

Onderzoek naar fysisch-chemische methoden voor de zuivering van afvalwater

Deel 1. Vooronderzoek

1. Inleiding

De huidige methoden voor de zuivering van afvalwater blijken niet geheel te voldoen. Hiermee wordt ten eerste bedoeld de verwijdering van anorganische, toxische en ziekteverwekkende stoffen. Vooral het onderzoek naar de verwijdering van fosfaten staat reeds geruime tijd in de belangstelling.

Veel onderzoek is reeds gedaan naar processen die specifieke stoffen uit het effluent van oxidatief-biologische installaties kunnen verwijderen [1]. Daarnaast voeren



IR. P. H. A. M. J. DE BEKKER
Ingenieurs- en Architectenbureau
van Hasselt en de Koning,
Nijmegen



IR. J. LEENTVAAR
Landbouw Hogeschool,
Vakgroep Waterzuivering,
Wageningen
)

de thans gangbare behandelingstechnieken niet tot een goed resultaat bij de zuivering van het afvalwater op plaatsen, waar tijdelijk veel mensen plegen samen te komen (recreatieparken, kampeerterrinen, enz.). Piekbelastingen kunnen niet of slechts tegen hoge kosten worden opgevangen. In deze gevallen bestaat een mogelijkheid voor de toepassing van fysisch-chemische zuiveringsmethoden [2, 3, 4, 5]. Vooral de verwijdering van fosfaten en het opvangen van piekbelastingen motiveren een onderzoek naar deze methoden.

Onder fysisch-chemische zuiveringsmethoden worden verstaan in dit verband:

1. Koagulatie en flokkulatie van het afvalwater met behulp van vlokkingmiddelen;
2. Bezinking van het uitgevlokte afvalwater;
3. Filtratie over een filtermedium (zand, anthraciet, kiezel: eventueel in combinatie met elkaar);
4. Adsorptie aan actieve kool;
5. Ammoniak-verwijdering.

Fysisch-chemische zuivering behoeft niet goedkoper en/of beter te zijn dan de huidige oxidatief-biologische: wel zijn er een aantal voordelen aan verbonden ten

*) Mede namens dr. ir. G. Lettinga (Landbouw Hogeschool, Vakgroep Waterzuivering) en drs. W. C. van Lier (NORIT Research).

aanzien van de konventionele zuivering, nl. de volgende:

- vergaande reductie van het gehalte aan fosfaten;
- betere opvang van piekbelastingen;
- momentaan te starten en te stoppen [7];
- neemt weinig ruimte in beslag;
- ongevoelig voor toxische bestanddelen in het afvalwater (zware metalen, pesticiden, cyaniden, fenolen, etc. [8]).

Daarnaast kunnen fysisch-chemische processen in een bestaande installatie worden ingepast waarbij opvang van piekbelastingen mogelijk wordt zonder de noodzaak van ingreep in het hydraulische patroon van de installatie. Hierbij kunnen we ook denken aan de regenoverstort bij rioleringsystemen of installaties waar deze rechtstreeks op het oppervlaktewater geloosd worden.

Gezien het belang van deze methoden van afvalwaterbehandeling is een samenwerking op dit gebied ontstaan tussen het Ingenieurs- en Architectenbureau van Hasselt en de Koning, de Landbouw Hogeschool vakgroep Waterzuivering en Norit NV. Na overleg is besloten gezamenlijk in een installatie op semi-technische schaal de mogelijkheden op dit gebied te onderzoeken.

2. Voorbereidingsfase

Het ligt in de bedoeling om medio 1974 proefnemingen te starten in een grote proefinstallatie met een debiet van 2 m³/hr. Vooruitlopende op de realisering van deze proefinstallatie zijn oriënterende experimenten uitgevoerd. Deze hebben tot doel gehad dimensioneringsgegevens te verzamelen voor de bouw ervan. Medio augustus 1973 is op het terrein van de rioolwaterzuiveringsinstallatie te Bennekom een continu werkende proefinstallatie geplaatst. Deze heeft een capaciteit van 60 liter per uur. Deze installatie bestaat uit een koagulatie-flokkulatiebassin, een bezinktank, een zandfilter en een actieve koolkolom.

