

# De verwijdering van fosfaten uit 'gedefosfateerd' afvalwater door middel van een anthraciet-zandfilter

## 1. Inleiding

Uit onderzoeken is bekend, dat door filtratie op laboratoriumschaal zonder verdere chemikaliëntoevoeging nog een aanzienlijke hoeveelheid fosfaat uit 'gedefosfateerd' afvalwater verwijderd kan worden [1, 2].

Deze verdere reductie is waarschijnlijk toe te schrijven aan het terughouden van zwevende stof op het papierfilter; het valt niet te verwachten dat zonder een extra dosering van vlokmiddel ook het opgelost fosfaatgehalte alsnog wordt teruggebracht.



ING. R. VAN DALEN  
Hoofdafdeling Zuiverings-  
techniek, RIZA  
Lelystad



IR. U. JANSMA  
Machinefabriek Hubert  
Sneek

De filtratie op semi-technische schaal is op de rioolwaterzuiveringsinrichting te Elburg onderzocht door een gedeelte van het effluent van de inrichting over een anthraciet-zandfilter te leiden.

In de onderhavige publikatie worden het proeffilter, de uitvoering van de proef en de gemeten resultaten beschreven.

Aan het slot van het artikel wordt met een aantal aannamen als uitgangspunt een overzicht gegeven van de kosten bij toepassing van een anthraciet-zandfilter voor verschillende capaciteiten van rioolwaterzuiveringsinrichtingen.

## 2. Beschrijving van het proeffilter

Een ideaal filter moet een filterbed bevatten, waarbij het medium in de filtratierichting zodanig gegroepeerd is, dat de uniforme grove delen boven liggen en de kleinere uniforme delen beneden.

Bij het toegepaste anthracietfilter worden in het algemeen 3 filtermedia toegepast, nl. een slijtvaste speciale hydro-anthraciet, filterzand en kiezel. Het kiezel doet dienst als steunlaag.

Doordat relatief vrij grof materiaal wordt gebruikt, zijn de weerstanden gering en zal het filter niet zo snel verstopten, terwijl relatief hoge filtersnelheden kunnen worden aangehouden.

Het proeffilter waarmee het onderzoek op de rioolwaterzuiveringsinrichting te Elburg is uitgevoerd, bestaat uit een kolom met een

inwendige diameter van 0,6 m en een hoogte van 5,0 m.

De filtratierichting is van boven naar beneden, waarbij resp. het slijtvaste hydro-anthraciet, het filterzand en de kiezellaag worden gepasseerd. De totale vulhoogte van het filtermedium is ca. 2,5 m. Tabel I geeft een specificatie van het gebruikte filtermateriaal.

TABEL I - Specificatie van het filtermateriaal.

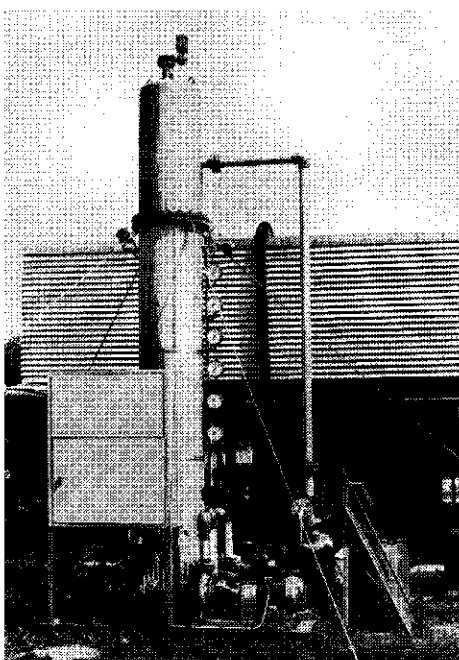
Omschrijving	Kiezel	Zand	Anthraciet
Fractie (mm)	6 - 12	0,9 - 1,6	2,4 - 4,8
ES		0,95	1,78
d40			
UC		1,22	1,63
d90			
Bedhoogte (M)	0,4	0,6	1,5
Soortelijke massa (kg/m <sup>3</sup> )	2,5 x 10 <sup>3</sup>	2,6 x 10 <sup>3</sup>	1,5 x 10 <sup>3</sup>

De begrippen ES en UC — volgen uit de zeef-  
analyse waarbij de zeeffractions cumulatief worden  
uitgezet als functie van de korreldiameter,  
waarbij dan:  
ES = effective size (werkzame korrelgrootte) =  
90 gew. % groter dan een bepaalde diameter (mm).  
d40  
UC — = uniformity coefficient (gelijkvormig-  
heidscoëfficiënt) =  
40 gew. % groter dan een bepaalde diameter (mm)  
90 gew. % groter dan een bepaalde diameter (mm)

### 2.1. Bedrijfsvoering

Het proeffilter is van de nodige apparatuur voorzien, welke een volledig automatisch bedrijf mogelijk maakt. Een foto van het filter is weergegeven in afb. 1.

Afb. 1 - De proefopstelling van het anthraciet-filter op de rioolwaterzuiveringsinrichting te Elburg.



Door een programmawals worden de luchtbediende afsluiters, de filtratiepomp, de spoelwaterpomp en de luchtblower bediend. De filtratiecapaciteit wordt met behulp van een mechanische debietregelaar konstant gehouden.

Tijdens het filtreren neemt het drukverschil over het filterbed toe, tengevolge van afzetting van zwevende stof op het filtermedium. Indien dit drukverschil een instelbare waarde van 4 - 8 mWk bereikt, vangt automatisch de spoelfase aan.

Afb. 2 geeft schematisch de proefopstelling weer.

De filtratiepomp (no. 1) wordt daarbij uitgeschakeld, vervolgens wordt de aftapsluiters (no. 12) geopend, zodat het in het filter aanwezige water wegstroomt.

Hierna worden de spoelwaterpomp (no. 9) en de kompressor (no. 10) ingeschakeld.

Afsluiter 8a staat hierbij open en afsluiter 8b staat dicht. De afsluiters 8c en 8d staan zo afgesteld, dat de spoelwaterpomp (no. 9) ca. 8,5 m<sup>3</sup>/h effluent van onder naar boven door het filterbed pompt.

