



UvA-DARE (Digital Academic Repository)

Schoonheid in water

de Voogt, P.

Publication date

2009

Document Version

Final published version

License

CC BY-NC-ND

[Link to publication](#)

Citation for published version (APA):

de Voogt, P. (2009). *Schoonheid in water*. (Oratiereeks; No. 329). Vossiuspers UvA.

General rights

It is not permitted to download or to forward/distribute the text or part of it without the consent of the author(s) and/or copyright holder(s), other than for strictly personal, individual use, unless the work is under an open content license (like Creative Commons).

Disclaimer/Complaints regulations

If you believe that digital publication of certain material infringes any of your rights or (privacy) interests, please let the Library know, stating your reasons. In case of a legitimate complaint, the Library will make the material inaccessible and/or remove it from the website. Please Ask the Library: <https://uba.uva.nl/en/contact>, or a letter to: Library of the University of Amsterdam, Secretariat, Singel 425, 1012 WP Amsterdam, The Netherlands. You will be contacted as soon as possible.

Schoonheid in water

Vossiuspers UvA is een imprint van Amsterdam University Press.
Deze uitgave is totstandgekomen onder auspiciën van de Universiteit van Amsterdam.

Dit is oratie 329, verschenen in de oratiereeks van de Universiteit van Amsterdam.

Omslag: Crasborn BNO, Valkenburg a/d Geul
Opmaak: JAPES, Amsterdam
Foto omslag: Carmen Freudenthal, Amsterdam

ISBN 978 90 5629 581 3
e-ISBN 978 90 4851 095 5

© Vossiuspers UvA, Amsterdam, 2009

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, 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 de uitgever.

Voorzover het maken van kopieën uit deze uitgave is toegestaan op grond van artikel 16B Auteurswet 1912 j^o het Besluit van 20 juni 1974, St.b. 351, zoals gewijzigd bij het Besluit van 23 augustus 1985, St.b. 471 en artikel 17 Auteurswet 1912, dient men de daarvoor wettelijk verschuldigde vergoedingen te voldoen aan de Stichting Reprorecht (Postbus 882, 1180 AW Amstelveen). Voor het overnemen van gedeelte(n) uit deze uitgave in bloemlezingen, readers en andere compilatiewerken (artikel 16 Auteurswet 1912) dient men zich tot de uitgever te wenden.

Schoonheid in water

Rede

uitgesproken bij de aanvaarding van het ambt van
bijzonder hoogleraar in de Chemie van Emerging Watercontaminanten
aan de Universiteit van Amsterdam
op donderdag 9 april 2009

door

Pim de Voogt

 VOSSIUSPERS UVA

*Mevrouw de Rector Magnificus,
Meneer de Decaan,
Geachte leden van het curatorium,
Geachte leden van de stichting bèta-plus,
Waarde collega's, familie, vrienden en andere belangstellenden,*

Water is fascinerend. Wat een schoonheid kan er in water aanwezig zijn! Maar is ons water ook schoon? Hoevelen van u zwemmen er nog wel eens in een Nederlandse rivier of een Nederlands meer? Vraagt u zich wel eens af waarom u dat eigenlijk niet doet? Waarom laten we ons niet meer verleiden tot een bezigheid die we maar al te graag op vakantie in het buitenland wel doen? Is er in de jaren zeventig en tachtig van de vorige eeuw een intrinsieke afkeer van het water ontstaan die te maken heeft met de kwaliteit ervan, met de notie dat ons zoetwater van alles bevat dat onze gezondheid zou kunnen beïnvloeden?

In de komende drie kwartier zal ik een betoog houden naar aanleiding van mijn benoeming tot hoogleraar in de chemie van emerging watercontaminanten. In deze rede zal ik een beeld schetsen van de nieuwe en opkomende stoffen die we in water aantreffen en die de kwaliteit van dat water kunnen aantasten. Ik zal dat doen aan de hand van enkele voorbeelden uit mijn loopbaan die zowel de aard van de stoffen, als de technieken die we nodig hebben om deze stoffen te kunnen detecteren, illustreren.

De leeropdracht komt voort uit een initiatief van het Watercycle Research Instituut KWR in Nieuwegein en zal worden uitgevoerd bij de vakgroep Earth Surface Sciences van het IBED, het Instituut voor Biodiversiteit en Ecosysteemdynamica van deze universiteit. Door het instellen van de leeropdracht willen we de samenwerking tussen de universiteit en het KWR instituut – en daarmee de waterwereld – versterken. Het doel van de leeropdracht is onderzoek te doen op het gebied van de waterkwaliteit en de rol die contaminanten daarin spelen, en de kennis die daarbij wordt opgedaan in te zetten voor het onderwijs aan studenten

en toe te passen in fundamentele vraagstukken die zich in de watercyclus voordoen.

Wat zijn emergent contaminanten?

De term *emergent* is lastig te vertalen. Daarom hebben we dat maar niet geprobeerd bij het vaststellen van de korte omschrijving van de leeropdracht. Maar een poging ben ik u wel schuldig. U kent natuurlijk allen de verwante term uit de spreuk *luctor et emergo* in het wapen van de provincie Zeeland. Bovenkomend, naar boven komen drijven en er bovenop komend zijn mogelijke vertalingen die bepaald van toepassing zijn op water, zoals de Zeeuwen maar al te goed weten. Maar ja, de meeste contaminanten drijven niet zozeer, zij zijn *in* het water aanwezig, in oplossing, of misschien vastgehecht aan in het water voorkomende deeltjes. Het in onze *v*aktaal gebruikte *emergent* heeft vooral betrekking op de nieuwe stoffen die figuurlijk komen bovendrijven, waarbij nieuw kan staan voor zowel stoffen die we nog niet zolang gebruiken, als stoffen die weliswaar al tientallen jaren in gebruik zijn, maar waarvan de aanwezigheid in ons milieu pas heel kort geleden is ontdekt.

Ons vakgebied onderscheidt deze stoffen van de meer klassieke stoffen, waar we inmiddels soms al bijna vijftig jaar aan werken, zoals de zware metalen lood en kwik, of organische stoffen als het bestrijdingsmiddel DDT of de dioxines die bij onvolledige verbranding van huisvuil kunnen ontstaan. Het is echter niet alleen de tijd die bij de classificering van stoffen in de milieuchemie meespeelt, belangrijker is misschien nog dat nieuwe contaminanten andere eigenschappen hebben dan de meer klassieke. Hun belangrijkste eigenschap is wel dat zij meestal beter in water oplossen dan hun voorgangers, en wel omdat ze polair of zelfs geladen zijn, daarom minder de neiging hebben om wanneer zij in water terechtkomen daar zo snel mogelijk ook weer uit te geraken (bijvoorbeeld door aan slib te hechten of in organismen opgenomen te worden), en door in het water te blijven zitten ook mobieler zijn, makkelijker meegevoerd kunnen worden, en – last but not least – moeilijker uit het water te verwijderen zijn. De term *emergent* omvat dus ook deze *nieuwe* eigenschappen.