De gemiddelde verblijftijd van het afvalwater in het koagulatie-flokkulatiebassin van deze kleine installatie is 23 minuten, in de bezinktank is deze ca. 3 uur. De afloop van het sedimentatiebassin (zuivering 1e trap) wordt over een met rivierzand gevulde filterkolom geleid (zuivering 2e trap) en vervolgens door een met korrelvormige actieve kool gevulde kolom (ROW 0,8 van Norit) (zuivering 3e trap).

De uitgevoerde experimenten zijn vooral gericht geweest op het bestuderen van de twee belangrijkste parameters van het

vlokkingproces. De twee parameters van de vlokking zijn de hoeveelheid vlokmiddel per liter influent en de pH waarbij de vlokking verloopt. Het (voornamelijk) huishoudelijke afvalwater van de gemeente Bennekom wordt uitgevlokt met ferrichloride. Er wordt gebruik gemaakt van een 41 %-ige oplossing van FeCl₃. Daarnaast is getracht om methoden ter verwerking van het ontstane chemische slib te ontwikkelen.

De reeks experimenten is gestart met het toevoegen van een konstante hoeveelheid ijzer-III-chloride aan een konstante hoeveelheid influent. Spoedig is echter gebleken, dat door veranderingen in de samenstelling van het influent (bijv. regenwater) de hoeveelheid gedoseerd ijzer óf te groot is (met als gevolg een sterke pH daling en een zeer slechte vlokking), óf te klein (zodat de vlokking onvolledig is). Dit principe is daarom snel verlaten en er is overgegaan op een vlokmiddeldosering die gestuurd wordt door de pH in het flokkulatiebassin, waarbij zoveel ijzer-III-chloride in de koagulatie-flokkulatiebassin wordt gedoseerd tot een ingestelde pH-waarde is bereikt; als door continue toevoer van rioolwater de pH weer boven deze waarde stijgt, begint de vlokmiddeldosering opnieuw.

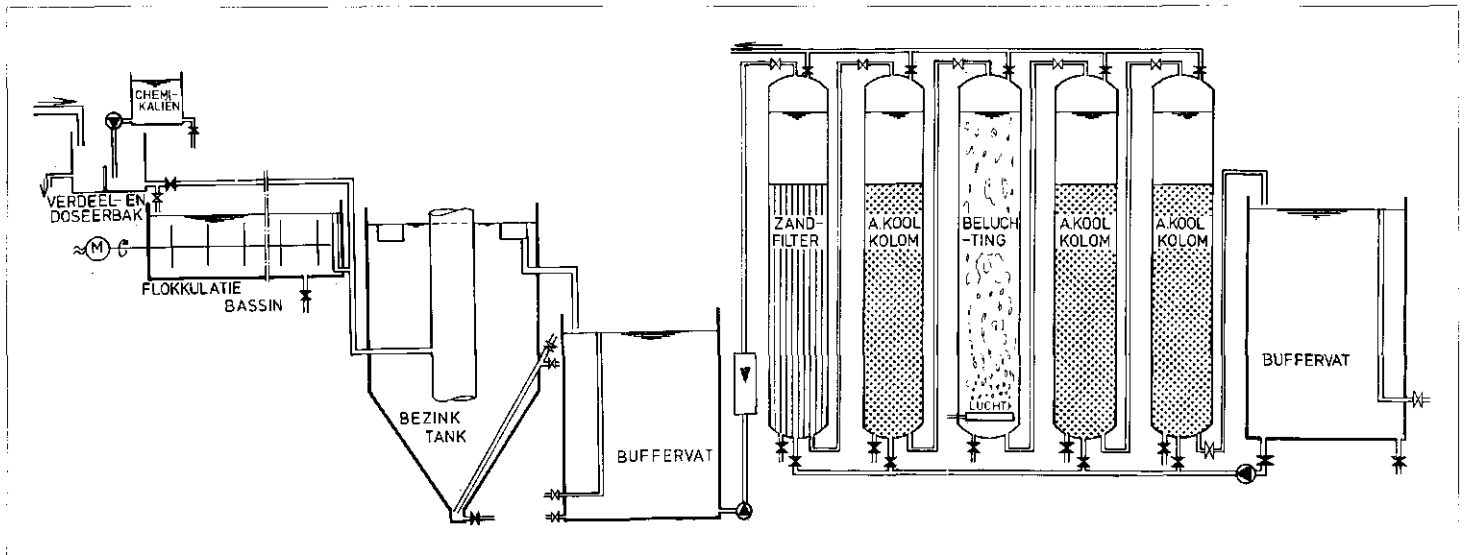
Een impliciete vooronderstelling bij deze wijze van vlokmiddel doseren is, dat de alkaliteit van het rioolwater evenredig is met de vervuilingsgraad en dat deze laatste grootte een maat is voor de hoeveelheid toe te voegen ferrichloride. Alhoewel op deze wijze de invloed van de twee parameters, pH en hoeveelheid vlokmiddel, niet gescheiden kan worden bestudeerd, zijn desondanks op bovenstaande wijze een aantal proeven uitgevoerd. Afhankelijk van de pH en de alkaliteit van het influent varieert de gedoseerde hoeveelheid FeCl₃ van 40 - 160 mg Fe³⁺/l bij pH-waarden in de vlokkingbak van 5,0 en 5,5. De voorlopige resultaten zijn weergegeven in de tabellen I en II.