De kompressor levert een hoeveelheid lucht van ca. 37 m<sup>3</sup>/h. Het resultaat hiervan is dat in het filter een opwaartse water-

snelheid \* optreedt van 30 m/h en een luchtsnelheid van 130 m/h, waardoor het gehele filterbed opgewoeld wordt, met als gevolg dat de op het filtermedium afgezette zwevende stof hiervan wordt losgemaakt.

Deze eerste spoelfase duurt ca. 5 minuten, waarna de kompressor wordt uitgeschakeld en de spoelwaterpomp op volle capaciteit (ca. 20 m<sup>3</sup>/h) het filter spoelt. Hierbij bedraagt de opwaartse vloeistofsnelheid door het filter ca. 70 m/h. Gedurende deze tweede spoelfase wordt de losgemaakte zwevende stof uit het filter verwijderd en krijgt het filterbed de gelegenheid zich weer in lagen af te zetten.

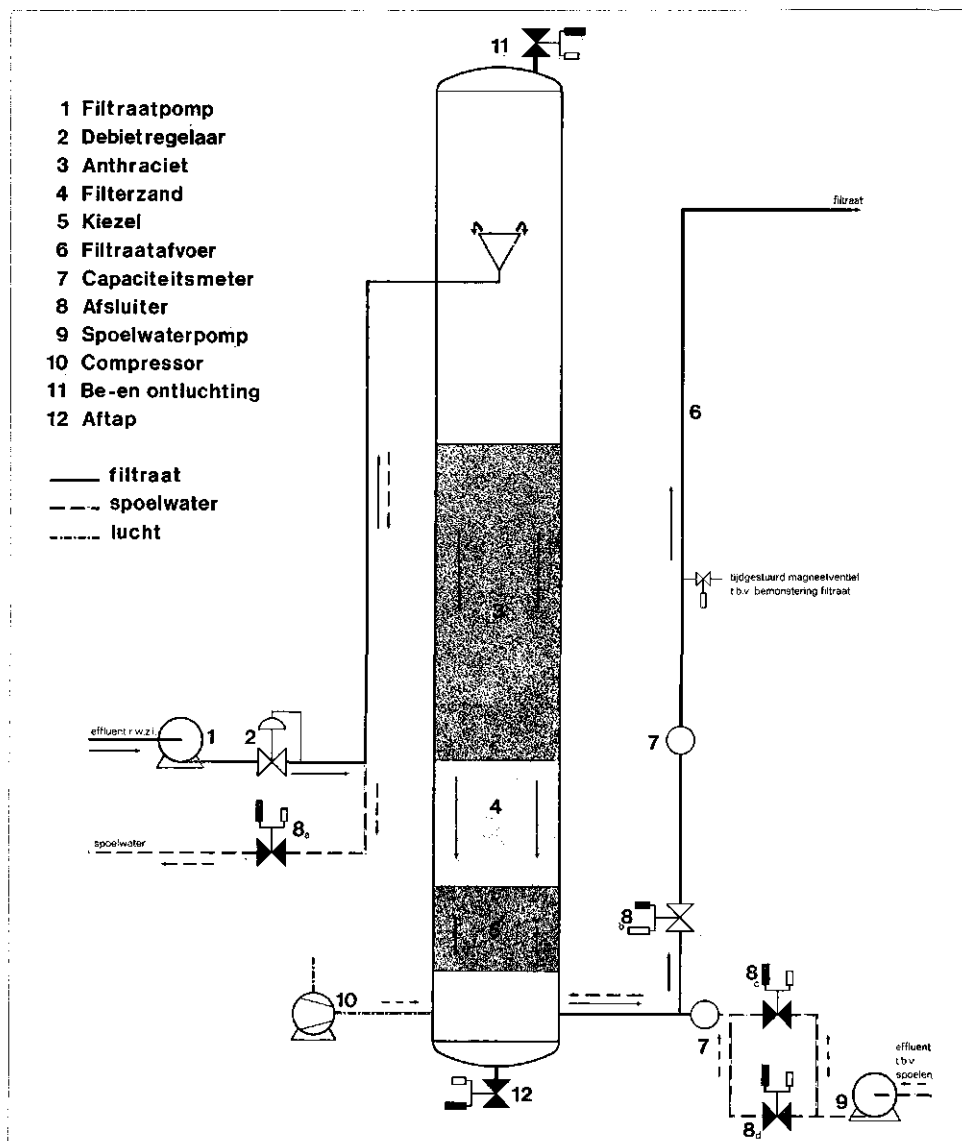
Als gevolg van het lage soortelijk gewicht van het hydro-anthraciet ten opzichte van het zand en de kiezel, gekoppeld aan het verschil in deeltjesgrootte (tabel I), zet het hydro-anthraciet zich hierbij weer als bovenste laag af. Deze tweede spoelfase duurt eveneens ca. 5 minuten.

Hierna worden de afsluiters 8a, 8c en 8d gesloten en afsluiter 8b geopend en vangt de volgende filtratiecyclus weer aan.

Het filtratiedebiet bedraagt ca. 12 m<sup>3</sup>/h, hetgeen tot een filtratiesnelheid van ca. 40 m/h leidt.

Tijdens de beproeving werd het spoelwater met het daarin voorkomende slib via de terreinriolering afgevoerd naar het influent van de rioolwaterzuiveringsinrichting. De mogelijkheid om het slib door middel

\* In de filtratietechniek worden filtersnelheden berekend, uitgaande van niet met filtermedium gevulde kolommen. De werkelijke snelheden tussen de mediumdeeltjes zijn daarom veel groter.



Afb. 2 - Anthraciefilter.

van een bezinktank af te scheiden, werd niet onderzocht.

### 3. Uitvoering van het onderzoek

Van zowel de inloop als de uitloop van het filter werden tijdsproportionele etmaalmonsters genomen. Hiervan werden aanvankelijk de volgende parameters onderzocht:

- zwevende stof
- COD
- BOD<sub>5</sub><sup>20</sup>
- Kjeldahl-N
- nitraat-N
- nitriet-N
- Ph
- chloride
- tot-P
- ortho-P, bepaald na filtratie over een filtreerpapierkje
- methyleenblauwproef
- ijzergehalte als zodanig

De stikstofanalyses werden in dit programma ingevoerd, omdat aanvankelijk het vermoeden bestond dat in het filterbed anaërobie op zou kunnen treden, hetgeen uit de resultaten van de stikstofanalyses tot uitdrukking had moeten komen. Nadat het filter ca. twee maanden in bedrijf was, bleken de drie stikstofparameters van de inloop en de uitloop onderling geen noemenswaardige verschillen te vertonen.

