

HET GEKLAARDE AFVALWATER

PROF. IR. J.H.J.M. VAN DER GRAAF

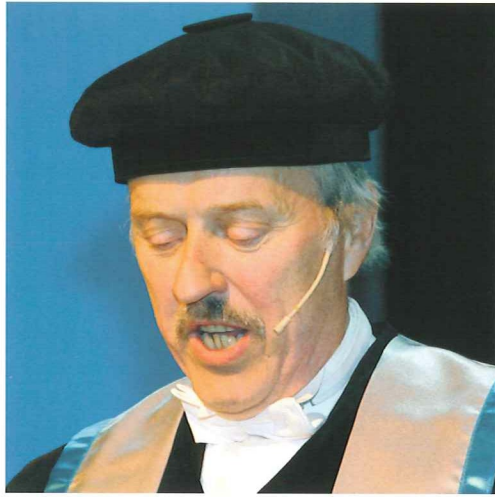
mei 2009

Alle rechten voorbehouden. Niets van deze uitgave mag worden verveelvoudigd of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen of enige andere manier, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van Witteveen+Bos.

ISBN 978-94-90335-01-4

HET GEKLAARDE AFVALWATER

Rede, uitgesproken bij het afscheid als hoogleraar in de Behandeling van Afvalwater aan de faculteit der Civiele Techniek en Geowetenschappen van de Technische Universiteit Delft op 13 mei 2009 door prof.ir. J.H.J.M. van der Graaf.



INLEIDING

Op woensdag 21 maart 1990 stond ik hier in deze aula om u toe te spreken ter gelegenheid van mijn ambtsaanvaarding. De titel van mijn rede was nogal cryptisch: 'Afvalwater, zuiver en klaar?' Nu, bijna twintig jaar later, sta ik hier weer om u mijn bevindingen te vertellen onder de titel 'Het geklaarde afvalwater'. Hopelijk is er in de tussentijd wat veranderd. Anders kan ik volstaan met een reproductie van mijn eerdere verhaal, maar de gewijzigde titel suggereert dat er toch iets met het afvalwater is gebeurd. En daarmee zijn we dan al meteen bij een zeer interessante waarneming, namelijk dat waar we vroeger bezig waren met het behandelen c.q. zuiveren van afvalwater, we ons nu richten op afvalwater als grondstof: afvalwater is getransformeerd van afvalproduct met een negatieve waarde naar een in potentie waardevolle grondstof, waar de mensheid nog wat aan heeft! Een verrassende constatering die ik later in dit verhaal zal toelichten.

5

Ik zal op enkele interessante ontwikkelingen in mijn vakgebied nader ingaan. Maar eerst zal ik nagaan of wat ik destijds in mijn intreerede heb gesteld, ook heeft plaatsgevonden. Kortom, of ik me een beetje aan de afspraken heb gehouden. In deze tijd van transparantie geen ongebruikelijke gang van zaken. Hoewel ik eigenlijk ook weer een gruwelijke hekel heb aan het al te planmatig opereren, dat mijns inziens te weinig ruimte biedt voor ondernemerschap en innovatie. Ten slotte zal ik ook nog enige filosofische en vakmatige bespiegelingen voorleggen. Bij het uiteindelijke oordeel moet ik wel in overweging geven dat de leerstoel slechts in deeltijd (0,3 fte) werd vervuld en dat de financiële positie van de universiteit de afgelopen jaren niet al te royaal gedrag toestond. In personele zin kon ik vooral rekenen op één vaste medewerker, Jaap de Koning, die ik dan ook veel dank verschuldigd ben.

AFVALWATER, ZUIVER EN KLAAR?

In mijn intreerede heb ik een mix van onderwerpen behandeld; het is altijd aardig en leerzaam om de uitspraken van destijds te toetsen aan de huidige inzichten. Punts-
gewijs zal ik in het kort de belangrijkste punten memoreren.

End of pipe versus schone technologie

Het gedachtegoed van 'zuiveren aan de bron' leidt tot kleinschaligheid, hetgeen echter weer tal van problemen oplevert ten aanzien van procesvoering, hygiëne en kosten. De aanbeveling om nu eens een ander concept voor het watercloset te bedenken, is ruimschoots opgevolgd.

Aandacht voor nuancering

6

Hoedt u voor (onheils)profeten want zij baseren hun inzichten meer op geloof dan op feiten. Inmiddels zijn er in de waterwereld nog steeds lieden actief die met hun water-
ideeën de wereld willen verbeteren.

Conversie of zuivering?

Anaërobe processen hebben vooral potentie als conversietechnieken; moeten we echt vergaand zuiveren dan hebben we andere processen (biologisch en fysisch-chemisch) nodig. De praktijk heeft dit inzicht inmiddels overgenomen.

Grootschaligheid

Door installaties op te schalen worden enorme voordelen bereikt qua kosten en bedrijfsvoering. Er worden echter ook nieuwe problemen, zoals plotselinge overbe-
lasting, gecreëerd (zie verderop bij 'interacties').

Snelle veranderingen

In termen van portfolioanalyses is de afvalwaterbehandeling in de rijpheidsfase beland. Voortdurend zorgen nieuwe eisen en randvoorwaarden echter voor voldoende prikkels tot vernieuwingen. Denk hierbij aan de P- en N-verwijdering, de Kaderrichtlijn Water, microverontreinigingen en dergelijke.

Innovatie en adaptatie

Destijds is gepleit om meer aan innovatie te doen en minder aan adaptatie; meer ruimte voor ingevingen en minder voor het op zeker spelen. De situatie is er niet beter op geworden.

Toekomst

Uit toekomstverkenningen kwam destijds naar voren dat verdergaande zuiveringstechnieken nodig zullen zijn en dat het tevens nauwelijks mogelijk is om nog grote kostenbesparingen te realiseren. Dit heeft zich bevestigd. Desondanks weet de afvalwaterwereld betere prestaties te leveren tegen relatief nog steeds beperkte kosten.

7

Zuurstofoverdracht

Geconstateerd werd dat er nog slechts beperkte innovaties bij beluchtingssystemen te verwachten waren. Via procesregeling zijn nog enige besparingen gerealiseerd.