TABEL I - Gemiddelde eliminatie van organische stof in procenten op COD- en TOC (gemeten als mg C/l)-basis, bij een door de pH gestuurde dosering van FeCl₃.

	pH = 5,0		pH = 5,5	
	COD	TOC	COD	TOC
zuivering 1e trap	69 %	72 %	66 %	71 %
zuivering 2e trap	32 %	36 %	33 %	31 %
zuivering 3e trap	61 %	43 %	48 %	39 %
totaal	91 %	90 %	88 %	88 %

In alle gevallen liggen de waarden van de fosfaateliminatie (betrokken op totaal fosfaat) tussen de 80 en 90 %.

Na ca. 5 maanden is de proefopstelling gewijzigd. De verblijftijd in de bezinktank



Afb. 1 - Flow-diagram van de proefinstallatie voor fysisch-chemische zuivering van afvalwater.

TABEL II - Gemiddelde waarden van COD en TOC in het effluent van de proefinstallatie en gemiddelde concentratie van Fe in het effluent van de 1e zuiveringstrap bij een door de pH gestuurde dosering van FeCl₃.

	COD (mg O ₂ /l)	TOC (mg C/l)	Fe (mg Fe ³⁺ /l)
pH = 5,0	42	18	21,0
pH = 5,5	33	27	21,0

TABEL III - Gemiddelde eliminatie van organische stof in procenten op TOC-basis bij konstante dosering van 140 mg Fe³⁺/l influent (als FeCl₃) en een variabele dosering van NaHCO₃ bij pH = 5,0.

Zuivering 1e trap	65 %
Zuivering 2e trap	25 %
Zuivering 3e trap	38 %
Totaal	84 %

is van 3 naar 1,6 uur teruggebracht en in plaats van rivierzand is hydro-anthraciet als filtermedium in gebruik genomen.

Om de twee variabelen, pH en vlokmiddel-dosering, onafhankelijk van elkaar te bestuderen is nu een konstante hoeveelheid ijzer-III-chloride gedoseerd (140 mg Fe³⁺/l). Om variaties in de pH in het flokkulatie-bassin te voorkomen is met behulp van natriumbicarbonaat de pH op 5,0 gehouden. De resultaten van deze experimenten zijn weergegeven in tabel III. De gemiddelde TOC-waarde in het effluent bedraagt 29 mg C/l. De gemiddelde ijzerconcentratie (uitgedrukt in mg Fe³⁺/l) bedraagt in het effluent van de bezinktank 25 mg/l en in het effluent van het actieve kool filter ca. 8 mg/l.