Het Kjeldahl-N gehalte varieerde van 25-55 mg/l, het nitraat-N gehalte van 0 - 3 mg/l, terwijl nitriet-N praktisch afwezig was. Besloten werd de nitraat-N en de nitriet-N bepalingen te laten vervallen. Eveneens was dit het geval met de methyleenblauwproef. In alle monsters van zowel de inloop als de uitloop van het filter trad pas de verkleuring op na meer dan 96 uur. Besloten werd ook deze bepaling achterwege te laten.

Dagelijks werden de bedrijfsgegevens van het filter genoteerd, zoals:

- het filtratiedebiet in m<sup>3</sup>/etm;
- het spoelwaterverbruik in m<sup>3</sup>/etm;
- het aantal spoelbeurten per etmaal;
- de drukken in de zuigleiding en de persleiding van de pomp;
- de druk na de mechanische debietregelaar;
- de druk vóór en na het filter.

Op de rioolwaterzuiveringsinrichting te Elburg wordt in de beide parallelle aëratietanks in totaal 60 l/h 41 gew. % ijzerchloride gedoseerd (30 l/h per tank). Over het anthraciefilter wordt een deelstroom van gemiddeld 253 m<sup>3</sup>/etm. van het effluent van één van beide parallelle nabezinktanks gepompt.

De minima en maxima bedroegen resp. 206 en 296 m<sup>3</sup>/etm. Deze spreiding werd enerzijds veroorzaakt door het wisselende aantal spoelbeurten per etmaal en anderzijds doordat niet elke dag op precies hetzelfde tijdstip het filterdebiet werd genoteerd.

De dosering van het ijzerchloride vond aanvankelijk plaats aan het begin van beide aëratietanks.

Met betrekking tot de plaats van dosering van het ijzerchloride in de aëratietanks van de rioolwaterzuiveringsinrichting werden tijdens het onderzoek een aantal variaties toegepast teneinde de hierbij optredende effecten op het filter na te gaan.

Zo werd ook een periode gedoseerd op een afstand van ca. 2 m vóór het einde van de aëratietank, waarachter het filter opgesteld stond en vervolgens in het verbindingsputje tussen de aëratietank en de nabezinktank. Hierna is het doseerpunt weer teruggebracht naar het begin van de aëratietank en werd in de zuigleiding van het anthraciefilter een extra hoeveelheid ijzerchloride geïnjecteerd.

De resultaten verbonden aan de verschillende perioden, staan in de tabellen II t/m V vermeld.

Samengevat kan het onderzoek gesplitst worden in een aantal perioden:

- a. een periode van 17-9-1975 t/m 6-11-1975, waarin in beide aëratietanks in totaal 60 liter 41 gew. % ijzerchloride werd gedoseerd op verschillende doseerpunten, zoals bovenstaand beschreven is (tabellen II, III en IV);
- b. een periode van 10-11-1975 t/m 14-12-1975, waarbij aan het begin van beide aëratietanks in totaal 60 liter 41 gew. % ijzerchloride werd gedoseerd en tevens in de zuigleiding van de pomp naar het filter een hoeveelheid van 3 - 6 liter 41 gew. % ijzerchloride per etmaal werd geïnjecteerd (tabel V);
- c. in 1976 zijn een aantal proeven gedaan,

TABEL II - IJzerchloride dosering aan het begin van de aëratietank.

Jaar	Q	Spoel-	FeCl <sub>3</sub>	Tot-P	Tot-P	η	η	Zw. stof mg/l		Fe. als zod. mg/l		BOD <sub>5</sub> mg/l		η	COD mg/l		η	Ortho-P	Ortho-P	
1975	Filter	water-	dos.	Inloop	Uitloop	P red.	Zw. stof	Inloop	Uitloop	In-	Uit-	In-	Uit-	BOD	In-	Uit-	COD	Ortho-P	Ortho-P	
Datum	m <sup>3</sup> / etm.	verbr. m <sup>3</sup> / etm.	in A.t. l/h	Filter g/m <sup>3</sup>	Filter g/m <sup>3</sup>	over Filter	Inloop Filter	Uitloop Filter	over Filter	loop Filter	loop Filter	loop Filter	loop Filter	over Filter	loop Filter	loop Filter	over Filter	Inloop Filter	Uitloop Filter	
17/18-9	276	3	25,5	2,0	1,6	20%	4	2	50%	1,1	0,8	6,6	6,8	—	3%	50	40	20%	1,3	1,3
18/19-9	268	2	25,5	1,2	1,1	8%	3	afw.	100%	1,0	0,7	11,4	12,4	—	9%	35	30	14%	0,8	0,9
19/20-9	263	3	25,5	2,6	1,7	35%	8	1	88%	1,1	0,7	15,0	14,3	—	5%	40	35	13%	1,6	1,3
20/21-9	262	3	25,5	1,7	1,3	7%	3	afw.	100%	1,3	0,8	9,7	14,7	—	52%	35	35	0%	1,3	1,3
23/24-9	290	2	25,5	3,0	3,0	0%	7	1	86%	1,4	0,8	10,8	10,4	—	4%	58	55	5%	2,6	2,8
24/25-9	267	3	25,5	2,1	1,7	19%	6	2	67%	1,4	0,9	9,6	12,6	—	31%	70	35	50%	1,6	1,6
25/26-9	261	3	30	2,6	2,1	19%	10	2	80%	1,8	1,0	14,0	10,8	—	23%	65	55	15%	1,7	1,5
29/30-9	247	0	30	2,0	1,8	10%	4	afw.	100%	—	—	7,5	7,2	—	4%	56	50	11%	1,5	1,6
30-9/1-10	262	3	30	1,7	1,5	12%	3	3	0%	1,1	0,5	9,6	8,1	—	16%	60	55	8%	1,2	1,2
2/3-10	265	6	30	1,7	1,2	29%	7	1	86%	1,3	0,5	11	10	—	9%	80	60	25%	0,8	0,7
3/4-10	260	6	30	1,4	1,1	21%	7	2	71%	1,0	0,4	13	10	—	23%	60	50	17%	0,9	0,9
4/5-10	268	3	30	0,7	0,5	29%	<1	<1	—	1,1	0,6	6,7	4,3	—	36%	40	40	0%	0,3	0,3

TABEL III - IJzerchloride dosering ± 2 m voor het einde van de aëratietank.

