

IMG-TNO
INSTITUUT VOOR MILIEUHYGIENE
EN GEZONDHEIDSTECHNIEK TNO
Publikatie no. 925
Postbus 214 2600 AE DELFT

BIOLOGISCHE BEHANDELING VAN AFVALWATER

ir. B.A. Heide

TNO Project 12 (1984) 10, 410-412 (oktober)

B. A. HEIDE

BIOLOGISCHE BEHANDELING VAN AFVALWATER

Afvalwater wordt door mens, dier en industrie geproduceerd. In Nederland bedraagt de totale vuillast 25 à 30 miljoen inwonerequivalenten. Een inwonerequivalent is een maat voor de (industriële) vervuilingswaarde van afvalwater, gebaseerd op de gemiddelde vervuiling met biologisch afbreekbare, zuurstofonttrekkende, stoffen die per inwoner per dag wordt geproduceerd. Het in de woning geproduceerde afvalwater wordt als regel in een gecombineerd rioolstelsel voor afvoer van afvalwater en regenwater geloosd. Per inwoner wordt per dag gemiddeld ongeveer 200 l stedelijk afvalwater naar een afvalwater-zuiveringsinstallatie afgevoerd. Het totale volume van het in Nederland geproduceerde stedelijk en huishoudelijk afvalwater bedraagt dagelijks 3-10 miljoen m³, afhankelijk van de weersomstandigheden.

In het afvalwater komen allerlei stoffen voor. Per inwoner wordt per dag 200 g droge stof aan het water toegevoegd. Deze stoffen zijn in bezinkbare, zwevende of opgeloste vorm aanwezig. Voornamelijk zijn de stoffen afkomstig van een voor ieder waarneembare bron (faecaliën, urine, etensresten, wasmiddelen) maar daarnaast zijn een groot aantal (onbekende) stoffen in lage concentraties ($\mu\text{g}/\text{l}$) aanwezig. Hiertoe behoren onder andere zware metalen, polycyclische aromaten en bestrijdingsmiddelen. Het afvalwater heeft een laag gehalte van 1 à 2 g vuil per liter, maar bevat een groot scala van stoffen. De grote kwantiteit van het afvalwater en de specifieke kenmerken zoals grote wisselingen in produktie ('s-nachts - overdag, bij droog weer - bij regen) en samenstelling vragen om robuuste en bedrijfszekere installaties om het water te zuiveren. Sinds het begin van deze eeuw worden hiertoe biologische zuiveringsinstallaties gebruikt. Veelal wordt de biologische zuivering van afvalwater door mechanische afscheiding van het bezinkbare materiaal voorafgegaan. In 1970 is de Wet verontreiniging oppervlaktewateren in werking getreden. De wet is gericht op de be-

strijding van de verontreiniging van het oppervlaktewater. Vooral in de periode sinds 1970 zijn het aantal zuiveringsinstallaties en de totale zuiveringscapaciteit in Nederland sterk uitgebreid. Thans zijn in ons land meer dan 500 zuiveringsinstallaties in gebruik, in grootte variërende van 500 tot meer dan 500.000 inwonerequivalenten. Hiermee wordt thans 70 à 90% van het totaal geproduceerde afvalwater gezuiverd. Per inwoner(equivalent) wordt jaarlijks een heffing van gemiddeld f 45,- betaald. Dit houdt in dat de gemeenschap jaarlijks meer dan 1 miljard opbrengt voor de zuivering van afvalwater en het waterkwaliteitsbeheer. Het voorafgaande illustreert dat de biologische zuivering van afvalwater als de grootste microbiologische industriële activiteit moet worden beschouwd.

Aërobe zuivering

Wanneer afvalwater in een zuiveringssysteem wordt belucht, ontstaat een gemengde micro-organismen-populatie (slib). De opbouw van de populatie hangt af van de aard en de samenstelling van het te behandelen water, de verblijftijd van het water en vooral van de verblijftijd van het slib in het systeem. Het slib van



B. A. Heide (1941) studeerde chemische technologie aan de H.T.S. te Dordrecht en de Technische Hogeschool te Delft. Na een werkring bij Unilever is hij sinds 1973 werkzaam op de Afdeling Water en Bodem (plv. Afdelingshoofd) van het Instituut voor Milieuhygiëne en Gezondheidstechniek. Hij houdt zich vooral bezig met de aërobe en verdergaande zuivering van afvalwater en de verwerking van zuiveringsslib.