Zijn we dan klaar met die oude stoffen? Dat zou ik zeker niet willen zeggen. Het Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM) rapporteerde in 2008:

SCHOONHEID IN WATER

‘Hoewel de waterkwaliteit de afgelopen decennia sterk is verbeterd, worden de waterkwaliteitsdoelen voor een groot aantal metalen, PAK’s en bestrijdingsmiddelen in de Nederlandse wateren nog niet gehaald. Op een aantal locaties (182) is de totale toxiciteit zodanig dat plant- en diersoorten mogelijk verloren kunnen gaan’ (de Nijs et al. 2008). Op dat gebied valt dus zeker nog een hoop te doen. Maar in de afgelopen vijftien jaar zijn belangrijke ontdekkingen over de *emerging* contaminanten gedaan, waardoor een aantal beginselen van de milieuchemie zullen moeten worden aangepast. Van dat onderzoek wil ik nu een aantal voorbeelden presenteren.

Hormoonverstorende stoffen

In 1999 adviseerde de Gezondheidsraad dat er hoognodig een wetenschappelijke studie uitgevoerd moest worden naar de aanwezigheid en mogelijke effecten van hormoonverstorende stoffen in de Nederlandse oppervlaktewateren. De voortvarendheid die de Nederlandse overheid aan de dag heeft gelegd om dat advies op te volgen, kan niet genoeg geroemd worden. Het ‘Landelijk Onderzoek Oestrogene Stoffen’, ook bekend als het ‘LOES-onderzoek’, dat in de periode 1999-2003 is uitgevoerd, werd een studie van voor Nederlandse begrippen ongekeende omvang. Mede ongekend omdat vele universitaire groepen, onderzoeksinstituten en overheidslaboratoria hierin gezamenlijk opereerden en een logistieke operatie opzetten met een omvang die niet eerder in Nederland is voorgekomen. Het IBED speelde een belangrijke rol in dit project.

Een van de meer bijzondere kenmerken van het project was dat geprobeerd werd om tegelijkertijd biologische én chemische informatie uit de monsters te halen. Terwijl wij en andere groepen ‘analyseerders’ met onze chemische technieken het water van de rivier de Dommel onderzochten op de aanwezigheid van stoffen als weekmakers, schoonmaakmiddelen, grondstoffen voor plastics en vrouwelijke hormonen, werd datzelfde Dommelwater verdund en onverdund door bakken met vissen geleid om te zien wat er fysiologisch en biochemisch met de vissen gebeurde. Op die manier werd getracht een mogelijk effect bij de vissen te verbinden met de chemische analyseresultaten. De conclusie van het onderzoek was dat vooral in regionale wateren in Nederland, waar relatief veel effluent van zuiveringsinstallaties op afgewaterd wordt, soms hoge concentraties aan hormoon-

PIM DE VOOGT

verstoorders zijn aangetroffen, én dat daar ook biologische effecten werden waargenomen (Vethaak et al. 2006). Effecten zoals interseksualiteit bij vissen (de aanwezigheid van vrouwelijke cellen in mannelijke vissen), of een verschuiving in de verhouding tussen vrouwtjes en mannetjes. De vraag naar de betekenis van die effecten is daarna vaak gesteld: is het erg dat er interseksualiteit voorkomt of dat die vrouwtjes/mannetjes-ratio verschuift? In de LOES-studie en vervolgstudies is tot dusver bij de vissoorten die in Nederland werden onderzocht (brasem en bot) geen duidelijke achteruitgang in de populaties daarvan geconstateerd.

Inmiddels heeft onderzoek van Karen Kidd in Canada aangetoond dat in het wild levende populaties inderdaad aangetast kunnen worden door hormoonverstorende stoffen (Kidd et al. 2007). Zij en haar team van de Universiteit van New Brunswick kregen zeven jaar lang de beschikking over twee geïsoleerd liggende meertjes, waarvan zij er één gedurende drie jaar mochten belasten met ethinyl-oestradiol, de werkzame stof in de anticonceptiepil, op het niveau dat ook in oppervlaktewater wordt gevonden. De onderzoekers namen dezelfde soort effecten waar als in het LOES-onderzoek, en na drie jaar was de populatie van een van de vissoorten nagenoeg uitgestorven, terwijl in het controlemeer, dat niet aan de stof was blootgesteld, geen grote populatieveranderingen optraden. Nadat de belasting van het meer met de stof was stopgezet, duurde het nog jaren voordat de populatie van de betreffende vissoort zich had hersteld.

Het LOES-onderzoek was niet alleen uniek vanwege zijn omvang en ambities, het heeft ook tot veel spin-off geleid, waaronder vele nieuwe wetenschappelijke onderzoeksvragen. Zo heeft het promotieonderzoek van Niels Jonkers bij onze vakgroep veel kennis opgeleverd over de herkomst en het gedrag van nonylfenolen in water. Dit is een van de stofgroepen die, naast ethinyl-oestradiol, als de waarschijnlijke veroorzakers wordt gezien van de in het LOES-onderzoek waargenomen effecten. Om te bestuderen wat er gebeurt met nonylfenol ethoxylaten – stoffen die een bestanddeel vormen van industriële schoonmaakmiddelen (Knepper et al. 2003) – gebruikte Jonkers een eenvoudige laboratoriumopstelling waarin relatief schoon rivierwater rondgepompt werd over een bed van glasparels. Na enige tijd ontwikkelde zich hierop een biofilm van organismen, zoals bacteriën, afkomstig uit dat rivierwater. Vervolgens voegde hij een bekende hoeveelheid van de stoffen toe en volgde hij het verloop van hun concentratie door de tijd heen (Jonkers, 2004).

SCHOONHEID IN WATER

Zo kwamen we te weten naar welke afbraakproducten we zouden moeten zoeken in oppervlaktewater en hoe we onze meetapparatuur specifiek moesten instellen voor het opsporen ervan. Het onderzoek toonde verder aan dat in de estuaria van onze rivieren deze stoffen versneld worden omgezet in relatief stabiele eindproducten. Enkele daarvan hebben een zwak hormoonverstorende werking, zoals nonylfenolmonoethoxylaate. We konden aantonen dat aan het zeeoppervlak in de scheepvaartroutes op de Noordzee relatief hoge concentraties van deze stoffen in het water voorkomen, mogelijk als een gevolg van het reinigen van scheepsruimen (Jonkers et al. 2005).

