

Chemisch defosfateren van communaal afvalwater; een evaluatie

Inleiding

Voordat meer geavanceerde defosfateringstechnieken op grote schaal zullen zijn ingevoerd, zal het chemisch defosfateren nog veel worden toegepast. Bij het Zuiveringsschap Veluwe wordt al vanaf het begin van de jaren zeventig chemische defosfatering van afvalwater in praktijk gebracht. Over de bereikte praktijkresultaten is verschillende malen gepubliceerd, laatstelijk in 1988 [1] en 1990 [2].



I.R. P. J. TESSEL
Hoofd waterkwaliteitsbeheer
Zuiveringsschap Veluwe

In dit artikel zijn de meest recente praktijkresultaten van een viertal rwzi's weergegeven. Daarnaast worden enkele beschouwingen gepresenteerd op basis waarvan voorspellingen kunnen worden gedaan over de resultaten van het chemisch defosfateren in het algemeen.

In beschouwing genomen rwzi's

Hoewel het Zuiveringsschap Veluwe ook chemische defosfatering toepast op oxydatiebedinstallaties zijn alleen de resultaten van de volgende vier actief-slibinstallaties in beschouwing genomen:

1. De rwzi te Elburg (capaciteit 130.000 i.e. à 136 g TZV/etmaal)
Deze installatie was tot en met 1988 in bedrijf als een tweetrapsinrichting bestaande uit twee hoogbelaste oxydatiebedden gevolgd door een hoogbelaste actief-slibtank. Gedurende 1988 is de rwzi omgebouwd tot een ééntrapsinstallatie bestaande uit voorbezinking en een carrousel met een ontwerp-slibbelasting van 0,058 kg BZV/kg DS x dag (betrokken op slib met circa 25% gloei-rest). De dosering van de defosfateringschemicaliën vindt plaats zowel in de oploop van de voorbezinking als in de carrousel.

2. De rwzi te Epe (capaciteit 55.000 i.e. à 136 g TZV/etmaal)
Het betreft een actief-slibinstallatie zonder voorbezinking met een ontwerp-slibbelasting van 0,10 kg BZV/kg DS x dag. Begin juni 1982 is de chemische defosfatering gestart. De rwzi was in het midden van de jaren tachtig sterk overbelast. Deze situatie is zodanig gewijzigd dat de installatie nu weer tot onder de ontwerp-capaciteit is belast.

3. De rwzi te Harderwijk (capaciteit 260.000 i.e. à 136 g TZV/etmaal)
Deze inrichting is in 1978 omgebouwd tot

Samenvatting

Geëvalueerd zijn de meerjarige praktijkervaringen met chemische defosfatering op een viertal actief-slib rwzi's. Geconcludeerd kan worden dat er een lineair verband bestaat tussen de logaritme van het gehalte aan opgelost fosfor in het effluent en de toegepaste metaaldosering betrokken op de fosforvrucht in het influent (de molaire Me/P-verhouding). Er is een eenvoudig rekenmodel ontwikkeld waarmee voor rwzi's het defosfateringsresultaat kan worden voorspeld. Uit dit model blijkt dat naast de Me/P-verhouding de P/CZV-verhouding in het influent en de droogrest in het effluent een belangrijke rol spelen. Onlangs is voor effluënten van grotere rwzi's een P-totaal eis geformuleerd van 1,0 mg/l als maximum in het voortschrijdende gemiddelde van 10 opeenvolgende waarnemingen. Voor het voldoen aan deze eis is op basis van het genoemde rekenmodel een molaire Me/P-verhouding van circa 3 noodzakelijk. Een dergelijk hoge Me/P-verhouding kan onaanvaardbare verstoringen op (bestaande) rwzi's veroorzaken.

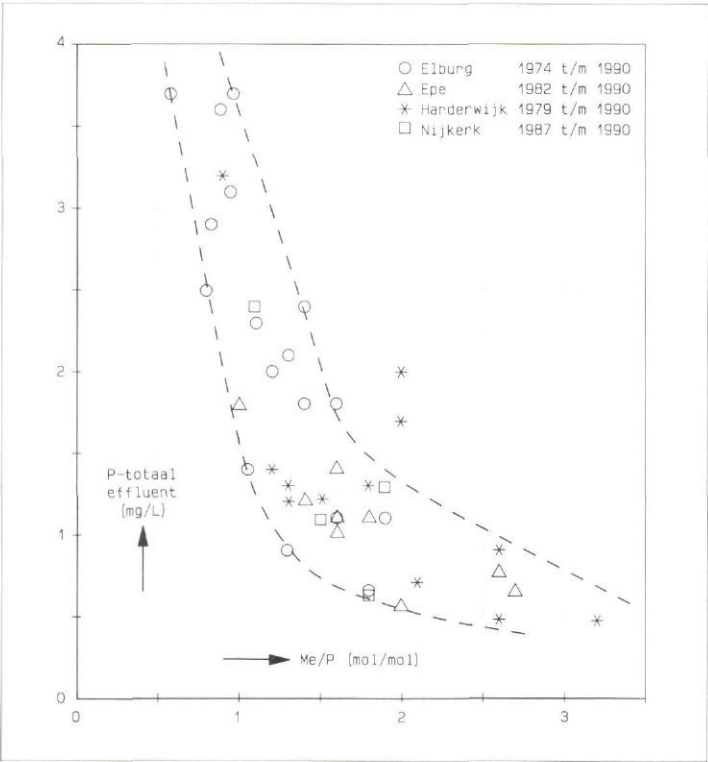
TABEL I – Belangrijkste defosfateringsgegevens van 4 rwzi's bij het Zuiveringsschap Veluwe.

