

Invloed van fosfaatvrije wasmiddelen op de fosfaatvastlegging bij de zuivering van stedelijk afvalwater

1. Inleiding

In het kader van het Rijn- en Noordzee Actieplan wordt er naar gestreefd om de totale P-belasting naar het Nederlandse oppervlaktewater in 1995 ten opzichte van de belasting in 1985 te halveren. Om de doelstellingen te kunnen vervullen is door de Werkgroep Actieplan Defosfateren (WAD1) nagegaan wat de invloed is van een vergaande defosfatering in rwzi's op de kosten en het functioneren van rwzi's. Hierbij bleek dat er nog maar weinig bekend was over de gevolgen van een verlaging van het gehalte aan fosfaten in

Samenvatting

Sinds begin 1990 zijn vrijwel alle textielwasmiddelen in Nederland fosfaatvrij. In deze publikatie wordt de invloed van 'fosfaatvrij wassen' en van het hierdoor verlaagde fosfaatgehalte in stedelijk afvalwater op de fosfaatverwijdering in een rioolwaterzuiveringsinstallatie (rwzi) beschreven. In Nederland neemt door de invoering van fosfaatvrije wasmiddelen het gemiddelde gehalte aan fosfaat in het afvalwater af van 14,5 naar 10 mg/l. In absolute zin blijft de 'natuurlijke' biologische vastlegging vrijwel gelijk. De 'natuurlijke' chemische fosfaatvastlegging in het slib wordt minder. Het gemiddelde gehalte aan fosfaat in effluent daalt van 9 naar 5 mg/l. Het gemiddelde verwijderingsrendement neemt toe van circa 40 naar 50%. Deze bevindingen sluiten aan bij ervaringen in West-Duitsland en Zwitserland.



R. KAMPF
MT-TNO



A. M. C. P. DE JONG
MT-TNO



G. B. J. RIJS
DBW-RIZA



R. VAN DALEN
Zuiveringsschap
Veluwe

Nederlands afvalwater door de reductie van fosfaten in was- en reinigingsmiddelen. DBW/RIZA en MT-TNO hebben daarom een literatuur- en bronnenonderzoek uitgevoerd om de invloed te kunnen voorspellen van fosfaatvrije wasmiddelen op de P-verwijdering in een rioolwaterzuiveringsinstallatie (rwzi) [1]. Tijdens de studie bleek echter dat de vervanging van fosfaten sneller liep dan voorzien. Eind 1989 waren vrijwel alle wasmiddelen op de Nederlandse markt fosfaatvrij. De gelegenheid doet zich nu voor om de voorspelling in de praktijk te toetsen. In afb. 1 is de afname van fosfaten in textielwasmiddelen in Nederland weergegeven [2].

In Zwitserland [3] en ook Duitsland [4] zijn fosfaatvrije wasmiddelen al eerder op de markt gebracht. Daarom is ook praktijkinformatie uit deze landen, aangevuld met gegevens uit Denemarken en Finland, in de studie betrokken.

In 1980 heeft Heide [5] de invloed van de vervanging van fosfaten in wasmiddelen op de fosfaatverwijdering voorspeld. Hij vergeleek hierbij de fosfaatgehalten in influent en effluent van een aantal rwzi's in 1978, met literatuurgegevens van rond 1950 (vóór de invoering van fosfaten in wasmiddelen). Heide concludeerde, dat de gemiddelde procentuele reductie van fosfaten in rwzi's nauwelijks of niet door

de verhoging van het fosfaatgehalte ten gevolge van de invoering van wasmiddel-fosfaten werd beïnvloed. Hij voorspelde dat door de verlaging van het fosfaatgehalte in afvalwater bij de invoering van fosfaatvrije wasmiddelen de gemiddelde procentuele P-reductie in diverse typen rwzi nauwelijks zal worden beïnvloed. De absolute vastlegging zou dus afnemen. In deze publikatie wordt de fosfaatverwijdering van de door Heide beschouwde rwzi's – anno 1978 – vergeleken met die in 1986, 1988 en 1989.

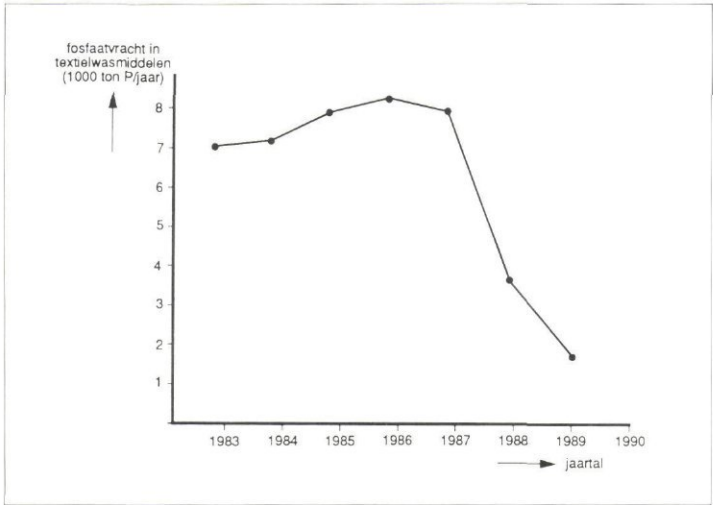
2. Voorkomen van fosfaat in stedelijk afvalwater

Fosfor komt in stedelijk afvalwater in een aantal vormen voor [6]:

- *ortho-fosfaten*: diwaterstoffosfaat H_2PO_4^- en waterstoffosfaat HPO_4^{2-} ;
- *polyfosfaten*: pyrofosfaat HP_2O_7^- , trifosfaat $\text{H}_3\text{P}_3\text{O}_{10}^{4-}$ en andere;
- *organische fosfaten*: suikers (glucosefosfaat), lipiden (glycerolfosfaat), en proteïnen (fosforproteïnen);
- *onoplosbare fosfaten*: gesuspendeerde of geadsorbeerde niet opgeloste fosfaten, bijvoorbeeld deeltjes Fe(III)-fosfaat, calciumfosfaat;
- *fosforverbindingen vastgelegd in organismen*.