een stedelijke zuiveringsinstallatie bevat 70-80% organisch materiaal, bestaande uit levend cellulair materiaal, dode cellen, biopolymeren enzovoort. Het gehalte aan levende of actieve biomassa hangt voor een groot deel af van het voedselaanbod. Uit metingen van het DNA-gehalte kon worden afgeleid dat bij zeer laag belaste actief-slibsystemen minder dan 10% van het slib uit levende cellen bestaat. Het slib dat onder deze omstandigheden wordt geproduceerd, is in vërgaande mate gemineraliseerd of gestabiliseerd en kan zonder bezwaren direct op droogbedden worden verwerkt. Stankoverlast treedt daarbij niet op. Dit type zuiveringsinstallatie (oxydatiesloot-principe) is dertig jaar geleden door Pasveer bij TNO ontwikkeld en wordt thans op duizenden plaatsen in de gehele wereld toegepast. In Nederland zijn 40% van de zuiveringsinstallaties van dit type. In aërobe zuiveringssystemen die bij hogere belasting werken, is het slib minder ver gemineraliseerd. Het gevormde slib ondergaat dan tezamen met het separaat afgescheiden slib (mechanische voorzuivering) een anaë-

roob mineralisatie-proces. Bij veel zuiveringsinrichtingen treft men dan ook de hoge cylinder- of eivormige slibgistingstorens aan (foto 1). Het daarbij geproduceerde biogas krijgt vooral sinds de energiecrisis meer en meer belangstelling. Het gas wordt met behulp van gasmotoren benut ten behoeve van de beluchting van de biomassa in gesuspendeerde actief-slibzuiveringsinstallaties. Met het biogas kan tot 70% van de totale energiebehoefte worden gedekt. De energiekosten bedragen overigens niet meer dan 10% van de totale kosten voor het zuiveren van afvalwater.

De micro-organismen die bij aërobe biologische zuivering worden aangetroffen behoren zowel tot de strikt aërobe typen (zoals *Nitrosomonas*), als tot de facultatief anaërobe typen (zoals *Escherichia coli*). De morfologie van draadvormige micro-organismen is een belangrijke factor in het actief-slibproces. Na de eigenlijke biologische zuivering wordt het slib in een nabezinker uit het gezuiverde afvalwater afgescheiden. Een relatief grote populatie van draadvormige mi-

cro-organismen heeft een negatief effect op de scheiding tussen biomassa (slib) en gezuiverd afvalwater. Voorheen werd *Sphaerotilus natans* als het voornaamste draadvormige micro-organisme beschouwd. Het baanbrekende werk van Eikelboom bij TNO heeft de kennis op dit gebied aanzienlijk vergroot. Meer dan 20 typen draadvormige micro-organismen zijn thans op eenvoudige wijze te determineren (foto 2). Stond voorheen de bestrijding van draadvormers met chemische middelen centraal, thans kan het ontstaan van een grote populatie van dergelijke bacteriën door aangepaste procesvorming in veel gevallen worden voorkomen. Het gevolgde principe berust op een aangepast voedingspatroon waarbij het slib niet continu, maar wel bij tijden, méér voedsel krijgt aangeboden.

Sinds het begin van deze eeuw hebben vooral civiele ingenieurs zich met afvalwaterzuivering beziggehouden. In een later stadium kwam de noodzakelijke samenwerking tussen technologiën en microbiologen van de grond. Het voorgaande voorbeeld is daarvan een illustratie.

Er zijn variaties in de groeisnelheid van de verschillende groepen micro-organismen. De relatief langzaam groeiende micro-organismen die ammoniakale stikstofverbindingen oxyderen (*Nitrosomonas* en *Nitrobacter*) kunnen zich alleen handhaven wanneer de verblijftijd van de biomassa in het zuiveringssysteem niet te kort is. Met andere woorden, de belasting van het systeem moet vrij laag zijn. In Nederland wordt zowel een vergaande verwijdering van koolstofverbindingen als een hoge mate van nitrificatie nagestreefd. Vandaar dat de zuiveringssystemen in Nederland meestal laag belast zijn. Een voorbeeld van een dergelijk type is in foto 3 opgenomen.

