

De behandeling van afvalwater en de daaraan verbonden tekortkomingen

Inleiding

Voor de drinkwaterbereiding moet in toenemende mate oppervlaktewater als grondstof gebruikt worden. Men zal daarmee bij het kwaliteitsbeheer van de oppervlaktewateren steeds meer rekening moeten houden. Zonder hier in te gaan op de kwestie aan welke kwaliteits-eisen oppervlaktewater nu precies zou moeten voldoen om daaruit tegen drage-lijke kosten drinkwater van goede samenstelling en smaak te kunnen bereiden, is het wel duidelijk dat men mede t.b.v. de drinkwatervoorziening de zuivering van het afvalwater dat op deze oppervlaktewateren moet worden geloosd verder zal dienen te intensiveren.

Het is van belang hier op te merken dat het rendement van de afvalwaterzuivering niet uitsluitend zal moeten opgevoerd in verband met de hogere eisen die men aan de kwaliteit van het ontvangende water meent te moeten stellen. Reeds het handhaven van de huidige

verontreinigingsgraad van onze oppervlaktewateren zou al grote inspanningen eisen. De absolute hoeveelheid verontreinigende stoffen aanwezig in de steeds wassende stroom afvalwater geproduceerd door een nog steeds groeiende bevolking en industrie, zal voorlopig blijven stijgen. Bij de zuivering zal men een hoger percentage verontreinigende stoffen moeten verwijderen teneinde de belasting van de gelijkblijvende hoeveelheid oppervlaktewater op het zelfde peil te houden. Het zal tevens noodzakelijk worden bepaalde stoffen die thans bij de zuivering nog niet uit het afvalwater worden geëlimineerd, te gaan verwijderen daar anders de concentratie ervan in het oppervlaktewater te ver zou stijgen.

Het is dus zaak de thans in gebruik zijnde afvalwaterzuiveringsprocessen kritisch te bezien op de mogelijkheden tot verhoging van het rendement. Men zal zich echter ook dienen te bezinnen

op de principiële tekortkomingen van deze zuiveringsmethoden met betrekking tot de eliminatie van specifieke verontreinigende bestanddelen. Het zal dan mogelijk zijn aan te geven in hoeverre de huidige behandeling van afvalwater in verband met de eerder gesignaleerde ontwikkelingen eventueel nog zal moeten aangevuld of wellicht zelfs vervangen dient te worden door meer geavanceerde technieken.

Het is de opzet van deze dag in de eerste plaats over en weer tussen drinkwater- en afvalwaterwereld informatie te verschaffen. Deze inleiding is dan voornamelijk gericht tot de collega's drinkwaterbereiders. In grove trekken zal worden besproken met welke middelen bij de afvalwaterzuivering thans wordt gewerkt en wat die eigenlijk waard zijn.

Op details zal niet worden ingegaan, evenmin als bijvoorbeeld op de diverse

uitvoeringsvormen van de belangrijkste zuiveringsprocessen, terwijl ook specifieke zuiveringsmethoden voor bepaalde soorten industrieel afvalwater onbesproken blijven.

We zullen ons beperken tot de bespreking van de zuivering van stedelijk rioolwater dat ondanks een zeker gehalte aan industrieel afvalwater zich met betrekking tot de zuivering nog als huishoudelijk afvalwater gedraagt. Daarbij zal dan voornamelijk de aandacht gericht worden op het in zuiveringstechnisch opzicht meest kenmerkende en belangrijkste deel van een conventionele rioolwaterzuiveringsinrichting, namelijk de de zgn. biologische nazuivering die bepalend is voor het uiteindelijke zuiveringseffekt.

Afvalwaterzuivering en drinkwaterbereiding

Alvorens de afvalwaterzuivering te beschouwen, is het wellicht nuttig in dit gezelschap van drinkwaterbereiders én afvalwaterzuiveraars die voor het eerst in een gemeenschappelijke vergadering bijeen zijn, te wijzen op het duidelijke verschil in omstandigheden en sfeer waaronder in deze twee werelden moet worden gewerkt.