Rwzi	Jaar	Me/P (mol/mol)	Effluentgehalten (mg/l)		Toegepaste chemicaliën*
			P-totaal	Droogrest	
Elburg	1974	0,58	3,7	9	3
	1975	0,80	2,5	17	3
	1976	0,97	3,7	12	3
	1977	0,83	2,9	16	3
	1978	0,95	3,1	20	3
	1979	1,05	1,4	12	3
	1980	0,89	3,6	9	3
	1981	1,3	2,1	8	3
	1982	1,4	1,8	11	3
	1983	1,3	0,9	12	3
	1984	1,6	1,8	19	3 + 1**
	1985	1,1	2,3	26	3 + 6 + 1
	1986	1,2	2,0	30	3
	1987	1,4	2,4	28	3 + 7
	1988	1,9	1,1	17	3 + 7
Epe	1989	1,6	1,1	17	4 + 3
	1990	1,8	0,66	10	4 + 3
	1982***	1,0	1,8	10	1
	1983	1,4	1,2	18	1
	1984	1,6	1,0	35	1 + 6
	1985	1,8	1,1	36	1 + 6
	1986	1,6	1,1	37	4 + 1 + 6
	1987	1,6	1,4	32	4 + 3 + 6
	1988	2,7	0,75	20	3 + 4 + 6
	1989	2,0	0,55	16	1 + 6
Harderwijk	1990	2,6	0,77	23	1 + 6
	1979	0,9	3,2	9	1 + 2
	1980	1,5	1,2	11	1 + 2
	1981	1,3	1,3	7	1 + 2
	1982	1,2	1,4	8	1 + 2
	1983	1,3	1,2	9	1 + 2
	1984	2,0	1,7	26	1 + 2 + 5
	1985	1,8	1,3	8	1 + 5
	1986	2,0	2,0	33	5 + 4 + 1
	1987	2,6	0,89	20	5 + 4
	1988	3,2	0,46	10	5 + 4
	1989	2,1	0,70	10	5
Nijkerk	1990	2,6	0,48	8	5
	1987	1,1	2,4	26	4 + 3
	1988	1,9	1,3	25	4
	1989	1,5	1,1	19	4 + 3
	1990	1,8	0,63	14	3 + 4

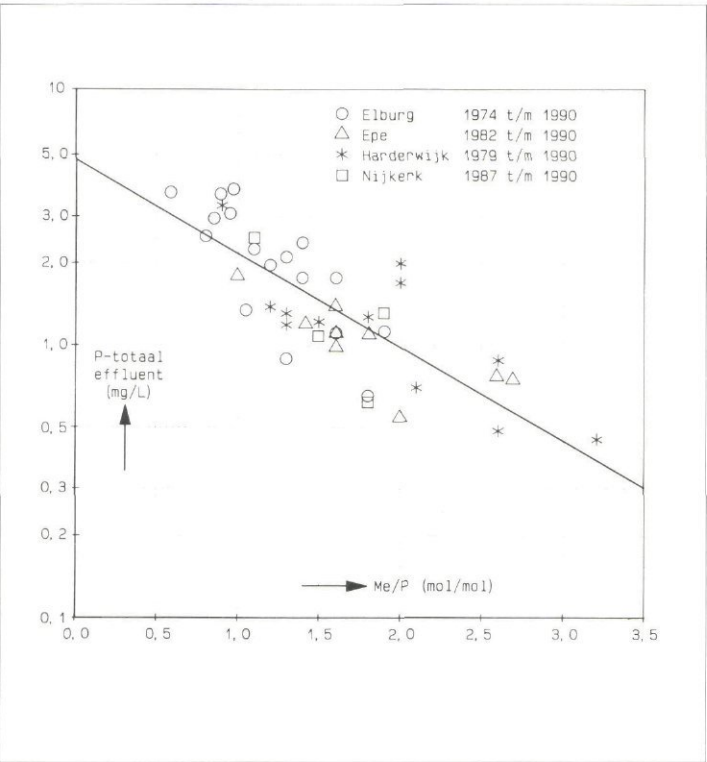
* 1. FeSO₄·7H₂O
2. CaO (pH-correctie)
3. FeCl₃
4. Afval Al-chloride (katalysatorvloeistof)
5. Afval Al-sulfaat (anodiseerindustrie)
6. Afval Al-matrijzenbeits
7. Organische polymeren

** De hoofchemicalie staat als eerste vermeld.
De nevenchemicaliën (proeven of reserve)
staan als tweede of derde vermeld.

*** juli t/m december



Afb. 1 - P-totaal effluent versus de toegepaste Me/P-verhouding.



Afb. 2: Log P-totaal effluent versus de toegepaste Me/P-verhouding.

een tweetrapsinstallatie. Na de voorbezinking wordt circa 2/3 deel van het afvalwater vóórbehandeld via oxydatiebedden waarna het in een carrousel wordt nabehandeld. Circa 1/3 deel van het vóórbezonden afvalwater wordt rechtstreeks naar de carrousel geleid. De carrousel heeft een ontwerpslibbelasting van 0,060 kg BZV/kg DS x dag (betrokken op slib met 25% gloeirest). De dosering van de defosfateringschemicaliën vindt plaats zowel in de oploop van de voorbezinking als in de carrousel.

4. De rwsz te Nijkerk (capaciteit 70.000 i.e. à 136 g TZV/etmaal) Deze rwsz is in 1986/1987 omgebouwd en is nu in bedrijf als ééntropsinstallatie met voorbezinking en een carrousel met een ontwerpslibbelasting van 0,053 kg BZV/kg DS x dag (betrokken op slib met 25% gloeirest).