In de periode 1981 t/m 1986 was het gehalte aan fosfor in het influent van Nederlandse rwzi's nog gemiddeld 14,5 mg/l (respectievelijk 15,0; 16,0; 14,1; 13,3; 14,6 en 14,3 mg/l) [7]. In tabel I zijn globale waarden opgenomen van herkomst en samenstelling van P in stedelijk afvalwater voor (ca. 1985) en na de invoering van fosfaatvrije wasmiddelen ('toekomst'). De totale hoeveelheid P uit menselijke bron zal door een toename van de bevolking licht stijgen [8].

De verhouding van de P-verbindingen is gebaseerd op [9]. Door een volledige vervanging van fosfaten in wasmiddelen daalt de concentratie van polyfosfaten en pyrofosfaten. Dit heeft een relatief grote



Afb. 1 - Fosfaatvracht in textielwasmiddelen in Nederland [2].

invloed op de P-concentratie in het effluent, omdat deze vorm van fosfaten niet altijd volledig in ortho-fosfaat omgezet wordt [1].

Het gehalte aan P in afvalwater per rwzi varieert zowel van dag tot dag als in een etmaal. In afb. 2 zijn recente Nederlandse praktijkgegevens over de variatie van het gehalte in het influent over de week [10] opgenomen. De maandag was, althans op de Veluwe, nog duidelijk als een wasdag herkenbaar. De fosfaatlozing is op zondag het laagst [1].

TABEL I – Globale kengetallen van herkomst en samenstelling van fosfaat in stedelijk afvalwater in Nederland. Gebaseerd op gegevens CBS 1981-1986 en op [7, 9].

	Vroeger	Toekomst
<i>Herkomst P (g/i.e. dag)</i>		
mens	2	2
wasmiddelen, e.d.	1	0
totaal	3	2
<i>Samenstelling (mg/l)</i>		
ortho-P	8	8
poly/pyro-P	5,5	ca.1
organisch-P	ca.1	ca.1
totaal	14,5	10

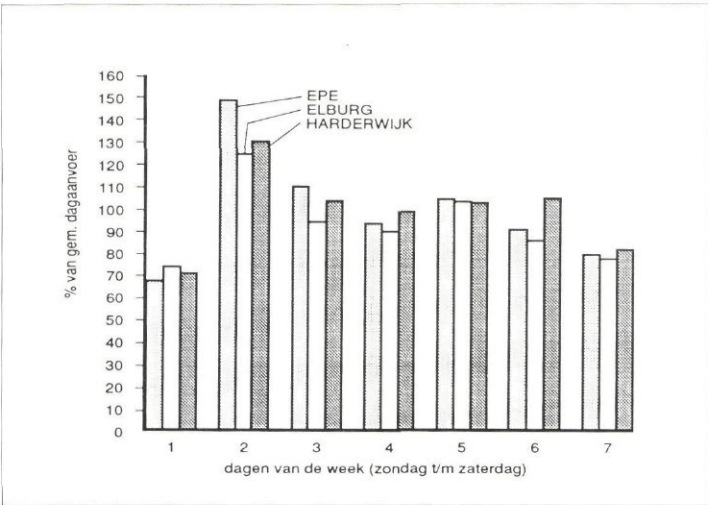
In afb. 3 zijn minder recente buitenlandse gegevens [11] weergegeven over de variatie van gehalten en soorten fosfaatverbindingen in een etmaal. Het dag/nacht patroon laat zien, dat de concentratie van orthofosfaat en polyfosfaat overdag groter is dan 's nachts. Bruikbare Nederlandse gegevens waren helaas niet beschikbaar. De wisselingen in de aard en concentratie van fosfaten worden beïnvloed door het leefpatroon. Omdat vooral het wassen van kleding in de regel op bepaalde uren van de dag in de week plaats vindt zal, bij gebruik van fosfaatvrije wasmiddelen, de maximale concentratie meer afnemen dan het gemiddelde. In welke mate is nog onduidelijk.

3. Reacties van fosfaten tijdens de biologische zuivering

3.1. Vorming van ortho-fosfaat uit diverse typen fosfaat

Tijdens het zuiveringsproces wordt vooral ortho-fosfaat vastgelegd. De overige typen fosfaat in veel mindere mate. Organische fosfaten, polyfosfaten en pyrofosfaten worden, deels al in de riolering, microbiologisch gehydrolyseerd tot ortho-fosfaat. De halfwaardetijd voor deze omzetting bedraagt enkele uren tot meer dan een dag [11, 12, 13]. In hoeverre wasmiddelfosfaten in rwzi's in Nederland worden omgezet in ortho-fosfaten is niet duidelijk. In het algemeen wordt ervan uitgegaan dat in laag belaste actief-slibinstallaties en oxydatiesloten de omzetting

Afb. 2 - Gemeten variatie in de fosfaataanvoer in percenten van het dag-gemiddelde van de rwzi's Epe, Elburg, en Harderwijk van het Zuiverings-schap Veluwe [10], 1988.



compleet is. In hoger belaste installaties en oxydatiebedden zal dit slechts ten dele optreden; er zullen vooral gecondenseerde polyfosfaten afkomstig van wasmiddelen overblijven.