Riolering en drinkwater

In Delft hebben we in één sectie de hele waterketen (een begrip dat 20 jaar geleden nog niet bestond) bijeen. De destijds uitgesproken wens tot intensievere contacten tussen afvalwater, riolering en drinkwater is zeker gerealiseerd en heeft geleid tot interessante initiatieven zoals membranen en interacties. Ook hebben de samengevoegde vakantiecursussen eraan bijgedragen om de gescheiden werelden van afvalwater en drinkwater dichterbij elkaar te brengen.



Multidisciplinaire benadering

De voorgenomen oprichting van het Delfts Instituut voor Milieu en Schone Technologie (DIMST) is geen succes geworden. Ook andere latere initiatieven tot bundeling en (virtuele) samenwerking leverden weinig op. Ondertussen denkt men in het bedrijfsleven juist aan het opsplitsen van groepen als ze (door hun succes) te groot worden.

Internationale samenwerking

De destijds geconstateerde behoefte aan internationalisering van het wateronderzoek heeft zich vertaald in velerlei internationale contacten en samenwerkingen. Hierbij blijkt de enorm sterke 'brand' van TU Delft, waaraan ook de sectie Sanitary Engineering een verdere versterking heeft gegeven.

Zwaartepunten onderzoek

Als zwaartepunten voor toekomstig onderzoek werden destijds geformuleerd:

- stikstof- en fosfaatproblematiek
- vergaande zuiveringsmethoden
- toepasbaarheid van nieuwe technologieën
- indicatie van zuiveringsslib.

Deze punten hebben in de afgelopen jaren volop aandacht gekregen en zijn bijna allemaal nog steeds actueel.

ONDERZOEK

Bij mijn aantreden trof ik een bijzondere onderzoeksinfrastructuur aan. In een aparte unit, het Laboratorium voor Gezondheidstechniek, waren enkele onderzoekers tezamen met grootschalige onderzoeksfaciliteiten ondergebracht. Met name de proefinstallatie, bestaande uit twee parallelle afvalwaterbehandelingsstraten, was kostbaar qua instandhouding en de inzet in externe onderzoeksprojecten was minimaal. Derhalve is toen vrij snel besloten tot opheffing van het laboratorium en ontmanteling van de installaties. Daarna is weer een voorzichtig begin gemaakt met eigen onderzoek, maar dan op een andere wijze. Voor het universitaire onderzoek op ons vakgebied is een nieuwe strategie ontwikkeld. Centrale elementen zijn hierbij:

10

- opereren in niches: niet het totale veld wordt bestreken maar we concentreren ons op enkele specifieke thema's waar we een bijzondere toegevoegde waarde kunnen bieden
- betrokkenheid van de praktijk; alle projecten spelen zich af in nauwe relatie met de probleembezitters of probleemoplossers
- zo veel mogelijk met echt afvalwater werken; dit in tegenstelling tot experimenten met kunstmatig afvalwater, die daardoor slechts een beperkte geldingskracht hebben
- externe financiering: zo veel mogelijk wordt gestreefd naar externe financiering, tegen marktconforme tarieven
- samenwerking met andere partijen werkt versterkend. Dit geldt in projecten voor de diverse partners, die elk hun specifieke deskundigheid inbrengen. Internationaal liggen deze kansen er ook samen met andere universiteiten en onderzoeksgroepen.

Hieruit volgt dat we zo veel mogelijk complementair willen zijn op de bestaande onderzoeksinfrastructuur. Bewust is ook niet gekozen voor het verrichten van biochemisch onderzoek, maar beperken we ons vooral tot fysisch-chemische technieken. Gebleken is dat deze focus spoedig heeft geleid tot een sterke positionering van de onderzoeksgroep met bijbehorende output.

Op enkele van de onderzoeksthema's wil ik kort ingaan.

Interacties

Het in de huishoudens en door de bedrijven geproduceerde afvalwater wordt in Nederland op stedelijke schaal ingezameld via rioolstelsels. In veel gevallen wordt aan dit rioolwater ook het hemelwater, afstromend van verhard oppervlak, toegevoegd (gemengd stelsel). Ten slotte wordt het totale afvalwater van een of meerdere kernen naar een centrale rioolwaterzuiveringsinrichting (RWZI) verpompt middels persleidingen. De RWZI wordt in biologische zin ontworpen op een gemiddelde vuilvracht, in hydraulische zin op de maximale aanvoer. Duidelijk zal zijn dat de aanvoersituatie en de belasting van de RWZI voortdurend veranderen; over een normale droge dag is daarin vaak een patroon te herkennen (DWA-patroon). Bij regen neemt de aanvoer natuurlijk toe en vaak in gelijke mate ook de vervuilingsvracht (propeffect, first flush), pas later treedt verdunning van het afvalwater op. Een goed ontworpen RWZI is weliswaar bestand tegen dit soort schokbelastingen maar de werking van de RWZI kan in sterke mate variëren afhankelijk van het soort schokken. Hier komt dus naar voren dat er een sterke relatie is tussen wat er in de riolering en op de zuivering gebeurt. Deze relaties, ofwel interacties, zijn onderwerp van een langlopend onderzoeksproject, waarin getracht wordt de onderliggende processen te beschrijven, de onderlinge beïnvloeding te onderzoeken en strategieën te ontwikkelen om de nadelige gevolgen te beperken. Dit project wordt uitgevoerd in samenwerking met een tiental partners,



waterschappen en ingenieurbureaus. Op dit moment is een grootschalig meetprogramma rondom de RWZI Eindhoven afgerond, dat een enorme hoeveelheid interessante gegevens heeft opgeleverd.

Het promotieonderzoek van Jeroen Langeveld bracht de problematiek helder in beeld; Modelmatig konden diverse relaties worden aangetoond. Met name de stikstofverwijdering heeft te lijden onder de wisselende omstandigheden. Voor diverse situaties zijn keuzes mogelijk tussen zuiveren of overstorten. Ook hebben lokale randvoorwaarden grote invloed. In het vervolgonderzoek toont Rémy Schilperoort de haalbaarheid en inpasbaarheid aan van meetsystemen in de riolering met kwantitatieve en kwalitatieve sensoren. Een bijkomend aspect is de mogelijkheid om temperatuur als meetparameter te gebruiken. Dit heeft geleid tot een innovatieve meetmethode om verkeerde aansluitingen in rioolstelsels op te sporen met behulp van een lijnvormige temperatuursensor.