Vroegtijdige blootstelling aan chemicaliën

Wetenschappers hebben recentelijk hun bezorgdheid geuit over het feit dat kinderen tegenwoordig al op vroege leeftijd blootgesteld worden aan hormoonverstorende stoffen, en over de rol die deze stoffen spelen bij verschijnselen die in de puberteit optreden bij meisjes en jongens of bij obesitas en diabetes (Hotchkiss et al. 2008). Twee jaar geleden publiceerden Grandjean en Landrigan (2006) een artikel in *The Lancet* waarin zij concludeerden dat een aantal industriële chemicaliën verantwoordelijk kan zijn voor wat zij een ‘stille pandemie’ noemen. Blootstelling tijdens en vlak na de zwangerschap in kwetsbare periodes van de ontwikkeling van de hersenen van kinderen kan tot schade op latere leeftijd leiden. Vormen van autisme, ADHD en retardatie werden daarmee geassocieerd.

Het onderzoek van promovenda Marike Leijds, dat in het kader van een al vele jaren succesvol verlopende samenwerking tussen de afdelingen neonatologie van het AMC en het Westfriesgasthuis in Hoorn enerzijds, en onze vakgroep anderzijds, is uitgevoerd, heeft bijvoorbeeld aangetoond dat de ontwikkeling van sommige geslachtskenmerken tijdens de puberteit significant later plaatsvindt wanneer het kind tijdens en direct na de zwangerschap is blootgesteld aan stoffen zoals dioxines en PCB's (Leijds et al. 2008).

Middelen voor gezondheid, persoonlijke zorg of genot

De stoffen die wijzelf voor persoonlijke verzorging, schoonheid, gezondheid en genot aanschaffen, worden steeds belangrijker voor de drinkwaterkwaliteit. Het gebruik van geneesmiddelen, shampoos, cosmetica, schoonmaakmiddelen, maar ook van illegale drugs neemt toe, en de meeste van deze stoffen komen na gebruik – door wassen of via het toilet – in het afvalwater terecht. Omdat veel van deze stoffen goed in water oplosbaar zijn, is de verwijdering ervan in afvalwaterzuiveringsinstallaties vaak niet volledig en komt een deel via het effluent in ons oppervlaktewater terecht, dat soms weer wordt gebruikt als bron voor drinkwater. Ook de zuiveringsprocessen die bij de bereiding van drinkwater worden gebruikt, zijn niet speciaal ingesteld op bijvoorbeeld geneesmiddelen en hebben dus soms moeite om dergelijke stoffen uit het water te verwijderen. Het is duidelijk dat de mate van verwijdering afhangt van de aard en structuur van de stof (Watts et al., 2007). Vaak zijn combinaties van verwijderingstechnieken nodig om een echt effectieve verwijdering te bewerkstelligen. Een deel van het onderzoek dat de UvA samen met KWR en ook met de TU-Delft momenteel uitvoert of entameert, is gericht op het begrijpen van het verband tussen moleculestructuur en de mate van verwijdering van de stof in waterbehandelingsprocessen. Het onderzoek van KWR-collega Arne Verliefe (Verliefe et al. 2007), die vorig jaar promoveerde aan de TU-Delft, laat zien dat dit een aanpak met grote potentie is.

Het RIVM gebruikt cijfers over geneesmiddelengebruik om te voorspellen hoeveel van welke middelen in oppervlaktewater terecht kan komen. Wij gebruiken tussen de 50 en 150 g werkzame stof per persoon per jaar (Watts et al. 2007). Het RIVM heeft vastgesteld dat voor 33 geselecteerde geneesmiddelen die relevant zijn voor het watermilieu het totale gebruik in Nederland in 2007 circa 500 ton bedroeg. Dit is circa 22% van het totale geneesmiddelengebruik. Het RIVM verwacht dat dit zal toenemen tot circa 600 ton in 2020, wat neerkomt op een groei van 1,4% per jaar (Van der Aa et al. 2008). Drinkwaterbedrijven en waterbeheerders kunnen met deze informatie en met behulp van prioriteringen, die internationaal worden afgesproken, anticiperen op stoffen die in de toekomst extra aandacht zullen moeten krijgen, bv. door hun meetprogramma's hiervoor in te richten of aan te passen. KWR heeft het afgelopen jaar samen met de Global Water Research Coalition voorgesteld om in het beleid en onderzoek voorrang te geven aan een aantal geneesmiddelen (De Voogt et al. 2009).

SCHOONHEID IN WATER

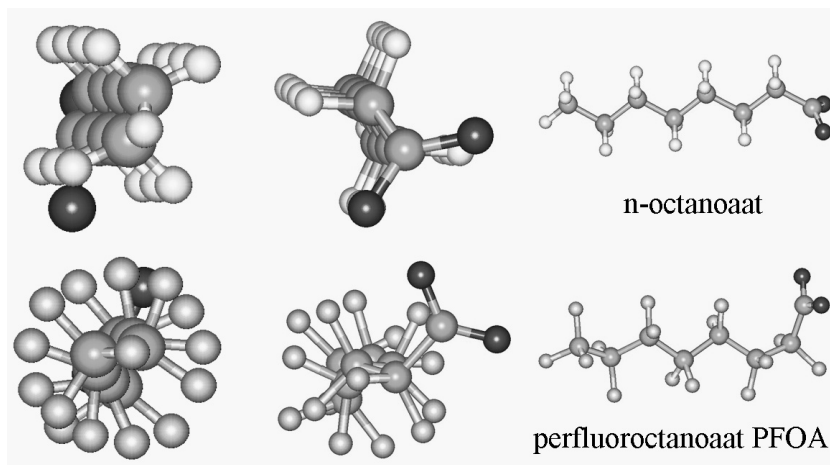
Je kunt overigens ook het omgekeerde doen: uit de in het water geconstateerde concentraties proberen af te leiden hoeveel van welke middelen gebruikt is en daarmee schatten hoeveel gebruikers er zijn, bijvoorbeeld in de wijk of stad die op een bepaalde waterzuiveringsinstallatie is aangesloten. Het zal u niet verbazen dat justitie en politie een meer dan gemiddelde belangstelling hebben voor de resultaten van dergelijke analyses van illegale drugs. In België is bijvoorbeeld in het effluent van stedelijke afvalwaterzuiveringsinstallaties geconstateerd dat in een weekend of na een popfestival een duidelijke verhoging van de concentratie van stimulerende middelen is waar te nemen. (Van Nuijs et al. 2008). Het lijkt een bijzonder aantrekkelijke aanpak, maar een die wel een grondige studie vereist van het metabolisme van drugs in ons lichaam, van hun gedrag in afvalwater en van socio-economische factoren van drugsgebruik.