Bij de bereiding van drinkwater uit oppervlaktewater gaat men uit van een grondstof die wat hoeveelheid betreft meestal in overmaat ter beschikking staat en waarvan de samenstelling betrekkelijk konstant is. Het handhaven van een min of meer gelijkblijvende doorvoer door de zuiveringsinrichting — van groot belang voor het optimaal functioneren van de zuivering — is met inschakeling van een reinwaterkelder zonder grote bezwaren te realiseren. Krachtens de Waterleidingwet bestaat al sinds oudsher de wettelijke plicht onder alle omstandigheden een hygiënisch betrouwbaar eindprodukt af te leveren. Tijdelijke storingen in het bedrijf kunnen een direct gevaar voor de consument opleveren.

De, betalende, consumenten hebben direct belang bij de kwaliteit van het gedistribueerde produkt.

Bij de afvalwaterzuivering moet het aankomende rioolwater, qua volume en samenstelling dikwijls aan zeer sterke wisselingen onderhevig, in zijn totaliteit steeds zo goed mogelijk verwerkt worden. De daaruit voortvloeiende wisselende hydraulische- en stofbelasting van de zuiveringsinrichting is moeilijk op te heffen of te corrigeren. Opslag in grote bufferbassins voor ruw rioolwater zou o.m. aanrotting en ernstige stankhinder veroorzaken en kan derhalve niet of slechts in beperkte mate toegepast worden. De behandeling en afvoer van de grote hoeveelheden primair en sekundair slib, die als residuën bij de zuivering afgescheiden worden, vragen veel aandacht. De slibverwerking doet mede zijn

invloed gelden op de keuze en het verloop van de zuiveringsprocessen.

De afvalwaterproducent, de „grondstoffenleverancier” is hier de betaler! Hij ziet zijn direkte belang voornamelijk in de mogelijkheid zijn afvalvloeistof zo vlot en goedkoop mogelijk kwijt te raken.

Als „consument” fungeert hier de waterbeherende overheid, die niet betaalt doch zelfs heffingen kan opleggen, niet om het produkt vraagt, doch het slechts tegen bepaalde voorwaarden accepteert. De hier getekende beelden zijn wat zwart-wit neergezet, doch illustreren wel de situatie. Het is te verwachten dat de verschillen met de tijd een minder extreem karakter zullen gaan vertonen.

Conventionele afvalwaterzuivering

Bezien we nu de wijze waarop in de hedendaagse zuiveringsinrichting het afvalwater geschikt wordt gemaakt om in het betrokken oppervlaktewater geloofd te mogen worden.

In een conventionele rioolwaterzuiveringsinrichting (zie afb. 1) ondergaat het water eerst een voorbereidende behandeling die er op gericht is overmatige slijtage, verstoppingen of andere storingen in de overige delen van de zuiveringsinstallatie en de slibverwerking te voorkomen.

Grove delen worden door middel van een rooster tegengehouden; het roostergoed kan na versnijden tot kleinere stukjes eventueel weer aan het water toegevoegd worden.

Zand en ander korrelig, snel bezinkbaar materiaal wordt in een zandvang, waarin een selectieve bezinking optreedt, geëlimineerd.

Soms is ook een vervanger aanwezig waarin vet en andere snel oproombare stoffen door flotatie worden verwijderd. In de eerste zuiveringstrap wordt het

rioolwater door sedimentatie in de voorbezinktank(s) ontdaan van de aanwezige bezinkbare slibdeeltjes (primair slib).

Het voorbezonden water dat behalve de echt opgeloste en kolloidaal disperse stoffen ook nog z.g. zwevende slibdeeltjes bevat, ondergaat in de tweede zuiveringstrap een biologisch (na)zuiveringsproces. De tweede zuiveringstrap bestaat bij toepassing van het gebruikelijke actief-slibprocédé uit één of meerdere beluchtingsbassins met bijbehorende beluchtingsapparatuur en de nabezinktank(s).

