderzoek,
- Peter Burg, Henk v.d. Laar en Wim Jansen, het personeel van de rwzi Vinkel, voor de goede operatie van de rwzi tijdens de praktijkproef,
- TD van de Aa, verantwoordelijk voor de uitvoering van de bouwkundige faciliteiten en civiele werken,
- Afdeling Bedrijfstechniek, voor advisering bij electrotechnische faciliteiten.
- fa. Smit bv. te Nijmegen.

ir. J. Kruit, projectleider
ing. V.W.M. Claessen, projectuitvoerder

Samenvatting

Vanaf maart 1990 t/m februari 1991 is een praktijkproef uitgevoerd naar de mogelijkheden van chemische defosfatering op de tweekrapinrichting Vinkel.

Het hoofddoel van het onderzoek was na te gaan welke P(t)-effluentgehalten bereikbaar zijn en hoe een gemiddelde concentratie van 2 mg P(t)/l haalbaar is. Belangrijke aspecten daarbij zijn de extra slibproductie en slibontwateringseigenschappen.

Uit de resultaten blijkt:

- De vereiste P(t)-effluentconcentratie van 2 mg/l op basis van een gewogen gemiddelde is haalbaar met FeCl₃-dosering van Fe/P = 0,8 op de eerste trap. Een voortschrijdend gemiddelde concentratie van 2 mg P(t)/l is mogelijk bij een Fe/P van 1.
- Alton-dosering is alleen op de tweede trap mogelijk. De dosering is in volumehoeveelheid gelijk aan de FeCl₃-dosering en daardoor niet aantrekkelijk.
- De extra slibproductie bedraagt na gisting ca. 45 %.
- De slibontwateringseigenschappen veranderen niet of nauwelijks.

De kosten van defosfatering met FeCl₃ als precipitatiemiddel bedragen circa f 7,- per i.e.

In juni 1990 is een pilot-plantonderzoek uitgevoerd door Smit Nymegen naar de mogelijkheden van magnetische defosfatering. Hieruit blijkt dat vergaande fosfaatverwijdering volgens de magnetische defosfateringstechniek met FeCl₃ of kalk op het effluent of een deelstroom van de afloop tussenbezinktank goed mogelijk is.

Het brengt een nog hogere extra slibproductie en nog hogere kosten met zich mee. P(t)-effluentgehalten < 0,5 mg/l zijn echter goed mogelijk.

Project Chemische Defosfatering rwzi Vinkel

1 Inleiding

Op 30 mei 1989 is op landelijk niveau een convenant getekend waarin, ter beperking van de fosfaatemissies bij rwzi's, de 75 % doelstelling is vastgelegd. Dit alles voortvloeiend uit het NAP- en RAP-plan. Inmiddels is dit door middel van een AMvB bekrachtigd. Dit houdt in, dat vanaf 1995 in elk beheersgebied de totale fosfaatbelasting van de rwzi's in dat gebied met 75 % of meer gereduceerd moet worden.

Om bovenstaande binnen de gestelde tijdslimiet te realiseren is het noodzakelijk onderzoek te verrichten naar de mogelijkheden en consequenties van de te nemen maatregelen.

Uitgangspunt is het WAD(I)-rapport, waarin ervan wordt uitgegaan dat nieuw ontwikkelde technieken, zoals korrelreactor en magnetische defosfatering, niet binnen afzienbare tijd op grote schaal zijn te realiseren. Daarom zal daar, waar biologische defosfatering niet of nauwelijks perspectieven biedt, chemische defosfatering uitkomst moeten bieden. De bestaande literatuur levert geen eenduidigheid op voor wat betreft de extra slibproductie en verandering van de ontwateringseigenschappen. Dit hangt voornamelijk af van de kwaliteit van het afvalwater en het type zuiveringsproces.

Aangezien de tweetrapsinrichtingen, in de huidige configuratie, in het beheersgebied van de GTD, niet of nauwelijks in aanmerking komen voor biologische defosfatering (lage hydraulische verblijftijd) is het wenselijk onderzoek naar chemische defosfatering op zo'n rwzi toe te passen om praktische kennis op te doen. De keuze, in het beheersgebied van de GTD Oost-Brabant valt hierbij op de rwzi Vinkel omdat:

1. er sprake is van een redelijk constante fosfaatvracht, zodat in eerste instantie geen verfijnde dosering van chemicaliën noodzakelijk is;
2. geen industrieën van enige betekenis zijn aangesloten, zodat de kans op processtoringsen klein is;
3. een extra slibproductie goed op te vangen is door de bestaande overcapaciteit van de slibgisting en opslagruimte in de lagunes.

2 Doel

Het hoofddoel van het onderzoek chemische defosfatering is:

- de mogelijkheid te onderzoeken om in een tweetrapsinrichting de effluenteis van 2 mg P(t)/l op basis van het gewogen gemiddelde te halen.

Nevenaspecten van het onderzoek zijn:

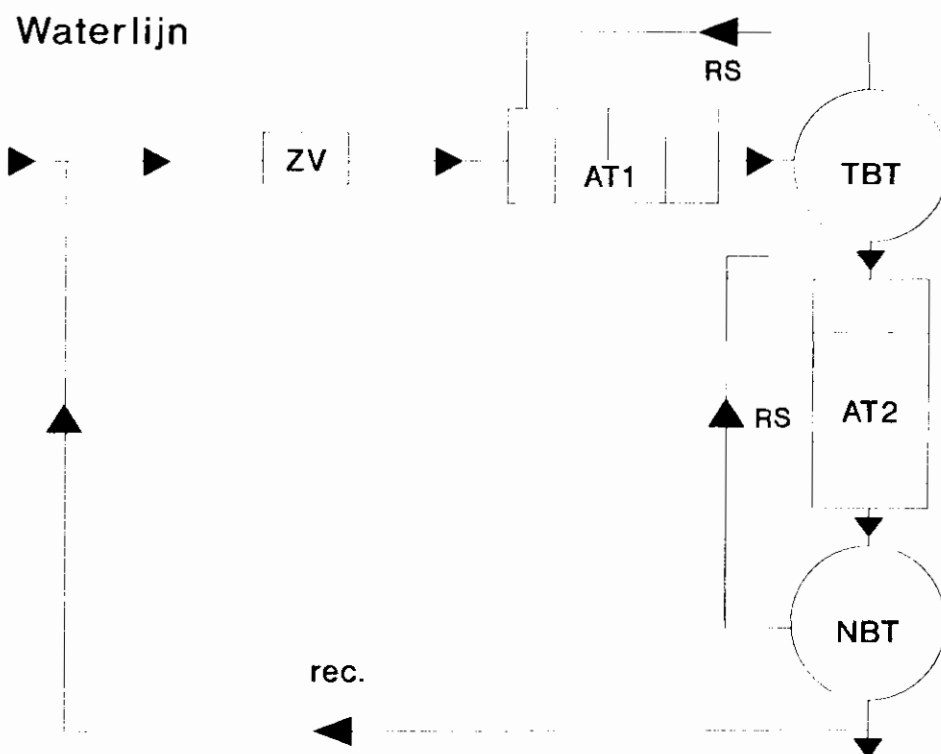
- de invloed op de nitrificatie in de tweede trap;
- extra chloride-belasting op het oppervlaktewater;
- verandering van de slibbezinkingseigenschappen;
- de extra slibproductie;
- verandering in de gasproductie;
- verstoppingen van de beluchtingselementen;
- de verandering van de ontwateringseigenschappen van het uitgegiste slib;
- de minimaal bereikbare P(t)-effluentconcentraties m.b.v. magnetische defosfatering.