Gezien de hoge kosten die verbonden zijn aan een zo hoge dosering van FeCl₃ aan het influent, verdient het aanbeveling te zoeken naar een minimale dosering van ijzer-

chloride, waarbij nog maximale COD en TOC reducties optreden. Uit batch-experimenten is gebleken, dat de vlokking bij een pH tussen 5,0 en 5,5 goed verloopt. Op dit moment wordt nagegaan wat de optimale dosering aan FeCl₃ is in dit pH traject.

De ijzer-III-chloride dosering zal variëren van 50 tot 125 mg Fe³⁺/l. De pH zal met behulp van zwavelzuur of natronloog op de bovenvermelde waarden worden gehouden. Voorts zal het effect van de toevoeging van polyelektrolyten op de vlokking worden bestudeerd. Na deze experimenten met de vlokking met behulp van ijzer-III-chloride zullen proeven worden genomen met een gekombineerde kalk-ijzerchloride dosering. Van elk proces zullen de economische consequenties worden bekeken.

3. Slibproductie

Het tweede vraagstuk bij de fysisch-chemische zuivering van afvalwater is de verwerking van het chemisch-biologische slib.

De proefinstallatie heeft een belasting van 12 i.e./etm. Omdat geen metingen zijn verricht aan de biologische zuiveringsinstallatie van Bennekom is bij onderstaande berekening uitgegaan van gegevens van Imhoff [6]. Uitgaande van een productie van 80 g vaste stof per i.e./etm. in primair en secundair slib van een gelijkbelaste mechanisch-biologische installatie kan men daar rekenen op een slibproductie van 960 gram vaste stof per dag.

Op basis van een watergehalte van dit slib van 95,5 % correspondeert dit met een volume van ca. 21,3 liter slib per dag. Voor de proefinstallatie zijn deze waarden respectievelijk 590 g/dag en 100 l/dag.

Het volume slib per dag bij deze fysisch-chemische zuivering is dus ca. 5 maal groter en de hoeveelheid vaste stof ongeveer twee maal kleiner in vergelijking met een mechanisch-biologische zuiveringsinstallatie. Het ligt voor de hand door indikking te trachten dit enorme slibvolume tot normale proporties terug te brengen. Het bezinksel heeft na 30 minuten een volume van 990 ml/l slib.

Door de slechte indikeigenschappen leidt deze methode, indien hij alleen wordt toegepast, niet tot een bevredigend resultaat. Het onderzoek naar de verbetering van de bezinkeigenschappen en de filtreerbaarheid van het slib zal worden gericht op een anaerobe gisting en het gebruik van polymeren. De mogelijkheid van een anaerobe vergisting van het gevormde slib wordt onderzocht bij een temperatuur van 30 °C. Naar het zich voorlopig laat aanzien verloopt het gistingsproces niet erg goed. Tijdens het anaerobe proces dikt het slib echter met een factor 6 in. Dit slibonderzoek is nog in een beginstadium en zal worden voortgezet.

4. Grote proefinstallatie

De tot nu toe bereikte resultaten dienen als basis voor de bouw van een grote proefinstallatie. Uit de tot nu toe verkregen gegevens mogen echter nog geen vergaande conclusies worden getrokken, omdat het hier oriënterende proefnemingen betreft. De nieuw te bouwen proefinstallatie (afb. 1) zal bestaan uit een verdeel- en doseerbak van 150 liter. Hier vindt de toevoeging van chemikaliën plaats (ferri-chloride, een mengsel van ferrichloride en kalk al dan niet in combinatie met een poly-elektrolytisch vlokhelpmiddel). Hierna

wordt het afvalwater in een flokkulatiebassin gevoerd, waar kleine snelheidsgradiënten worden gekreërd. De vlokking vindt hierdoor versneld plaats.