Het RIVM en het KWR hebben geconstateerd dat sommige geneesmiddelen incidenteel in zeer lage concentraties (tot enkele tientallen nanogrammen, dus in miljoenen van milligrammen) in *drinkwater* aanwezig zijn. De concentraties liggen een factor 200 tot 1000 lager dan de afgeleide (voorlopige) drinkwaterlimieten, voor zover die er zijn. Het risico voor de consument wordt op basis van dit onderzoek en de beschikbare toxicologische informatie verwaarloosbaar geacht (Versteegh et al. 2007). Ook bij een Engels onderzoek is men tot deze conclusie gekomen (Watts et al. 2007). Wel komen de geneesmiddelen in 2006 vaker voor in drinkwater dan enkele jaren daarvoor (Versteegh et al. 2007).

Is de aanwezigheid van geneesmiddelen in *oppervlaktewater* eigenlijk een probleem? Dat lijkt een gewettigde vraag, als je bedenkt dat de doses die mensen van een geneesmiddel innemen doorgaans in de orde van tientallen tot enkele honderden milligrammen liggen, terwijl in oppervlaktewater concentraties van niet meer dan enkele microgrammen per liter, dus één duizendste van een milligram gevonden worden en de niveaus in drinkwater nog lager zijn. Er blijken wel degelijk medicijnen bij te zijn die, op basis van risicobeoordelingen, een risico vormen voor het watermilieu, zo concludeerden onderzoekers van de Wageningse Universiteit onlangs (Rademaker en De Lange, 2009). In concentraties kleiner dan één microgram per liter tasten deze middelen de lever, nieren en kieuwen van vissen aan. Ook verstoren ze in deze lage concentraties de groei, de voortplanting en het gedrag van dierlijk plankton.

Organische perfluorverbindingen

Het laatste voorbeeld van een groep stoffen waarvoor de belangstelling in korte tijd enorm is toegenomen, is de groep van geperfluorideerde organische verbindingen, de 'perfluoro's'. Perfluoro's zijn stoffen met heel bijzondere eigenschappen. Het zijn koolwaterstoffen waarin alle waterstofatomen vervangen zijn door fluoratomen. In figuur 1 is te zien dat de ruimtelijke structuur van zo'n molecuule drastisch verandert als je de waterstofatomen door fluoratomen vervangt; boven is de koolwaterstof te zien (met de acht koolstofatomen in donkergrijs en de waterstofatomen in lichtgrijs), onder hetzelfde koolstofskelet maar dan geperfluorideerd. U kunt zich waarschijnlijk wel voorstellen dat zo'n ruimtelijke verandering ook veranderingen in eigenschappen met zich meebrengt. De perfluoro's lossen goed op in water, maar zijn – indien ze op een bepaalde manier zijn gepolymeriseerd – zowel waterafstotend als vetafstotend. We gebruiken ze onder andere in pizzadozen, om regenkleding waterafstotend te maken en om bekleding van bankstellen vet- en vlek vrij te houden.



Figuur 1. Ruimtelijke structuur van octaanzuur (boven) en perfluorooctanoaat (onder)

Eind vorige eeuw werden deze perfluoro's door onderzoekers aangetroffen in diersoorten uit verafgelegen gebieden, zoals ijsberen. Daarna werd ontdekt dat ieder mens perfluoro's in zijn bloed heeft. In een groot Europees onderzoek dat door

SCHOONHEID IN WATER

onze vakgroep is gecoördineerd, is vervolgens vastgesteld wat er aan concentraties in lucht, sediment en water in heel Europa te vinden is. Met een uitgebreid monsternameprogramma werden de bijdragen van verschillende Europese rivieren aan de totale flux van diverse perfluorverbindingen naar zee vastgesteld. De grootste bijdragen zijn afkomstig van de Po, de Rijn, de Donau en de Elbe (McLachlan et al. 2007). De resultaten van deze projecten laten zien dat via rivieren een aanzienlijke hoeveelheid perfluoro's in oceanen terecht komt en daar waarschijnlijk met zeestromen wordt meegevoerd naar bijvoorbeeld het Noordpoolgebied.

Vrijwel tegelijkertijd ontdekten Canadese onderzoekers dat de zogenaamde 'precursors' gemakkelijk in de atmosfeer terechtkomen. Dit zijn chemische bouwstoffen die uit perfluorketens bestaan en door de industrie gebruikt worden voor de vervaardiging van bijvoorbeeld kunststoffen. Eenmaal in de atmosfeer kunnen ze grote afstanden overbruggen. Tijdens dat transport of nadat ze uitregenen, kunnen ze omgezet worden in de perfluoro's.

In het Ruhrgebied in Duitsland is in 2006 drinkwater sterk verontreinigd geraakt met perfluorooctaanzuur doordat slib uit afvalwaterzuiveringsinstallaties als grondverbeteraar op landbouwgrond was gebruikt. De daarin aanwezige perfluoro's spoelden tijdens hevige regenbuien uit naar het oppervlaktewater, dat voor drinkwaterbereiding werd gebruikt (Skutlarek et al. 2006).

We weten inmiddels dat perfluoro's een effect hebben op de lever en ingrijpen in het vetzuurmetabolisme van zowel mens als dier. Een interessante recente ontdekking door Belgische en Nederlandse onderzoekers (Belpaire et al. 2008) is de significante afname (tot 40%) van het vetgehalte van paling in de laatste 15 jaar. De onderzoekers opperen dat de afname mogelijk een verklaring is voor de achteruitgang van de palingstand. Kan het zo zijn dat de perfluoro's, die immers het vetzuurmetabolisme beïnvloeden, een rol spelen in de daling van het vetgehalte van palingen?

Op grond van de huidige kennis omtrent perfluoro's zijn in 2008 door de Europese voedselautoriteit EFSA aanvaardbare dagelijkse innameniveaus geadviseerd. In een nieuw groot Europees project dat wij coördineren, zullen we onderzoeken wat de herkomst van deze stoffen in ons voedsel is, hoe ze erin terechtkomen, en hoe we dat kunnen voorkomen.

Gebrek aan normstelling

Uit het voorgaande blijkt dat we ons ervan bewust zijn dat er vele nieuwe stoffen aanwezig zijn in ons milieu, inclusief het water. Des te zorgwekkender is het te moeten constateren dat voor verreweg de meeste van de nieuwe stoffen geen normstelling bestaat en dat ze niet regelmatig worden gemonitord. De overheid ziet zich genoodzaakt – mede door een gebrek aan deskundig personeel, ik kom daar later nog op terug – de inspanningen op dit gebied te concentreren op de slechts 33 stoffen die zij op grond van de Europese Kaderrichtlijn Water verplicht is te monitoren, en hoopt verder dat de nieuwe Europese regelgeving voor stoffen, REACH, voldoende bescherming zal bieden. Ook op deze regelgeving zal ik straks terugkomen.