3 Uitvoering

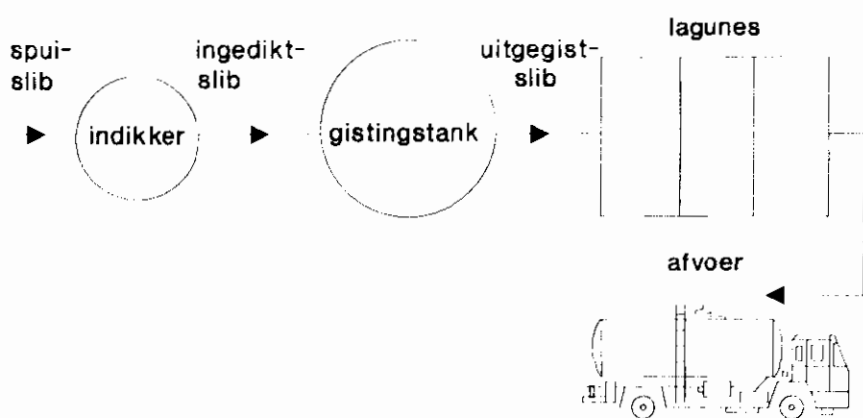
3.1 Uitgangssituatie

In figuur 1 is de rwzi Vinkel schematisch weergegeven. De procesresultaten van voor de defosfateringsperiode zijn vermeld in tabel 1. Het afvalwater in de

Figuur 1. Schematische weergave rwzi Vinkel



Sliblijn



tweetraps- inrichting doorloopt achtereenvolgens een zandvanger, eerste trap, tussenbezinktank, tweede trap en nabezinktank. De sliblijn bestaat uit een indikker, gisting en lagunes. De belangrijkste dimensioneringsgegevens zijn als volgt:

- influent:
 - DWA : 475 m³/h
 - RWA : 1.800 m³/h
- beluchte zand/vetvanger
 - zandvanger : 15 * 2 * 4 m
 - vetvanger : 15 * 1,5 * 3 m
- eerste trap beluchting:
 - inhoud : 600 m³
 - aktief-slibgehalte: 2,5 - 3,0 g/l
 - slibbelasting : 4,0 kg CZV/kg ds
- tussenbezinktank:
 - diameter : 39 m
 - inhoud : 3.600 m³
- tweede trap beluchting:
 - inhoud : 1.200 m³
 - aktief-slibgehalte: 4,5 - 5,0 g/l
 - slibbelasting : 0,3 kg CZV/kg ds
- nabezinktank:
 - diameter : 48 m
 - inhoud : 5.700 m³
- slibindikker:
 - diameter : 12 m
 - inhoud : 370 m³
 - d.s.-belasting : 30 kg ds/m²
 - verblijftijd : 2 dagen
- slibgistingstank:
 - inhoud : 2.000 m³
 - verblijftijd : 25 dagen

Tabel 1. Procesresultaten 1989

Hydraulische belasting	Afvalwater + recirculatie							
	7.367 m ³ /d				5.392 m ³ /d			
parameter	CZV	BZV	NKj	NH ₄ -N	NO ₃ -N	P(t)	z.s.	Cl
influent mg/l	775	285	73	44		14		
influent+rec. mg/l	485	173	47	28		11	204	
afloop tbt mg/l	225	70	36	24	0,8	9	68	
effluent mg/l	64	12	9	6	13	6	7	99
rendement AT 1 %	53	59	23	16		20		
rendement INR %	92	96	87	86		54		

Om chemische defosfatering te realiseren zijn permanente voorzieningen getroffen. Er zijn een opslagtank van 25 m³ en twee membraandoseerpompen geïnstalleerd. Een pH-meter in de eerste of tweede aëratietank dient als set-point sturing, d.w.z. dat de dosering automatisch wordt gestaakt als een ingestelde waarde onder- of overschreden wordt. Bij dosering van FeCl₃ is het minimale set-point 6,5 en bij Alton (6) dosering in de tweede trap is het maximale set-point 8,5. De sturing en registratie van de doseerpompen vinden plaats op het paneel in het bedrijfsgebouw.

3.2 Opzet van het onderzoek

3.2.1 Waterlijn

Het onderzoeksprogramma is weergegeven in tabel 2.

Tabel 2. Onderzoeksprogramma

Fase	Maand	Doseer-punt	Chemicaliën	Sturing
1	mrt-april'90	eerste trap	FeCl ₃	hand/schuif
2	mei	eerste trap	FeCl ₃	schuif
3	juni	proeven magnetische defosfatering		
4	juli-okt	eerste trap	FeCl ₃	schuif
5	nov	-	-	
6	dec-jan'91	tweede trap	Alton	schuif

De dosering vindt plaats in de toeloop van de eerste trap en bij de samenkomst van het afvalwater en retourslib in de tweede trap.

De fasen 1 en 2 zijn respectievelijk de opstart- en controlefase. In eerste instantie zal handmatig op de gemiddelde P-vracht worden gestuurd. Voor de gedoseerde hoeveelheid chemicaliën wordt in de beginsituatie, fase 1, uitgegaan van de volgende kengetallen:

- P-totaal, aanvoer 1989 50 ton/j
- P-totaal-influentconcentratie 14 mg/l
- Normale P-verwijdering 55 %
- Eis P-effluent (1995) 2 mg/l

Er is een P-verwijderingsrendement van $12/14 = 85 \%$ of meer vereist. Het Storarapport (2) hanteert hierbij een molaire Fe/P verhouding (β) van 1,25.

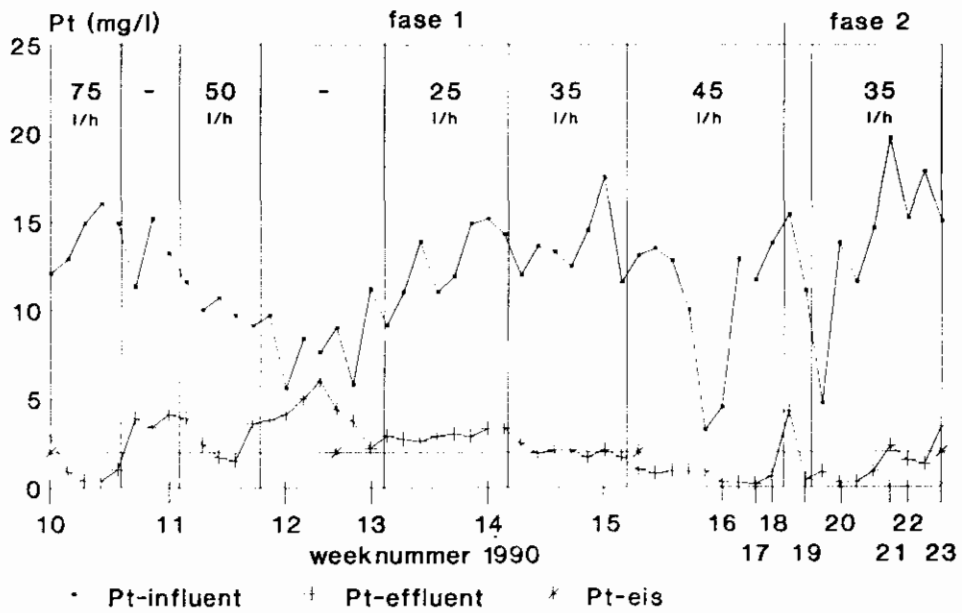
De continu-dosering zal op basis van DWA-aanvoer (475 m³/h) plaatsvinden. De hoeveelheden FeCl₃ (40%-oplossing, 200 g Fe³⁺/l) worden als volgt berekend:

$$\text{FeCl}_3: 1,25 * 56/31 * 14 * 475/200 = 75 \text{ l/h.}$$

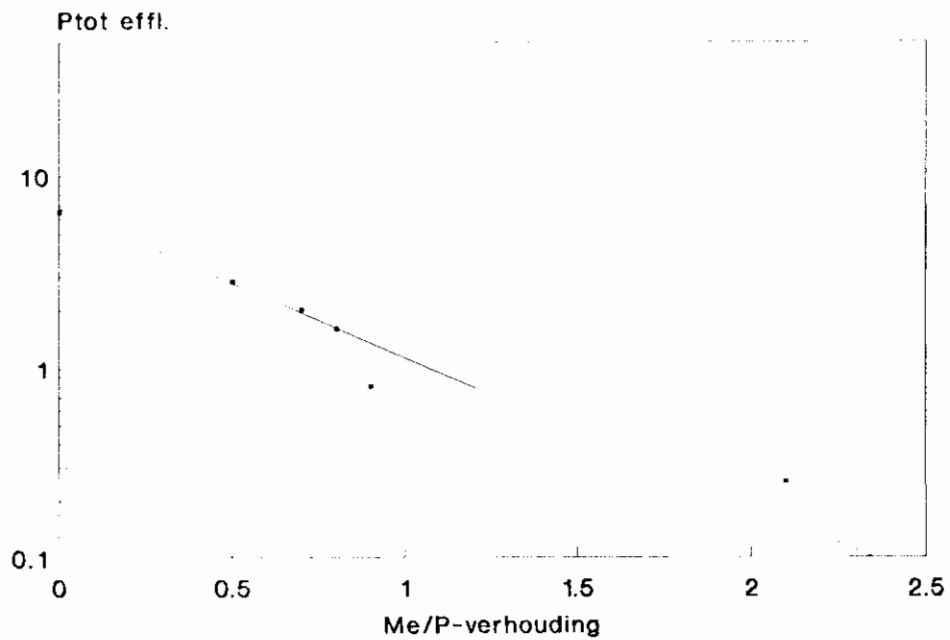
De Alton-dosering zal aan de hand van de resultaten van de FeCl₃-dosering worden bepaald.