De dosering van de defosfateringschemicaliën vindt plaats zowel in de oploop van de voorbezinking als in de carrousel.

P-totaal in effluent versus de toegepaste Me/P-verhouding

In de praktijk van het chemisch defosfateren op rwsz's wordt de dosering van aluminium of ijzer veelal gekoppeld aan de P-totaal vracht in het influent. Op basis van de molaire metaal/fosforverhouding (Me/P) wordt getracht het defosfateringsproces op een rwsz te sturen

en de defosfateringsresultaten van verschillende rwsz's met elkaar te vergelijken. Tabel I geeft een overzicht van de belangrijkste defosfateringsgegevens van de vier genoemde rwsz's (1990 tot eind oktober).

In afb. 1 zijn voor de in totaal 42 bedrijfsjaren uit tabel I de jaargemiddelde Me/P-verhouding en het jaargemiddelde P-totaal gehalte in het effluent van de vier betrokken rwsz's lineair tegen elkaar uitgezet. In afb. 1 wijken 2 bedrijfsjaren duidelijk af van de rest. Het betreft de rwsz Harderwijk in 1984 en 1986 met droogrestgehalten in het effluent van respectievelijk 26 en 34 mg/l.

TABEL II – Detailgegevens defosfatering rwsz Epe

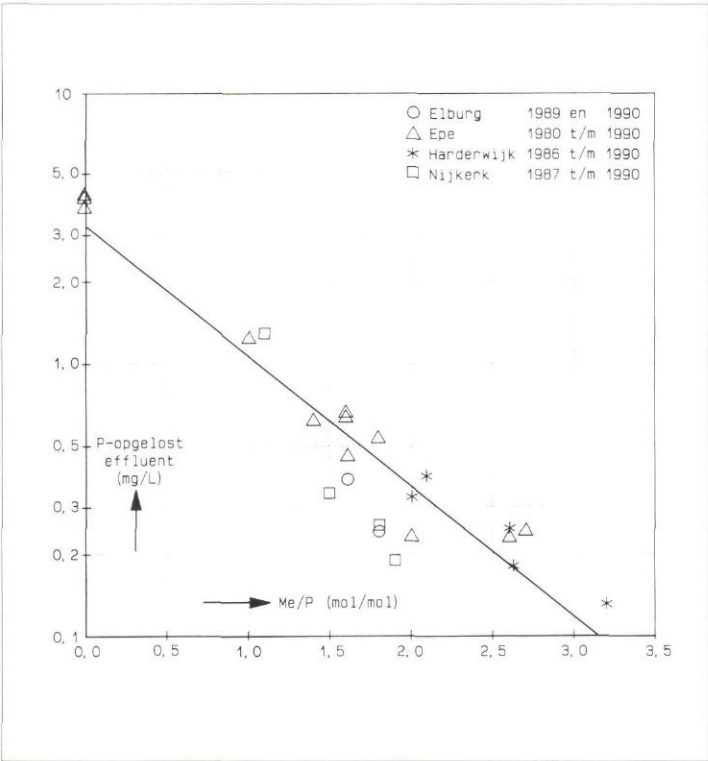
Jaar	Influentgegevens		Metaaldosering		Effluent
	P-totaal (mg/l)	P/CZV (%)	mol Fe mol Fe + Al	mol Me mol P	P-opgelost (mg/l)
1980	9,7	1,37	n.v.t.	0,0	4,0
1981	9,0	1,27	n.v.t.	0,0	3,6
1982*	9,6	1,26	n.v.t.	0,0	3,9
1982**	11,7	1,42	1,00	1,0	1,2
1983	10,2	1,53	1,00	1,4	0,60
1984	10,9	1,41	0,86	1,6	0,65
1985	11,0	1,26	0,82	1,8	0,52
1986	12,9	1,33	0,30	1,6	0,45
1987	10,9	1,44	0,27	1,6	0,61
1988	8,5	1,58	0,41	2,7	0,24
1989	10,5	1,66	0,62	2,0	0,23
1990	8,4	1,43	0,64	2,6	0,23
gemiddeld	10,3	1,41	-	-	-

* januari t/m mei ** juli t/m december

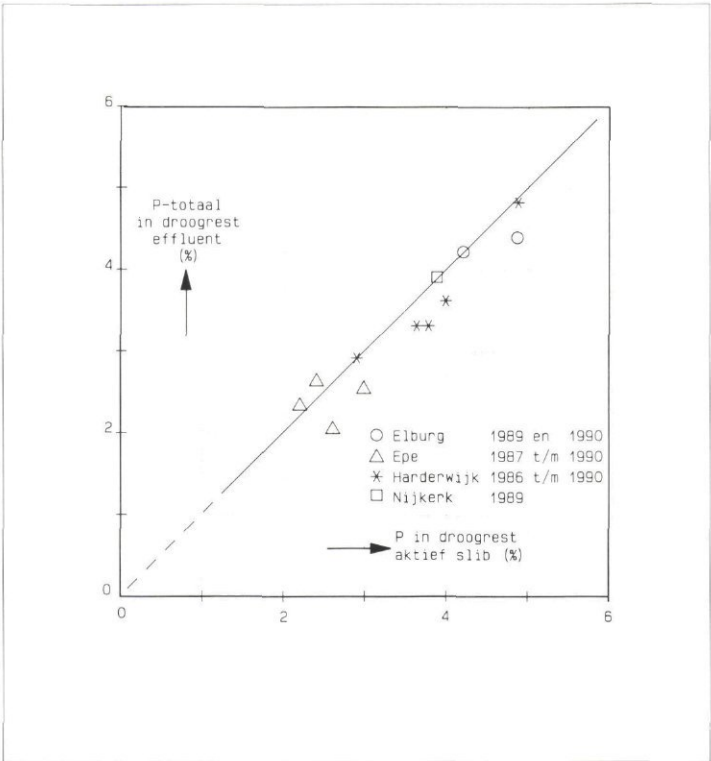
Relaties zoals weergegeven in afb. 1 treft men meer aan in de literatuur.