In de laatste decade komt meer belangstelling voor denitrificatie naar voren. Bij denitrificatie

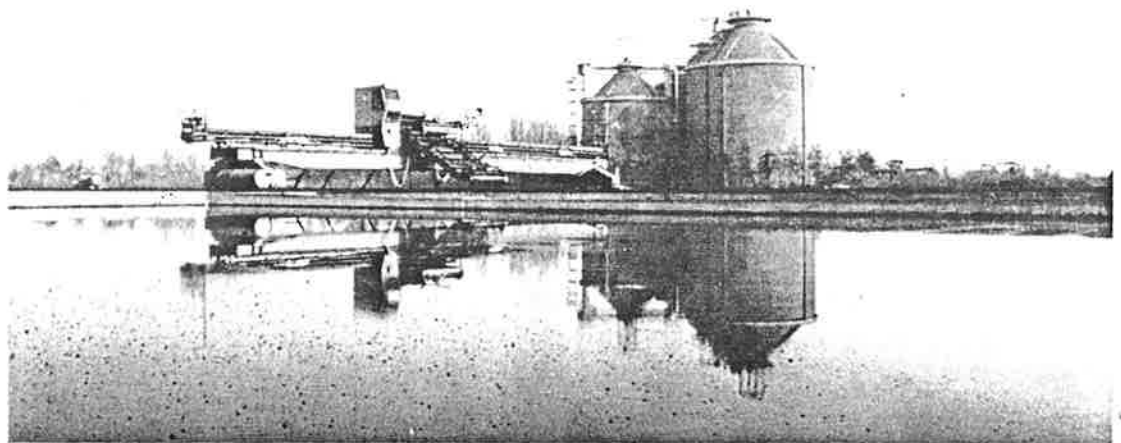


Foto 1. Slibgistingstoren

wordt de zuurstof die gebruikt is voor oxydatie van stikstofverbindingen voor ongeveer tweederde teruggewonnen en benut voor de oxydatie van koolstofverbindingen. Door een aangepaste procesvoering in bestaande installaties of door het ontwerp van nieuwe systemen kan niet alleen een betere kwaliteit van het gezuiverd water worden bereikt, maar ook tot 20% op het energieverbruik worden bespaard.

Aanvullende maatregelen, zoals simultane defosfatering met ijzersulfaat, beïnvloeden de werking van de biomassa nauwelijks of niets. Hierbij ontstaat een mengsel van chemisch en biologisch slib waarmee het mogelijk is om in zeer laag belaste actiefslibsystemen meer dan 90 à 95% verwijdering van zowel de koolstof-, stikstof- als fosforverbindingen te bewerkstelligen.

Anaërobe (voor)zuivering

De anaërobe mineralisatie van zuiveringsslib is reeds vermeld. Sinds ongeveer tien jaren heeft het Nederlandse onderzoek aan c.q. de ontwikkeling van anaërobe processen voor de zuivering van industriële afvalwateren, door de Landbouwhogeschool (LH) (Lettinga c.s.), bepaalde universiteiten en CSM, sterk internationale aandacht gekregen.

De voordelen van anaërobe zuivering zijn de lage opbrengst aan biomassa, geen energiebehoefte voor beluchting en de (extra) productie van biogas. Er zijn een aantal nadelen. Anaërobe gisting is als proces vrij gevoelig voor specifieke verbindingen zoals gechlloreerde koolwaterstoffen. Anaërobe micro-organismen groeien langzaam, zodat lange opstarttijden noodzakelijk zijn. Aan de andere kant kan anaëroob slib lange tijd (maanden) in voorraad worden gehouden. Een belangrijk bezwaar is voorts dat anaërobe zuivering altijd door aërobe nazuivering moet worden gevolgd. Oxydatie van stikstofverbindingen treedt uiteraard niet op. Het is dan ook een kwestie van kosten of anaërobe (voor)zuivering aantrekkelijk is of niet. Voor vele industriële afvalwateren met een relatief hoge concentratie aan organische verontreiniging blijkt dit wel het geval te zijn. In 1977 is de eerste grote installatie (UASB-type) voor afvalwater van de suikerindustrie gebouwd. Sinds die tijd is het aantal industriële toepassingen in Nederland en ook daarbuiten sterk toegenomen. Zonder veel chauvinisme kan worden gesteld dat Nederland op dit terrein toonaangevend in de wereld is.

Thans vindt onderzoek plaats naar toepassing van anaërobe (voor)zuivering voor afvalwater met lagere vuillast, zoals dat van stedelijke oorsprong.

