

# Ontwikkelingen in het (internationale) drinkwateronderzoek

De 'High Quality Drinking Water Conference' op 9 en 10 juli, voor de vierde keer georganiseerd door de sectie Gezondheidstechniek van de Technische Universiteit Delft samen met UNESCO-IHE, trok opnieuw internationaal bekende wetenschappers en promovendi die presentaties gaven over hun onderzoek op het gebied van drinkwaterzuivering. Door hen samen te brengen met studenten en deskundigen uit de Nederlandse watersector ontstonden discussies over lopende en mogelijk toekomstig onderzoek en de toepasbaarheid daarvan. Door het samenvallen van de conferentie met het vertrek van professor Gary Amy bij UNESCO-IHE was ervoor gekozen zijn onderzoeksgebieden leidend te laten zijn: verwijdering van natuurlijk organisch materiaal, 'quantitative structure-activity relationship' (QSAR), oxidatie, membraan- en oeverfiltratie.

Johannes Haarhoff (Universiteit van Johannesburg) liet aan de hand van data van de afvalwaterrecyclingfabriek in Windhoek zien dat DOC, UV, BDOC, LCOCD nuttige informatie opleveren voor procesontwerp en -optimalisatie. De verwijdering van DOC in bepaalde processtappen en de verandering van DOC tijdens oxidatie is duidelijk waar te nemen. Ook IEX-fractionering geeft inzicht in de omzetting van DOC na behandeling met ozon. In de toekomst is het waarschijnlijk mogelijk om DOC-verwijdering en omzetting te modelleren en dit te gebruiken voor procesoptimalisatie.

Anke Grefte (TU Delft) toonde de resultaten van twee jaar onderzoek naar de toepassing van ionenwisseling voor verwijdering van NOM in de zuivering van Waternet. Het onderzoek heeft opgeleverd dat verwijdering van NOM voor de oxidatie een duidelijke kwaliteitsverbetering betekent voor het reine water van Weesperkarspel. De helft DOC-verwijdering voor de ozonisatie geeft in het reine water 48 procent minder DOC; 63 minder minder UV-absorptie bij 254 nm en 61 procent minder AOC.

Segrio Salinas (UNESCO-IHE) ging in op onderzoek in het kader van het Europese project Medina naar zeewaterontzouting. Over NOM in zeewater is veel bekend, maar de kennis is voornamelijk gericht op aquatische ecosystemen. Doel van dit project is om indicatoren voor membraanvervuiling te ontwikkelen en die te gebruiken voor onderzoek naar de efficiëntie van de voorzuivering voor omgekeerde osmose. Eerste opvallende resultaat is dat de verschillende voorzuiveringstechnieken biopolymeren meer of minder goed verwijderen. Deze biopolymeren zijn belangrijk in verschillende vervuilmingsmechanismen. Hallvard Ødergaard (Noorse Universiteit voor Wetenschap en Technologie) putte uit de jarenlange ervaring in Noorwegen met NOM-onderzoek dat resulteerde in de toepassing van verschillende NOM-verwijderingsprocessen. In Noorwegen zijn de NOM-concentraties in het ruwe water hoog tot zeer hoog. Voor de verwijdering van NOM staan zo'n 100 kleine NF-installaties op verschillende locaties in Noorwegen. Verder wordt kleur verwijderd met coagulatie, ionenwisseling en oxidatie/biofiltratie.

René van der Aa (Waternet / TU Delft) ontwikkelde een model voor adsorptie en

biodegradatie van DOC en microverontreinigingen in biologisch actieve kool. Hij komt tot de conclusie dat het BDOC-deel van de NOM (NBDOC) goed gebruikt kan worden om NOM-verwijdering te modelleren. De 'ideal adsorbed solution theory' is veelbelovend voor het beschrijven van de verwijdering van microverontreinigingen. Er is echter nog geen eenvoudige beschrijving van de biologische NOM-verwijdering mogelijk op basis van de zuurstofconsumptie.

Petra Ross en Luuk Rietveld (TU Delft) toonden de resultaten van onderzoek met een online UV/Vis-spectrophotometer. Op basis van het UV/Vis-spectrum kan ozonconcentratie in water worden gemeten en met behulp van UV/Vis-differentiaalmetingen de AOC-concentratie. Deze informatie is goed te gebruiken voor procesbesturing en -optimalisatie.