Kenmerkend in dit soort afbeeldingen is de grote spreiding in de resultaten. Om de verschillen tussen de defosfateringsresultaten te kunnen verklaren, is een diepergaande beschouwing over de betreffende rwsz's noodzakelijk. Op voorhand kan echter gesteld worden dat een hoog droogrestgehalte in het effluent van een rwsz een goed defosfateringsresultaat in de weg staat.

In afb. 2 zijn de gegevens uit afb. 1 half-logaritmisch tegen elkaar uitgezet, wat in grote lijnen een lineair verband oplevert. Regressie-analyse toegepast op de



Afb. 3 - Log P-opgelost effluent versus de toegepaste Me/P-verhouding.



Afb. 4 - P in de droogrest van actief slib en effluent van 4 rwzi's.

42 getallenparen levert de volgende vergelijking op ($r = 0,80$)
 $P\text{-totaal effluent} = 4,70 \cdot \exp (-0,778 \cdot Me/P)$
Het resultaat van de regressie-analyse is als lijn in afb. 2 weergegeven (voor alle duidelijkheid: $\exp(n) = e^n = 2,718^n$).

P-opgelost in het effluent versus de toegepaste Me/P-verhouding
Zoals al eerder opgemerkt veroorzaken hoge droogrest-gehalten in het effluent ook een hoog P-totaal gehalte. Om het defosfateringsproces in de praktijk goed te kunnen volgen wordt bij het Zuiveringsschap Veluwe al een aantal jaren het P-totaal gehalte in het effluent bepaald nadat het monster eerst gefiltreerd is. Dit P-totaal gehalte na filtratie kan in de praktijk het P-opgelost gehalte worden genoemd en komt bij benadering overeen met het orthofosfaat gehalte in het effluent. Het P-opgelost gehalte geeft goed aan of teveel of te weinig chemicaliën worden gedoseerd.

Uit proeven van de Zwitser Boller [3] zijn de volgende resultaten af te leiden voor simultane defosfatering met ijzer:

Fe/P (mol/mol)	0,0	0,5	1,0	1,5	2,0	2,2	2,3	2,5	3,0
P-opgelost (mg/l)	4,0	3,0	1,7	1,0	0,6	0,5	0,4	0,3	0,2

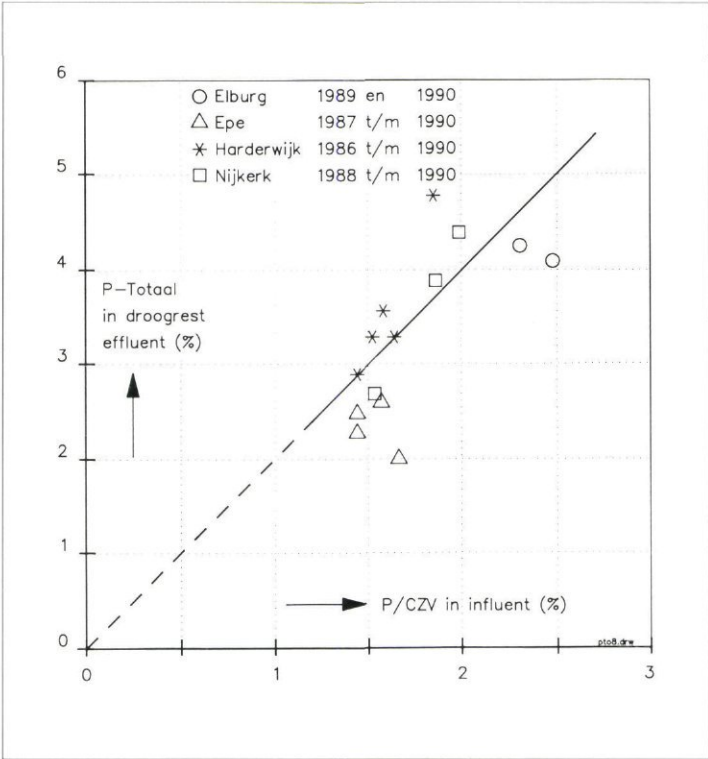
Toepassing van regressie-analyse op dit cijfermateriaal levert als beste resultaat op:
 $P\text{-opgelost effluent} = 4,59 \cdot \exp (-1,04 \cdot Fe/P)$

De regressiecoëfficiënt is zeer hoog: $r = 0,997$.
Dit duidt op een perfecte relatie tussen de logaritme van het opgelost P-gehalte en de toegepaste Me/P-verhouding.
In tabel II zijn detailgegevens vermeld over de rwzi Epe gedurende de jaren 1980 tot en met 1990. Op deze installatie is begin juni 1982 gestart met chemisch defosfateren. Met ingang van 1987 is het opgelost-P-gehalte in het effluent direct op het laboratorium gemeten. Voor de voorgaande jaren is het betreffende gehalte indirect bepaald uit andere effluent meetresultaten (P-totaal, droogrest, P in droogrest).