Bij het KWR instituut in Nieuwegein zijn we vooral geïnteresseerd in de betekenis van de stoffen in water en drinkwater voor de gezondheid van de mens. Collega Merijn Schriks heeft een stoffenlijst opgesteld met meer dan honderd nieuwe stoffen op basis van het feit (1) dat ze wel eens zijn aangetroffen in water, (2) dat drinkwaterbedrijven naar hun toxiciteit hebben geïnformeerd en (3) dat ze waarschijnlijk moeilijk uit water te verwijderen zijn. Slechts voor 54 ervan kon hij voldoende gegevens over toxiciteit en voorkomen vinden, en voor maar tien daarvan bleken er in de wereld normen te bestaan. Voor de andere 44 heeft hij vervolgens voorlopige normen afgeleid en die vergeleken met gegevens over het voorkomen in water. Schriks' conclusie is dat de grote meerderheid van de 54 stoffen geen gevaar oplevert voor de menselijke gezondheid. Tot de paar stoffen waar mogelijk wel iets mee aan de hand is, behoren overigens de perfluorverbindingen.

Het is belangrijk ons te realiseren dat drinkwaternormen gebaseerd zijn op de toxicologische informatie over steeds één enkele stof. De vraag over hoe we moeten omgaan met het feit dat we aan vele stoffen tegelijkertijd – alhoewel in lage concentraties – worden blootgesteld, is nog verre van beantwoord, en de beantwoording vergt nog heel veel onderzoeksinspanning.

SCHOONHEID IN WATER

Nieuwe analysetechnieken

In mijn inleiding zei ik dat een van de betekenissen die het woord *emerging* omvat het feit is dat sommige stoffen pas onlangs zijn ontdekt, terwijl ze soms al tientallen jaren worden gebruikt. Dat heeft te maken met de ontwikkeling van analysetechnieken. Misschien wel de allerbelangrijkste ontwikkeling op dit gebied is de koppeling geweest van twee technieken, namelijk vloeistofchromatografie en massaspectrometrie, die bekendstaat onder de afkorting LC-MS. Pas aan het eind van de jaren tachtig van de vorige eeuw kwam commercieel verkrijgbare LC-MS-apparatuur beschikbaar.

Niet iedereen in de zaal zal op de hoogte zijn van wat chromatografie en massaspectrometrie zijn. De promovendi van onze vakgroep leggen in hun lekenpraatje de chromatografie vaak uit met het 'winkelman': stel, u komt met een bus toeristen bij het begin van de Kalverstraat, u laat hen uitstappen en zegt dat u hen aan het eind van de straat weer zal opwachten. U gaat aan het eind staan, en na enige tijd ziet u de eerste toerist eraan komen. Langzaam maar zeker komen er meer aan. Maar het duurt wellicht een poos voordat de laatste toerist arriveert. Ze zijn allemaal in verschillende mate aangetrokken geweest door de winkels in de straat. De chromatografie werkt op deze manier. De toeristen zijn de moleculen, en deze hebben elk een verschillende affiniteit met het materiaal in de chromatografische kolom (de winkels) waar ik ze doorheen heb geleid. Zo scheid ik de toeristen of de moleculen op grond van hun affiniteit met de straat of de kolom. En ik neem hen een voor een, soms ook in groepjes, waar aan het eind.

Nu ben ik als analyticus niet snel tevreden dus ik wil hen, als ze in groepjes samen de straat uitkomen, nog verder scheiden. Dan komt mijn massaspectrometer van pas. Welke vergelijking zou daarvoor kunnen opgaan? Ik heb de volgende analogie bedacht: In plaats van dat ik aan het eind van de straat ga staan kijken, heb ik daar een horizontale draaimolen neergezet, zo een die u wel kent van speelplaatsen voor kleine kinderen. Zodra een toerist het einde van de straat bereikt, kan hij alleen maar op de draaimolen stappen. Die draait zó snel dat de toerist er al gauw weer van afgeslingerd wordt. Inderdaad, we gaan in Amsterdam niet erg zachtzinnig met onze toeristen om. Hoe lichter de persoon is, hoe verder hij weggeslingerd wordt. Dus van een groepje toeristen waarvan ieder individu een ander gewicht heeft, komt elk individu door de draaimolen uiteindelijk op een andere plek terecht. Dat is precies wat massaspectrometers kunnen doen. De moleculen

PIM DE VOOGT

die uit de kolom (de winkelstraat) komen, worden weggeslingerd, en door waar te nemen waar ze terechtkomen of hoe snel ze daarover doen, kan ik afleiden hoe zwaar ze zijn.

We gaan nog steeds verder in de ontwikkeling van massaspectrometers, maar de analogie die ik dan moet bedenken wordt wel erg luguber, als ik u vertel dat ik de wegvliegende toeristen onderweg met zwaar geschut beschiet en de daardoor afgerukte ledematen en hoofden gebruik om te herkennen wie wie was.

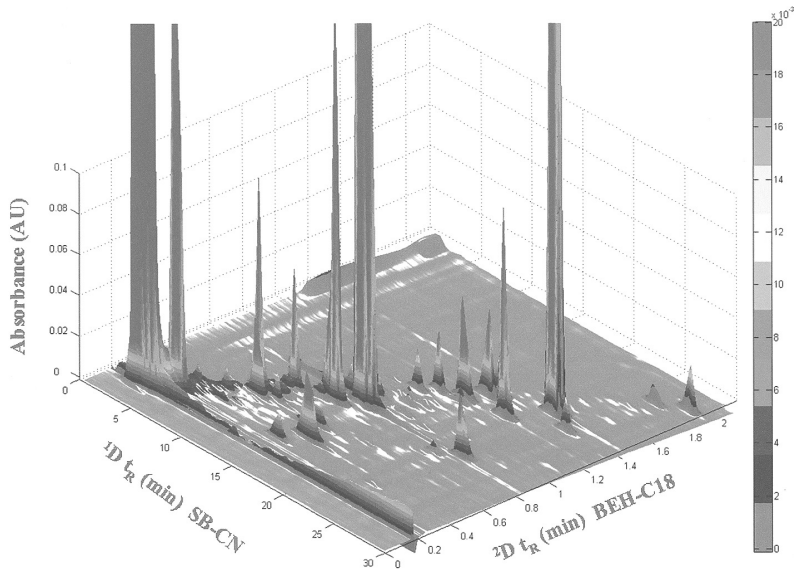
Er zijn diverse ontwikkelingen in de instrumentatie aan de gang die van groot belang zijn voor de nabije toekomst. Allereerst is op het gebied van de chromatografie de ontwikkeling gaande dat we niet genoeg nemen met één winkelstraat, maar dat we de toeristen, of een voor ons heel interessant deel daarvan, na de eerste ook nog een tweede straat insturen, waarin totaal andere winkels gevestigd zijn. We noemen dat twee- of multidimensionale chromatografie. In de gaschromatografie is daar al enkele tientallen jaren ervaring mee opgedaan.