## QSAR

Gerrit Schüürmann (UFZ Helmholtz-Centre for Environmental Research Leipzig / Technische Universiteit Bergakademie Freiberg) gaf een overzicht van het gebruik van QSAR's in milieuonderzoek, aquatische en humane toxicologie. In de jaren zestig is daarmee begonnen met het doel het aantal dierproeven terug te dringen. Het is duidelijk dat we voor onze drinkwater-QSAR's veel kunnen leren van de aanpak en de resultaten uit deze vakgebieden. Het blijkt dat uit een bestand van 4225 stoffen circa 80 procent van de in het bestand aanwezige mutagene stoffen voorspeld kan worden op basis van de structuur van de stoffen. Deze QSAR wordt gebruikt om prioriteiten vast te stellen voor het testen van het effect van stoffen in dieren. Stoffen met een 'Structural-alert' krijgen voorrang.

David de Ridder en Bas Heijman (TU Delft) maakten op basis van een oude databank met adsorptie-isothermen een QSAR voor het voorspellen van verwijdering van microverontreinigingen met actieve kool. De veelgebruikte hydrofobiciteit ( $\log K_{ow}$ ) blijkt onvoldoende om een realistische uitspraak te doen over de verwijdering met adsorptie. Andere eigenschappen van de moleculen als de mogelijkheid tot H-brugvorming, polariseerbaarheid en aromaticiteit blijken ook een rol te spelen. Om een goed model te maken, moeten stoffen gegroepeerd worden. Per groep wordt dan een lineaire relatie

berekend. Uiteindelijk zijn vier groepen gedefinieerd. Dat levert een acceptabel model op voor het voorspellen van verwijdering van microverontreinigingen met actieve kool.

## Oxidatie

Yunho Lee (EAWAG) verricht onderzoek naar oxidatie en oxidatieproducten. De kinetiek van oxidatie en geavanceerde oxidatie in natuurlijk water wordt beïnvloed door matrixcomponenten (NOM,  $NH_4^+$ ,  $NO_2^-$ , Br). Tevens worden van de microverontreinigingen reactieproducten gevormd en van de matrixcomponenten reactiebijproducten gevormd (THM, AOC, bromaat, NDMA). De reactiekinetiek is sterk afhankelijk van actieve groepen en dubbele bindingen. Ozon oxideert bijvoorbeeld geen allifatische verbindingen en OH-radicalen kunnen ook moleculen zonder dubbele bindingen oxideren. Voor bijvoorbeeld de fenolen is vrij eenvoudig op basis van de literatuur een QSAR op te stellen. Voor andere componenten is een QSAR nog niet goed mogelijk.

Bas Wols (KWR Watercycle Research Institute / TU Delft) onderzoekt met stromingsmodellen de mogelijkheden ozon-contactkelders en UV-reactoren te optimaliseren. De doorstroming van de ozon-contactkelders van Waternet kunnen op twee manieren geoptimaliseerd worden, met behulp van horizontale schotten of met gebogen water geleide schotten. Hierdoor wordt propstroming beter benaderd wat leidt tot een verbeterde desinfectie. Voor UV/ $H_2O_2$  zijn verschillende reactorvormen doorgerekend met als doel een kleinere dosisdistributie te verkrijgen.

Karin Teunissen (DZH / TU Delft) verricht onderzoek naar de combinatie van geavanceerde oxidatie en duinfiltratie. Beide systemen lijken complementair. De eerste resultaten van het onderzoek in een proefinstallatie laten zien dat lage druk-UV geschikt is voor geavanceerde oxidatie. DZH wil met de introductie van geavanceerde oxidatie een extra barrière voor microverontreinigingen realiseren en daarmee mogelijke toekomstige bedreigingen voor zijn.