Jaar	Q	Spoel-	FeCl <sub>3</sub>	Tot-P	Tot-P	η	η	Zw. stof mg/l		Fe. als zod. mg/l		BOD <sub>5</sub> mg/l		η	COD mg/l		η	Ortho-P	Ortho-P
1975	Filter	water-	dos.	Inloop	Uitloop	P red.	Zw. stof	Inloop	Uitloop	In-	Uit-	In-	Uit-	BOD	In-	Uit-	COD	Ortho-P	Ortho-P
Datum	m <sup>3</sup> / etm.	verbr. m <sup>3</sup> / etm.	in A.t. l/h	Filter g/m <sup>3</sup>	Filter g/m <sup>3</sup>	over Filter	Inloop Filter	Uitloop Filter	over Filter	loop Filter	loop Filter	loop Filter	loop Filter	over Filter	loop Filter	loop Filter	over Filter	Inloop Filter	Uitloop Filter
6/7-10	244	8	30	0,8	0,7	13%	<1	<1	—	0,7	0,4	8,0	7,2	10%	70	35	50%	0,6	0,5
7/8-10	286	3	30	1,0	1,2	16%	<1	<1	—	1,0	0,6	12,0	7,8	35%	120	70	42%	0,8	1,1
8/9-10	268	3	30	2,8	1,8	36%	8	2	75%	1,5	0,7	5,6	4,0	29%	50	30	40%	1,1	1,1
10/11-10	230	4	30	1,9	1,9	0%	6	2	67%	1,7	0,8	16	15	7%	65	55	15%	1,8	1,8
11/12-10	270	5	30	0,7	0,7	0%	4	0,2	95%	1,2	0,4	12	8	33%	55	40	27%	0,8	0,7
12/13-10	275	6	30	0,3	0,2	33%	9	2	78%	1,4	0,6	8,6	4,2	51%	45	45	0%	0,2	0,2
13/14-10	229	3	30	1,5	1,3	13%	3	1	67%	1,2	0,6	8,4	6,0	29%	45	45	0%	1,1	1,0
14/15-10	256	3	30	1,3	1,0	23%	6	2	67%	1,4	0,7	9,2	5,0	46%	45	45	0%	0,9	0,8
15/16-10	246	3	30	1,0	0,9	10%	6	3	50%	1,2	0,7	5,2	4,2	19%	70	45	36%	0,7	0,7
16/17-10	257	5	30	2,7	1,7	37%	15	afw.	100%	3,1	1,3	17	15	12%	80	70	13%	1,2	1,2
17/18-10	234	10	30	1,1	1,1	0%	5	1	80%	1,1	0,5	12,5	10,0	20%	50	45	10%	0,6	0,6
20/21-10	236	3	30	1,2	0,8	33%	11	5	55%	1,6	0,7	6,4	4,8	25%	35	35	0%	0,6	0,6
22/23-10	241	3	30	1,6	1,4	13%	7	5	29%	1,2	0,6	8,3	5,4	35%	55	45	18%	1,2	1,2
23/24-10	248	6	30	1,7	1,4	18%	6	4	33%	1,4	0,5	10,4	9,0	13%	65	60	8%	1,1	1,1
24/25-10	243	7	30	2,6	2,0	23%	13	8	38%	1,8	0,5	13,0	12,6	3%	55	50	9%	1,9	1,9
25/26-10	250	3	30	1,6	1,7	6%	3	3	0%	1,2	0,6	8,5	6,3	26%	90	40	56%	1,3	1,3
26/27-10	258	5	30	1,3	0,9	31%	6	10	67%	2,0	1,0	6,0	5,0	17%	40	35	13%	0,7	0,5

TABEL IV - IJzerchloride dosering in verbindingsput tussen aëratietank en nabezinktank.

Jaar	Q	Spoel-	FeCl <sub>3</sub>	Tot-P	Tot-P	η	η	Zw. stof mg/l		Fe. als zod. mg/l		BOD <sub>5</sub> mg/l		η	COD mg/l		η	Ortho-P	Ortho-P
1975	Filter	water-	dos.	Inloop	Uitloop	P red.	Zw. stof	Inloop	Uitloop	In-	Uit-	In-	Uit-	BOD	In-	Uit-	COD	Ortho-P	Ortho-P
Datum	m <sup>3</sup> / etm.	verbr. m <sup>3</sup> / etm.	in A.t. l/h	Filter g/m <sup>3</sup>	Filter g/m <sup>3</sup>	over Filter	Inloop Filter	Uitloop Filter	over Filter	loop Filter	loop Filter	loop Filter	loop Filter	over Filter	loop Filter	loop Filter	over Filter	Inloop Filter	Uitloop Filter
27/28-10	234	7	30	3,3	2,7	18%	6	1	83%	1,9	0,9	9,4	7,4	21%	55	40	27%	2,2	2,1
28/29-10	254	2	30	4,3	3,9	9%	6	2	67%	1,6	0,7	15	13	13%	70	60	14%	3,5	3,5
29/30-10	244	7	30	3,2	2,9	9%	6	0,1	98%	1,3	0,4	19	14	26%	80	70	13%	2,8	2,9
30/31-10	244	6	30	3,1	2,8	10%	15	7	53%	1,4	0,4	15	13	13%	71	55	23%	2,7	2,7
31-10/1-11	210	9	30	3,9	3,3	15%	4	4	0%	1,9	0,5	16	13	19%	65	65	0%	2,8	2,9
1/2-11	245	3	30	3,2	2,7	16%	4	15	275%	2,1	0,8	13	12	8%	65	50	23%	2,3	2,3
3/4-11	245	3	30	3,1	1,3	58%	17	8	53%	2,4	0,9	11	5,8	47%	75	50	33%	2,1	0,9
4/5-11	244	6	30	3,6	2,7	25%	18	5	72%	1,8	0,5	13	12	8%	75	60	20%	2,9	2,5
5/6-11	241	6	30	4,0	3,5	13%	20	12	40%	2,0	0,6	17	15	12%	95	85	11%	2,8	2,8

waarbij getracht is na te gaan in hoeverre de simultane defosfatering vervangen kon worden door post-precipitatie met behulp van het filter;

d. ook zijn in 1976 een aantal proeven uitgevoerd, waarbij de dosering van ijzerchloride in één van de aëratietanks tijdelijk verhoogd is, zonder een extra ijzerchloride-suppletie op het filter.