3.2. Chemische vastlegging van fosfaat

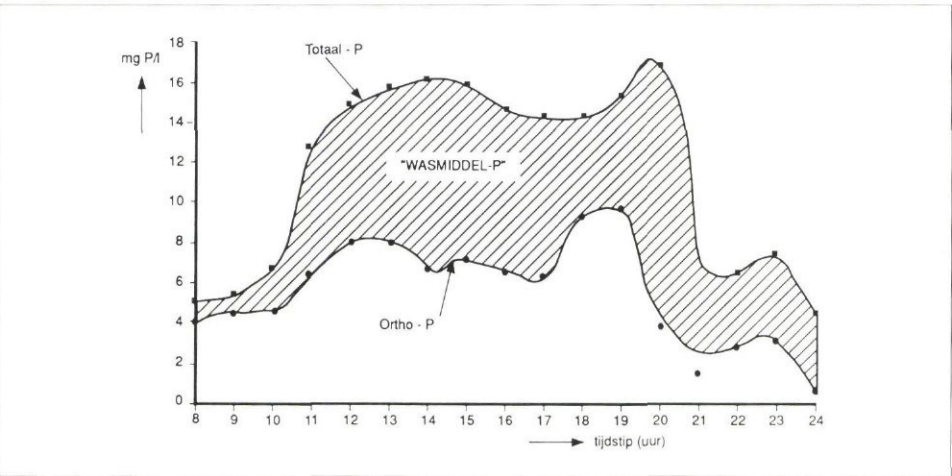
Een deel van de in het afvalwater aanwezige fosfaten is of raakt gebonden aan bezinkbare gesuspendeerde deeltjes. In een voorbezinking wordt slechts maximaal 10% van het aangevoerde fosfaat vastgelegd [4]. Daarnaast kunnen ortho-fosfaat en poly- en pyrofosfaten, afhankelijk van de pH, protonen opnemen of afstaan, waardoor zich een chemisch evenwicht instelt. De negatieve fosfaat-ionen vormen complexen met calcium-, ijzer- of aluminiumionen, die gedeeltelijk oplosbaar zijn. Onder normale omstandigheden zullen poly- en pyrofosfaten afkomstig van wasmiddelen nagenoeg niet chemisch neerslaan. Pas na omzetting in ortho-fosfaat zal een deel van deze fosfaten uiteindelijk vastgelegd kunnen worden. De pH en de hardheid zijn be-

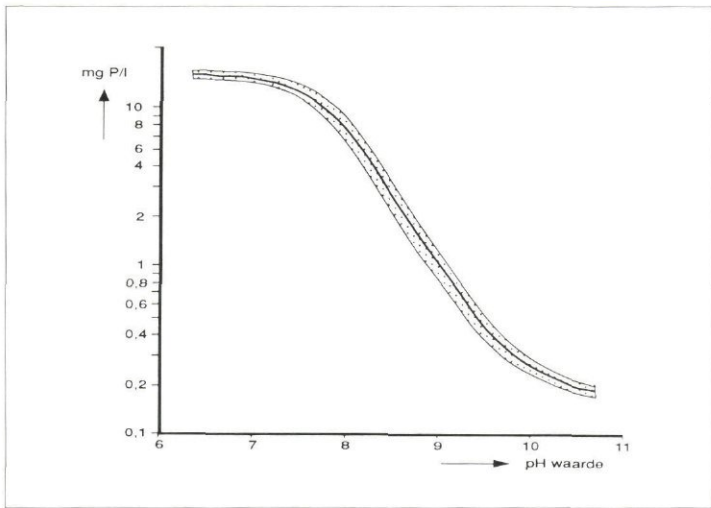
langrijke parameters. De pH-waarde heeft een grote invloed op de chemische precipitatie in een rwzi. Nitrificatie van bijvoorbeeld 60 mg N/l verlaagt de buffercapaciteit (tot pH = 4,3) met ca. 8 mmol/l. Door denitrificatie kan ongeveer 50% van deze zuurproductie geneutraliseerd worden. Bij simultane defosfatering met ijzerchloride wordt de buffercapaciteit nog verder verlaagd. In feite is simultane defosfatering een aanvulling op deze van nature optredende chemische vastlegging. Hierbij is een meer dan stoichiometrische verhouding metaalion/fosfor (Me/P), betrokken op het influent-P, nodig.

Aangezien gewoonlijk al een gedeelte van de fosfaten in de rwzi wordt vastgelegd, valt de netto Me/P-verhouding voor de echte extra chemische vastlegging nog hoger uit.

Een aanzienlijk deel van de ijzerzoutdoserings wordt verbruikt door:
- Vorming en neerslaan van ijzerhydroxyde;

Afb. 3 - Variatie in gehalten van totaalfosfaat en opgelost orthofosfaat in het influent van een rwzi in een etmaal [11]. Gegevens van de rwzi Brockhurst Works, Upper Tame, Main Drainage Authority, Engeland, 1971.





Afb. 4 - Invloed van de pH van effluent op de concentratie van fosfaat in effluent (samenvoeging van gegevens uit [14, 15 en 16]).

- Uitvlokking van ijzerfosfaat met ijzerhydroxyde;
- Uitvlokking van gesuspendeerd materiaal en slibvlokken met ijzerhydroxyde.