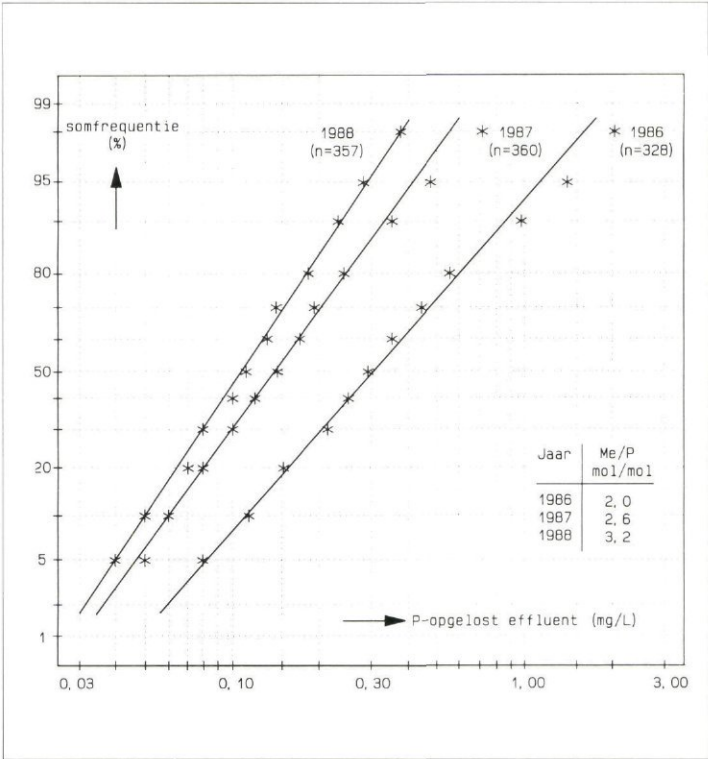
Toepassing van regressie-analyse op de cijfers uit tabel II levert als beste resultaat op: ($r = 0,978$)

TABEL III - Detailgegevens rwzi's Elburg, Harderwijk en Nijkerk

Rwzi	Jaar	Influentgegevens		Me/P (mol/mol)	Effluent P-opgelost (mg/l)
		P-totaal (mg/l)	P/CZV (%)		
Elburg	1989	16,3	2,32	1,6	0,37
	1990	17,8	2,47	1,8	0,24
Harderwijk	1986	16,4	1,83	2,0	0,43
	1987	14,0	1,58	2,6	0,18
	1988	11,2	1,52	3,2	0,13
	1989	11,7	1,64	2,1	0,38
	1990	10,1	1,44	2,6	0,25
Nijkerk	1987	10,2	2,34	1,1	1,3
	1988	8,4	1,99	1,9	0,19
	1989	9,4	1,86	1,5	0,34
	1990	8,8	1,53	1,8	0,25



Afb. 5 - P/CZV in influent versus P in droogrest effluent bij hoge Me/P-verhoudingen.



Afb. 6 - Frequentieverdeling opgelost P-gehalte in effluent rwzi Harderwijk.

de meerjarige praktijkresultaten van de rwzi's Epe en Harderwijk blijkt duidelijk dat er een zeer goed verband bestaat tussen de toegepaste molaire

Me/P-verhouding en de logaritme van het opgeloste P-gehalte. In afb. 3 zijn voor de 4 beschouwde rwzi's de Me/P-verhouding en het resulterende

gehalte aan opgelost P half-logaritmisch weergegeven. Het betreft de getallenparen uit tabel II (n = 12) en uit tabel III (n = 11).

Toepassing van regressie-analyse op de in totaal 23 getallenparen in afb. 3 resulteert in de volgende relatie:

$$P\text{-opgelost} = 3,09 \cdot \exp (-1,10 \cdot Me/P)$$

De regressiecoëfficiënt is hoog: $r = 0,935$. Dit duidt op een goede relatie.

Fosfor in de effluent-droogrest
Naarmate het opgelost P-gehalte in het effluent daalt, wordt het gehalte aan gebonden fosfor in het effluent steeds belangrijker. De hoeveelheid gebonden fosfor in het effluent hangt af van de droogrest in het effluent en het fosfor-gehalte in de droogrest.

In tabel IV zijn voor de vier in beschouwing genomen rwzi's cijfers opgenomen over het P-gehalte in zowel de droogrest van het effluent als in de droogrest van het actief slib in de installatie. Het P-gehalte in actief slib is via laboratoriumanalyses direct gemeten. Het P-gehalte in de droogrest van effluënten is verkregen door van effluent-monsters het verschil tussen P-totaal en P-opgelost te delen door het bijbehorende droogrestgehalte in effluentmonsters. Uit tabel IV blijkt dat binnen de meet-nauwkeurigheden het P-gehalte in de droogrest van het effluent gelijk is aan het

TABEL IV - P in droogrest gerelateerd aan influentgegevens en de Me/P-verhouding

Rwzi	Jaar	Me/P mol/mol	Influent P/CZV (%)	P in droogrest effluent (%)	P in droogrest actief slib (%)
Elburg	1989	1,6	2,32	4,3	4,9
	1990	1,8	2,47	4,1	4,1
Epe	1987	1,6	1,44	2,5	3,0
	1988	2,7	1,58	2,6	2,4
	1989	2,0	1,66	2,0	2,6
	1990	2,6	1,43	2,3	2,2
Harderwijk	1986	2,0	1,83	4,8	4,9
	1987	2,6	1,58	3,6	4,0
	1988	3,2	1,52	3,3	3,6
	1989	2,1	1,64	3,3	3,7
	1990	2,6	1,44	2,9	2,9
Nijkerk	1988	1,9	1,99	4,4	-
	1989	1,5	1,86	3,9	3,9
	1990	1,8	1,53	2,7	-