Als uit de resultaten van fase 1 blijkt dat de continudosering problemen oplevert, dan zal de dosering gekoppeld worden aan de stand van de effluent-recirculatieschuif (200 m³/h) en wel volgens tabel 3.

Figuur 2. FeCl₃-dosering 1e trap
opstart- en controleperiode



Figuur 3. Verband tussen P_{tot}(effluent)
en de Me/P-verhouding



Tabel 3. Sturing chemicaliëndosering

Stand schuif*	Influent	Dosering
Open	< 275 m ³ /h	neen
Dicht	> 275 m ³ /h	ja

*) De schuif is niet traploos regelbaar.

3.2.2 Slibontwateringsproeven

Voordat met het defosfateringsonderzoek is gestart, zijn enkele slibontwateringsproeven uitgevoerd met uitgegist slib op een mobiele zeefbandpers. De pers en enkele kengetallen zijn weergegeven in bijlage 1. Deze proeven dienen als referentie bij de verandering van de slibontwateringseigenschappen als chemische defosfatering wordt toegepast. De duur van een run bedraagt 5 uur, waarbij de procesparameters niet veranderd worden. Tijdens elke proef worden 10 monsters van invoer en slibkoek genomen. Tevens worden op de slibontwateringsinrichting van de rwzi Veghel-Uden (Klein-zeefbandpersen) enkele ontwateringsproeven met uitgegist slib uitgevoerd. Deze dienen voor de representativiteit van de slibontwateringsproeven op de mobiele zeefbandpers. Tijdens fase 4 van het defosfateringsonderzoek zijn bovenstaande proeven herhaald.

3.2.3 Magnetische defosfatering

Smit Nijmegen BV heeft in de maand juni (fase 3) een onderzoek uitgevoerd met een magnetische defosfateringsinstallatie op pilot-plantschaal. De belangrijkste resultaten zullen in dit onderzoek vermeld worden.

3.2.4 Analyses

De analyses van de waterlijn zijn als volgt:

influent (incl.rec): CZV, NKj-N, NH₄-N, P(t), z.s.
afloop vbt : CZV, NKj-N, NH₄-N, P(t), z.s.
effluent : CZV, NKj-N, NH₄-N, NO₃-N, P(t), z.s.

Naast het routinematig dagelijks bepalen van het droge-stofgehalte van het actief slib, ingedikt slib en uitgegist slib wordt ook 1x per week de gloeirest van bovengenoemde slibsoorten bepaald.

4 Resultaten en discussie

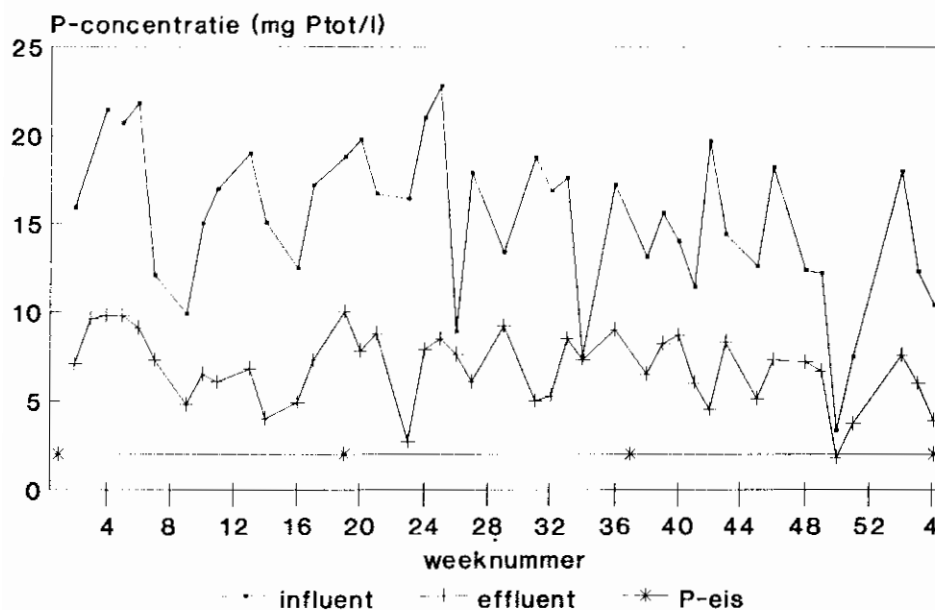
4.1 Fase 1 en 2

In de opstartfase is alleen gekeken naar de mogelijkheden om de gewenste en de minimale P(t)-effluentconcentratie te bereiken. Gegevens omtrent nitrificatierendement, slibproductie e.d. komen in paragraaf 4.2. aan de orde.

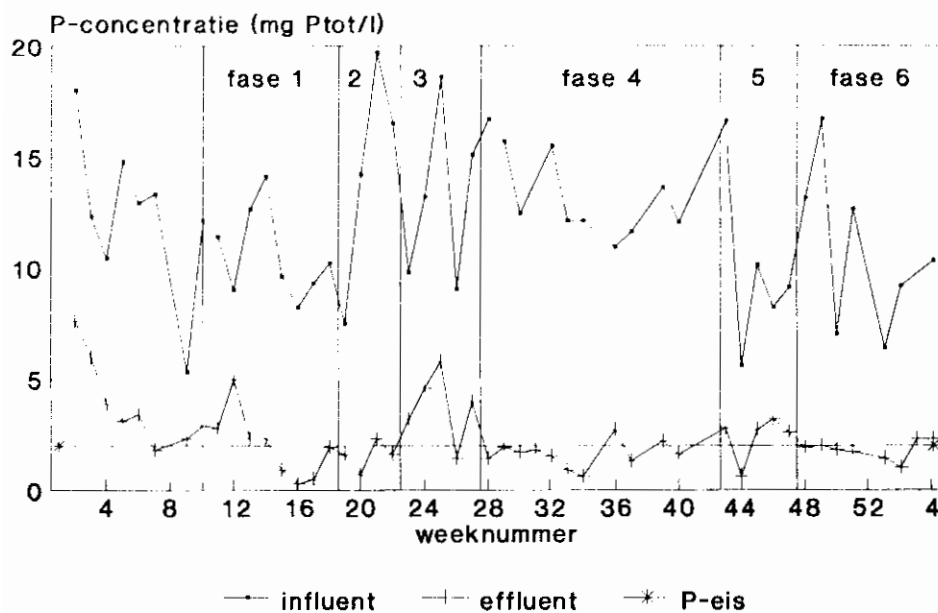
Het fosfaatverloop van influent en effluent gedurende de betreffende fasen is weergegeven in figuur 2.

In week 10 is gestart met de berekende dosering van 75 l FeCl₃/h continu. Dit geeft direct al zeer lage effluent-concentraties van gemiddeld 0,4 mg/l. Doordat op hand wordt gestuurd, wordt bij geringe aanvoer van afvalwater te veel FeCl₃ gedoseerd. De pH daalt dan snel tot het setpoint

Figuur 4. Verloop fosfaatconcentraties
(als P_{tot}) 1989



Figuur 5. Verloop fosfaatconcentraties
(als P_{tot}) 1990



van 6,5, waarna de dosering automatisch uitvalt. Na 5 dagen is de handdosering gestopt om de eerste trap te laten herstellen. Een neveneffect is de extra BZV-verwijdering in de eerste trap van 10-20 %. Verhoogde doorslag van zwevende stof naar de tweede trap, door de verhoogde slibproductie, in de tussenbezinktank treedt op; ca. 50-75 mg z.s./l, i.p.v. 30-40 mg z.s./l.

In week 11 is de dosering verlaagd naar 50 l/h ($Fe/P = 0,8-1$). De sturing is handmatig. De bereikte P(t)-effluent-concentratie is 1,5 mg/l. Ook nu treedt na 5 dagen een ontoelaatbare pH-daling op. Daarnaast wordt de BZV-wijdering in de eerste trap zo groot dat nadelige gevolgen voor de tweede trap ontstaan. Onvoldoende subtraat wordt in de tweede trap aangevoerd. Het slib mineraliseert vergaand zodat de normale N- en P-verwijdering in gevaar komt. Ook kan te weinig P-aanvoer (vooral bij een dosering van 75 l/h) limiterend werken op de groei van de biomassa in de tweede trap.