13

Fysisch-chemische voorzuivering

Zoals bekend vindt de zuivering van afvalwater plaats in diverse stappen. Globaal kan onderscheid worden gemaakt in voorbehandeling (roosters en zandverwijdering), voorzuivering (meestal bezinking), hoofdzuivering (veelal biologisch) en nazuivering (allerlei nageschakelde technieken). Natuurlijk hebben deze stappen een onderlinge relatie. In een gezamenlijk onderzoeksproject van de Universiteit Wageningen en TU Delft is in opdracht van STOWA onderzocht wat de mogelijkheden zijn van vergaande deeltjesverwijdering in de voorzuivering. Twee promovendi, Adriaan Mels en Arjen van Nieuwenhuijzen, hebben in intensieve samenwerking tal van alternatieven onderzocht en uiteindelijk in een (kosten)model verwerkt. Hierbij blijkt dat slibmaximalisatie aantrekkelijke perspectieven biedt. Dit aspect is in een later stadium nog eens verder versterkt door de toegenomen aandacht voor duurzaamheid, energierugwinning en CO₂-problematiek.



Ultrafiltratie van effluent

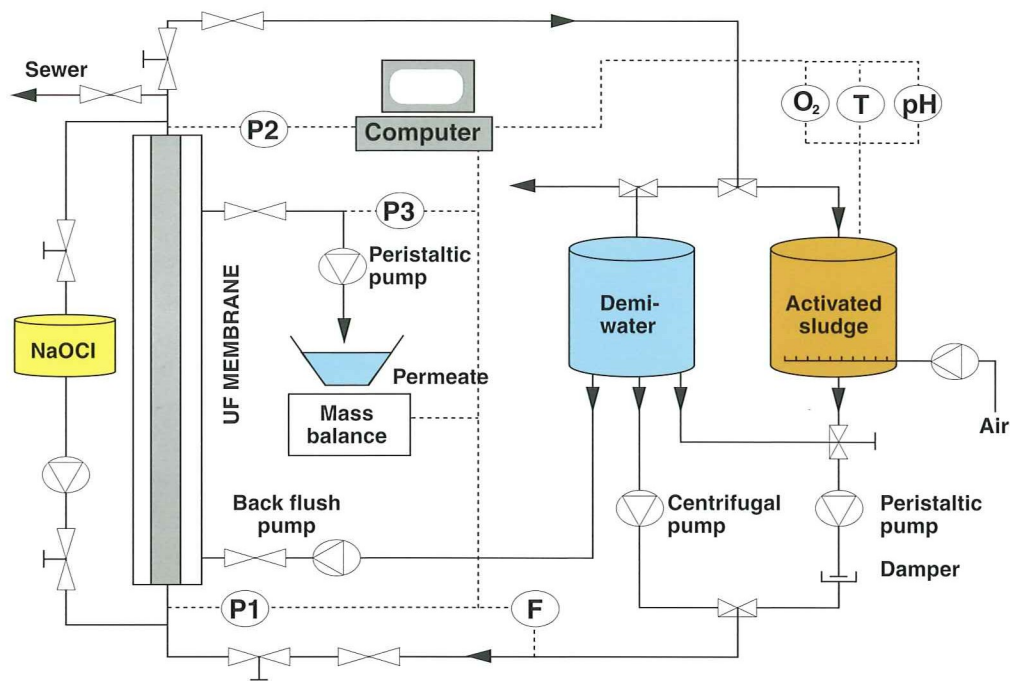
Het in een moderne RWZI geproduceerde water kan nog verder in kwaliteit opgewerkt worden. Met name indien hergebruik wordt overwogen, moeten bepaalde stoffen nog verwijderd worden. Een van de meest in aanmerking komende technieken is membraanfiltratie. Membranen zijn materialen met hele fijne poriën, waardoor het water wel heen kan maar kleine deeltjes niet. De membranen worden meestal in de vorm van rietjes toegepast. In een samenwerkingsproject van USFilter, later Veolia, en Witteveen+Bos is onderzoek verricht naar de toepassing van ultrafiltratie op effluent (ultrafiltratie houdt deeltjes tegen die groter zijn dan 10 nm). Op vele RWZI's in Nederland zijn testen gedaan met proefinstallaties teneinde de toepasbaarheid te onderzoeken. Ook de voorbehandeling is van grote invloed op de filtreerbaarheid van het water. Belangrijk hierbij is het vastleggen van de filtratie-eigenschappen van het water. Daartoe is door Jelle Roorda een testprotocol ontworpen, de SUR (specific ultrafiltration resistance). Een hoge SUR duidt op een moeilijke filtreerbaarheid, dus moet de SUR zo laag mogelijk zijn. Met de SUR kon ook worden aangetoond dat met name de deeltjes van 0,1 à 0,2 µm verantwoordelijk zijn voor de filtratieweerstand. Een tweede promovendus, Sandy te Poele, heeft de invloed van de specifieke stoffen onderzocht. Met name polysachariden en eiwitten spelen een belangrijke rol. En passant werd ook een (gepatenteerde) enzymatische reinigingsmethode voor vervuilde membranen ontwikkeld. Momenteel rondt Arie Jansen zijn onderzoek af waarin met name velerlei voorbehandelingsmethoden zijn onderzocht, met als een van de meest belovende de behandeling in een biologisch actief-koolfilter (zie verderop). Het onderzoek wordt de komende jaren vervolgd in een grootschalig praktijkonderzoek op de RWZI Harnaschpolder, met Evides, Veolia en Hoogheemraadschap van Delfland als partners.

Directe membraanfiltratie

Dat membranen niet alleen ingezet kunnen worden op relatief schoon water toonde Aldo Ravazzini aan door puur afvalwater te filtreren. De aanvankelijke veronderstelling dat de membranen dan snel vervuild zouden raken, kan weerlegd worden door een aangepaste bedrijfsvoering. Hierdoor is het mogelijk om in één stap van afvalwater naar een helder product te gaan, dat hygiënisch betrouwbaar is (bacteriën en virussen worden door het membraan tegengehouden) en nog vele voedingsstoffen in opgeloste vorm bevat, hetgeen interessant kan zijn bij hergebruik voor voedselproductie.