(De andere methode van biologische zuivering, die door middel van oxidatiebedden, blijft hier onbesproken.)

Soms wordt de voorbezinktank weggelaten (bijvoorbeeld bij de biologische zuivering waarbij de zogenaamde Pasveersloot als aeratieruimte dient). Chemische coagulatie (bijvoorbeeld door doseren van ijzervrouwen) teneinde het reinigingseffekt van de eerste zuiveringstrap te verhogen, wordt tegenwoordig bij de afvalwaterzuivering slechts bij hoge uitzondering toegepast.

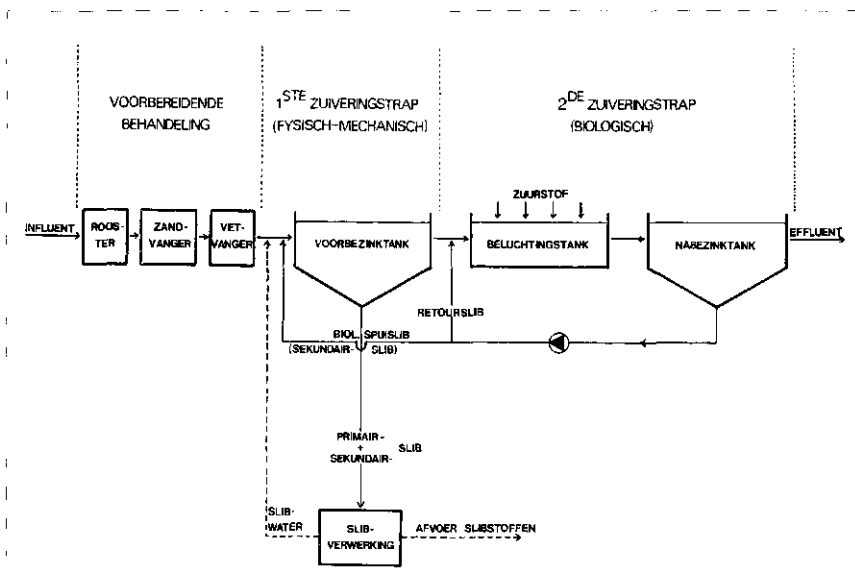
De primaire slibstoffen die als zodanig reeds in het rioolwater aanwezig waren, en de te spuien sekundaire slibstoffen, die bij de biologische zuivering worden gevormd, tapt men als gemengd slib uit de voorbezinktank af en pompt die in de slibverwerking. Uit de slibverwerking komt slibwater vrij dat afhankelijk van het toegepaste slibverwerkingsprocédé een grotere of kleinere hoeveelheid opgeloste en kolloidale stoffen bevat. De diverse methoden van slibverwerking en afvoer zijn hoog en kunnen 1/3 tot 1/2 van de totale zuiveringskosten uitmaken.

Biologische zuivering

Wat gebeurt er nu in de tweede (biologische) reinigingstrap?

Bij de kunstmatig biologische zuivering

Afb. 1 - Schema van de conventionele rioolwaterzuivering.



maakt men gebruik van de activiteit van heterotrofe aërobe bacteriën, die uit het water organische stoffen als voedsel (substraat) opnemen en in hun stofwisseling (metabolisme) verwerken, waarbij zuurstof aan het water wordt onttrokken. Bacteriën kunnen slechts opgeloste stoffen via diffusie door de celwand opnemen. Niet-diffundeerbare stoffen kunnen eventueel eerst gehydrolyseerd worden onder invloed van door de bacteriën uitgescheiden exo-enzymen.