De lage P(t)-concentraties zijn al waarneembaar in de afloop tussenbezinktank. De P(t)-effluentconcentratie is bij bovenstaande $FeCl_3$ -doseringen zelfs iets hoger dan die van de afloop tussenbezinktank, wat duidt op een P-release onder aerobe condities en dus slibmineralisatie. Om bovenstaand verschijnsel te voorkomen is besloten de dosering te sturen op de effluentrecirculatiestroom.

In week 13 is gestart met een dosering van 25 l/h ($Fe/P = 0,5$). Hierbij wordt een P(t)-effluentconcentratie verkregen van 2,5-3 mg/l. Hierna zijn doseringen van 35 ($Fe/P = 0,7$) en 45 ($Fe/P = 0,9$) l/h onderzocht. De bereikte concentraties zijn respectievelijk 1,5-2,5 en 0,5-1 mg/l. Het verband tussen de Fe/P en de bereikte P(t)-effluentconcentratie is weergegeven in figuur 3. Hieruit blijkt een lineair verband tussen de dosering en de log P(t)-effluentconcentratie.

Bij deze doseringen komt nog regelmatig verhoogde zwevende-stofoverstort voor naar de tweede trap. Zodoende is de nitrificatie in de tweede trap niet stabiel.

Op het eind van week 17 blijken de keramische beluchtingselementen (domes) van de eerste trap verstopt te zijn. Er kan nauwelijks nog genoeg O_2 worden ingeblazen. De elementen hebben drie jaren zonder onderhoud gefunctioneerd. Of de $FeCl_3$ -dosering heeft bijgedragen aan het optreden van de verstoppingen kan met behulp van de resultaten in fase 4 worden beoordeeld. Uit de analysegegevens van schraapsel afkomstig van de domes blijkt het grootste deel uit zand te bestaan (bijlage 2).

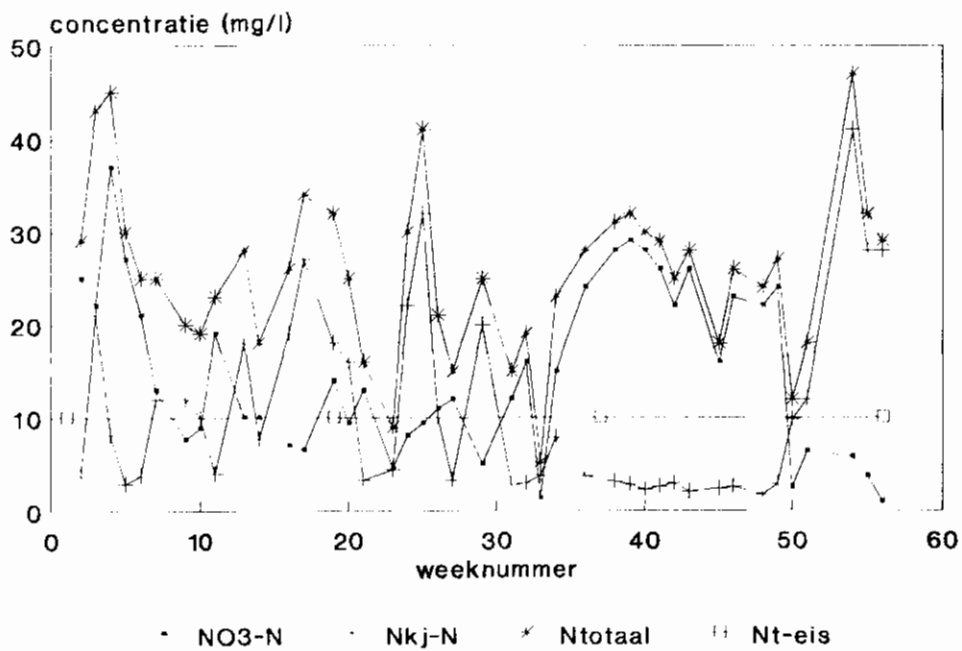
Uit de resultaten van de opstartfase komt naar voren dat een dosering van 35 l/h met sturing op de recirculatie-schuif voldoende is om de gewenste effluentconcentratie van maximaal 2 mg P(t)/l te bereiken en te handhaven. In week 18 zijn de domes van de eerste trap vervangen, waarna in week 19 de controlefase is opgestart met een $FeCl_3$ -dosering van 35 l/h. Tevens is ter vermindering van zwevende-stofdoorslag naar de tweede trap de bedrijfsvoering van de eerste trap gewijzigd; de O_2 -sturing is verhoogd van 0,5-1 naar 1,5-2 mg/l en het zwevende-stofgehalte is verlaagd van 2,5-3 naar 2 g/l.

De resultaten van de controlefase komen overeen met die in de opstartfase. P(t)-gehalten < 2 mg/l zijn goed haalbaar.

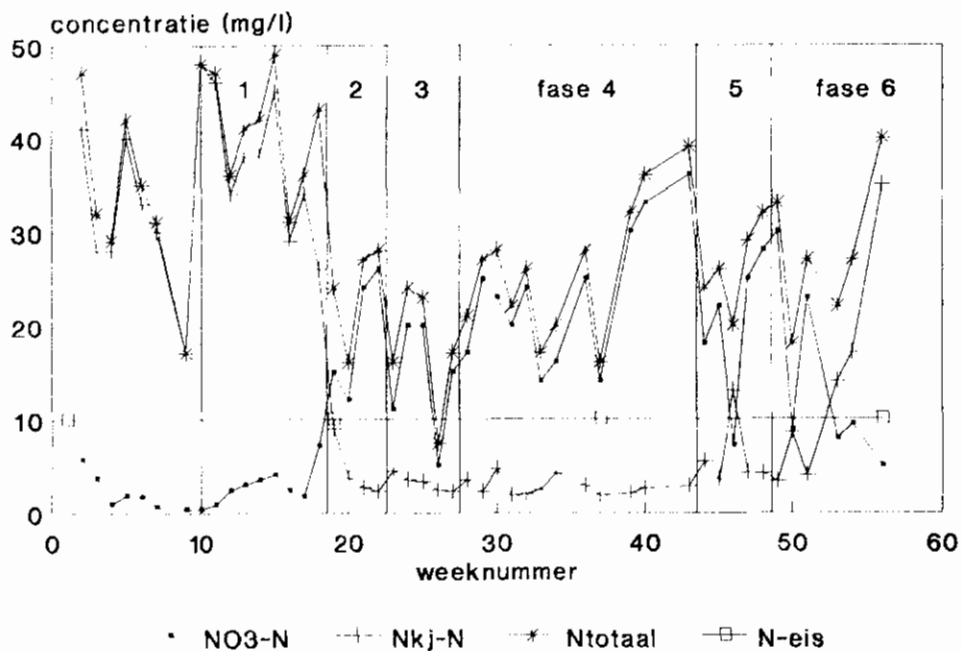
In week 23 is de dosering van $FeCl_3$ gestaakt vanwege experimenten met magnetische defosfatering.

In week 28 is de dosering weer opgestart. Uit de opstart- en controlefase blijkt door de vele, vaak dagelijkse 24-uurs-bemonsteringen, ondanks fluctuaties in de P(t)-influentconcentratie, de P(t)-effluentconcentratie

Figuur 6. Stikstofomzetting 1989



Figuur 7. Stikstofomzetting 1990



dermate stabiel te zijn, dat is besloten vanaf fase 4 en verder weer de voorgeschreven wettelijke bemonsteringsfrequentie van 3 keer per 4 weken te volgen.

4.2 Fase 4 en 6

4.2.1 Fosfaat

In de figuren 4 en 5 zijn de P(t)-concentraties weergegeven van influent en effluent over de jaren 1989 en 1990. Hieruit blijkt dat tijdens fase 4 de P(t)-effluentconcentratie varieert tussen 0,5 en 2,7 mg P(t)/l. Het gewogen gemiddelde bedraagt 1,5 mg P(t)/l (het zwevende-stofgehalte van het effluent is ca. 5 mg/l.)

Over dezelfde tijdsperiode in 1989 lag de gemiddelde effluentconcentratie op circa 7 mg P(t)/l.

Het verwijderingsrendement op basis van P(t) is gedurende fase 4 altijd minimaal 75 % geweest. Het gemiddelde verwijderingsrendement is 90 %.