Nieuwe ontwikkelingen

Op microbiologisch gebied is het onderzoek naar het optimaliseren van de fosfaatverwijdering bij de aërobe biologische zuivering van belang. Bepaalde micro-organismen, zoals *Acinetobacter*, kunnen onder aërobe omstandigheden een overmaat van fosfaat als polyfosfaat opslaan. Het gevormde polyfosfaat dient als tijdelijke energie- en fosfaatreserve. Onder anaërobe omstandigheden (ook geen nitraat!) kunnen deze bacteriën lagere organische zuren opnemen die onder anaërobe omstandigheden ontstaan. Het opgeslagen voedsel komt vervolgens onder aërobe omstandigheden beschikbaar voor assimilatie- en dissimilatieprocessen. Dit type micro-organismen kan dus selectief groeien, mits een afwisseling van anaërobe en aërobe condities wordt ondergaan. In Zuid-Afrika heeft Barnard een aantal proceschema's voor biologische fosfaatverwijdering ontwikkeld. De

geringe bedrijfszekerheid van deze methoden is een van de redenen waarom tot op heden voornamelijk chemische methoden voor defosfatering in bedrijf zijn. Ook geldt voor chemische methoden dat zij op eenvoudige wijze aan bestaande zuiveringssystemen kunnen worden toegevoegd. Toch is te verwachten dat biologische fosfaatverwijdering in de toekomst meer zal worden toegepast. De mogelijkheden van dit proces voor de Nederlandse omstandigheden worden onderzocht door Rensink (Landbouwhogeschool Wageningen) nagegaan.

De huidige typen aërobe zuiveringsinstallaties (actief-slibsystemen, oxydatiebed) functioneren in het algemeen bedrijfszeker en leveren goede zuiveringsprestaties. Een belangrijk nadeel is

echter het relatief grote terreinoppervlak dat voor de installatie benodigd is. Het grote ruimtebeslag is het gevolg van de lage concentratie aan slib of biomassa die per volume-eenheid van de installatie aanwezig is. Bij het actief-slibstelsel bedraagt deze 4 g/l. Hogere gehalten zijn niet mogelijk vanwege de scheiding van slib en water in de nabezinktanks. In veel stedelijke agglomeraties is een groot terreinoppervlak nauwelijks meer voorhanden en wordt een behoefte gevoeld aan volume- (m^3) en oppervlaktebesparende (m^2) technologieën. Er zijn dan ook ontwikkelingen naar diepere of hogere installaties met behoud van de slibconcentratie (bijvoorbeeld het 'diep shaft' systeem) en naar hogere gehalten aan slib. Tot de laatste categorie behoren methoden waarbij het slib op een drager wordt gebracht. Bij het