### 3.1. Bespreking van de onderzoekresultaten

#### Ad a.

Bij dosering van het ijzerchloride aan het

begin en aan het einde van de aëratietank trad gemiddeld geen noemenswaardig verschil op in het fosfaatgehalte van het effluent van de rioolwaterzuiveringsinrichting (tabellen II en III).

Echter bij verplaatsing van het doseerpunt naar de verbindingsput tussen aëratietank en nabezinktank, verdubbelde de tot-P concentratie in het effluent, waarschijnlijk tengevolge van een slechte menging tussen het actieve slib en het ijzerchloride (tabel IV).

Voor wat betreft het totaalfosfaatverwijderingspercentage van het filter, had het

verplaatsen van het doseerpunt geen duidelijk effect.

Het spoelwaterverbruik varieerde van 2 tot 10 m<sup>3</sup> per etmaal. Het aantal spoelbeurten varieerde van 1 - 3 per etmaal.

#### Ad b.

Na suppletie van de extra hoeveelheid ijzerchloride van 3 - 6 liter per etmaal in de toevoerleiding van het filter, nam het aantal spoelbeurten toe tot 8 - 12 per etmaal met een spoelwaterverbruik van 20 - 35 m<sup>3</sup> per etmaal (tabel V).

Tijdens deze periode is op 13-11-1975 van

TABEL V - IJzerchloride dosering aan het begin van de aëratietank en in de toevoerleiding van het filter.

Jaar 1975	Datum	Q Filter m <sup>3</sup> / etm.	Spoel- water verbr. m <sup>3</sup> / etm.	FeCl <sub>3</sub> dos. in A.t. l/h	Tot-P Inloop Filter g/m <sup>3</sup>	Tot-P Uitloop Filter g/m <sup>3</sup>	P red. over		Zw. stof mg/l		Zw. st. Fe. als zod. mg/l		BOD <sub>5</sub> mg/l		BOD		COD mg/l		41 gew.% FeCl <sub>3</sub> dos. zuigleiding Filter/etm.	Molaire Fe/P. ver- houding * 1	Molaire Fe/P. ver- houding * 2	Ortho-P Gefiltr. Inloop Filter mg/l	Ortho-P Gefiltr. Uitloop Filter mg/l
							Filter	Uitloop	Inloop	Uitloop	In- loop	Uit- loop	In- loop	Uit- loop	In- loop	Uit- loop	In- loop	Uit- loop					
10/11-11	237	20	20	30	3,1	1,2	61%	21	5	2,7	1,7	15	11	27%	70	55	21%	4	0,6	1,1	1,7	0,7	
11/12-11	260	24	24	30	2,5	1,0	60%	10	3	2,5	1,5	13	9,6	26%	60	55	8%	4	0,7	1,2	1,4	0,6	
12/13-11	239	24	24	30	1,7	0,8	53%	17	4	2,5	1,2	14	14	13%	70	45	36%	4	1,1	1,9	1,1	0,4	
13/14-11	206	33	33	30	1,4	0,4	71%	16	4	2,9	1,5	17	14	18%	80	70	13%	4	1,4	2,6	0,7	0,1	
14/15-11	220	25	25	30	1,3	0,6	54%	14	10	2,2	1,7	16	15	6%	90	75	17%	10	1,2	2,1	0,6	0,1	
15/16-11	242	25	25	30	1,0	0,5	50%	14	10	2,0	2,2	16	14	13%	80	75	6%	10	1,2	2,1	0,4	0,1	
16/17-11	244	29	29	30	1,7	0,8	53%	20	8	2,5	2,7	16	11	31%	60	40	33%	4	0,8	1,7	0,7	0,3	
18/19-11	257	34	34	30	2,1	0,5	76%	18	afw.	3,2	2,5	14	10	29%	70	40	43%	4	0,4	1,2	1,0	0,3	
19/20-11	233	31	31	30	3,9	1,8	54%	49	12	5,5	3,4	23	20	13%	115	65	43%	3	0,4	1,2	1,0	0,3	
20/21-11	261	35	35	30	2,5	0,7	72%	33	13	6,1	5,0	—	—	—	70	45	36%	3	0,5	1,7	—	—	
21/22-11	208	27	27	30	1,9	0,6	68%	33	10	6,7	4,0	17	15	12%	75	35	53%	7	0,7	2,7	0,1	afw.	
22/23-11	266	29	29	30	1,1	0,4	64%	21	3	8,6	4,3	19	12	37%	75	60	20%	7	0,7	2,7	0,1	0,1	
26/27-11	273	24	24	30	1,5	0,8	47%	21	17	3,0	4,1	24	22	8%	105	80	24%	4	1,1	2,2	0,4	0,4	
27/28-11	265	31	31	30	2,9	1,1	62%	20	7	5,1	4,8	25	20	—	120	85	29%	3	0,4	1,4	0,3	0,3	
2/3-12	295	16	16	30	2,3	1,1	52%	20	5	4,0	5,0	24	16	33%	70	55	21%	4	0,7	1,6	0,9	0,6	
3/4-12	274	9	9	30	1,2	0,6	50%	8	5	3,2	4,0	25	17	32%	70	60	14%	6	2,0	3,5	0,4	0,3	
4/5-12	269	9	9	30	1,0	0,5	50%	5	0	3,0	4,1	—	—	—	75	65	13%	6	2,4	4,1	0,3	0,2	
5/6-12	238	11	11	30	0,9	0,5	44%	5	1	8,0	2,6	4,2	14	21%	65	55	15%	16	2,1	3,7	0,3	0,2	
6/7-12	269	9	9	30	1,4	0,9	36%	4	1	7,5	2,7	4,3	17	24%	75	60	20%	16	2,1	3,7	0,6	0,4	
7/8-12	296	9	9	30	0,8	0,4	50%	10	5	5,0	3,4	10	8	20%	60	50	17%	16	2,1	3,7	0,1	0,1	
8/9-12	252	6	6	30	1,2	0,6	50%	18	5	3,1	3,9	12	12	0%	65	60	8%	10	1,4	2,4	0,6	0,2	
9/10-12	285	8	8	30	1,7	0,9	47%	9	2	7,8	2,4	3,3	16	25%	70	60	14%	10	1,4	2,4	0,9	0,2	
10/11-12	262	12	12	30	1,6	0,8	50%	5	2	6,0	2,4	3,1	16	25%	75	70	7%	5	1,3	2,2	0,9	0,4	
11/12-12	248	15	15	30	1,6	0,7	56%	9	2	7,8	—	—	—	—	85	65	24%	4	1,1	—	0,5	0,3	
12/13-12	244	11	11	30	1,3	0,7	46%	15	2	8,7	2,6	3,9	20	10%	100	65	35%	—	—	—	0,6	0,3	
13/14-12	232	15	15	30	1,4	0,7	50%	6	1	2,7	2,7	4,1	21	33%	100	80	20%	—	—	—	0,2	0,5	