In de vloeistofchromatografie is dit een meer recente ontwikkeling, die nú vruchten begint af te werpen en grote kansen biedt, mede door de ontwikkeling van allerlei nieuwe kolommaterialen. De afdeling analytische chemie van het Van 't Hoff-instituut voor moleculaire wetenschappen van deze universiteit, geleid door Peter Schoenmakers, is één van de toonaangevende onderzoeksgroepen op dit gebied in Nederland. In figuur 2 is het resultaat te zien van een tweedimensionale scheiding van omzettingproducten van een geneesmiddel, in dit geval een antidepressivum. In het voorbeeld is een tablet geanalyseerd dat het geneesmiddel bevat. In totaal 147 verbindingen die in de tablet aanwezig bleken te zijn, konden met deze techniek gescheiden worden. Het merendeel daarvan is afkomstig van het geneesmiddel zelf. Hadden de onderzoekers slechts 1 van beide kolommen gebruikt dan hadden ze maar 20 met de ene, of 21 verbindingen met de andere kolom kunnen scheiden (Huidobro et al. 2007). De goede contacten die we met Peter Schoenmakers en zijn collega's hebben bieden een prachtig perspectief om de multidimensionale LC-technieken die zij in huis hebben verder te ontwikkelen voor specifieke vraagstukken uit de watercyclus. Het voorbeeld maakt duidelijk dat we nog heel wat onbekende verbindingen kunnen verwachten.

De opsporing van nieuwe bedreigingen voor de drinkwaterbereiding is van oudsher een essentiële taak van de waterbedrijven geweest. De voortschrijdende ontwikkeling van analyse- en monitoringstechnieken biedt een enorme potentie voor de opsporingstaak. Zo zijn er nieuwe screeningsmethoden waarbij hoge-reso-

SCHOONHEID IN WATER

lutie massaspectrometrie wordt gebruikt, en de gelijktijdige koppeling van chromatografie met massaspectrometrische en andere spectroscopische technieken, zoals NMR.



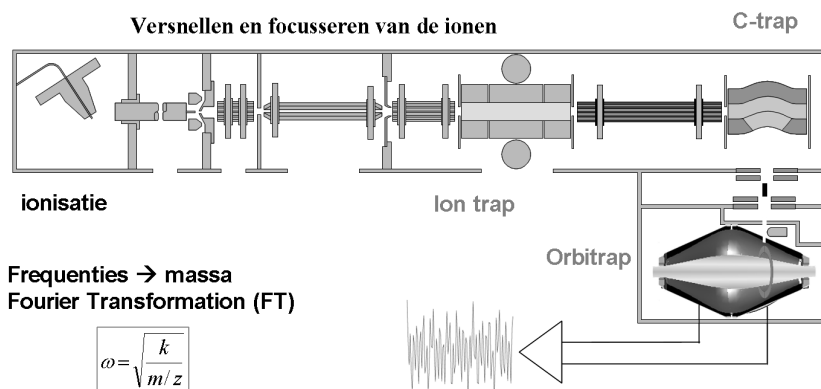
Figuur 2. Scheiding van componenten in een diazepinetablet door middel van tweedimensionale vloeistofchromatografie. Naar: Huidobro et al. 2009

Massaspectrometrische technieken behoren tot de meest krachtige analytische technieken, met een onvoorstelbare diversiteit aan toepassingen, en met instrumenten variërend in grootte van een tosti-ijzer tot en met een flinke bestelauto. Technologische innovaties met vooral LC-MS zijn de laatste vijf jaar revolutionair te noemen en hebben onderzoekers toegang verschaft tot onvoorstelbare hoeveelheden informatie. De omvang van de markt werd in 2006 op meer dan 2 miljard dollar geschat in Europa en Noord-Amerika tezamen.

Het theoretisch aantal te onderscheiden chemische moleculestructuren met een massa tot ongeveer ~ 1000 Da wordt geschat op meer dan 10^{60} (Hertkorn et al. 2007). Dat lijkt zo op het eerste gezicht een onbegonnen zaak, maar daar biedt de hoge-resolutie massaspectrometrie een antwoord op. Met hoge-resolutie massa-

PIM DE VOOGT

spectrometrie kunnen we de massa's van moleculen tot op vele decimalen achter de komma vaststellen. Hoe meer decimalen, hoe minder moleculen van die triljarden het kunnen zijn. In de praktijk blijkt dat bij een massaresolutie van $1/100000^{\circ}$ het aantal kandidaatstoffen dat die massa kan hebben nog maar een of twee is. Bij het ophelderen van de identiteit van onbekende stoffen hebben we dus heel veel aan hoge-resolutie massaspectrometrie.



Figuur 3. Schematische weergave van de Orbitrap massaspectrometer

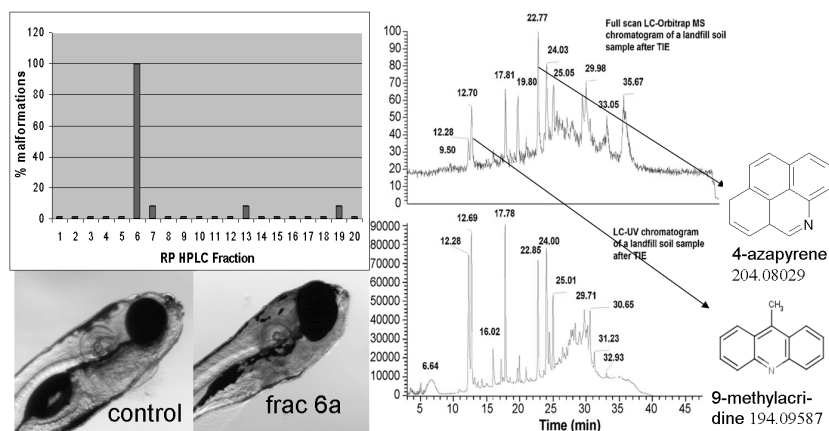
Een van de nieuwste ontwikkelingen op dit gebied is de Orbitrap massaspectrometer. Die is zo genoemd omdat we de afzonderlijke moleculen die in een monster zitten zodanig manipuleren dat zij een bepaalde baan rondom een elektrode gaan beschrijven. Figuur 3 toont een schematisch beeld van een dergelijk instrument. Bij de ionisatiekamer komen de moleculen vanuit de chromatograaf de massaspectrometer in en worden ze als ionen doorgestuurd naar ionentrap, totdat er voldoende ionen zijn verzameld. Dan worden ze naar de tweede (C-)trap gestuurd, waar ze worden gebundeld voordat ze naar de Orbitrap worden gestuurd, waar ze een baan rondom een centrale as gaan beschrijven. De baan die ze beschrijven is afhankelijk van hun massa en kunnen we elektronisch registreren. Bij het KWR instituut beschikken we sinds 2006 over dit instrument dat met veel succes wordt ingezet bij zowel het opsporen van reeds bekende verbindingen als het vaststellen van de identiteit van nieuwe. De benadering die we in het onderzoek naar nieuwe watercontaminanten bij KWR hanteren, bestaat uit een soort drietrapsraket: Orbitrap LC-MS-analyse voor opheldering van identiteit en vaststelling van concen-

SCHOONHEID IN WATER

traties, gevolgd door evaluatie of voorspelling van de toxiciteit van de aangetroffen stoffen, en ten slotte een evaluatie van de effectiviteit van waterbehandelingsstapen om de stoffen uit het water te verwijderen.