MembraanBioReactor

Een andere toepassing van membranen vinden we in de MembraanBioReactor (MBR). Veelal worden voor de biologische zuivering zogenoemde actief-slibsystemen toegepast, waarbij de afscheiding van het actief-slib plaatsvindt door bezinking in grote nabezinktanks. In de MBR vindt deze afscheiding plaats door de membranen, een veel compactere methode met een hogere afscheidingsgraad. Een groot nadeel is echter dat gedurende de filtratie de membranen vervuilen (fouling) en dat daardoor meer energie nodig is en de membranen regelmatig gereinigd moeten worden. In ons onderzoek richten wij ons op deze vervuiling, hoe die plaatsvindt, welke factoren daarbij van belang zijn en hoe de situatie te verbeteren is. In samenwerking met DHV is door Herman Evenblij onderzocht, hoe de filtratie beschreven kan worden. Daartoe is een meetprotocol ontwikkeld, de Delft Filtration Characterisation method (DFCm), waarmee de filtratie-eigenschappen van het slib eenduidig kunnen worden vastgelegd in een gemodificeerde filtratieweerstandsfactor. Tevens kon worden aangetoond dat bij een hoge weerstandsfactor de installaties in de praktijk ook minder goed functioneren. In diverse vervolgonderzoeken (MBR-2 met als partners Waterschap Hollandse Delta, Royal Haskoning en Witteveen+Bos, MBR-Train, een Europees Madame-Curie-project voor de uitwisseling van jonge onderzoekers, EUROMBRA, waarin 20 bedrijven en



universiteiten samenwerken) wordt dit concept verder uitgewerkt. Zo heeft Stefan Geilvoet, die binnenkort promoveert, aangetoond dat het met name de deeltjes tussen 0,1 en 0,5 μm zijn die de filtratieweerstand bepalen. Met name de flocculatie en deflocculatie in het slib zijn van bepalende invloed. In Europees verband werd een mobiele installatie ontwikkeld zodat met de DFCm een sludge-tour door heel Europa kon worden gemaakt en een link kon worden gelegd tussen de resultaten van de diverse Europese partners. Adrien Moreau richt zich daarbij op de veranderingen die het slib gedurende de diverse behandelingsstappen ondergaat en Maria Lousada Ferreira onderzoekt de invloed van de slibconcentratie. Ten slotte gaat Pawel Krzeminski nader in op het energieverbruik en de invloed daarvan op de filtratiestap. Gezamenlijk is onlangs een model ontwikkeld voor de flocculatie en deflocculatie van het slib.

Vergaande P- en N-verwijdering

Met name vanwege de strengere eisen die in de nabije toekomst gaan gelden, is het nodig dat op diverse RWZI's de concentratie aan fosfaat (P) en stikstof (N) verder moet worden gereduceerd. Dit kan door de toepassing van filtratietechnieken met zand of antraciet als filtermedium. Oorspronkelijk werden dit soort filters ingezet om de fijne deeltjes (zwevende stof) uit het effluent te verwijderen, maar door toevoeging van een vlokmiddel kan ook het fosfaat precipiteren en daarna worden verwijderd. Indien dan ook nog een koolstofbron (methanol) wordt gedoseerd, kan het nitraat via biologische omzetting worden gereduceerd tot stikstof. Kortom, drie functies in één apparaat. Dit leidt natuurlijk tot complicaties en de noodzaak om de processen goed op elkaar af te stemmen. Met behulp van diverse proefinstallaties, gesponsord door STOWA, Waternet, Hoogheemraadschap van Rijnland en Witteveen+Bos) is en wordt uitgebreid praktijkonderzoek gedaan. Viviane Miska-Markusch, onlangs gepromoveerd, heeft aangetoond dat het in principe mogelijk is met meerlaagsfiltratie de

geformuleerde doelstellingen te bereiken. Deeltjestellingen en fractioneringen geven daarbij waardevolle informatie. In onderzoek dat met name in Leiden en Horstermeer plaatsvindt toont Sigrid Scherrenberg aan dat flocculatie vooraf weinig soelaas biedt, maar dat flocculatie vooral in het filterbed zelf plaatsvindt. Tevens wordt de verschijningsvorm van fosfaat door fractionering verder gespecificeerd in diverse fracties met verschillend gedrag. Dit onderzoek heeft ook mede geleid tot de ontwikkeling van een nieuw filter, het 1-STEPfilter, een discontinu filter met actief kool als medium, voor de verwijdering van zwevende stof, fosfaat en nitraat en waarschijnlijk ook diverse microverontreinigingen. Aardige bijkomstigheid is het feit dat dit filter ook een uitstekende voorbehandeling lijkt te zijn voor ultrafiltratie!

Waterharmonica

Op bescheiden wijze is de TU Delft ook betrokken bij de ontwikkeling van de Waterharmonica, een systeemopzet die zorgt voor een natuurlijke overgang tussen de RWZI en het oppervlaktewater. Het promotieonderzoek van Ruud Kampf aan de Vrije Universiteit te Amsterdam wordt ondersteund door de specifieke kennis over de veranderingen in samenstelling die in het effluent met verdergaande technieken zijn te realiseren. Van hieruit is mogelijk een verklaring te vinden voor de biologische processen die zich in de nabehandelingsvijvers afspelen.



(ON)DUURZAAMHEID

Duurzaamheid is een thema dat reeds twintig jaar geleden is geïntroduceerd bij het denken over gewenste ontwikkelingen binnen het toekomstige watersysteem (en waterketen). In dat kader zijn circa 15 jaar geleden diverse studies uitgevoerd binnen het waterveld. Met name de DTO-studie 'Duurzame technologische ontwikkeling voor de stedelijke waterkringloop' kan hierbij worden genoemd. Onlangs heb ik in het kader van de Vakantiecursus 2009 nog eens onderzocht of de inzichten al dan niet zijn veranderd en of de ontwikkelingen ook de gewenste c.q. voorspelde richting uitgaan.