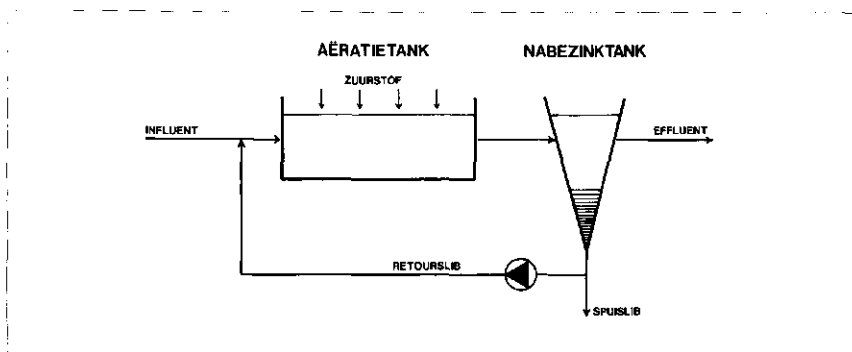
Een deel van de opgenomen organische stof wordt met moleculaire zuurstof biochemisch geoxideerd, waarbij als belangrijkste eindprodukten water, koolzuur en ammoniak ontstaan. Dit afbraakproces noemt men dissimilatie of katabolisme. Het oxidatieproces levert energie die via ATP gebruikt wordt ten behoeve van de synthese van nieuw celmateriaal (groei, vernieuwing, vermeerdering van de bacteriecellen) uit het overige deel van de opgenomen organische stof. Ook kan synthese van reservestoffen plaatsvinden die binnen of buiten de cel worden opgeslagen. Dit opbouwproces noemt men assimilatie of anabolisme. Bij opraken van extern substraat voorziet de bacteriecel in zijn energiebehoefte door reservestoffen en voorts celmateriaal in de stofwisseling op te nemen.

Bij de zogenaamde endogene vertering neemt de totale celmassa en het aantal levende bacteriën gaandeweg af. Uit dode bacteriecellen komt door lysis de inhoud beschikbaar als extern substraat voor andere bacteriën.

Tenslotte vindt men in het water nog slechts de minerale eindprodukten en een kleine hoeveelheid humusachtig slib bestaande uit celwanden en andere niet of slechts zéér traag afbrekbare organische materie. Dit bacteriële mineralisatieproces verloopt onder natuurlijke omstandigheden bij de zogenaamde biologische zelfreiniging van oppervlaktewater in een betrekkelijk langzaam tempo (90 % reiniging in ca. 10 dagen); te langzaam voor toepassing in technische processen.

Men kan nu de omzettingen aanzienlijk versnellen door (a) kunstmatig, intensief te beluchten zodat de zuurstofconsumptie door de bacteriën niet kan leiden tot zuurstofuitputting (anaërobie); (b) de watermassa in sterke turbulentie te houden zodat optimale transportmogelijkheden geschapen worden voor substraat en zuurstof naar de bacteriën en van oxydatieprodukten in omgekeerde richting; (c) de in hoog tempo nieuw gevormde bacteriën in het systeem vast te houden of daarin terug te voeren zodat met een hoge bacterieconcentratie gewerkt kan worden. Deze kunstgrepen zijn fraai gerealiseerd in het actief-slib-procédé dat in 1914 door *Ardern* en *Lockett* in Engeland is ontwikkeld.

In dit biologisch zuiveringsproces (zie afb. 2) is de bacteriemassa in de vorm van vlokken aanwezig, die in de beluch-



Afb. 2.

tingstank gedispergeerd blijven. In de nabezinktank komen ze tot bezinking en worden als retourslib in de aërietank teruggeleid. Afhankelijk van de belasting van het systeem met te verwerken organische stof in het toegevoerde afvalwater zal de actief-slibmassa blijven aangroei. Teneinde een bepaalde concentratie aan actief-slib in de aërietank te handhaven, is het nodig een deel van het retourslib als spuislib af te laten. Naarmate het aanbod van organische stof per gewichtseenheid bacteriemassa, aanwezig in het biologische zuiveringssysteem geringer is, gaat de endogene vertering de overhand krijgen en behoeft minder slib gespuid te worden. Bij hogere belastingen neemt de hoeveelheid spuislib toe.