TABEL V - Slibuitspoelingen rwzi Harderwijk in relatie tot defosfateringsresultaten

		1985	1986	1987	1988	1989
Totaal aantal etmaalanalyses droogrest		90	296	351	361	84
Meetdagen met slibuitspoeling		0	13	11	1	1
Droogrest zonder slibuitspoelingen	(mg/l)	8	15	14	10	9
Extra droogrest door slibuitspoelingen	(mg/l)	0	19	6	0	1
Gewogen jaargemiddelde droogrest	(mg/l)	8	34	20	10	10
Gewogen jaargemiddelde P-opgelost	(mg/l)	-	0,43	0,19	0,13	0,38
P-gebonden zonder slibuitspoelingen	(mg/l)	-	0,53	0,45	0,32	0,28
P-totaal zonder slibuitspoelingen	(mg/l)	1,3	0,96	0,64	0,45	0,66
Extra P door slibuitspoelingen	(mg/l)	0,0	1,01	0,25	0,01	0,04
Gewogen jaargemiddelde P-totaal	(mg/l)	1,3	1,97	0,89	0,46	0,70

P-gehalte in de droogrest van het actief slib van de betrokken rwzi.
In afb. 4 is dit nader gevisualiseerd.

In een eerdere publikatie [1] is uiteengezet dat het P-gehalte in het actief slib bij het opvoeren van de Me/P-verhouding van 0 naar 1 sterk toeneemt wat samenhangt met het feit dat in deze range de meeste fosfor wordt gebonden. Bij het verder opvoeren van de Me/P-verhouding bereikt het P-gehalte in het actief slib een maximum waarna het gehalte weer daalt ten gevolge van 'slibverdunning' waarbij relatief veel slib wordt gevormd en relatief weinig extra fosfor wordt gebonden. Bij Me/P-verhoudingen groter dan circa 2 stabiliseert het P-gehalte in het actief slib zich. Het absolute niveau van het P-gehalte in het actief slib hangt dan samen met de P-balans en de slibbalans op een rwzi. De verhouding P/CZV in het influent speelt hierbij een belangrijke rol.

In afb. 5 is voor de rwzi's en de bedrijfsjaren zoals genoemd in tabel IV uitgezet de P/CZV-verhouding in het influent tegen het P-totaal gehalte in de droogrest van het effluent. De gemiddelde Me/P-verhouding gedurende de betrokken 14 bedrijfsjaren bedroeg 2,14 (range 1,5-3,2).
Uit afb. 5 blijkt dat bij hoge Me/P-verhoudingen de volgende globale relatie bestaat:

$$P \text{ in droogrest effluent (\%)} = 2,0 \cdot P/CZV \text{ influent (\%)}$$

De genoemde relatie kan als vuistregel gebruikt worden bij indicatieve berekeningen. Wil men het P-gehalte in de droogrest van het effluent nauwkeuriger voorspellen, dan moet men de P-balans en de slibbalans van een rwzi nader bestuderen.

Invloed van slibblozingen op defosfateringsresultaten

Uit de voorgaande paragrafen mag duidelijk zijn geworden dat voor het krijgen van goede defosfateringsresultaten het droogrestgehalte in effluenten laag moet zijn. Aan de hand van praktijkresultaten van de rwzi te Harderwijk wordt hierna ingegaan op de dramatische gevolgen die 'slibblozingen' kunnen hebben.
De rwzi Harderwijk beschikt over 2 kleine en 2 grote nabezinktanks; een situatie die is ontstaan na de ombouw van de rwzi in 1978.
Sinds deze ombouw verliep de nabezinking in de 4 parallel geschakelde tanks niet optimaal: vanuit sommige tanks werd meer droogrest geloosd dan vanuit

andere. Deze problematiek verslechterde in 1986 drastisch. Na intensief onderzoek bleek dat door de toegepaste duikschorconstructie bij de afloop van de carroussel de oppervlaktebelasting van de 4 nabezinktanks niet altijd gelijk was. Na het aanpassen van de genoemde constructie in oktober 1987 is de nabezinkingsproblematiek opgelost.

In tabel V zijn voor de rwzi Harderwijk een aantal gegevens vermeld die de geschetste problematiek accentueren. Hierbij is een meetdag met een 'slibuitspoeling' gedefinieerd als een etmaal met een effluentmonster dat 50 mg/l of meer droogrest bevat.
Uit tabel V blijkt dat in 1986 ruim 50% van de P-totaal in het effluent werd veroorzaakt door slibuitspoelingen. Na het oplossen van de problemen met de nabezinking te Harderwijk in 1987 is de negatieve invloed van slibuitspoelingen drastisch gereduceerd. Gemiddeld werd over 1988 en 1989 circa 4% van de P-totaal in het effluent veroorzaakt door te hoge droogrestgehalten in het effluent (1988: 1 x 69 mg/l en 1989: 1 x 56 mg/l).

Processtabiliteit in relatie tot de Me/P-verhouding

Ook ter verbetering van de defosfateringsresultaten op de rwzi te Harderwijk zijn de Me/P-verhoudingen in 1987 en 1988 aanzienlijk opgevoerd.
In afb. 6 is de log-normale frequentieverdeling van het opgelost P-gehalte weergegeven voor de jaren 1986, 1987 en 1988 met Me/P-verhoudingen van respectievelijk 2,0, 2,6 en 3,2 mol/mol. Uit afb. 6 blijkt niet alleen dat het opgelost P-gehalte daalt naarmate de Me/P-verhouding toeneemt maar ook dat de processtabiliteit toeneemt. Naarmate de getrokken lijnen in afb. 6 verticaler lopen, stijgt de processtabiliteit.