Effectgestuurde analyse

Een prachtig voorbeeld van de mogelijkheden van de Orbitrap LC-MS is het onderzoek dat we samen met Juliette Legler en haar collega's van het Instituut voor Milieuvraagstukken van de Vrije Universiteit hebben uitgevoerd. Legler onderzocht de toxiciteit van extracten van grond die van onder een stortplaats was gehaald. De extracten werden getest op visembryo's en bleken daar effecten te veroorzaken. Chemische analyse had in eerste instantie aangetoond dat vele tientallen stoffen in de extracten zaten. Daarop besloten de onderzoekers elk extract in fracties op te delen. Die fracties werden met een chromatografische kolom gemaakt, door de vloeistof uit de kolom op tijdbasis op te vangen in verschillende kolfjes. De inhoud van elk kolfje werd opnieuw getest met de embryotest.



Figuur 4. Effectgestuurde analyse: combinatie van fractionering en effectmeting van een extract van grond afkomstig van een stortplaats met behulp van een visembryotoets en LC-Orbitrap-MS-analyse. Naar: Hogenboom et al., 2009

PIM DE VOOGT

In figuur 4 is links in het staafdiagram de uitslag van elke fractie uitgezet. Tevens is de invloed te zien van een controle-extract op het embryo en het effect van fractie nummer zes op de zwemblaas en de vorm van de wervelkolom. Nu was de vraag welke stoffen in de fractie verantwoordelijk zijn voor het geconstateerde effect. Met die vraag kwam Legler naar ons toe, en wij gebruikten de Orbitrap LC-MS om te proberen te achterhalen welke stoffen in de fractie aanwezig waren. Het bleken er een paar te zijn, waarvoor wij een moleculestructuur konden voorstellen (Hogenboom et al. 2009). Rechts in figuur 4 staan chromatogrammen, verkregen met respectievelijk de Orbitrap MS (boven) en met een UV-detector (onder), met tevens de massa's en de voorgestelde structuren van twee geïdentificeerde stoffen. De onderzoekers van de VU hebben deze stoffen vervolgens aangeschaft en gecheckt of ze bij fractionering ook daadwerkelijk in fractie zes terecht kwamen en het effect bij de embryotest tweewegbrachten. Dat bleek inderdaad het geval te zijn. Dit voorbeeld van zogenaamde 'effectgestuurde analyse' laat zien hoe de combinatie van biologische tests en chemische analyse succesvol ingezet kan worden bij de opsporing van nieuwe onbekende stoffen.

Databestanden

De problemen die zich bij de nieuwe apparatuurontwikkelingen aandienen, zijn de verwerking van de grote hoeveelheden data die worden gegenereerd, het afwezig zijn van referentie-databestanden – zoals bibliotheken van spectra – en een gebrek aan standaardisering, waardoor het interpreteren van gegevens een moeilijke en langdurige kwestie is. KWR heeft nu samenwerking gezocht met EAWAG in Zürich, de Waterdienst in Lelystad alsook het Nederlands Forensisch Instituut in Den Haag om gezamenlijke LC-MS-bibliotheken voor de Orbitrap aan te leggen.

Nieuwe ontwikkelingen in de apparatuur

Welke andere nieuwe apparatuurontwikkelingen zijn er te verwachten? Voor de definitieve structuuropheldering van onbekende organische stoffen is vaak, naast de informatie die we over de massa van de stof krijgen, nog aanvullende informatie nodig die verkregen kan worden met NMR: magnetische kernspinresonantie.

PIM DE VOOGT

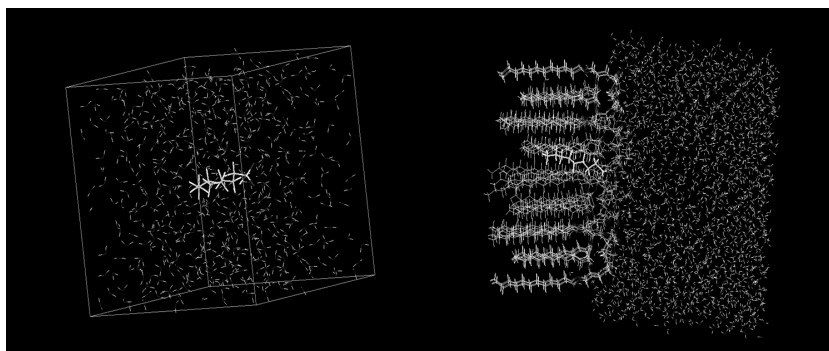
SIMS. De tijd ontbreekt om ze allemaal hier te behandelen. Ik zal er één techniek als voorbeeld uitlichten, waarbij de massaspectrometer direct – dus zonder voorafgaande chromatografische scheidingstechniek – de aanwezigheid én de locatie van moleculen in bijvoorbeeld een weefsel kan registreren: de DESI-techniek. Hierbij wordt een oppervlak besproeid met een straal van geladen druppeltjes, die moleculen uit dat oppervlak losmaken (zie figuur 5). Deze vrijkomende moleculen worden opgevangen in de inlaat van de massaspectrometer en geanalyseerd. Op deze manier kunnen we de ruimtelijke verdeling van bijvoorbeeld een medicijn of een omzettingproduct daarvan in celweefsel, of een bestrijdingsmiddel op een blad of vrucht van een plant, of een spoor van cocaïne op een bankbiljet vastleggen. Het is thans mogelijk om op deze manier beelden van levend materiaal te genereren met een resolutie van enkele honderden nanometers, ofwel een paar duizend atomen.

Voor de toepassing in de milieuchemie bieden zulke technieken onvermoede mogelijkheden. In de waterproblematiek valt bijvoorbeeld te denken aan de toepassingen om in sorptiematerialen, zoals osmotische membranen of vormen van actieve kool, die gebruikt worden om stoffen uit water te verwijderen, te kijken waar precies de verwijderde stof wordt vastgehouden, zodat we het sorptieproces beter kunnen begrijpen. Of je kunt bijvoorbeeld een druppel van een watermonster op een filtreerpapieretje deponeren en vervolgens rechtstreeks met DESI bekijken. Nog een mogelijkheid is om een concentraat van het water te verzamelen op een geschikt kolom materiaal (zogenaamde ‘vaste fase extractie’) en dat materiaal onder de DESI-loep nemen (Mulligan et al, 2007).