## Membraanfiltratie

Thomas Melin (RWTH Aachen University) gaf een overzicht van de huidige ontwikkelingen met betrekking tot energie-efficiëntie



*De sprekers van de conferentie High Quality Drinking Water 2009.*

membranen en membraantechnologie. Voorbeelden voor membraanbioreactoren zijn de vlakkeplaatmembranen die teruggespoeld kunnen worden (VITO en INGE), waardoor misschien geen lucht meer nodig is voor het continu schoonhouden van de membranen. Ook het verhogen van de porositeit kan ervoor zorgen dat de techniek energie-efficiënter wordt. Belangrijkste ontwikkeling is de productie van microzeven op basis van chipproductietechnologie. De poriegrootte is nu nog drie micron, maar de verwachting is dat in de toekomst ook membranen geschikt voor desinfectie geproduceerd gaan worden. Op het gebied van omgekeerde osmose zijn er innovaties op het gebied van de carbonnanotubes en Aquaporins (biomembranen met eiwitporiën). Melin sloot af met een pleidooi voor diepzeer-RO. In theorie is het mogelijk om met een hele lage 'recovery' en door alleen het oppompen van permeaat het thermodynamisch energieminimum (0,78 kWh per kubieke meter) voor zeewaterontzouting te naderen. In de Verenigde Staten wordt op dit moment een eerste proeffabriek gebouwd met in een frame hangende vlakkeplaatmembranen.

Sheng Li (TU Delft) vertelde over zijn onderzoek naar een speciale manier om blijvende vervuiling bij ultrafiltratie te voorkomen. Het terugspoelen met demiwater geeft in een laboratoriumexperiment veel minder blijvende vervuiling dan een gebruikelijke terugspoeling met permeaat. Uit het onderzoek blijkt dat zowel eenwaardige ionen (Na) als tweewaardige

ionen (Ca) verantwoordelijk zijn voor de blijvende vervuiling van membranen bij het gebruik van permeaat voor terugspoelen. NOM in het terugspoelwater heeft geen invloed op de blijvende vervuiling.

Victor Yangali (UNESCO-IHE) onderzoekt de retentie van organische microverontreinigingen met nanofiltratiemembranen. Retentie op vervuilde membranen blijkt slechts weinig te verschillen met retenties op schone membranen. Bij niet geladen moleculen is het verschil nihil. Bij negatief geladen moleculen wordt de retentie zelfs iets groter (vier tot zes procent), doordat de lading van het membraan toeneemt ten gevolge van de vervuiling.

### Oeverfiltratie

Thomas Grischek (Universiteit voor Toegepaste Wetenschappen Dresden) gaf een overzicht van de ervaring in Duitsland met oeverfiltratie. Oeverfiltratie wordt in Duitsland al toegepast sinds 1870. De afstand tussen rivier en winputten is over het algemeen meer dan 50 meter en de verblijftijd meer dan 25 dagen. Er zijn een paar horizontale putten; de meeste putten zijn verticaal. Gemiddeld is de ene helft van het gewonnen water grondwater en de andere helft oeverfiltraat. Actieve kool is misschien nodig als extra barrière tegen persistente microverontreinigingen. Onderzoek richt zich op dit moment op het beheren en optimaliseren van bestaande winningen. In een groot aantal gevallen hebben waterleidingbedrijven te maken

met een vermindering van de bevolking in voorzieningsgebieden. Samen met waterbesparing geeft dit een afname in de vraag.

Sung Kyu Maeng (UNESCO-IHE) doet onderzoek naar oeverfiltratie in het laboratorium. Hij gebruikt batch-experimenten, kleine en grote kolommen om de verwijdering van microverontreinigingen bij oeverfiltratie te onderzoeken. Uit zijn experimenten blijkt duidelijk dat de biologische afbraak een overheersend mechanisme is. In kolommen met biologie wordt veel meer verwijderd dan in kolommen zonder biologie. Hij streeft naar een QSAR voor de verwijdering van microverontreinigingen tijdens oeverfiltratie.

Weren de Vet (Oasen / TU Delft) zette de voor- en nadelen van oeverfiltratie op een rij. Bij de onttrekking kunnen verschillende verhoudingen van anaeroob en anoxisch water zorgen voor een wisselende kwaliteit. Misschien is het zinvol om oeverfiltraat en polderwater apart te winnen en te behandelen. Uit het onderzoek naar nitrificatie in droogfilters voor de behandeling van oevergrondwater blijkt dat de biologie een bepalende rol speelt. Een overmaat aan ijzerbacteriën is mogelijk de oorzaak van nitrificatieproblemen die worden waargenomen in de droogfilters.

**Bas Heijman (TU Delft)**  
**Alex van der Helm (Waternet / TU Delft)**