\* 1 Molen geïnjecteerd Fe in zuigleiding/molen P in inloop.  
\* 2 Molen geïnjecteerd Fe in zuigleiding + molen Fe in inloop/molen P in inloop.

het spelwater een steekmonster genomen, waarvan de analyses in tabel VI vermeld staan. Hieruit blijkt duidelijk de toename aan zwevende stof, tot-P en ijzer.

TABEL VI - Steekmonster spelwater anthraciet-filter d.d. 13-11-1975.

Bezinking na 1/2 uur	220 ml/l
Zwevende stof	1358 mg/l
Tot-P	77 mg/l
Tot-Fe	400 mg/l

Het grotere aantal spelbeurten tengevolge van de suppletie van ijzerchloride kon teruggebracht worden tot 2 - 5 per etmaal met een bijbehorend spelwaterverbruik van 6 - 16 m<sup>3</sup>/etm., door een andere pomp met een grotere opvoerhoogte voor het filter te monteren.

Het gevolg hiervan was dat de maximale drukval over het filter op een hogere waarde kon worden ingesteld (van 4 naar 8 m WK) met behoud van een konstant pompdebiet en een langere standtijd van het filter. Het aantal spelbeurten vermindert, evenals de hoeveelheid spelwater. Deze verandering is aangebracht tussen 28-11-1975 en 2-12-1975 en is in tabel V aangegeven.

Het totaalfosfaatverwijderingspercentage is hierdoor met gemiddeld ca. 10 % afgenomen, terwijl het ijzergehalte in de uitloop gemiddeld een stijging vertoonde ten opzichte van de inloop.

Dit laatste kan mede veroorzaakt zijn door het feit dat na het uitwisselen van de pomp met iets hogere molaire Fe/P-verhoudingen gewerkt is en het feit dat het zwevende stofgehalte van het effluent lager was dan in de voorafgaande periode.

Ad c.

Bij de in 1976 uitgevoerde experimenten waarbij werd nagegaan in hoeverre de simultane defosfatering vervangen kan worden door post-precipitatie in het anthracietfilter, werd in de aëratietank geen ijzerchloride gedoseerd, terwijl in de zuigleiding van het filter hoeveelheden variërend tussen 8 - 28 l/etm. ijzerchloride werden geïnjecteerd.

Hierbij bleek het niet mogelijk een totaalfosfaatconcentratie van < 1 mg P/l in de uitloop van het anthracietfilter te verkrijgen. De behaalde totaalfosfaatconcentraties bedroegen 3 - 9 mg P/l in de uitloop bij totaalfosfaatconcentraties van 6 - 12 mg P/l in de inloop van het anthracietfilter. Bij deze experimenten vertoonden het zwevende stofgehalte en het ijzergehalte in de meeste gevallen een stijging ten opzichte van de inloop. De BOD en de COD echter vertoonden in vele gevallen de voor het filter gebruikelijke daling van gemiddeld

ca. 20 %, hetgeen erop wijst dat toename van het zwevende stofgehalte en het ijzergehalte veroorzaakt wordt door het precipiteren van ijzer in de uitloop van het anthracietfilter.

Onder deze omstandigheden is de verblijftijd in de zuigleiding en het filter (de beschikbare flokkulatietijd) vermoedelijk te kort.

Een verdere verhoging van de ijzerchloride dosering op het filter werd om deze reden niet zinvol geacht.

Wel is nagegaan of mogelijk met een kortere standtijd van het filter het fosfaatverwijderingsrendement verhoogd kon worden. Steekbemonstering van de inloop en de uitloop tijdens een filtratiecyclus wees echter uit dat het rendement gedurende de gehele cyclus laag was, zodat van een verkorting van de filtratiecyclus weinig verbetering in het rendement te verwachten valt.

*Ad d.*

Aansluitend op deze experimenten is, zij het in een betrekkelijk korte periode van ca. 20 dagen, nagegaan of door middel van een verhoging van de simultaan gedoseerde hoeveelheid ijzerchloride in de aëratietank een totaalfosfaatgehalte in het effluent van de rioolwaterzuiveringsinrichting van minder dan 1 mg P/l bereikt kon worden. Hierbij werd gestreefd naar een ijzerchloride dosering van 40 l/h per tank, waarbij op het anthracietfilter geen extra suppletie plaats vond.

Tengevolge van problemen met de ijzerchloridedoseerinstallatie kon de waarde van 40 l/h per tank niet in alle gevallen aangehouden worden, maar varieerde tussen 40 en 48,5 l/h per tank.

Hierbij werd een effluent (van de rwzi) ver-

kregen met een totaalfosfaatgehalte van < 1 mg P/l. Het anthracietfilter was in staat dit gehalte met 0,1 - 0,3 mg P/l te verlagen.

De reductiepercentages voor de BOD, COD en zwevende stof bleven hierbij in de orde van grootte van de waarden uit de tabellen II t/m V.

#### 4. Samenvatting en konklusies

— In het anthracietfilter is tijdens het onderzoek geen anaërobie opgetreden.

— Het verplaatsen van het doseerpunt van ijzerchloride in de aëratietank heeft geen duidelijke invloed op het totaalfosfaatgehalte in het effluent van de rioolwaterzuiveringsinrichting.

Bij dosering in de toevoer naar de nabezinktank, verdubbelt de totaalfosfaatconcentratie in het effluent.