De natuurlijke chemische vastlegging kan ook vergroot worden door verhoging van de pH en/of hardheid van het water. In Nederland is in het algemeen de hardheid van het water zo hoog dat er voldoende calcium-ionen aanwezig zijn om alle fosfaten vast te leggen. Alleen is het oplosbaarheidsproduct van bijvoorbeeld calciumhydroxyapatiet bij een pH-waarde van 6-7 zo hoog, dat de chemische vastlegging gewoonlijk beperkt blijft. De chemische vastlegging kan vergroot worden door de pH met loog tot een waarde van meer dan 8,5 te verhogen. Een voorwaarde hierbij is dat er voldoende kristalliseatiekernen aanwezig zijn [14, 15, 16]. Zie afb. 4.

3.3. *Biologische vastlegging van fosfaat*
Bij biologische processen is fosfor een van de noodzakelijke bouwstenen voor celmateriaal. In rwzi's vindt van nature al een biologische vastlegging in slib plaats door groei van micro-organismen. Door een goede keuze van procesomstandigheden kunnen bepaalde organismen onder specifieke condities, meer fosfaat opnemen dan zij voor groei nodig hebben: biologische fosfaatverwijdering. Hierbij zijn verwijderingspercentages van 50-90% haalbaar [17, 18]. De introductie van fosfaatvrij wassen heeft invloed op de CZV/P verhouding. Het gehalte aan totaal-P in stedelijk afvalwater neemt met circa 30% af. Daarnaast neemt het CZV van het afvalwater met circa 10% toe door de toegepaste fosfaatvervangers in wasmiddelen [4]. Hierdoor stijgt de verhouding CZV/P in stedelijk afvalwater van ongeveer 40 naar ruim 60 (40 wordt (40 x 1,1)/(1 x 0,7) = 63). Deze verhoging

zal gewoonlijk weinig invloed hebben op de biologische fosfaatvastlegging. Fosfor wordt pas bij een CZV/P-verhouding > 670 groeilimiterend [12, 17]; het P-gehalte van het slib is dan lager dan 1%. In het algemeen is in stedelijk afvalwater fosfor in overmaat aanwezig. Het influent bevat dus eigenlijk te weinig koolstof voor de totale biologische vastlegging van fosfor. In de praktijk bedraagt het P-gehalte in het slib, zonder aanvullende chemische vastlegging 2-3 %. De slibgroei is ook dan niet door fosfaat beperkt. Als de slibgroei door een verhoogde influent-CZV groter is, zal er meer fosfaat biologisch worden vastgelegd [12].

3.4. *De invloed van de influentconcentratie op de fosfaatvastlegging*
Door de invoering van fosfaatvrije wasmiddelen neemt het gehalte aan fosfaat in Nederlands afvalwater af. Het gehalte aan fosfaat in Nederlands afvalwater is echter nog zo hoog dat de biologische vastlegging van fosfaat vrijwel gelijk blijft. De 'natuurlijke' chemische vastlegging, die klein is ten opzichte van biologische vastlegging, zal wel verminderen. De totale hoeveelheid fosfaat die wordt vastgelegd (de som van biologische en de chemische vastlegging) zal absoluut gezien licht dalen. Verwacht wordt dat het gehalte van het effluent

hierdoor minder zal dalen dan de daling van het fosfaatgehalte in het influent.

4. **Praktijkgegevens over fosfaatvastlegging in een aantal Nederlandse rwzi's**

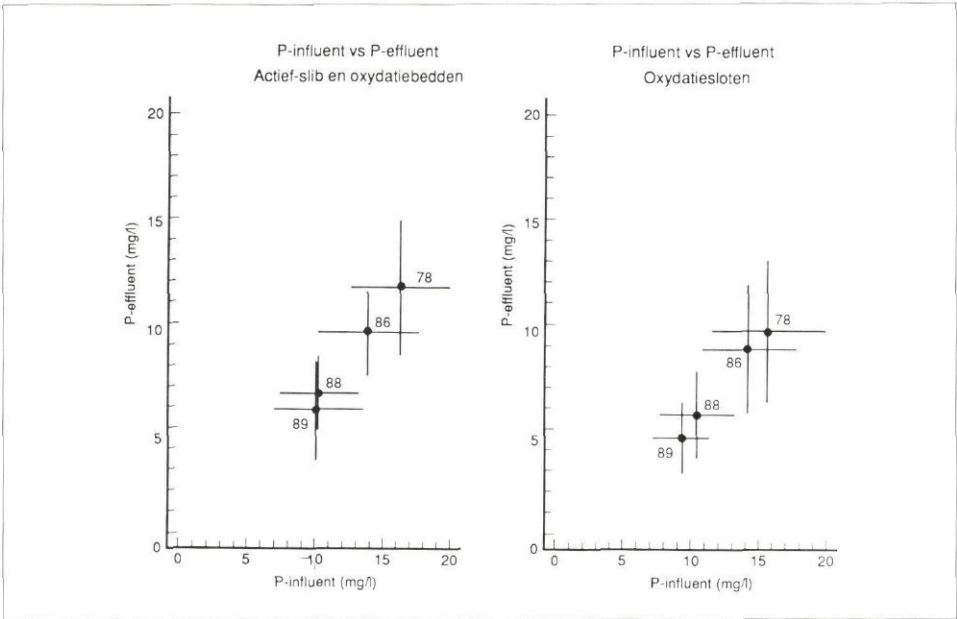
Van de ruim 60 door Heide [5] beschouwde rwzi's in Oost-Brabant, West-Overijssel en in Rijnland waren er nog ongeveer 40 voor deze studie bruikbaar. Er werd onderscheid gemaakt tussen niet defosfaterende en defosfaterende inrichtingen [1]. De beschouwingen beperken zich in deze publikatie tot installaties zonder chemische defosfatering. Voor een recente bespreking van de invloed van lagere fosfaatgehalten in het influent op Nederlandse defosfaterende rwzi's wordt verwezen naar [2]. Voor het onderzoek zijn gegevens gebruikt van vier peiljaren, namelijk 1978, 1986, 1988 en 1989. In 1978 en 1986 werd nog nauwelijks fosfaatvrij gewassen (5-10% vervanging). Eind 1988 was ca. 65% van de wasmiddelen fosfaatvrij, eind 1989 waren er vrijwel geen fosfaathoudende textielwasmiddelen meer op de markt.