Het langwerpige flokkulatiebassin heeft een inhoud van 600 liter en is voorzien van een schijvenroerwerk op een horizontaal in de lengterichting van het bassin geplaatste as. Het toerental van het roerwerk is variabel en bedraagt maximaal 100 t/min. Daarna wordt het afvalwater in een bezinktank geleid, waar het uitgevlokte materiaal kan bezinken. De gemiddelde verblijftijd van het afvalwater hierin is 1,5 uur.

Het aldus behandelde afvalwater wordt opgeslagen in een buffervat van 2 m³. Het partieel gezuiverd afvalwater bevat nu nog veel opgeloste verontreinigingen en eventueel wat vlokvormig materiaal dat niet bezonken is. Daarom wordt het gefiltreerd over een multimedia filterkolom, waarin een grof-naar-fijn-filtratie plaatsvindt. Hierdoor wordt een dieptewerking verkregen van het filtermedium. Het debiet van de tweede en derde trap zuivering bedraagt 1 m³/uur. Uitgaande van een schijnbare vloeistofsnelheid van 6 m/uur, is de diameter van het zandfilter en de koolkolommen berekend; deze bedraagt 0,50 m. Na deze procedure is een heldere vloeistof verkregen die dan over een adsorbent met actieve korrelkool (ROW 0,8 van Norit) wordt gevoerd om daaraan de nog opgeloste materialen te adsorberen.

De vloeistof heeft hiervoor een schijnbare gemiddelde verblijftijd nodig van 30 minuten. Hieruit volgt een kolomvolume van ca. 0,6 m³. Het effluent van de 2e trap zuivering wordt over 3 kolommen van elk 1 meter hoogte gevoerd. De mogelijkheid bestaat om eventueel tussentijds het afvalwater te beluchten. Onderzoek in de Verenigde Staten [2] heeft uitgewezen dat dit de looptijd van de actieve kool kan verlengen (looptijd = de tijd die verstrijkt tussen 2 regeneraties).

Een gedeelte van het effluent wordt opgeslagen in een buffervat. De inhoud hiervan wordt gebruikt om de filter- en koolkolommen terug te spoelen. Het waswater wordt na iedere wassing teruggevoerd naar het flokkulatiebassin.

De geplande tijdsduur van het onderzoek bedraagt ca. 2 jaar. De experimenten worden uitgevoerd door doktoraal-studenten van de vakgroep Waterzuivering en zij worden begeleid door medewerkers van de afdeling Milieubeheer en Gezondheidstechniek van Van Hasselt en De Koning, de Vakgroep Waterzuivering van de Landbouw Hogeschool en Norit Research. De resultaten van het onderzoek zullen in volgende publikaties worden aangeboden.

Literatuuroverzicht

1. Karper, R., Dirkzwager, A. H., 'Onderzoek inzake fosfaatverwijdering uit afvalwater te Elburg en Harderwijk'. H₂O, 6, (1973), p. 120-121, H₂O, 6, (1973), p. 212-220, H₂O, 6, (1973), p. 646-652.
2. Weber, W. J., Hopkins, C. B., Bloom, R., 'Physicochemical Treatment of Waste Water'. Journ. Wat. Poll. Contr. Fed., 42, (1970), p. 83-99.
3. Rizzo, J. L., Schade, R. E., 'Secondary treatment with Granular Activated Carbon', Water & Sew. Works, 116, (1969), p. 307-312.
4. Cohen, J. M., Kugelman, I. J., 'Physical-Chemical Treatment for Wastewater', Water Res., 6, (1972), p. 487-492.
5. Vrijburg, R., 'Physical-chemical Purification of Wastewater', Chem. Weekbl., 66, (1970), p. 20-25.
6. Imhoff, K., 'Taschenbuch der Stadtentwässerung, 22. verbesserte Auflage, R. Oldenbourg Verlag, München-Wien, 1969.
7. Kreissl, J. F., Cohen, J. M., 'Treatment Capability of a Physical Chemical Package Plant', Water Res., 7, (1973), p. 895.
8. Daniël Linsteadt, K., Hounck, C. P., O'Connor, J. T., 'Trace Element Removal in Advance Treatment Processes'. Journ. Wat. Poll. Contr. Fed., 43, (1971), p. 1507.