In de DTO-studie staat het stedelijk watersysteem centraal. Als maat is gekozen voor een agglomeratie van 100.000 inwoners; het omvat drinkwaterbereiding en drinkwaterdistributie, watergebruik zowel door huishoudens als bedrijven, riolering en zuivering van afvalwater inclusief slibbehandeling. Onderzocht is wat de (on)duurzaamheid van dit systeem is, zowel vijftien jaar geleden als nu. Uit deze analyses blijkt dat de onduurzaamheid vooral zit in de lozing van restvervuiling via de RWZI of overstorten. Diverse onduurzaamheden zoals de verwerking van zuiveringsslib hebben we inmiddels opgelost. Allerlei andere factoren zoals energie en CO₂-emissie spelen maar een beperkte rol. Dit alles volgens de DTO-studie.

21

Duurzaam of onduurzaam, that is the question!

De meningen over de duurzaamheid of onduurzaamheid van de stedelijke waterkringloop lopen nogal uiteen. Niet alleen in Nederland maar ook op mondiaal niveau spelen uiteenlopende visies over de juiste inrichting van de stedelijke waterkringloop. Hierbij geldt in sterke mate het feit dat de stedelijke watervoorziening, de riolering en de afvalwaterzuivering reeds lange tijd een integraal onderdeel van de stedelijke infrastructuur vormen. Gedurende de laatste eeuw(en) zijn vele steden voorzien van sanitatie,

waarbij in eerste instantie gezondheid centraal stond en later het milieu als belangrijke factor is toegevoegd. In vele gevallen functioneren de bestaande structuren reeds vele jaren c.q. decennia, dikwijls naar volle tevredenheid. Het lijkt dan ook logisch om voor de toekomst in eerste instantie uit te gaan en gebruik te blijven maken van de reeds aanwezige bestaande structuren. Pas in het geval dat zich onoverkomelijke problemen voordoen zal tot een volledige systeemwijziging moeten worden overgegaan.

Deze zienswijze staat lijnrecht tegenover de visie van anderen die ons voorhouden dat de huidige structuren niet deugen. Kleinschaligheid, beperking van het watertransport, brongerichte aanpak, hergebruik van afvalstoffen en waterbesparing en energie zijn allemaal thema's die een rol spelen bij het bedenken van of het streven naar een andere opzet van de waterkringloop.

22

In extremis kunnen dus ten aanzien van de ontwikkelingsstrategie twee uitersten worden onderscheiden:

- doorgaan met verdere verbeteringen en aanpassingen
- versus
- volledig andere concepten.

In de Nederlandse beroepspraktijk wordt vaak getracht beide visies te incorporeren, hetgeen er in ieder geval toe leidt dat er ruimte is voor velerlei initiatieven die allemaal claimen bij te dragen aan duurzaamheid.

De vraag blijft natuurlijk nog onbeantwoord hoe duurzaam of onduurzaam de stedelijke waterkringloop nu eigenlijk is. In 1993/1994 werd die vraag in de DTO-studie beantwoord via de onduurzaamheidsfactoren. In feite geven die een indicatie dat het niveau van duurzaamheid reeds hoog is. De stedelijke waterkringloop realiseert de productie en de distributie van een waardevol product (drinkwater) en de inzameling en

behandeling van dit product na gebruik (afvalwater) tot een vrijwel onschadelijk restproduct dat weer teruggebracht kan worden in het milieu. Het gebruik van hulpstoffen is minimaal en voor de reststoffen zijn verantwoorde verwerkingsroutes gevonden. Ook het energiegebruik is minimaal. De systemen en installaties die hiervoor nodig zijn worden vervaardigd uit eenvoudige grondstoffen zoals beton en staal. Deze zijn zeer betrouwbaar en hebben een zeer lange levensduur. Het totaal aan kosten voor investeringen en exploitatie is zeer beperkt en maatschappelijk uiterst verantwoord (volksgezondheid)! Kortom: een voorbeeld van een duurzame kringloop! Dit gold in 1993 en geldt anno 2009 nog steeds.

Toekomstscenario's

In de DTO-studie is ook onderzocht welke ontwikkelingen echt nodig zijn om de duurzaamheid van de waterketen te verbeteren. Dit gebeurde in zogenaamde toekomstscenario's. Hierbij kwamen 15 jaar geleden enkele conclusies naar voren die momenteel nog vrijwel niets aan geldigheid hebben ingeboet:

- verbetering van de onderdelen van de waterketen, zoals het aansluiten van verspreide lozingen, het renoveren van verouderde rioolstelsels en het optimaliseren van de afvalwaterbehandeling en drinkwaterbereiding, blijft een zeer zinvolle zaak
- vergaande reductie van de emissies via effluent en overstorten en verdere opwerking van zuiveringsslib kunnen reeds leiden tot de gewenste duurzaamheid
- beperking van het waterverbruik, hoe nuttig ook, levert nauwelijks een bijdrage
- dit geldt ook voor het afkoppelen van verhard oppervlak
- kleinschalige oplossingen, hoe sympathiek ook, scoren minder vanwege onderhoud en procesvoering van de toegepaste technieken.

In de praktijk is de geldigheid van deze voorspellingen aangetoond; weliswaar met voortdurende zijwaartse optimalisaties en alternatieve concepten.



RECENTE ONTWIKKELINGEN IN DE WATERKETEN

Zoals het interessant is om via scenario's naar de toekomst te kijken, zo is het minstens zo nuttig om te kijken wat het recente verleden voor ontwikkelingen heeft opgeleverd. Zonder volledigheid na te streven volgen hieronder enkele belangrijke ontwikkelingen in het kader van de stedelijke waterkringloop.

- internationalisering

Twintig jaar geleden was de watersector in Nederland nogal introvert en naar binnen gekeerd. De waterproblematiek heeft inmiddels een internationale dimensie gekregen. Denk hierbij aan de Kaderrichtlijn Water en de internationalisatie van de (drink-) waterbedrijven.

- waterketen

Steeds meer wordt het sectorale denken (drinkwater/riolering /afvalwater) doorbroken en worden integrale concepten ontwikkeld. Soms leidt dit zelfs tot organisatorische integratie.