Alton-dosering in de tweede trap (fase 6; 25 l/h, 4,5 l/kg P(t)) levert goede resultaten op aangaande het P(t)-verwijderingsrendement en de P(t)-concentraties in het effluent; respectievelijk 83 % en ca. 1,7 mg P(t)/l.

Fase 6 is vroegtijdig gestopt wegens verstoppingsproblemen. Dit als gevolg van een produktiefout bij de bereiding van de Alton-oplossing in Duitsland, waardoor kristallisatie is opgetreden in de opslagtank, de doseerpompen en het leidingwerk.

Alton-dosering op de eerste trap blijkt volgens laboratoriumonderzoek niet zinvol, omdat ca. 2x zoveel nodig is (in vergelijking tot FeCl_3) om hetzelfde P(t)-rendement te halen. Oorzaak hiervoor is de vorming van een grote hoeveelheid $\text{Al}(\text{OH})_3$ -neerslag.

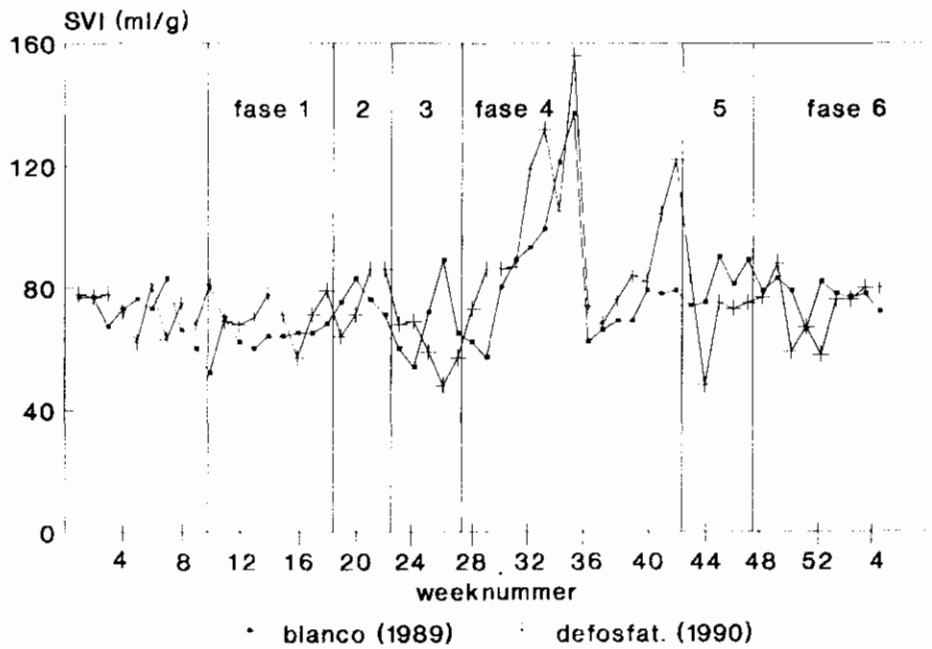
4.2.2 Stikstof

Het verloop van de effluentconcentraties aan stikstof is weergegeven in de figuren 6 en 7.

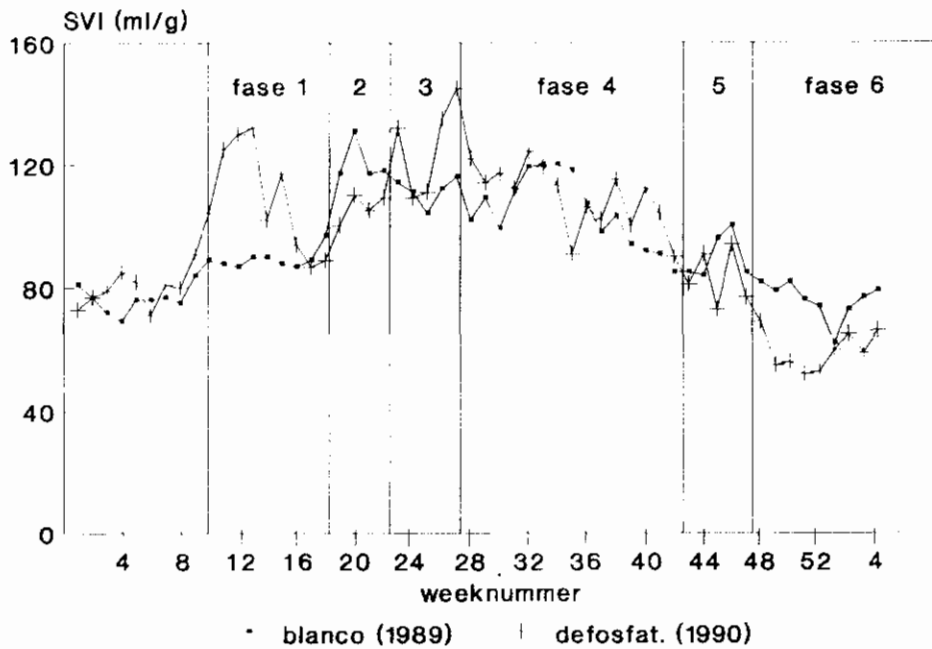
In de tweede aëratietank is vanwege een slibbelasting van 0,1 - 0,15 kg BZV_5/kg d.s. een goede stikstofomzetting in de zomerperiode mogelijk. Het effluent bevat 3 tot 8 mg NKj/l . In de winterperiode kan deze concentratie echter gedurende enkele maanden hoger komen te liggen. Als oorzaak kan de temperatuur en het optreden van een hoge hydraulische belasting gedurende de afgelopen twee jaren worden aangemerkt. Vooral dit laatste veroorzaakt een verstoring van de nitrificatie. Een verhoogd slibverlies van de eerste naar de tweede aëratietank geeft een toename van de spuislibhoeveelheid van de tweede trap. Hierdoor neemt de slibleeftijd af tot beneden de 10 dagen. Lage temperaturen werken vervolgens een snel herstel van het nitrificatie-proces tegen. Zo ook tijdens de eerste 10 tot 15 weken van 1990.

Aan het eind van fase 1 begint de stikstofomzetting goed op gang te komen en blijft vrijwel gedurende de gehele periode van FeCl_3 -dosering (fase 2 en 4) uitstekend. De NKj -effluent-concentratie is 2,5 - 5 mg/l; het nitrificatie-rendement 95 %. De slibdoorslag gedurende de FeCl_3 -dosering, ook tijdens RWA-dagen, is minimaal geweest; ca. 15 mg z.s./l in plaats van 30 z.s. mg/l. FeCl_3 -dosering in de eerste aëratietank heeft daarmee een positieve invloed op het nitrificatie-rendement. Een verhoging van de specifieke nitrificatiesnelheid is niet aangetoond. Deze blijft ca. 4,5 mg N/g z.s./h.

Figuur 8. Slibvolume-index eerste trap



Figuur 9. slibvolume-index tweede trap



Aan het einde van fase 6 daalt het nitrificatie-rendement. Dit is te wijten aan een combinatie van factoren.

- Verhoogde slibdoorslag vanuit de eerste aëratietank door excessieve regenval.
- Stijging van de slibproductie in de tweede aëratietank door de Alton-dosering en dus verlaging van de slibleeftijd.

In het algemeen geldt dat dosering van chemicaliën voor de defosfatering in de tweede aëratietank, een verhoging van de slibproductie aldaar inhoudt en daarmee slechts storend kan werken op het nitrificatieproces bij gelijkblijvende hydraulische verblijftijd.

4.2.3 Chloride en zware metalen

Tijdens fase 4 is, op tijdstippen dat géén recirculatie plaatsvond, 35 l/h aan 40 %-ige FeCl_3 -oplossing gedoseerd. Dit komt neer op een dagelijkse dosering van zo'n 500 liter FeCl_3 -oplossing ofwel 187 kg chloride. De Cl-effluentconcentratie neemt met 30 mg/l toe tot 130 mg/l. Deze Cl-concentratie is acceptabel aangezien deze maximaal 200 mg/l mag zijn. Door een eventuele toekomstige eis van maximaal 100 mg Cl/l kan dosering van FeCl_3 in het gedrang komen.

De zware-metalenconcentraties in het effluent: Cu, Cr, Zn, Pb, Cd en Ni, zijn door de chemicaliëndosering niet verhoogd.