— Zonder dat extra ijzerchloride op het filter wordt gesuppleerd, terwijl in beide aëratietanks totaal 60 l/h ijzerchloride wordt gedoseerd (30 l/h per tank), is het onder de proefomstandigheden niet mogelijk gebleken een totaalfosfaatgehalte van minder dan 1 mg P/l in de uitloop van het filter te verkrijgen.

Gedurende deze periode was het gemiddelde totaalfosfaatgehalte in de uitloop van het filter 1,27 mg P/l.

Onder deze omstandigheden blijken er extra BOD- resp. COD-redukties van beide gemiddeld ca. 20 % ten opzichte van het effluent van de rioolwaterzuiveringsinrichting mogelijk te zijn. Het zwevende stofgehalte werd met gemiddeld ca. 70 % teruggebracht.

— Door middel van een extra ijzerchloride suppletie van 3 - 6 liter per etmaal in de

toevoerleiding van het filter, boven de simultane hoeveelheid van totaal 60 l/h, is het mogelijk gebleken onder de omstandigheden te Elburg een totaalfosfaatgehalte van < 1 mg P/l te verkrijgen in de uitloop van het filter.

In de onderhavige periode werd in feite trapsgewijze defosfatering toegepast [4]. De filtraathoeveelheid varieerde hierbij van 206 - 296 m<sup>3</sup> per etmaal (gemiddeld 253 m<sup>3</sup>/etm.).

Deze extra ijzerchloride suppletie betekent een verhoging van 7 - 15 % boven de simultane hoeveelheid toegevoegd ijzerchloride van 60 l/h in relatie tot de gemiddelde effluenthoeveelheid van 8806 m<sup>3</sup>/etm. tijdens deze proefperiode.

De extra BOD-, COD- en zwevende stofreductie over het anthracietfilter bedragen gemiddeld resp. ca. 20, 20 en 70 %.

— Tijdens de eerste periode van het onderzoek, waarbij nog geen extra ijzerchloride op het anthracietfilter gesuppleerd werd, was het opgeloste orthofosfaatgehalte (bepaald in de monsters na filtratie over filtreerpapier) in de inloop nagenoeg gelijk aan dat van de uitloop van het filter en bedroeg ca. 50 - 90 % van het totaalfosfaatgehalte in het effluent van de rioolwaterzuiveringsinrichting (= inloop anthracietfilter).

Tijdens de tweede periode, waarbij extra ijzerchloride gesuppleerd werd, nam het opgeloste orthofosfaatgehalte van de uitloop van het filter af ten opzichte van de inloop tot waarden van 0 - 0,7 mg P/l. Gekonkludeerd kan worden dat zonder extra suppletie van ijzerchloride het niet mogelijk bleek met behulp van het filter, het gehalte aan opgeloste orthofosfaat te reduceren.

De verhoging van het totaalfosfaatverwijderingspercentage door middel van de suppletie van ijzerchloride is een gevolg van een verdere uitvlokking en affiltratie van opgelost fosfaat.

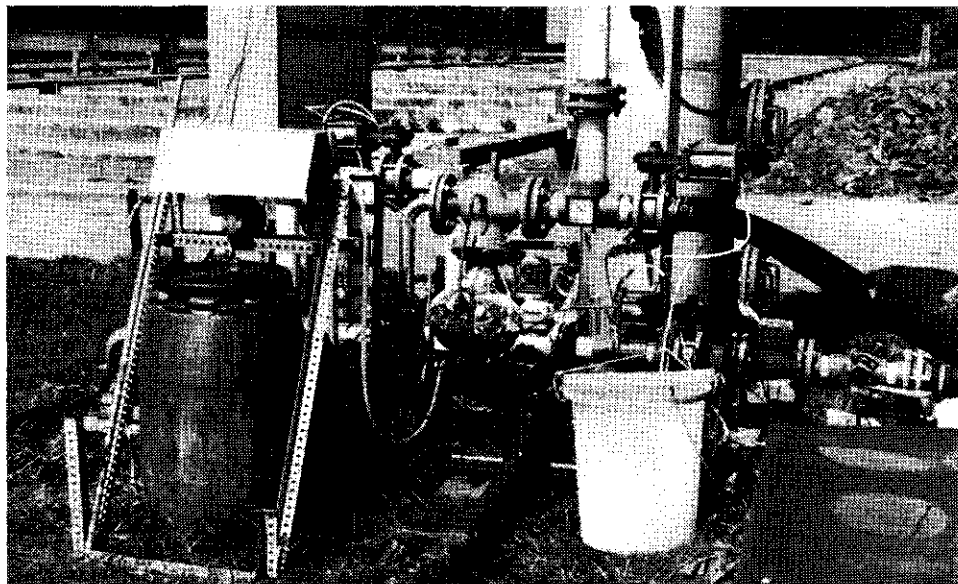
— Bij postprecipitatie dient een flokkulatietank met voldoende verblijftijd voor het filter te worden geplaatst.

— Door verhoging van de simultane hoeveelheid gedoseerd ijzerchloride op de rwzi-Elburg van 30 l/h per tank naar ca. 40 l/h per tank, kan een effluent verkregen worden met een totaalfosfaatgehalte van < 1 mg P/l.

— Het vergelijken van de efficiency t.a.v. het chemikaliënverbruik bij trapsgewijze dosering en volledige simultaan precipitatie is niet mogelijk daar de proeven in verschillende perioden uitgevoerd zijn en de toegevoegde hoeveelheid ijzerchloride om een eindwaarde van < 1 mg P/l te bereiken, niet geoptimaliseerd is.

— De bij toepassing van het anthracietfilter optredende extra verwijdering van BOD,

Afb. 3 - Detail van het anthracietfilter. Links het voorraadvat ten behoeve van suppletie van ijzerchloride.



TABEL VII.

Kap. van de rwzi i.e.	$\Phi_v$ m <sup>3</sup> /h	Filter-oppervlak m <sup>2</sup>	Filter-diam. m	Aantal filters	Inhoud bezink-tank m <sup>3</sup>	Inhoud buffer-tank m <sup>3</sup>	Investering richtbedrag guldens
10.000	62,5	1,6	1,0	3	7,5	125	150.000,—
25.000	156,3	3,9	1,6	3	17	315	250.000,—
50.000	312,5	7,8	2,2	3	32	625	400.000,—
100.000	625,0	15,8	3,2	3	65	1250	700.000,—
250.000	1562,5	39,1	5,0	3	160	3125	1.250.000,—

Investering: filters, inkl. leidingwerk, pompen, automatisering, buffer- en bezinktank.