- klimaatverandering

Hoewel de invloed op de waterkringloop uiterst beperkt is, is mede door de hype rondom klimaatverandering het onderwerp water hoger op de agenda komen te staan.

- CO₂-fobie

CO₂ is vrijwel het equivalent van duurzaamheid geworden. Zelfs in de watersector wordt nu gestreefd naar vermindering van de CO₂-uitstoot met als ultieme streven een klimaatneutrale kringloop.

- ontziltingsinstallaties

Door de verdere ontwikkeling van membranen is het nu mogelijk om zeewater groot-schalig om te zetten in drinkwater tegen redelijke kosten en beperkt energieverbruik (prijs < 1 €/m³).

- endocriene stoffen en andere microverontreinigingen

Recente onderzoeken hebben aangetoond dat stoffen in bepaalde zeer lage concentraties reeds zeer nadelige milieueffecten teweeg kunnen brengen; hiertoe behoren hormonale stoffen, medicijnen en andere microverontreinigingen; de 'nanoparticles' zijn de volgende verdachte groep.

- membraantechnologie

De afgelopen decennia heeft de membraantechnologie zich spectaculair ontwikkeld. Niet alleen voor de ontzouting van zeewater maar ook voor de behandeling van afvalwater met processen als MembraanBioReactor en ultrafiltratie en nanofiltratie van effluent.

- vergaande verwijdering van nutriënten

Vanuit de KRW is een grote sprong voorwaarts gemaakt in de verwijdering van nutriënten tot zeer lage (MTR) niveaus; één-filterconcepten voor de simultane verwijdering van zwevende stof, stikstof en fosfaat zijn daarvan een voorbeeld.

- optimalisatie

Door toenemende procesautomatisering worden steeds betere prestaties bereikt; ook modellering zowel van processen als ruimtelijke verschijnselen draagt sterk bij tot verbetering.

- verbetering basistechnologieën

De toegepaste processen en concepten voldoen nog steeds en zijn natuurlijk wel verder verbeterd.

- doorbraak nieuwe concepten

Ook nieuwe processen doen hun intrede. Het betreft hier met name nieuwe processtappen ter vervanging van andere of behandeling van deelstromen. Voorbeelden zijn Sharon, Anammox, biologische P/N-verwijdering, UV, ozon, ionenwisselaars, vergaande effluentbehandeling en Pharmafilter.

- hergebruik

Was twintig jaar geleden hergebruik nog toekomstmuziek, nu is de sector volop in beweging om hergebruik toe te passen. Niet alleen internationaal maar ook in Nederland groeit het besef dat het gezuiverde afvalwater een nuttige bestemming kan en moet hebben.

27

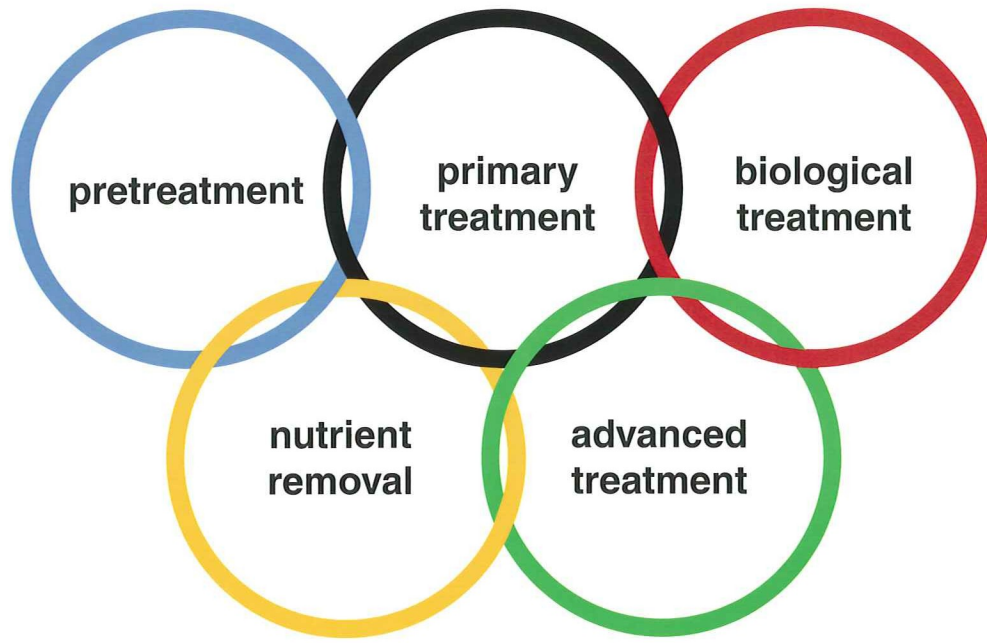
De conclusie die hieruit valt te trekken is dat door vele onderzoekers en ontwikkelaars wordt getracht de waterkringloop verder te verbeteren. De ontwikkelingen leiden tot een verdergaande sluiting van de waterkringloop met het verbeteren van de verwijderingstechnieken voor zo veel mogelijk stoffen. In grote lijnen past dit ook uitstekend in het DTO-scenario 'nulemissie', dat daardoor steeds dichterbij komt. In feite gebeurt dat dus vrijwel vanzelf (autonoom) en geleidelijk. Het kan natuurlijk ook sneller en doelgerichter: een voorbeeld van de feitelijke realisatie van het DTO-denken wordt gevonden in Singapore.



SINGAPORE: VOORBEELD VAN EEN INTEGRALE KRINGLOOP

Singapore is een van de eerste steden in de wereld die de totale stedelijke waterkringloop integraal heeft aangepakt en opgelost. Dertig jaar geleden was de situatie niet erg rooskleurig: het drinkwater moest worden aangevoerd vanuit Maleisië, de rivieren waren sterk vervuild, bij regenval liepen grote delen van de stad onder water, het tonnetjes-systeem om de nachtschade af te voeren had zijn beste tijd gehad, kortom een milieuhygiënisch en gezondheidstechnische chaos.