4.2.4 pH

Het M-getal (alkaliteit of het zuurbindend vermogen) voor het influent en effluent bedraagt resp. 8,0 en 7,2 Mol/m³. De verwachting is dat de pH nauwelijks beïnvloed wordt door de chemicaliëndosering. De resultaten bevestigen deze verwachting. Het M-getal van het effluent bedraagt 3,5 - 5 Mol/m³. Pas beneden 2 Mol/m³ in het influent, is een extreme daling van de pH te verwachten (7).

De pH van het influent en effluent heeft gedurende de praktijkproef gevarieerd tussen 7,0 en 8,2 .

4.2.5 Slibbezinking

Het verloop van de SVI's van beide aëratietanks over de jaren 1989 en 1990 is weergegeven in de figuren 8 en 9.

In 1989 heeft de SVI van zowel de eerste als de tweede beluchtingstrap gevarieerd tussen respectievelijk 50-150 en 75-145 ml/g.

In fase 2 en 4 blijkt de SVI van de eerste aëratietank nauwelijks invloed te ondervinden van de FeCl_3 -dosering. De SVI van de tweede aëratietank is ten tijde van de FeCl_3 -dosering niet veranderd.

De Altondosering in fase 6 bewerkstelligt een geringe verbetering van de SVI. Deze daalt van 75 naar 60 ml/g. Het gevaar is aanwezig dat door de uitstekende SVI een slechte filtratiedeken in de nabezinktank ontstaat met als resultaat uitspoeling van zwevende stof.

4.2.6 Slibproduktie

De slibproduktie bij $FeCl_3$ -dosering wordt enerzijds bekeken op basis van het vers ingedikte slib, waarbij aangegeven wordt welk percentage afkomstig is van de eerste trap en anderzijds op basis van uitgegist slib.

Tabel 4: Slibproduktiecijfers over de periode van 9 juli t/m 21 oktober van 1989 en 1990.

	1989	1990
vers slib		
produktie (ton d.s.)	150	195
gloeirest (%)	32	36
afkomstig uit 1e trap (%)	75	82
specifieke slibproduktie (kg d.s./kg Δ CZV)	0,29	0,40
uitgegist slib		
produktie (ton d.s.)	110	145
gloeirest (%)	43	47
specifieke slibproduktie (kg d.s./kg Δ CZV)	0,21	0,30

Daar de CZV-belasting voor de referentieperiode in 1989 aanzienlijk hoger is geweest, moet de slibproduktietoename bekeken worden aan de hand van de specifieke slibproduktiecijfers. Uit bovenstaande tabel blijkt de extra (vers) slibproduktie 38 % te zijn. Na gisting is deze specifieke slibproduktietoename 43 %.

De gloeirest zou theoretisch volgens de extra anorganische slibproduktie circa 63 % moeten bedragen. Door een kortere slibverblijftijd in de gisting wordt de organische fractie minder vergaand afgebroken, zodat de werkelijke gloeirest 47 % is.

De slibproduktietoename ten gevolge van de Alton-dosering is moeilijk te schatten. Fase 6 heeft te kort geduurd en het aantal RWA-dagen gedurende deze periode is hoog geweest, waardoor extra veel primair slib is aangevoerd.

4.2.7 Biogasproductie

In tabel 5 zijn gegevens opgenomen van de biogasproductie. Tevens zijn belangrijke parameters voor het gistingsproces vermeld.

Tabel 5: Gegevens biogasproductie voor de periode van 9 juli tot en met 21 oktober voor de jaren 1989 en 1990.

	1989	1990
biogasproductie (m ³ /dag)	680	650
specifieke gasproductie (l/kg Δ org. d.s.)	1730	1410
parameters gistingsproces		
verblijftijd (dagen)	51	39
temperatuur (°C)	± 33	± 33
toegevoerde hoeveelheid org. droge stof (kg/dag)	980	1190
gistingsrendement (%) op basis van org. d.s.	40	39

De specifieke gasproductie is ten tijde van de chemische defosfatering met ca. 15 % afgenomen. Een verklaring hiervoor is de verlaging van de slibverblijftijd in de gisting. Daar naast de toegevoerde hoeveelheid anorganische droge stof ook de organische droge stof naar de gisting is toegenomen, ligt de dagelijkse biogasproductie op het zelfde niveau.

4.2.8 H₂S-concentratie in het biogas

Aangezien het biogas op de rwzi Vinkel gebruikt wordt voor het opwekken van eigen energie is het van belang het H₂S- gehalte beneden 300 ppm te houden om corrosie van de TE-installaties te voorkomen. Voor dit doel werd in 1989 130 tot 150 l FeCl₃-oplossing (40 %) per week aan het spuislib toegevoegd.

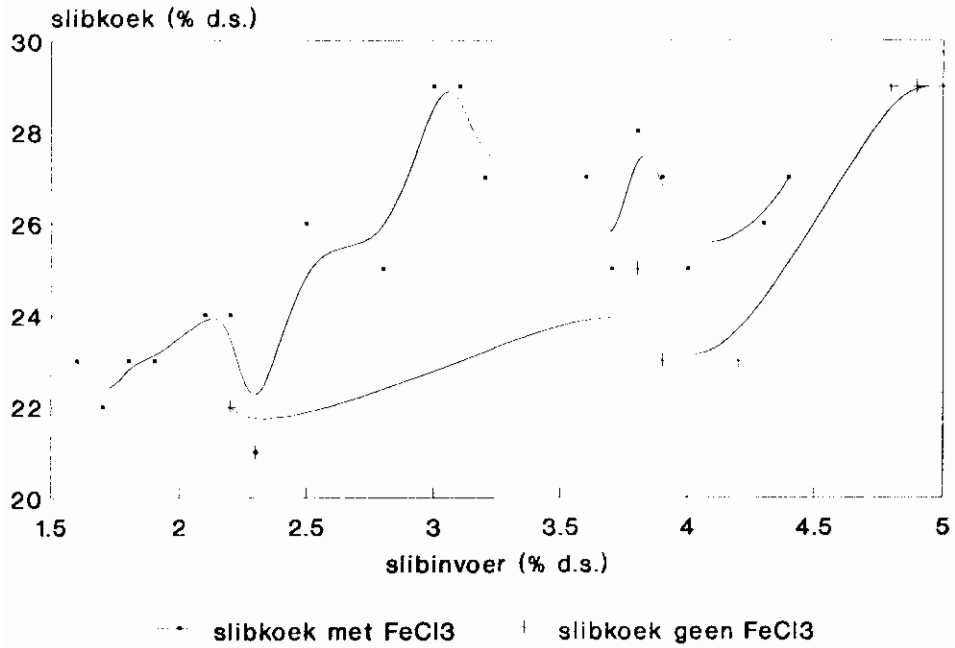
Tijdens de chemische defosfatering met FeCl₃ in de eerste aëratietank is de overmaat aan ijzer zodanig, dat het H₂S-gehalte in het biogas steeds beneden de 50 ppm is. Defosfateren met Alton leidt tot een verhoging van het H₂S-gehalte in het biogas: > 600 ppm. Aanvullende dosering van FeCl₃ in de gisting is noodzakelijk.

4.2.9 Drukmetingen beluchtingselementen

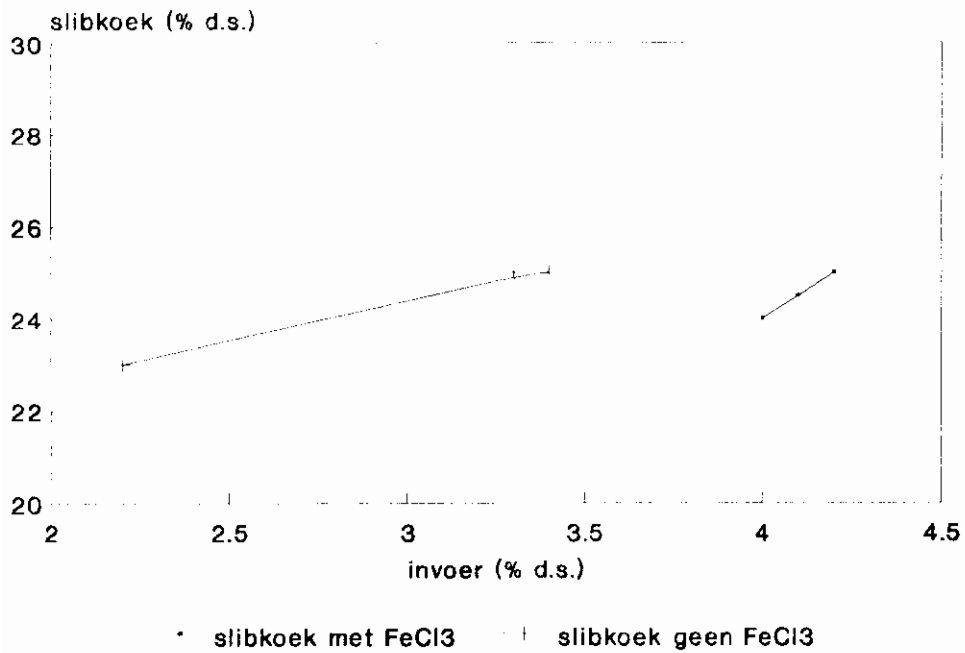
De beluchtingselementen (domes) van de eerste trap zijn op 2 mei 1990 vernieuwd.