De vastlegging van fosfaat en het verwijderingsrendement voor de peiljaren werden berekend uit het verschil van het fosfaatgehalte van influent en effluent. Dit werd in navolging van [5] gescheiden uitgevoerd voor oxydatiesloten en hoger belaste biologische zuiveringsinstallaties (actief-slibsystemen en oxydatiebedden). In tabel II is per type rwzi de gemiddelde waarde weergegeven van de P-concentraties in influent en effluent, de absolute vastlegging van fosfaat en het relatieve verwijderingsrendement. De gemiddelde vastlegging van fosfaten was in oxydatiesloten, onafhankelijk van de influentconcentratie, stelselmatig ruim 1 mg P/l hoger dan in actief-slibsystemen en in oxydatiebedden. Bij de beschouwde oxydatiesloten verminderde de absolute vastlegging van fosfaat iets door de invoering van fosfaatvrije wasmiddelen. De relatieve verwijdering nam toe van nog

TABEL II - Gemiddelde meetgegevens van een aantal rwzi's in Nederland.

Peiljaar	Type rwzi*	Aantal	Influent P	Effluent P	P vastgelegd mg/l	Verwijderingsrendement %
1978	os	26	15,6	9,7	5,9	37,3
1986	os	26	14,1	8,8	5,3	37,8
1988	os	26	10,4**	5,7	4,7**	44,7
1989	os	26	9,3	4,6	4,7	50,5
1978	as/ob	15	16,2	11,7	4,5	27,1
1986	as/ob	15	13,8	9,5	4,3	31,3
1988	as/ob	15	10,3**	6,6	3,7**	34,6
1989	as/ob	15	10,1	5,8	4,3	42,2

* os = oxydatiesloot, as/ob = actief-slib/oxydatiebed.
** De fosfaatconcentratie in het afvalwater werd in 1988 beïnvloed door de overvloedige regenval in dat jaar [1].



Afb. 5 - Verband tussen de gemiddelde gehalten van P-totaal in influent en effluent van ongeveer 40 Nederlandse rwzi's in 1978, 1986, 1988 en 1989. De kruisjes geven de spreiding (95% betrouwbaarheidsinterval) aan.

geen 40% in 1978 tot 50 % in 1989. Bij de hoger belaste systemen bleef de absolute vastlegging ongeveer gelijk. Het rendement nam ook toe.

In afb. 5 is analoog aan Heide [5] het verband tussen de P-totaal concentraties in influent en effluent grafisch weergegeven. De spreiding (95% betrouwbaarheidsinterval) van de waarnemingen in de jaren 1978, 1986, 1988 en 1989 is met kruisjes weergegeven. Deze afb. illustreert de verlaging van de concentratie in effluent van Nederlandse rwzi's door de invoering van fosfaatvrije wasmiddelen. Door de Unie van Waterschappen is ook de invloed van een verlaging van het P-gehalte van het afvalwater onderzocht. Hierbij zijn op overeenkomstige wijze gegevens verzameld van een groter aantal Nederlandse rwzi's. Deze bevindingen zullen in Waterschapsbelangen gepubliceerd worden.

5. Inventarisatie van de invloed van P-vervanging in wasmiddelen in enkele Europese landen

Niet alleen in Nederland wordt aandacht geschonken aan de vervanging van fosfaten in wasmiddelen. Daarom zijn in het kader van deze studie enkele universiteiten, (overheids)onderzoeksinstellingen, en dergelijke aangeschreven in het buitenland, waaronder Duitsland, Zwitserland, Denemarken en Finland. De vraagstelling spitste zich toe op de invloed van het fosfaatvrij wassen op het P-rendement van rwzi's en het chemicaliënverbruik van defosfaterende installaties.

In Denemarken en Finland is geen fosfaatverbod voor wasmiddelen van kracht. Het beleid is er in Denemarken volgens Harremoes [19], net als in Zweden en Finland niet op gericht om fosfaat in wasmiddelen te vervangen, maar juist om de fosfaten vast te leggen in het slib in rwzi's. Valve en Mustonen [20] delen mee dat in bijna alle rwzi's in Finland fosfaat wordt vastgelegd door simultane precipitatie met ijzerzouten. Het gemiddelde gehalte aan fosfaat in het influent is circa 8 mg/l; de gemiddelde concentratie in het effluent bedraagt 0,5-1 mg/l.

5.1. West-Duitsland

In West-Duitsland is onlangs de beschikbare informatie over fosfaten in wasmiddelen, afvalwater en oppervlaktewater in een 'Kompndium' [4] bijeengebracht. Het fosfaatverbod werd in twee fasen

ingevoerd, in 1980 de eerste fase en in 1984 de tweede. In tabel III en IV wordt de vermindering van het fosfaatverbruik in wasmiddelen aangegeven. In het 'Kompndium' wordt vermeld dat in actief-slibinstallaties zonder defosfatering de biologische fosfaatvastlegging in absolute zin gelijk blijft. In de periode 1975-1985 nam bij een ongeveer gelijkblijvende vuillast van het afvalwater in Duitse rwzi's het verwijderingsrendement van fosfaten door de invoering van fosfaatvrije wasmiddelen gemiddeld toe van 24 naar 40%. De verlaagde concentratie van fosfaat in het influent heeft een positieve invloed op chemische defosfatering. De dosering aan chemicaliën wordt lager, de extra geproduceerde hoeveelheid slib wordt minder. Bij installaties waar de chemicaliëndosering niet gestuurd wordt door de fosfaatvrucht is de invloed van de geringere spreiding in fosfaatgehalten gunstig. De besparingen zijn echter minder groot dan op grond van de lagere influentconcentratie verwacht werd; de gegevens hierover zijn echter onduidelijk en beperkt.