Eliminatie van verontreinigende stoffen

Laten we nu voor een aantal soorten verontreinigende stoffen bezien in hoeverre en in welke mate die in een rioolwaterzuiveringsinrichting verwijderd worden.

1. Organische stoffen.

Voorzover deze stoffen als onopgeloste bezinkbare partikeltjes voorkomen, worden ze reeds vrijwel volledig in de 1e zuiveringstrap als primair riolslib verwijderd. De fijndisperse, zogenaamde zwevende organische slibdeeltjes zullen echter met de kolloïdaal en echt opgeloste bestanddelen meelopen naar de 2e (biologische) zuiveringstrap. Wat er daar met de nog in het voorbezonden water resterende organische stoffen geschiedt, hangt niet zozeer van de dispersiegraad dan wel van de aard van deze bestanddelen af. Het gaat hier voornamelijk om het al of niet biologisch afbreekbaar, *bio-degradeerbaar* zijn. De bacteriën kunnen uitsluitend die stoffen uit het water opnemen die ze in hun stofwisseling kunnen verwerken (metaboliseren) of die ze door middel van uit te scheiden exo-enzymen daartoe geschikt kunnen maken. Men hanteert wel een, betrekkelijk, ruwe, indeling in gemakkelijk, moeilijk en niet (of nauwelijks) bio-degradeerbare substanties. In deze volgorde is steeds meer tijd voor eliminatie nodig en is deze ook dikwijls onvollediger.

Tot de gemakkelijk biodegradeerbare af-

valwaterbestanddelen behoren niet alleen „natuurlijke” organische stoffen, zoals glucose, azijnzuur, eiwit en zetmeel, doch ook vele synthetische organische verbindingen als esters, ketonen, alcoholen en anilinezouten. Ook bij de zuivering van afvalwater dat praktisch uitsluitend deze vlot biologisch elimineerbare bestanddelen bevat, kunnen wel eens moeilijkheden optreden bijvoorbeeld ten gevolge van tijdelijke overbelasting of onderbelasting van het biologisch zuiveringsstelsel. Organische stoffen die in zeer lage concentraties in het afvalwater voorkomen, de zogenaamde traceorganics, zullen bij de biologische zuivering niet of slechts zeer onvolledig geëlimineerd worden.

Voorts is het zo dat in de gebruikelijke biologische zuiveringsystemen, zelfs onder optimale omstandigheden, een eliminatie van de biodegradeerbare stoffen van meer dan gemiddeld 95 % meestal zeer moeilijk te realiseren valt. Er blijft altijd een „rest-zuurstofbehoefte” in het gezuiverde water aanwezig.

Sommige als moeilijk afbreekbaar gekarakteriseerde organische verbindingen (meestal van synthetische oorsprong) blijven betrekkelijk vlot en volledig te elimineren te zijn, indien in het biologisch zuiveringssysteem de voorwaarden geschapen zijn voor de opbouw van een op de verwerking van deze stoffen aangepaste bacterieflora (bijvoorbeeld bij biologische zuivering in twee of meerdere trappen).

Niet- of slechts zeer moeilijk degradeerbare stoffen kunnen in het actief-slibproces slechts bij uitzondering in bepaalde gevallen geëlimineerd worden en dan wel door *adsorptie* aan het actief-slib (bijvoorbeeld bij sommige kleurstoffen). Komen deze verbindingen voor als fijne partikeltjes zwevende stof, dan is verwijdering soms mogelijk door *inclusie* in de bacterievlokken die in de nabezinktank tot bezinking komen.

Er bestaan ook een groot aantal organische stoffen die ten opzichte van de mikro-organismen die de zuivering bewerkstelligen een *giftig* karakter bezitten. De aanwezigheid boven een toxische concentratie van dergelijke stoffen in het te behandelen afvalwater is vanzelfspre-

kend prohibitief. Bij gelijkmatige toevoer kan soms „gewenning” van de bacterieflora optreden.