Vergunningseisen versus gemiddelde defosfateringsresultaten

In vergunningen voor het lozen van de effluenten van rwzi's hanteert Rijkswaterstaat een maximum in het voortschrijdend gemiddelde van 6 of 10 opeenvolgende waarnemingen. Over dit onderwerp is al eerder gepubliceerd [1]. In tabel VI zijn de eerder gepubliceerde gegevens en meer recente gegevens over dit onderwerp samengevat.
Op basis van tabel VI zou een vergunningseis van 1,0 mg P/l als maximum in het voortschrijdende gemiddelde van 10 opeenvolgende waarnemingen overeenkomen met een gewogen jaar-gemiddeld gehalte van rond 0,5 mg P/l.

Model voor het voorspellen van defosfateringsresultaten

Hieronder worden eerdere beschouwingen over dit onderdeel van het chemisch defosfateren [4] nader uitgewerkt.
In het algemeen kan men het P-totaal gehalte in het effluent van een rwzi als volgt opgebouwd denken:

$$P\text{-totaal} = P\text{-opgelost} + P\text{-gebonden} \quad (1)$$

Op basis van voorgaande informatie kan men voor het opgelost P-gehalte schrijven:

$$P\text{-opgelost} = a \cdot \exp(-b \cdot \text{Me/P}) \quad (2)$$

De constante a komt overeen met het opgelost P-gehalte in het effluent bij niet chemisch defosfateren. De constante a is bij benadering gelijk aan het verschil tussen het P-totaal gehalte in het influent en de hoeveelheid P die door het slib aan de waterfase wordt onttrokken (bij Me/P = 0!). Deze laatstgenoemde hoeveelheid komt op basis van CBS-gegevens in Nederland gemiddeld overeen met circa 0,008 maal de hoeveelheid CZV in het influent (aanname: de

TABEL VI – Gemiddelde defosfateringsresultaten versus vergunningseisen.

Rwzi	Jaar	Aantal* etmaal analyses P-totaal	P-totaal gehalte effluent (mg/l)			Verhouding tussen getallen	
			Gewogen gemiddelde	Maximaal voortschrijdend n = 6	Maximaal voortschrijdend n = 10	Max(n = 6)	Max(n = 10)
						gemiddelde	gemiddelde
Elburg	1989	117	0,83	1,82	1,62	2,19	1,95
Harderwijk	1983	90	1,23	3,03	2,50	2,46	2,03
	1984	87	0,98	1,74	1,52	1,78	1,55
	1985	90	1,28	2,73	2,23	2,13	1,74
	1986	327	1,06	3,02	2,46	2,85	2,32
	1987	351	0,64	2,22	1,72	3,47	2,69
	1988	363	0,46	1,31	1,10	2,85	2,39
	1989	99	0,70	1,16	1,03	1,66	1,47
Nijkerk	1988	90	0,93	1,32	1,21	1,42	1,30
	1989	90	1,15	1,64	1,59	1,43	1,38
gemiddeld						2,22	1,88

* exclusief droogrest ≥ 50 mg/l

slibproductie, met daarin een vast percentage P, is recht evenredig met CZV-vracht in het influent). Conform het voorgaande kan voor a geschreven worden:

$$a = P\text{-totaal infl.} - 0,008 \cdot CZV \text{ infl.} \tag{3}$$

Op basis van de informatie uit paragraaf 4 zou men in de praktijk voor de constante b kunnen aanhouden:

$$b = 1,1 \tag{4}$$

De waarde van de constante b zal echter (zwak) kunnen samenhangen met factoren als het type toegepaste chemicalie, de hardheid van het water, de temperatuur van het afvalwater, de pH, plaats(en) van dosering, (voorbezinking en/of aëratietank), enzovoort. Voor de hoeveelheid gebonden P in het effluent kan geschreven worden:

$$P\text{-gebonden} = \text{droogr.} \cdot X \cdot P \text{ droogr.} \tag{5}$$

Conform de informatie uit paragraaf 5 kan bij hoge Me/P-verhoudingen het P-gehalte in de droogrest van het effluent als volgt benaderd worden:

$$P \text{ droogr. effl.} = 2,0 \cdot P/CZV \text{ infl.} \tag{6}$$

Op basis van de vergelijkingen (1) t/m (6) kan de volgende relatie worden uitgeschreven:

$$\frac{P\text{-totaal effl.}}{P\text{-totaal infl.}} = \left(1 - \frac{0,008 \cdot CZV \text{ infl.}}{P\text{-totaal infl.}}\right) \cdot \frac{2,0 \text{ droogr. effl.}}{CZV \text{ infl.}} \tag{7}$$

Met behulp van vergelijking (7) kan voor een willekeurige actief-slibinstallatie de relatie tussen de Me/P-verhouding en het P-totaal gehalte in het effluent globaal bepaald worden.