Ook bij de Duitse onderzoeken is voor zover bekend geen aandacht geschonken aan de verschillende typen fosfaat en aan de vraag of het fosfaat in opgeloste vorm of gebonden aan zwevend stof in het afvalwater aanwezig was.

5.2. Zwitserland

In juli 1987 is in Zwitserland een fosfaatverbod van kracht geworden, alleen wasmiddelen met een P-gehalte van minder dan 0,5% en machine-afwasmiddelen met een P-gehalte van minder dan 8% mogen worden verkocht [3]. Door Candinas [21, 22] werd een onderzoek uitgevoerd naar de effecten van het fosfaatverbod op 193 van de 900 Zwitserse rwzi's. Hiervan waren 100 rwzi's zonder en 93 rwzi's met defosfatering. Uit andere bron [23] blijkt dat het fosfaataanbod via het influent met circa 40% is afgenomen. Bij een gelijkblijvend verwijderingspercentage in rwzi's zonder defosfatering zou de met slib afgevoerde hoeveelheid eveneens met 40% moeten dalen. De werkelijke vastlegging daalde van 1830 naar 1600 ton per jaar: slechts 13%.

TABEL III - Totaal verbruik van fosfaat in wasmiddelen in Duitsland in ton P/jaar [4].

	1975	1985	1987
Wasmiddel: huishoudens en bedrijven	65.000	30.500	17.000
Machinale afwas	3.000	3.000	3.000
Reinigingsmiddel voor huish. gebruik	1.000	1.500	0
Totaal	69.000	35.000	20.000

TABEL IV - Fosfaatvrucht per inwonerequivalent in huishoudelijk afvalwater in Duitsland (g/f.e. per dag) [4].

	1975	1985	1987	Toekomst
P van menselijke uitscheiding	1,6	1,6	1,6	1,6
P van voedselresiduen	0,3	0,3	0,3	0,3
P van wasmiddelen en reinigingsmiddelen	3,0	1,6	0,9	0,3
Totaal	4,9	3,5	2,8	2,2

TABEL V – Globaal effect van de invoering van fosfaaterijze wasmiddelen op de fosfaatvastlegging in een laag-belaste rwzi zonder aanvullende defosfatering (mg P/l).
Opmerking: Een deel van het biologische fosfor komt als zwevend stof in het effluent terecht. In deze schatting wordt ervan uitgegaan dat dit 20 mg/l met 2,5% P = 0,5 mg/l is.

	P-influent	Na aërobe omzetting	Vastlegging		P-effluent
			chemisch incl. bezinking	biologisch	
<i>Vroeger</i>					
P-ortho	8	14	1,5	4,5	8
P-wasmiddel	5,5	0,5	–	–	0,5
P-organisch	1	–	–	–	–
Zwevend stof effluent	–	–	–	–0,5	0,5
Totaal	14,5	14,5	1,5	4	9
P-vastlegging = 5,5 mg/l P-reductie = 38%					
<i>Toekomst</i>					
P-ortho	8	10	1	4,5	4,5
P-wasmiddel	1	0	–	–	–
P-organisch	1	–	–	–	–
Zwevend stof effluent	–	–	–	–0,5	0,5
Totaal	10	10	1	4	5
P-vastlegging = 5,0 mg/l P-reductie = 50%					

Ook deze gegevens duiden er op dat de absolute vastlegging van fosfaat tamelijk constant blijft en dat door de lagere influentgehalten het verwijderingsrendement toeneemt. Candinas concludeert op basis van P-balansen, dat het verwijderingsrendement zou kunnen zijn gestegen van 40 naar 50% na uitvaardiging van het fosfaatverbod. Een beperking van het onderzoek is dat de hele inventarisatie uitsluitend berust op gegevens over slibhoeveelheden en P-gehalten daarin.

6. Bespreking van de invloed van fosfaatvrij wassen op de fosfaatvastlegging in rwzi's

In deze publikatie komt een vrij eensluidend beeld naar voren over de gevolgen van vervanging van fosfaten in was- en reinigingsmiddelen op de fosfaatvastlegging in rwzi's. De gegevens uit literatuur en praktijk sluiten goed bij elkaar aan. Het P-totaalgehalte in stedelijk afvalwater in Nederland is gedaald van gemiddeld 14,5 mg/l in de periode 1980-1986 tot ca. 10 mg/l in 1989. Een geringe daling zal nog op kunnen treden als de was- en reinigingsmiddelen en de machine-afwasmiddelen fosfaatvrij zijn. Vooral voor de laatste categorie stoffen is enige voorzichtigheid wel op zijn plaats. De mogelijk slechte anaërobe afbreekbaarheid bij lage temperatuur van detergenten zou een beletsel kunnen zijn [24, 25]. Door het afschaffen van 'wasmiddel-fosfaten' moeten volgens literatuurgegevens de poly- en pyrofosfaten nu vrijwel uit het afvalwater verdwenen zijn (tabel I). Een gedeelte van deze fosfaten werd in hoog belaste rwzi's niet omgezet

in ortho-fosfaten; door deze bijdrage was het gehalte van fosfaat in het effluent bij gebruik van fosfaathoudende wasmiddelen verhoogd. Dit had vooral invloed bij piekbelastingen, op momenten dat er veel gewassen werd. Omdat de maximale 'natuurlijke' biologische vastlegging vrijwel continu wordt overschreden, veroorzaakt een piek in de influentconcentratie een vrijwel gelijke piek in de effluentconcentratie.