In dertig jaar tijd is de situatie drastisch veranderd. Voor de drinkwaterbereiding heeft men nu vier bronnen: water dat lokaal wordt ingezameld, geïmporteerd water, gezuiverd afvalwater (NEWater) en ontzout zeewater. Alle gebruikers krijgen voldoende water. Het gebruikte water wordt voor 100 % ingezameld via een uitgebreid rioolstelsel en afgevoerd naar centrale geavanceerde zuiveringsinstallaties. Na membraanfiltratie wordt dit water opgewerkt en geleverd aan de industrie of toegevoegd aan de zoetwatervoorraadbekkens. Het regenwater wordt via een gescheiden open systeem, dat dan ook schoon wordt gehouden, ingezameld en ook afgevoerd naar de zoetwaterbekkens. In totaliteit dus een vrijwel gesloten systeem met maximale zuiveringsstappen waar dat mogelijk is. Door een gestructureerde aanpak zijn ook de kosten alleszins acceptabel en zeker niet hoger dan in Nederland! Singapore claimt hiermee een voorbeeld te zijn voor de vele (mega)steden van de toekomst.



NEDERLAND GIDS LAND?

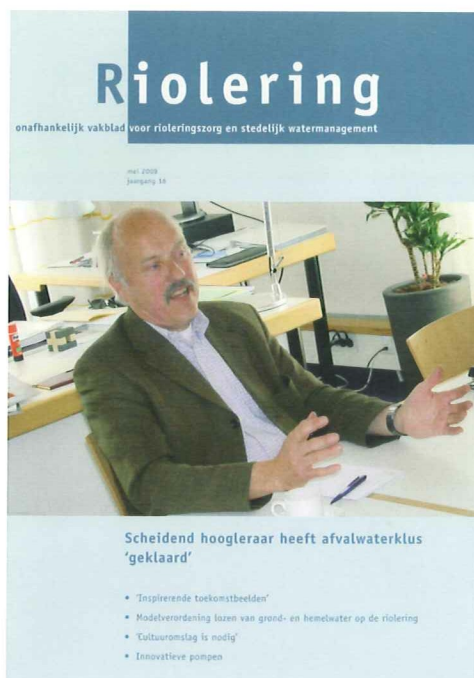
Het voorbeeld van Singapore laat zien dat indien de nood hoog is, de wil tot het oplossen van een waterprobleem groeit. Vervolgens zorgt een integrale aanpak voor een watersysteem dat zeer lang in de behoeften kan voorzien en alleen maar tot milieuverbetering leidt. Dit betekent dat alleen het streven naar duurzaamheid zelf onvoldoende krachtig is om echte grootse zaken tot stand te brengen. Er moet een andere 'sense of urgency' zijn die echt nieuwe ontwikkelingen mobiliseert. In de Nederlandse context betekent dit dat er in de watersector pas echte stappen gezet worden, als de regelgeving (nationaal of Europees) of economische ontwikkelingen (duurdere grondstoffen, energieprijzen) daartoe aanleiding geven.

Rest natuurlijk nog de kernvraag of we in Nederland op de goede weg zijn met onze stedelijke waterkringloop. Gelukkig hoeven we die vraag niet zelf te beantwoorden, maar ligt het antwoord impliciet verscholen in de ontwikkelingen die zich op internationaal (Europa) en mondiaal (denk aan Singapore) niveau afspelen. Dat betekent dat een verdere optimalisatie van de stedelijke waterkringloop verreweg het meest aantrekkelijke perspectief biedt, met als kernthema's vergaande zuivering van afvalwater, hergebruik van water en reststoffen en vergaande beperking van de overstorten uit de riolering. Een conclusie die reeds in de DTO-studie naar voren kwam en dus nog steeds actueel is. Dat betekent ook dat andere thema's zoals CO₂-reductie, afkoppelen van regenwater, decentrale sanitatie, beperking van het waterverbruik, bestrijding aan de bron, hoe sympathiek dan ook, weinig soelaas bieden en alleen schijnbare duurzaamheid bieden. Te grote fixatie op niet relevante bijkomstigheden houdt in dat we uiteindelijk voor de noodzakelijke technieken terecht moeten bij het buitenland (Singapore?), hetgeen zeker in economisch opzicht een weinig aantrekkelijk perspectief is.

WAT NU?

32

Hoewel het werken aan interessante onderzoeksprojecten tot enige verslaving kan leiden, heb ik in goed overleg met mijn opvolger, Professor Jules van Lier, afgesproken dat ik in ieder geval de lopende projecten afmaak, inclusief de daarbij behorende promoties. Van de promovendi, Stefan, Adrien, Maria, Rémy, Sigrid, Pawel en Ruud zijn nog vele interessante bevindingen te vernemen, waar ik naar uitkijk. Dus blijf ik nog af en toe binnensluipen op deze universiteit, die ik zeer erkentelijk ben voor de aan mij geboden kans om hier te doceren en te onderzoeken. De TU Delft en de faculteit Civiele Techniek zijn een fantastisch platform voor ondernemende hoogleraren en wetenschappers. Delft koppelt al meer dan twintig jaar een enorme reputatie aan een voortdurende financiële onderdekking. Veranderingen in deze organisatie gaan qua tempo en inhoud heel anders dan in het bedrijfsleven. In het begin verbaasde me dat en had ik er wel wat moeite mee. Nu ben ik tot de conclusie gekomen dat hier heel andere economische c.q. organisatorische wetten gelden! Ondertussen zijn nu allerlei plannen van twintig jaar geleden in uitvoering, zoals het Mekelpark en de renovatie van ons faculteitsgebouw (de toiletten, die ik destijds aantrof en een belediging waren voor mijn vakgebied, zijn inmiddels reeds gemoderniseerd!). Ik heb zelfs horen fluisteren dat er een nieuw onderzoekslaboratorium komt; niet te hopen dat het virtueel is. Wat betreft mijn micro-omgeving de sectie Gezondheidstechniek, kan ik alleen maar stellen dat collegae Hans van Dijk en François Clemens op bijzonder pragmatische en doortastende wijze ook hun gebied een enorme progressie hebben gegeven. De vele jonge onderzoekers en medewerkers zijn daarvan het bewijs. Zij zullen voor de nodige continuïteit zorgen, waarbij Mieke Hubert op de achtergrond de regie voert.