Invloed van de overgang naar P-vrije wasmiddelen

Door de invoering van P-vrije textiel-wasmiddelen is de gemiddelde P/CZV-verhouding in influenten in Nederland gedaald van circa 2,4% tot rond 1,6% nu. Met behulp van vergelijking (7) is het volgende voorbeeld doorgerekend met:

- CZV influent = 570 mg/l (gemiddeld in Nederland)
- droogrest effluent = 10 mg/l

Uit het resultaat zoals vermeld in tabel VII blijkt duidelijk de positieve invloed van de P-vrije wasmiddelen. Verder volgt uit het rekenvoorbeeld dat slechts met een extreem hoge Me/P-verhouding van circa 3 mol/mol en bij een lage P/CZV-verhouding van 1,6% in het influent een

TABEL VII.

P/CZV influent (%)	P-totaalgehalte in het effluent van een rwzi in mg/l		
	Me/P = 2,0 (mol/mol)	Me/P = 2,5 (mol/mol)	Me/P = 3,0 (mol/mol)
2,4	1,49	1,06	0,82
2,0	1,16	0,84	0,65
1,6	0,83	0,61	0,49

gemiddeld P-totaal gehalte in het effluent haalbaar is van rond 0,5 mg/l. Een dergelijk laag gemiddelde is noodzakelijk om te kunnen voldoen aan een vergunningseis van 1,0 mg/l, gedefinieerd als het maximum in het voortschrijdend gemiddelde van 10 opeenvolgende waarnemingen. Een Me/P-verhouding van 3 mol/mol kan niet altijd worden toegepast vanwege onaanvaardbare procesverstoringen op een (bestaande) rwzi (nitrificatie, denitrificatie, nabezinking, enzovoort). De mate van deze verstoringen hangt onder meer samen met de resulterende verhouding tussen de metaaldosering en de BZV- of CZV-vracht in het influent.

Conclusies

Op basis van de weergegeven praktijkresultaten met chemisch defosfateren op communale rwzi's kunnen de volgende conclusies worden getrokken:

1. bij de interpretatie van defosfateringsresultaten moet het P-totaal gehalte in het effluent worden onderscheiden in een opgelost en een gebonden deel;
2. op basis van literatuurgegevens en de gepresenteerde praktijkresultaten is een eenvoudig model ontwikkeld waarmee voor een rwzi het bereikbare defosfateringsresultaat kan worden benaderd. Dit resultaat hangt niet alleen af van de Me/P-verhouding maar ook van het P-gehalte en CZV-gehalte in het influent en het droogrestgehalte in het effluent;
3. onlangs zijn op rijksniveau P-totaal eisen geformuleerd, gebaseerd op het maximum in het voortschrijdend gemiddelde van 10 opeenvolgende waarnemingen. Voor het voldoen aan een aldus gedefinieerde eis van 1,0 mg/l moet een gewogen jaargemiddeld P-totaal gehalte bereikt worden van circa 0,5 mg/l. Een en ander hangt nauw samen met de processtabiliteit die op een rwzi gerealiseerd kan worden;
4. voor het realiseren van een P-totaal gehalte in het effluent van 0,5 mg/l als gewogen jaargemiddelde, moet een molaire metaal-fosfor verhouding worden toegepast van circa 3. Deze extreem hoge verhouding kan echter niet altijd worden toegepast wegens onaanvaardbare procesverstoringen op een rwzi.

Literatuurverwijzingen

1. Tessel, P. J. (1988). *Praktijkervaringen met chemische defosfatering op de Veluwe*. H₂O (21) 1988, nr. 9, 223-225
2. Tessel, P. J. (1990). *Fosfaatverwijdering door middel van chemische precipitatie. Syllabus bij de PAO-cursus 'vergaande behandeling van afvalwater'*; Delft, december 1990
3. Boller, M. (1985). *Full-scale experience with tertiary contact filters; Chemical water and wastewater treatment*. Stuttgart/New York, p. 152-165
4. Tessel, P. J. (1988). *Praktische resultaten defosfatering zuiveringsschap Veluwe*. Workshop technologische aspecten van het defosfateringsproces; Hilversum.

Botsholdag

De provincie Utrecht en de Vereniging tot behoud van Natuurmonumenten organiseren in samenwerking met de Nederlandse Vereniging voor Aquatische Ecologie een dag over de Botshol. De bijeenkomst vindt plaats op donderdag 26 september 1991.

De Botshol is een natuurgebied ten noordwesten van de Vinkeveense Plassen, dat door waterverontreiniging ernstig wordt bedreigd. Door het treffen van maatregelen in 1988 is de achteruitgang gestopt. Sindsdien wordt een verrassend herstel geconstateerd. De dag bestaat uit een ochtendprogramma met lezingen in de Jaarbeurs te Utrecht en een middagprogramma bestaande uit een excursie met een (roei)boottocht in de Botshol. Voor nadere inlichtingen en opgave kunt u zich wenden tot mevr. M. Y. Feddema, provincie Utrecht, tel.nr. 030 - 58 35 39, b.g.g. 030 - 58 35 38.

Reorganisatieplan Zuidhollands drinkwater goedgekeurd

Bij Koninklijk Besluit van 28 mei 1991 is het plan tot reorganisatie van de openbare drinkwatervoorziening in Zuid-Holland goedgekeurd door de Kroon. Het besluit is op 6 juni jl. gepubliceerd in de Staatscourant.

Het plan behelst de aanwijzing van drie distributiegebieden (Zuid-Holland-West, Zuid-Holland-Zuid en Zuid-Holland-Oost) die overgaan naar resp. de NV Duinwaterbedrijf Zuid-Holland (DZH), de NV Waterleidingbedrijf Zuid-Holland-Zuid (WZHZ) en de NV Watermaatschappij Zuid-Holland Oost (WZHO). DZH en WZHZ zijn in het plan verplicht elkaar en WZHO en gros drinkwater te leveren.