De totale vastlegging van fosfaat is de som van de 'natuurlijke' biologische en de chemische vastlegging. In tabel V is globaal het effect van de invoering van fosfaatvrije wasmiddelen op de totale fosfaatvastlegging in laag belaste rwzi's, zonder aanvullende defosfatering aangegeven. Er is hierbij uitgegaan van een vrijwel volledige omzetting van wasmiddel-P in ortho-fosfaat. In het algemeen kan gesteld worden dat de biologische vastlegging van fosfaat aan slib in absolute zin gelijk blijft. Als er geen maatregelen in de procesvoering getroffen worden om de biologische vastlegging te vergroten (biologische defosfatering), hangt door de overmaat aan fosfaat in afvalwater deze vastlegging voornamelijk af van de slibproductie. Ofschoon de verandering van de CZV/P-verhouding van 40 naar 60 op de vastlegging van P in slib geen invloed heeft, kan de CZV-verhoging die opgetreden is door de introductie van organische fosfaatvervangers een lichte toename van de slibgroei tot gevolg hebben.

De 'natuurlijke' chemische vastlegging is moeilijk te kwantificeren. Er zijn veel procesfactoren op deze vastlegging van

invloed. De geanalyseerde bedrijfsgegevens wijzen er op dat deze vastlegging bij lagere fosfaat-gehalten in het influent procentueel gelijk blijft, maar in absolute zin afneemt. Aangezien de bijdrage van de chemische vastlegging kleiner is dan die van de biologische vastlegging is de totale vastlegging bij een lager gehalte aan P in afvalwater toch vrijwel gelijk gebleven. Deze uitspraak gaat beter op voor hoger belaste installaties dan voor zeer laag belaste actief-slibinstallaties (oxydatiesloten). De fosfaatreductie neemt uiteindelijk toe van circa 40 naar 50% (tabel V). Hierbij neemt de vracht aan P in het effluent van rwzi's zonder defosfatering af met bijna hetzelfde percentage als de afname van de P-concentratie in stedelijk afvalwater door het fosfaatvrije wassen.

Referenties

1. Kampf, R., Jong, A. C. M. P. de, Rijs, G. B. J. en Dalen, R. van (1989). *Invloed van fosfaaterijze wasmiddelen op de vastlegging bij de zuivering van stedelijk afvalwater*. MT-TNO rapport, nr. R89/843, december 1989.

2. Brandse, F. A. (1989). *Praktijkuitvoering chemisch defosfateren*. Voordrachtenbundel 'Nutrientenverwijdering', NVA-najaarsvergadering, 1 december 1989, Rhenen.

3. Dalen, R. van (1988). *Invloed van P-loze wasmiddelen op het defosfateringsrendement*. Workshop Technologische aspecten van het defosfateringsproces, Hilversum.

4. Hamm, A. (1989). *Kompodium Auswirkungen der Phosphathöchstnengen Verordnung für Waschmittel auf Kläranlagen und Gewässern*. Academia Verlag Richarz GmbH.

5. Heide, B. A. (1980). *Fosfaatverwijdering in rwzi's zonder en met vervanging van fosfaten in wasmiddelen*. H₂O (21) 1989, p. 498-501.

6. *Chemisch defosfateren, methoden en neven-effecten*. Stichting Onderzoek Reiniging Afvalwater (STORA), Rijswijk, 1981.

7. *Waterkwaliteitsbeheer; deel b Zuivering van afvalwater*. Uitgaven 1981 t/m 1987. Centraal Bureau voor de Statistiek, Staatsuitgeverij, 's-Gravenhage, 1985-1989.

8. *Effect en kostenconsequenties van defosfateringsmaatregelen in Nederland*. Studie in het Kader van de werkgroep Actieplan defosfateren. Ministerie van Verkeer en Waterstaat DBW/RIZA, 1988.

9. Jenkins, D., Ferguson, J. F. en Menar, A. B. (1971). *Chemical processes for phosphate removal*. Water Research, nr. 5, p. 369-389.

10. Van Dalen, R. (1989). *Persoonlijke mededelingen*. Zuiveringsschap Veluwe.

11. Devey, D. G. en Harkness, N. (1973). *The significance of man-made sources of phosphorus: Detergents and sewage*. Water Research, nr. 7, p. 35-54.

12. Yeoman, S., Stephenson, T., Lester, J. N. en Perry, R. (1988). *The removal of phosphorus during waste water treatment: A Review*. Environmental Pollution, 49, p. 183-233.

13. Finstein, M. S. en Hunter, J. V. (1967). *Hydrolysis of condensed phosphates during aerobic biological sewage treatment*. Water Research 1, p. 247-254.

14. Heide, B. A. en Kampf, R. *Fosfaatverwijdering door middel van simultane precipitatie met kalk*. H₂O (10) 1977, nr. 21, p. 498-501.

15. Peschen, N. und Bever, J. (1989). *Weitergehende P-Elimination durch Simultan-bez. Nachfällung mit Kalk unter besonderer Berücksichtigung der Nitrifikation und Denitrifikation*. Korrespondenz Abwasser, 36, nr. 3, p. 310-315.