2. Pathogene organismen

In het actief-slibproces worden de in het rioolwater voorkomende pathogene organismen weliswaar in aanzienlijke mate in aantal verminderd (ca. 90-95%), hetgeen echter niet betekent dat het effluent hygiënisch betrouwbaar is. Bij lozing op recreatiewateren schrijft men dan ook dikwijls een chloring van het effluent voor.

3. Anorganische stikstofverbindingen

Ruw rioolwater bevat al betrekkelijk veel ammoniakstikstof, voornamelijk afkomstig van de hydrolyse van ureum en organisch gebonden stikstof. Voorzover de organisch gebonden stikstof aanwezig is in de primaire rioolslibdeeltjes wordt deze stikstof al in het voorbezinkbassin verwijderd.

Bij de biochemische oxydatie van organische stikstofverbindingen door de heterotrofe bacteriën in de biologische zuivering wordt de organische stikstof in ammoniakstikstof omgezet. Een gedeelte van de ammoniakstikstof wordt bij de biologische zuivering geëlimineerd, daar voor de opbouw van nieuw celmateriaal stikstof nodig is. Deze stikstof wordt met het spuislib uit het systeem afgevoerd. Afhankelijk van de wijze van verwerken van het rioolslib kan een gedeelte van de op deze wijze uit het systeem afgevoerde stikstofverbindingen met het slibwater (zie afb. 1) weer teruggevoerd worden.

In totaal wordt uit huishoudelijk afvalwater met de thans gebruikelijke zuiveringsmethoden niet meer dan ca. 40 % van de stikstof verwijderd.

Onder daartoe gunstige omstandigheden — die men in het biologisch zuiveringsstelsel kan scheppen — ontwikkelen zich chemo-autotrofe, nitrificerende bacteriën die het aanwezige of gevormde ammoniak via nitriet in nitraat omzetten. Dit betekent natuurlijk geen eliminatie, doch slechts een *omzetting* in een hogere oxydatiegraad die geen aanslag meer kan doen op de zuurstofhuishouding ten gevolge van nitrifikatie in het ontvangende water.

De aanwezigheid van nitraten in oppervlaktewater kan echter ongewenst zijn met het oog op eutrofiëring. In het actief-slibproces vindt meestal enige zogenaamde denitrifikatie plaats, waarbij nitraat onder anaërobe omstandigheden (in de nabezinktank en binnen in grote slibvlokken zelfs in de aërietetank) onder invloed van bacteriën die bij afwezigheid van moleculaire zuurstof nitraat als waterstofacceptor gaan gebruiken, wordt gereduceerd tot stikstofgas dat naar de atmosfeer ontsnapt.

Men kan deze bacteriële denitrifikatie ook bewust nastreven door achter de aërietetank een niet beluchte tank te

schakelen waarin de denitrifikatie optimaal kan verlopen. De stikstofverbindingen worden dan geëlimineerd via de weg: organ. N \rightarrow NH₄-N \rightarrow NO₃ — N \rightarrow N₂↑. In een oxidatiesloot kan optimale stikstofeliminatie door nitrifikatie - denitrifikatie bereikt worden door discontinue beluchting.

4. Fosfaten

De in rioolwater aanwezige stikstofverbindingen én in het bijzonder fosfaten, afkomstig van de faecaliën en de in het huishouden gebruikte wasmiddelen, veroorzaken bij lozing eutrofiëring van het ontvangende oppervlaktewater. De gevolgen zijn overmatige algengroei in weinig doorstroomde wateren en bijvoorbeeld in de voorraadbassins voor rivierwater van waterleidingbedrijven.

Er bestaat een toenemende noodzaak in het te lozen effluent het gehalte aan fosfaat, welk bestanddeel in de meeste gevallen als de zogenaamde minimumfaktor voor de algengroei optreedt, zoveel mogelijk te beperken.