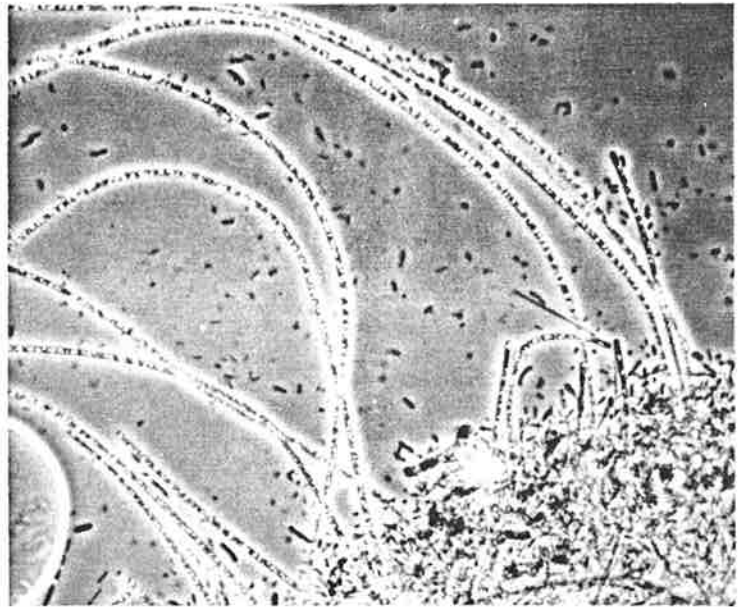
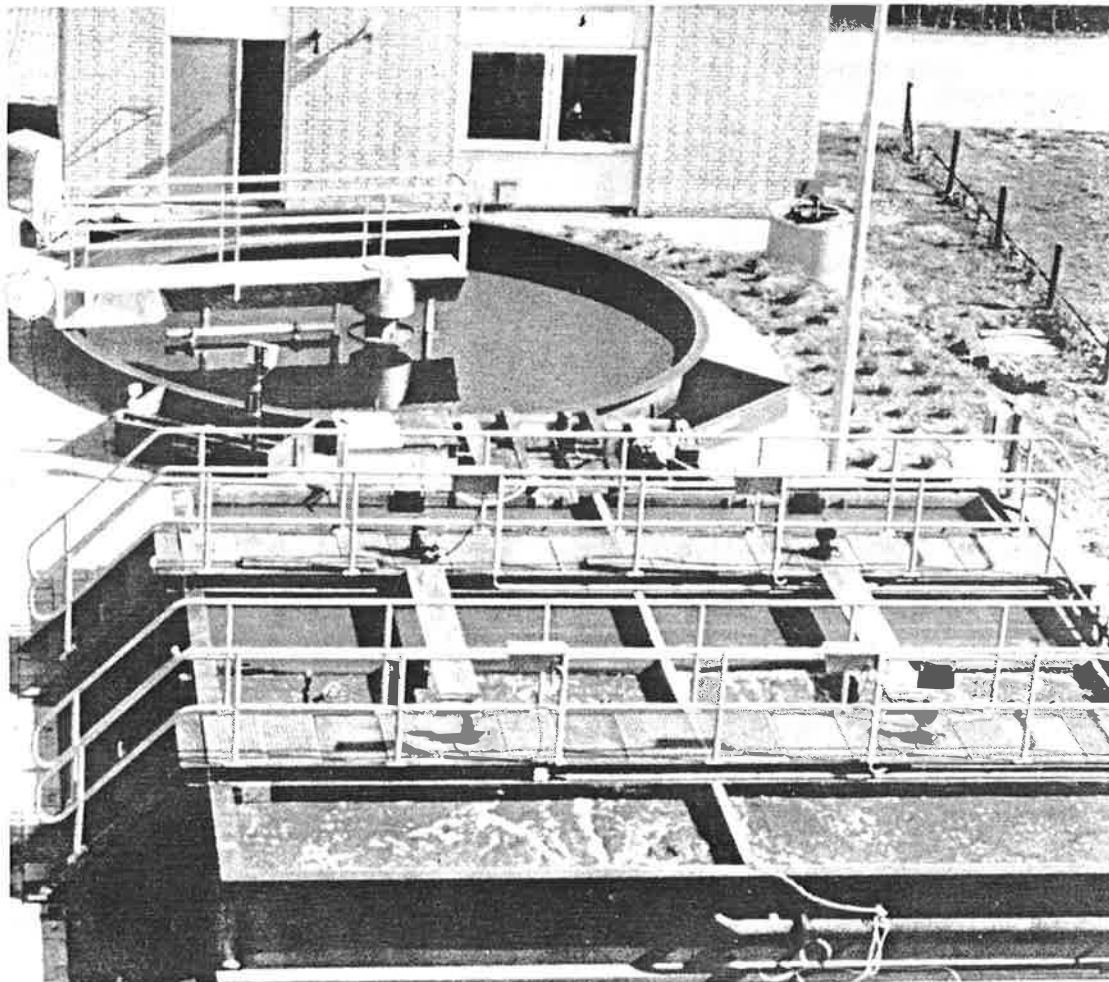


Foto 2: Draadvormige micro-organismen. (Thiotrix)

Foto 3: Zuiveringsinstallatie



captorproces groeit het slib aan stukjes zwevend kunststofmateriaal. De bereikte slibconcentraties zijn ongeveer 8 g/l. Dit proces is in Engeland in ontwikkeling. In een aantal landen heeft slib-op-(zand)drager in een gefluïdiseerd systeem uitgebreid aandacht gehad. Hiermee kan 15-30 g slib per liter worden bereikt. Gist-Brocades heeft in Nederland baanbrekend werk op dit terrein verricht, hetgeen heeft geleid tot ontwerp en bouw van een grote industriële installatie voor het eigen afvalwater. Zowel de anaërobe (voor)zuivering als de aërobe nazuivering wordt met slib-op-drager-systemen gerealiseerd. Samen met de Landbouwhogeschool zal Gist-Brocades de anaërobe (voorzuivering) van stedelijk afvalwater volgens dit principe onderzoeken. Gist-Brocades en TNO bereiden onderzoek voor naar de aërobe zuivering van stedelijk afvalwater met een gefluïdiseerd slib-op-drager-systeem. Bij alle slib-op-drager-systemen staat de kennis van de hechting van de biomassa aan de drager centraal. Hier ligt een duidelijke rol voor de micro-biologie. Wezenlijke nieuwe ontwikkelingen zijn alleen dan mogelijk wanneer een goede samenwerking tussen microbiologie, procestechnologie en andere disciplines plaatsvindt. ■