16. *Technischer Leitfaden zur Elimination von Phosphor in kommunalen Kläranlagen*. IWA-Merkblätter nr.1, Landesamt für Wasser und Abfall, Nordrhein-Westfalen, Düsseldorf, 1989.
17. Morgan, W. E. and Fruh, E. G. (1974). *Phosphate incorporation in activated sludge*. Journal of WPCF, 46 nr. 11, p.2486-2497.
18. Hennink, M. en Rensink, J. H. (1988). *Onderzoek naar biologische defosfatering op bestaande Nederlandse rioolwaterzuiveringsinrichtingen*. Rapport Landbouwniversiteit Wageningen.
19. Harremoes, P. (1989). *Persoonlijke mededelingen*. Department of Environmental Engineering, Technical University of Denmark, Lyngby, Denemarken.
20. Valve, M. en Mustonen, S. (1989). *Persoonlijke mededelingen*. National Board of Waters and the Environment, Helsinki, Finland.
21. Candinas, T. (1988). *Persoonlijke mededelingen*. *The effect of the ban on phosphorus in detergents on the phosphorus content of Swiss sewage sludges and its effect on the efficiency of phosphorus elimination by sewage treatment plants*. Poster over fosfor in Zwitserse rwzi's, EC-Conference on Sludge Use and Treatment, Aquatech, Amsterdam, 1988.
22. Candinas, T. (1989). *Persoonlijke mededelingen*. Eidg. Forschungsanstalt für Agrikulturchemie und Umwelthygiene, Liebefeld-Bern, Zwitserland.
23. Müller, E. (1989). *Persoonlijke mededelingen*. Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft, Bern, Zwitserland.
24. Kampf, R. en Heide, B. A. (1989). *De analyse van de invloed van het stoffengebruik in de huishouding op individuele zuiveringssystemen (literatuurstudie)*. H₂O (22) 1989, nr. 18, p. 550-553 en 567.
25. *Ook fosfaaterijze reasmiddelen schadelijk voor het milieu*. PT-Procestechniek, nr. 3, maart 1990.

● ● ●

Summaries

- End of page 563

H₂O (23) 1990, nr. 21; 585

A. J. J. BOS:

Radio-activity and radiation (quantities and units)

In this introduction the quantities used for the description of the physical phenomena radio-activity and radiation are described. For a general description of exposure to radiation it makes sense to distinguish between the radiation source, the radiation field and the absorbed radiation energy. The various quantities which characterize these conceptions and their units are described. These quantities appear not suitable in the practice of radiation protection to evaluate the risks of the exposure to radiation. Certain risks can be described with the quantity (effective) dose equivalent. The meaning of this quantity is shortly dealt with. Finally the contributions to the radiation exposure of the Dutch population is given.

DZH wil recreatie in Meijndel spreiden om natuur te ontzien

Het Duinwaterbedrijf Zuid-Holland (DZH) doet onderzoek naar de wensen en behoeften van recreanten in Meijndel. Op 4, 6, 9 en 16 september kregen 250 bezoekers van het gebied een vragenlijst voorgelegd waaruit die wensen en behoeften moeten blijken. Zo wil het bedrijf weten met welk vervoermiddel recreanten naar Meijndel komen, welke activiteiten zij in het gebied ondernemen en wat naar hun mening de aantrekkelijke en onaantrekkelijke kanten van Meijndel zijn. Het DZH wil aan de hand van de reacties op de enquête erachter komen hoe met een reeks maatregelen in en rond Meijndel zo goed mogelijk tegemoet kan worden gekomen aan de behoeften en wensen van de bezoekers. Zulke maatregelen moeten ervoor zorgen dat de recreatiedruk op de vallei Meijndel vermindert. De vallei is belangrijk vanuit een oogpunt van natuurbehoud, maar trekt tegelijkertijd zeer veel bezoekers. Daardoor komen flora en fauna in de knel. Het DZH en zijn adviserende instanties achten maatregelen, gericht op herstel van de natuur in de vallei, hard nodig. Uitgangspunt bij het nemen van maatregelen is, dat de recreatie beter over het duinterrein wordt gespreid. De ontlasting van het voor bezoekers toegankelijke deel van de vallei dient – aldus het bedrijf – gepaard te gaan met nieuwe faciliteiten aan de randen van Meijndel, om de vallei zo beter geschikt te maken voor natuurgerichte recreatie. 'Bezoekers zijn van harte welkom, mits dit

niet leidt tot schade voor de natuur en de waterwinning'.

De enquête wordt in opdracht van het DZH uitgevoerd door medewerkers en studenten van de Landbouwniversiteit Wageningen. (Persbericht DZH)

Friese consument vindt kraanwater lekker

Zo'n negentig procent van de Friezen vindt het Friese kraanwater 'lekker' en een zelfde percentage drinkt het water rechtstreeks uit de kraan. Dit zijn twee van de resultaten van een enquête die nv Waterleiding Friesland door het bureau InterView heeft laten uitvoeren onder 761 gezinshoofden wonend in Friesland. Het waterleidingbedrijf wilde met het onderzoek aan de weet komen hoe men over de kwaliteit van het Friese drinkwater denkt.

Volgens de consument voldoet het drinkwater aan de kwaliteitsaspecten helderheid (98%) en smaak (90%), terwijl men over de zachtheid verdeeld is. 35% vindt het water niet zacht genoeg. Een meerderheid beoordeelt het water als 'gezonder' (79%) en 16% geeft te kennen het niet te weten.

Maar liefst 70% van de ondervraagden was van mening dat het drinkwater in Friesland beter van kwaliteit is dan het drinkwater in de Randstad. Over de kwaliteit van het drinkwater in Friesland maakt men zich over het algemeen niet bezorgd: 74% van de respondenten gaf aan dat men zich absoluut niet bezorgd maakt. Ongeveer een kwart van de geënquêteerden maakt zich wel bezorgd.