Om vast te stellen of chemische precipitatie van fosfaten aanleiding geeft tot het sneller verstoppn van beluchtingselementen, zijn vanaf mei 1990 drukmetingen uitgevoerd. Hierbij is de drukval over de elementen van zowel de eerste als de tweede beluchtingstrap (inclusief indompeldiepte) bepaald bij minimale en maximale luchtbelasting (zie tabel 6).

Figuur 10. Slibontwatering mobiele pers



Figuur 11. Slibontwatering pers V-Uden



Tabel 6: Resultaten van de drukmetingen over de beluchtingselementen van de eerste en tweede beluchtingstrap.

datum	eerste trap luchtbelasting		tweede trap luchtbelasting	
	minimaal	maximaal	minimaal	maximaal
	stand blowers 4: ET	stand blowers 4: ET 3: HT	stand blowers 1: LT	stand blowers 1: HT 2: HT
	druk mbar	druk mbar	druk mbar	druk mbar
04-05-1990	374	390	386	425
05-07-1990	374	400	384	424
14-09-1990	372	400	384	430
27-11-1990	374	406	390	446
25-01-1991	374	410	390	458
07-03-1991	382	424	400	488

ET: enkel toeren LT: laag toeren HT: hoog toeren

De druktoename over de beluchtingselementen van de 1e aëratietank bij maximale luchtbelasting bedraagt ca. 35 mbar per jaar. Dit is normaal zodat geen negatieve invloed van de FeCl₃-dosering is vast te stellen. Deze resultaten stemmen overeen met andere ervaringen in binnen- en buitenland (4).

4.3 Slibontwateringsproeven

4.3.1 Mobiele pers

Als referentie zijn ontwateringsproeven uitgevoerd met uitgegist slib zonder chemisch fosfaatslib. Het betreft hier 24 effectieve bedrijfsuren van de zeefbandpers. De ontwaterbaarheid van het uitgegiste slib met fosfaatslib is gedurende 18 effectieve bedrijfsuren bekeken. De resultaten zijn weergegeven in figuur 10, waarbij de resultaten verkregen bij gelijke droge-stofinvoerpercentages uit- gemiddeld zijn. Zo vertegenwoordigen de uitgezette punten clusters van 2 tot 8 monsters. Uit de resultaten blijkt een marginale verbetering van de slibontwatering met 5 % .

4.3.2 Slibontwatering rwzi Veghel-Uden

Op de rwzi Veghel-Uden zijn ontwateringsexperimenten uit- gevoerd met uitgegist slib van rwzi Vinkel. Daarbij zijn 24 effectieve draaiuren gemaakt zonder fosfaatslib en 18 effectieve draaiuren met fosfaatslib. De belangrijkste resultaten en procescondities zijn weergegeven in figuur 11.

Aangezien de droge-stofgehaltenes van het ingevoerde uitgegiste slib erg constant zijn, is de variatie in de droge-stofbelasting van de zeefbandpersen klein geweest.

Tijdens de referentiefase en de defosfateringsfase zijn respectievelijk de droge-stofinvoer: 2,2, 3,3, 3,4 en 4,0 4,1, 4,2 %. Elk punt in deze figuur representeert een gemiddelde van 5 tot 10 monsters.

Vergelijking van de droge-stofresultaten van de slibkoekmonsters, van voor en tijdens de defosfateringsfase, wordt door het verschil in droge-stofinvoer bemoeilijkt.

Wel mag er vanuit worden gegaan dat een hogere droge-stofinvoer potentieel, onder gelijke procescondities, een hogere droge-stofuitvoer bewerkstelligt.

De tendens is dat het uitgegist slib tijdens de defosfateringsfase niet beter ontwatert. De laatste experimenten verlopen zo slecht (slechte voorontwatering en bandversmering), dat het invoerdebiet is teruggedraaid van 10 naar 6 m³/h. Dosering van meer polymeer biedt geen oplossing. Het gebruikte polymeer lijkt een bepalende factor voor het verkrijgen van een goed eindresultaat. Bij de mobiele pers wordt Praestol 655 BC gebruikt en op de rwzi Veghel-Uden Cyanamid C 496. Praktijkervaring wijst uit dat eerstgenoemde polymeer beter functioneert bij uitgegist slib. Uit praktische overwegingen is het niet mogelijk gebleken op de rwzi Veghel-Uden over te schakelen op deze polymeer.

Resumerend kan gesteld worden dat uitgegist slib tijdens chemische defosfatering geen betere slibontwateringseigenschappen heeft dan voor de defosfateringsfase. Dit betekent dat het redelijk is te veronderstellen dat het slibkoekvolume na ontwateren evenredig toeneemt met de extra slibproductie na vergisting door chemische defosfatering.

De resultaten komen overeen met de recentste inventarisatiestudie van de STORA(5).

4.4 Magnetische defosfatering

Smit Nijmegen heeft in de periode 19 juni - 10 juli 1990 semi-technische testen uitgevoerd met magnetische defosfatering. De doelstellingen zijn:

- a. Aantonen, dat zonder voorafgaande simultane defosfatering met magnetische separatie lage P-eindconcentraties worden bereikt. Streefwaarde is 0,5 mg/l.
- b. Vaststellen in hoeverre het P-gehalte in het effluent kan worden gereduceerd wanneer reeds simultaan P wordt verwijderd.
- c. Vaststellen van de toepassingsmogelijkheden van magnetische defosfatering als deelstroombehandeling van het effluent van de eerste beluchtingstrap.
- d. Optimaliseren van de procescondities, inclusief chemicaliënverbruik.

4.4.1 Uitvoering

De beschrijving van de opstelling en werking van de mobiele proefinstallatie is weergegeven in (1) Tijdens de testperiode is er sprake van zowel DWA- als RWA-situaties.

De testen zijn uitgevoerd voor de volgende situaties:

- | | | |
|-----------------------------|-----|-----------------------------------|
| 1. Effluent(-simultaan) | met | kalk |
| 2. idem | | FeCl ₃ |
| 3. Effluent tbt(-simultaan) | | kalk + (CO ₂ strippen) |
| 4. idem | | FeCl ₃ |
| 5. Effluent(+simultaan) | | FeCl ₃ |

Een duurproef bestaat uit 8 runs achter elkaar, die onder gelijke procescondities worden uitgevoerd.

Alle testen zijn uitgevoerd met een magnetietdosering van 1 kg/m³. Het magnetiet (code 48F) bestaat uit deeltjes met een diameter van 0-63 µm. Als vlokmiddel is Praestol 2540, een matig kationogene polymeer, toegepast.

4.4.2 Conclusies

De belangrijkste conclusies van het onderzoek zijn:

1. Magnetische defosfatering kan worden toegepast voor het bereiken van P(t)-eindconcentraties < 0,5 mg/l.
2. Magnetische defosfatering van het effluent kan worden uitgevoerd met kalk en FeCl₃ als precipitatiemiddel. De procescondities en zuiveringseffecten van beide middelen zijn in onderstaand schema samengevat.

	Kalk	FeCl ₃
dosering	200-300 g/m ³	Fe/P = 3
pH	10	n.v.t.
PE-dosering	1 g/m ³	
P(t)-eindconcentratie	ca. 0,4 mg/l	ca. 0,3 mg/l
Neutralisatie	ja	nee

De berekende extra slibproductie kan bij kalk en FeCl₃ respectievelijk 100-200 % en 50 % zijn.

3. Vergaande P-verwijdering, tot eindwaarden van 0,1 mg/l P(t) kan worden bereikt als ook simultane defosfatering in de eerste trap plaatsvindt.
4. Magnetische defosfatering met kalk of FeCl₃ kan worden toegepast voor de P-verwijdering uit het effluent van de tussenbezinker. De verschillen zijn aangegeven in onderstaand schema.