In een conventionele rioolwaterzuiveringsinrichting wordt slechts een gedeelte van het fosfaat verwijderd, nl. door sedimentatie en door opname ten behoeve van de synthese van nieuw celmateriaal bij de biologische zuivering. De aldus geëlimineerde fosfor wordt met het slib afgevoerd doch kan, afhankelijk van de wijze van slibverwerking, voor een deel met het slibwater weer in het systeem terugkomen. In totaal bedraagt de P-eliminatie in een conventionele zuiveringsinstallatie ca. 35 %.

Slechts in een nog gering aantal rioolwaterzuiveringsinstallaties wordt vrijwel volledige fosfaatverwijdering (defosfatering) toegepast. Men maakt bij de defosfatering gebruik van de zeer geringe oplosbaarheid van ferri-fosfaat en aluminiumfosfaat. Men kan de benodigde hoeveelheid ferri-chloride of aluminiumsulfaat toevoegen aan het effluent van de biologische zuivering en het gevormde neerslag in een aparte extra nabezinktank afscheiden. Men kan ook de zogenaamde „Simultanfällung” bedrijven, waarbij ferri-zout gedoseerd wordt in de beluchtingstank van de actief-slibinstallatie. Er is dan geen extra bezinktank nodig. Het neergeslagen en geadsorbeerde fosfaat wordt met het biologisch spuislib uit het systeem verwijderd.

5. Zware metalen

Zware metalen (Cu, Zn, Cr) in het rioolwater zijn meestal afkomstig van metaalbeitsrijen en galvanische bedrijven. Voorzover het gehalte aan zware metalen de activiteit van de mikro-organismen in het actief-slib niet remt, kan bij de biologische zuivering door adsorptie aan de slibvlok of inclusie van geprecipiteerde metaalverbindingen in de vlok, een gedeelte van de aanwezige zware metalen worden afgescheiden. De pH en het bicarbonaat gehalte van het water spelen daarbij een belangrijke rol.

Verdergaande zuivering

Er is bij de afvalwaterzuivering een ontwikkeling gaande in de richting van een verdergaande eliminatie van verontreinigende stoffen.

1. Over defosfatering en stikstofverwijdering is reeds gesproken. Men vat processen die hiertoe gebruikt worden wel samen onder de benaming *derde-trapszuivering* (tertiary treatment).

2. Het restgehalte aan biodegradeerbare stoffen in het effluent van een actief-slibinrichting bestaat meestal voor een belangrijk deel (ca. 50 %) uit gesuspendeerde bacteriën die niet in bezinkbare vlokken zijn ingevangen en dus niet in de nabezinktank kunnen worden verwijderd. *Polijsen* (polishing) van het effluent door een nabehandeling in een snelfilter of door middel van mikrozeven wordt in het groot nog nauwelijks toegepast.

3. Mede met het oog op hergebruik van het gezuiverde afvalwater worden meer geavanceerde zuiveringsmethoden (*advanced treatment*) ontwikkeld. Daarbij spelen voornamelijk fysisch-chemische processen een rol, zoals chemische coagulatie en precipitatie, adsorptie aan actieve kool, desorptie (bijvoorbeeld uitdrijven van ammoniak na alkaliseren), omgekeerde osmose en ionenuitwisseling.

In hoeverre deze advanced treatment, voorafgaande aan lozing op oppervlaktewater waaruit drinkwater moet worden bereid, zal moeten worden doorgevoerd, hangt van een groot aantal factoren af. In de forumdiscussie zal deze kwestie zeker ter sprake komen.

VERZAMELBANDEN H₂O 1972

De geheel linnen banden voor de jaargang 1972 van H₂O komen weer beschikbaar. De prijs bedraagt f 8,50 per stuk. Bestelling is alleen mogelijk door overmaking van f 8,50 op giro nr. 461934 ten name van VEWIN Rijswijk (ZH) met vermelding „band 1972” of per postwissel.