Rest mij nog mijn andere werkgever, Witteveen+Bos, te bedanken voor het mogelijk maken van deze dubbelfunctie. Ik heb altijd een warme ondersteuning van mijn Delftse werkzaamheden ondervonden. Voor mij zelf sprekend heb ik de dubbelfunctie altijd als een gunst en nooit als een last ervaren.

Daarnaast wil ik de vele marktpartijen bedanken, ingenieursbureaus, waterschappen, STOWA, bedrijven, voor de steun bij al het onderzoek. Ik heb in mijn intreerede een verzoek tot steun gedaan dat u ruim heeft gehonoreerd. Natuurlijk komen niet in de laatste plaats de studenten; daar doen we het allemaal voor. In het begin vooral Nederlandse studenten maar tegenwoordig zeer internationaal. Met genoeg heb ik gezien dat vele afstudeerders uiteindelijk goed terecht zijn gekomen in de vakwereld. De allerbelangrijkste steun heb ik altijd gevonden in Marianne, die mij met haar ontwapende nuchterheid en relativerende vermogen altijd op de juiste plaats wist te zetten. Ondertussen zijn onze kinderen Roderick en Seline hun eigen weg gegaan. Aan mijn kleinzoon Olle hoop ik in de nabije toekomst nog wat afvalwaterwijsheden te kunnen overdragen.

35

Tot slot zou ik u de titel: 'het geklaarde afvalwater' willen verklaren. Waar ik bij mijn intreerede aangaf dat er nog heel veel te verbeteren valt, moet ik nu constateren dat de ultieme uitdaging 'van afvalwater naar drinkwater' binnen bereik is gekomen. Aan deze ontwikkeling heb ik een kleine bijdrage mogen leveren: een mooi moment om een stapje terug te doen.

Ik dank u voor uw aandacht.

REFERENTIES

DTO, Duurzame stedelijke waterkringloop, verkennende studie CTO-water; oktober 1995, ISBN 90 56970 01 1

Evenblij, H, Filtration Characterisation in Membrane Bioreactors, 2006, proefschrift TU Delft,

Graaf, J.H.J.M. van der, Afvalwater, zuiver en klaar?, inaugurale rede, Technische Universiteit Delft, 1990

Graaf, J.H.J.M. van der; Meester-Broertjes, H.A.; Bruggeman, W.A.; Vles, E.J.;
Duurzame technologische ontwikkeling voor de stedelijke waterkringloop, H2O (28)
1995, nr 25, p754-759

Graaf, J.H.J.M. van der, Duurzame technologische ontwikkeling voor de stedelijke waterkringloop; 15 jaar na dato nog actueel?, 28e Vakantiecursus in Riolering en Afvalwaterbehandeling, 2009, p117-128, ISBN 978-90-8957-006-2

Langeveld, J.G., Interactions within wastewater systems, 2004, proefschrift TU Delft, ISBN 90-77595-72-4

Miska-Markusch, V., Effluent filtration for more than particle removal, 2009, proefschrift TU Delft, ISBN 978-90-8957-007-9

Nieuwenhuijzen, A.F. van, Scenario Studies into Advanced Particle Removal in the Physical-Chemical Pre-treatment of Wastewater, 2002, proefschrift TU Delft, ISBN 90-407-2249-8

Poele, S. te, Foulants in ultrafiltration of WWTP effluent, 2006, proefschrift TU Delft, ISBN 90-9020239-0

Ravazzini, A.M., Crossflow Ultrafiltration of Raw Municipal Wastewater, 2008, proefschrift TU Delft, ISBN 978-90-8957-004-8

Roorda, J.H., Filtration characteristics in dead-end ultrafiltration of wwtp-effluent, 2004, proefschrift TU Delft, ISBN 90-9017992-5

KORT CURRICULUM VITAE

Jacob (Jaap) Hendrik Joseph Maria van der Graaf

geboren op 7 augustus 1948 in Eindhoven

Nederlandse nationaliteit

getrouwd met Maria Elisabeth Corman; twee kinderen (Roderick 32 jaar, Seline 30 jaar)

middelbare school: Gymnasium B aan het Augustinianum te Eindhoven (1966)

vervolgopleiding: Scheikundige technologie aan de Technische Hogeschool Eindhoven;
doctoraal examen (met lof) in 1971

1972 – heden: werkzaam bij Witteveen+Bos raadgevende ingenieurs te Deventer:

1972 – 1988: medewerker / projectleider / projectdirecteur voor projecten op het gebied van afvalwaterbehandeling en milieu in Nederland en buitenland (Indonesië, Curaçao, Nigeria, Spanje)

1988 – 2003: algemeen directeur

2003 – heden: adviseur

1989 – 2008: (deeltijd)hoogleraar in de Behandeling van Afvalwater aan de Technische Universiteit van Delft.

1988 - heden: voorzitter van de Stichting Pensioenfonds Witteveen+Bos

nevenfuncties:

lid van het hoofdbestuur van de Stichting Postacademisch Onderwijs en voorzitter van de programmaraad van Gezondheidstechniek en Milieutechnologie

lid van de Raad van Commissarissen van woningcorporatie Ieder1 (tot 2009)

voorzitter van de redactie van het tijdschrift Afvalwaterwetenschap

voorzitter van de Adviesraad Monumenten van de gemeente Deventer (tot 2007)

voorzitter van de Raad van Commissarissen van de NV DOS (de Scheg)

voorzitter van de Raad van Commissarissen van de NV Deventer Schouwburg

voorzitter van de Stichting Deventer Stadshaven

hobby's: hockey, wielrennen, architectuur

bijzonderheden:

woont sinds 1972 in Deventer (in de binnenstad)

sinds 2005 ook vaak te vinden in Saissac

lid Rotaryclub Deventer-IJssel

mede-initiator van het Nieuw-Deventerisme

officier in de orde van Oranje Nassau (2003)

VORMGEVING

Witteveen+Bos

FOTOGRAFIE

Jurriaan Nijkerk

Jaap van der Graaf

Witteveen+Bos

HET GEKLAARDE AFVALWATER

Contactadres: postbus 233, 7400 AE Deventer