	Kalk	FeCl ₃
dosering		
DWA	> 400 g/m ³	Fe/P = 3
DWA, na strippen	300 g/m ³	n.v.t.
pH	11	n.v.t.
PE-dosering	1 g/m ³	0,5 g/m ³
P(t)-conc. (na magn.)	0,3-0,8 mg/l	0,4 mg/l
CZV-reductie	35 %	60 %
Neutralisatie	ja	nee

4.5 Evaluatie

De belangrijkste resultaten van de praktijkproef in vergelijking met de normale procescondities zijn weergegeven in tabel 7.

Tabel 7: De resultaten van de praktijkproef

		voor defosfatering	tijdens defosfatering
CZV-effluent	mg/l	64	40
NKj-effluent	mg/l	7,4	2,5
NO ₃ -N-effluent	mg/l	16,7	22,6
P(t)-effluent	mg/l	7,4	1,5
z.s.-effluent	mg/l	5,0	4,2
SVI eerste trap	ml/g	90	97
SVI tweede trap	ml/g	110	109
slibproductie	%	100	143

Met de gebruikte Fe/P-verhoudingen voor de opstart- en stationaire fase wordt met behulp van de formules van Tessel (9) de theoretisch berekende P(t)-effluentconcentratie vergeleken met de praktijkwaarden. Deze zijn weergegeven in tabel 8.

Tabel 8: Relatie Fe/P-P(t)-effluentconcentratie

toegepaste Fe/P- verhouding (β)	onderzoeks- fase	P(t)-effluentconcentratie (mg P(t)/l)	
		praktijk	berekend
2,0 - 2,2	1	< 0,5	0,2
0,9	1	0,5 - 1,0	1,3
0,8	1	1,5 - 1,8	2,1
0,7 - 0,8	1, 2 en 4	1,5 - 2,5	1,9 - 2,1
0,5	1	2,5 - 3,0	2,5

Hieruit blijkt dat de berekende P(t)-effluentconcentraties redelijk goed in overeenstemming zijn met de in de praktijk gevonden P(t)-effluentconcentraties. De formules van Tessel kunnen ook voor tweetrapsinrichtingen worden gehanteerd.

Als de toekomstige P(t)-eis voor effluent van rwzi's kleiner dan 100.000 i.e. komt te liggen bij 2 mg P/l op basis van een voortschrijdend gemiddelde van 10 opeenvolgende monsters, dan betekent dit dat gestreefd moet worden naar een (gewogen) jaargemiddelde van 1 mg P/l.

Voor de rwzi Vinkel houdt dit in dat de huidige FeCl₃-dosering van 35 l/h in de toekomst moet worden verhoogd naar 45 l/h.

Ten tijde van het praktijkonderzoek was nog niet duidelijk of het gewogen of voortschrijdend gemiddelde als richtlijn voor de P(t)-effluentconcentratie moest worden gehanteerd. Voor het 75⁺-scenario

is dit ook niet direct van belang.

De totale globale kosten (investering, exploitatie en extra slibontwateringskosten) van de chemische defosfatering met FeCl_3 bedragen ca. fl. 7,--/i.e./j. De kosten van de magnetische defosfatering bedragen ongeveer het dubbele.

Bovengenoemde kosten komen goed overeen met diverse berekeningen uit landelijke inventarisatiestudies betreffende defosfateringstechnieken (3).

5 Conclusies

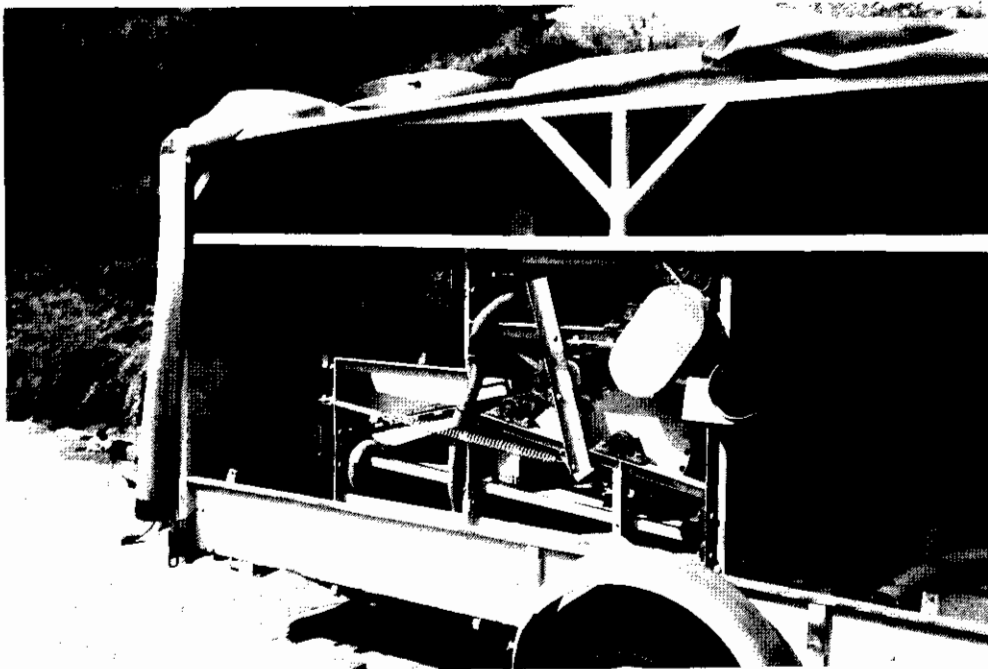
De conclusies van het praktijkonderzoek zijn:

1. De vereiste P(t)-effluentconcentratie van 2 mg/l op basis van een gewogen gemiddelde is haalbaar met chemische defosfatering bij een dosering met een molaire Fe/P-verhouding van 0,8. Op basis van een voortschrijdend gemiddelde van 2 mg P(t)/l moet een Fe/P-dosering van 1 worden ingesteld.
2. De processtabiliteit wordt bij Fe-dosering op de eerste trap verhoogd; een nitrificatie > 95 % is mogelijk.
3. Er zijn geen negatieve effecten op de SVI waar te nemen.
4. De specifieke biogasproductie neemt met circa 15 % af ten gevolge van een daling van de slibleeftijd in de gisting.
5. Altondosering in de tweede trap tast de stabiliteit van de nitrificatie aan.
6. De extra specifieke slibproductie bedraagt na gisting ca. 45 %
7. De slibontwateringseigenschappen veranderen niet of nauwelijks, waardoor met evenredige toename van het slibkoekvolume moet worden gerekend.
8. Chemische defosfatering levert geen aantoonbare bijdrage aan het verstoppert van de keramische beluchtingselementen.
9. Vergaande fosfaatverwijdering door middel van de magnetische defosfatering is goed mogelijk, maar brengt een nog hogere extra slibproductie en nog hogere kosten met zich mee.

6 Literatuur

1. Anonymus, Magnetische defosfatering op de rwzi Vinkel, Smit Nijmegen, nov. 1990.
2. STORA, Chemische defosfatering, mei 1981.
3. Witteveen & Bos en DWB/RIZA, Knelpunten bij invoering van defosfatering, Rapport L 1.s.65.1, februari 1989.
4. STORA, Verstopping van beluchtingselementen. Mogelijke relatie met simultane defosfatering?, Programma PN-1992, augustus 1991.
5. STORA, Werking en neveneffecten van simultane defosfatering in actief-slibsystemen, Programma PN-1992, augustus 1991.
6. Lehmkuhl, J., Phosphor Eliminierung durch alkalische Simultanfällung, Deutsche Nalco-Chemie GmbH, aug. 1989.
7. Oldenbourg, R., Untersuchungen zur Bedeutung der Säurekapazität bei Belebungsanlagen mit Nitrifikation und Simultanfällung, GWF Wasser Abwasser (130) 1989, nr.5, blz. 229-234.
8. Tessel, P.J., Chemisch defosfateren van communaal afvalwater; een evaluatie, H₂O (24) 1991, nr.13, blz. 340-345.

Mobiele pers



kengetallen

invoer	1 m ³ /h
p.e. dosering	2-6 g/kg d.s.
bandbreedte eff.	0,75 m

Analysegegevens van schraapsel afkomstig van de keramische domes van de eerste trap

P(t) mg/kg d.s.	Fe mg/kg d.s.	Mg mg/kg d.s.	Ca mg/kg d.s.	indamprest %	gloeirest %
420	5.800	43	490	64	96