TABEL VIII.

Kapaciteit van de rwzi i.e.	Kapitaalkosten per jaar guldens	Kapitaalkosten per m <sup>3</sup> cent	Kapitaal- en pompkosten per m <sup>3</sup> cent	en pompkosten per i.e./jaar guldens
10.000	19.720,50	3,6	4,0	2,19
25.000	32.867,50	2,4	2,8	1,53
50.000	52.588,—	1,9	2,3	1,27
100.000	92.029,—	1,7	2,1	1,14
250.000	164.337,50	1,2	1,6	0,88

COD en zwevende stof van resp. gemiddeld 20, 20 en 70 %, is onder de proefomstandigheden te Elburg onafhankelijk van het feit of er wel of geen extra ijzerchloride op het filter wordt gesuppleerd.

### 5. Investerings- en bedrijfskosten van anthracietfilters en bijbehorende installaties

Voor verschillende capaciteiten van rioolwaterzuiveringsinrichtingen wordt aangegeven wat de investerings- en bedrijfskosten zijn van filters en bijbehorende installaties.

De exacte investeringsbedragen zullen uiteraard afhangen van de lokale omstandigheden.

De filtersnelheid onder normale bedrijfsomstandigheden is ca. 40 m/h.

De berekening van de capaciteit van de filterinstallatie is gebaseerd op een gemiddelde aanvoer van ca. 150 l/i.e. dag (d.w.a. 100 l/i.e. dag en r.w.a. 300 l/i.e. dag gelijkmatig verdeeld over 24 uur).

De r.w.a. wordt opgevangen in een buffertank; bij een bepaald niveau in deze tank wordt een extra pompenset ingeschakeld. Bij minimaal niveau worden pompen uitgeschakeld.

Met behulp van extra pompen kan bij r.w.a. de filtersnelheid worden opgevoerd tot 67 m/h.

Bij deze filtersnelheid wordt de capaciteit van de filterinstallatie tijdelijk opgevoerd naar

$$67 \times 150 \text{ l/i.e. dag} = 250 \text{ l/i.e. dag.}$$

Bij de berekening van het buffervolume is uitgegaan van een r.w.a. van 300 l/i.e. dag gedurende 6 uur.

$$\text{Maximaal moet dus } (300 - 250) \times \frac{6}{24} = 12,5 \text{ l/i.e. gebufferd worden.}$$

Het filterdebiet ( $\Phi_v$ ) volgt uit:

$$\frac{\text{kap. v. d. rwzi} \times 150 \text{ m}^3}{24 \times 1000 \text{ h}} \text{ [—]}$$

Het filteroppervlak wordt berekend uit  $\Phi_v$  [m<sup>2</sup>].

De aangevoerde hoeveelheid water wordt behandeld door 2 filters; het derde filter staat stand-by, is in spoelfase of kan bij r.w.a. bijgeschakeld worden.

Het slib uit het spoelwater wordt via een stalen bezinktank naar de slibverwerking geleid.

De afmetingen van de bezinktank zijn gebaseerd op de hoeveelheid spoelwater van 1 filter bij spoelwater klein debiet (30 m/h) en spoelwater groot debiet (70 m/h), beide gedurende 5 minuten.

De jaarlijkse kapitaalkosten zijn berekend op annuïteitenbasis bij een interestpercentage van 10 en een afschrijving in 15 jaar. De kapitaalkosten per m<sup>3</sup> zijn berekend op basis van een gemiddelde aanvoer van 150 l/i.e. dag.

Het energieverbruik bedraagt, bij een opvoerhoogte van 10 m en een pomp- rendement van 70 %, ca. 0,04 kWh/m<sup>3</sup>.

Bij f 0,10 per kWh kost iedere gefiltreerde m<sup>3</sup> water 0,4 cent.

### Literatuur

1. Karper, R., Dirkzwager, A. H.: *Onderzoek inzake de fosfaatverwijdering uit afvalwater te Elburg en Harderwijk*, H<sub>2</sub>O (6) 1973, nr. 24.
2. Nebolsine, R., Harvey, P. J., Fan, C. J.: *High Rater Filtration of Combined Sewer Overflows U.S.* Environmental Protection Agency Water Pollution Control Research Series 11023 EYI 04/72.
3. Zur, M., Reimann, G.: *Anwendung von Zweistoff-Filtern zur Kreislauf-Wasserbehandlung in einem Warmbreitbandwalzwerk*, Stahl und Eisen (96) 1976, Nr. 7, Pag. 325/329.
4. Deen, W.: *Efficiënter defosfateren van afvalwater*, H<sub>2</sub>O (9) 1976, nr. 25.

## GS Noord-Holland willen adviescommissie provinciaal waterbeheer instellen

Gedeputeerde Staten van Noord-Holland willen een adviescommissie voor alle zaken van provinciaal waterbeheer instellen. Zij hebben een tijdelijke commissie ingesteld voor drink- en industriewater en grondwaterbeheer. GS beraden zich nog op de manier waarop het oppervlaktewater hierbij betrokken kan worden.

Volgens de Grondwaterwet zullen de provincies een plan voor de hoofdlijnen van het grondwaterbeheer moeten opstellen.

GS zullen op grond van een nog te maken provinciale verordening moeten beslissen over aanvragen voor het onttrekken van grondwater of voor het infiltreren van water. Dit schrijven GS in de samenvatting van de geleidebrief bij de begroting voor de provincie Noord-Holland voor 1978. Het beleid van de provincie is gericht op het terugdringen van verontreinigingen en het kritisch begeleiden van nieuwe ontwikkelingen.

In de komende tijd willen GS, naast het saneren van bestaande verontreinigings-situaties, meer aandacht besteden aan controle op de naleving van de vergunningen. Waar nodig en mogelijk zullen de voorschriften in de vergunningen worden verscherpt.

De milieukartering, waarmee een begin wordt gemaakt, kan een inbreng leveren bij de ruimtelijke ordening.

De schrijvers constateren dat de uitgaven nog steeds uitgaan boven de inkomsten. Voor een deel komt dit omdat de provincie vooruitloopt op de taken die ze in nieuwe wetten krijgt toebedeeld.