De nieuwe technieken hebben in ieder geval één ding gemeen: ze zijn vaak bijzonder kostbaar. Gelukkig worden er momenteel serieuze initiatieven genomen om een Nederlands topinstituut voor analytische scheikunde op poten te zetten. Dit topinstituut zou de analytische opleidingen en onderzoeksafdelingen van universiteiten, private instituten en industrielaboratoria moeten bundelen. Het is de respons op een zorgelijke ontwikkeling die wij in Nederland signaleren, namelijk dat er op het gebied van de analytische chemie in toenemende mate een gebrek aan afgestudeerden is en een afname van het fundamentele onderzoek. Uit mijn verhaal zal het u duidelijk zijn geworden hoe belangrijk het is – en heus niet alleen voor de waterwereld – dat de ontwikkeling van nieuwe analytische methoden en technieken niet stopt, maar juist voorop blijft lopen. Nederland heeft altijd een toppositie in het analytische onderzoek in de wereld ingenomen. Door de instel-

SCHOONHEID IN WATER

ling van een nieuw topinstituut zal het mogelijk worden gezamenlijk de uiterst dure apparatuur te kunnen aanschaffen, die dan voor alle medewerkers van het instituut toegankelijk zal zijn.



Figuur 6. Moleculaire simulatie van het oplossen van een oppervlakteactieve stof in water (links) en in een biologisch membraan (rechts)

Modelleren

Naast de analysetechnieken die we in de waterchemie hanteren, gebruiken we moleculaire modelleringstechnieken om het gedrag van stoffen in verschillende media te bestuderen (zie figuur 6). Links in de figuur is een hypothetische kubus getekend, gevuld met allemaal kleine watermoleculen. In het midden is een molecule getekend dat in het water oplost; hier is de schoonheid van een molecule in water verder geconcretiseerd. Ik bedoel niet alleen dat het een mooi plaatje is, want dat vinden misschien alleen mijn vakgenoten. Het centrale molecule is echter een oppervlakteactieve stof, een van de werkzame stoffen in schoonmaakmiddelen. Rechts is hetzelfde molecule te zien, maar nu één dat is gemodelleerd in een membraan van ongeveer dezelfde omvang dat bovendien in contact met water staat. Door de interactie-energie van beide systemen te vergelijken, proberen we te voorspellen of de stof een voorkeur zal hebben voor het water of het membraan, met andere woorden of de stof makkelijk in een organisme zal worden opgenomen, of juist meer in oplossing blijft. Met dit soort modelberekeningen, waarmee mijn voorganger Harrie Govers interessante resultaten heeft geboekt,

PIM DE VOOGT

hebben diverse promovendi in onze groep zich succesvol beziggehouden, zoals Eric Bleeker, André van Roon en Joris Haftka.

Wat staat ons te doen?

Uit het voorgaande heeft u wellicht de indruk gekregen dat onze kennis van de milieuchemie van nieuwe watercontaminanten aanzienlijk is. Dan heb ik dat misschien iets te mooi voorgesteld, want tegelijkertijd kunnen we namelijk constateren dat we eigenlijk bijzonder weinig weten van de betekenis van de gecombineerde blootstelling aan allerlei organische microverontreinigingen, aan de mengsels die we met onze gevoelige apparatuur hebben kunnen identificeren. De vraag wat die betekenis is van blootstelling aan mengsels zal centraal komen te staan in het onderzoek van het komende decennium.

Eerder in mijn betoog heb ik een pluim uitgedeeld aan de Nederlandse overheid, maar ik ben nog niet klaar met haar. Onze overheid huldigt bij de afweging van bezuinigingen nogal eens het standpunt dat zij al zoveel heeft gedaan aan de problematiek van verontreinigende stoffen. Dat mag gedeeltelijk waar zijn voor bijvoorbeeld zware metalen en een aantal klassieke verontreinigingen, zoals sommige bestrijdingsmiddelen en dioxines, maar gaat niet op voor de nieuw opkomende verbindingen waarvan ik een aantal voorbeelden heb behandeld. Het volstaat niet om een probleem te signaleren. Ondanks de bevindingen van bijvoorbeeld het LOES-onderzoek bestaat er thans – op een heel enkele uitzondering na – geen regulering en geen normstelling voor die nieuwe stoffen, en daar zal heel snel verandering in moeten komen.

Theo Schmitz, directeur van de VEWIN, de Vereniging van Waterbedrijven in Nederland, betoogde vorig jaar: ‘Water moet schoon zijn, te zuiveren zijn, en er moeten niet teveel gevaarlijke stoffen in voorkomen. Wereldwijd en ook in Europa kan dat best wel beter. Wat daarvoor nodig is? Online monitoring op rivieren: drijvende waarnemingsstations die melden hoe de zaak ervoor staat. Meten is weten. En ook verbeterde zuivering van stedelijke en industrielozingen. Schoon drink- en rivierwater hangt samen met gezondheid én leidt tot een robuustere economie.’ Ik sluit me van harte bij die woorden aan. Zo starten we binnenkort bij KWR een postdoconderzoek naar het mechanisme van hechting van polaire stoffen aan nieuwe materialen, zoals bepaalde polymeren. Met die kennis hopen

SCHOONHEID IN WATER

we in staat te zijn nieuwe materialen te selecteren voor verwijderingstechnieken, maar ook voor bemonstering van water en – als nieuw kolommateriaal in onze chromatografiekolommen – ten behoeve van nog gevoeliger analysemethoden.

Het onderzoek naar nieuwe materialen en processen voor verwijdering van stoffen uit de watercyclus zal zich ook richten op de vraag wáár in de keten de aanpak het meest efficiënt is. Is het effectiever om het oppervlaktewater dat voor drinkwater ingenomen wordt te zuiveren of is het beter om de verwijdering te trachten te realiseren bij de zuivering van huishoudelijke afvalwater? Kunnen we beter elk ziekenhuis voorzien van een aparte installatie om geneesmiddelen uit het afvalwater te halen, dan een extra zuiveringsstap bij het drinkwaterbedrijf in te bouwen?

Een jaar of zes geleden hebben wij vanuit de vakgroep een pleidooi gehouden om bij het ontwerpen van nieuwe chemicaliën een soort van vangnet te construeren. Het vangnet kent als eerste stap het voorspellen vanuit de op de computer ontworpen structuur van een molecule (dus vóórdat de stof echt gesynthetiseerd wordt) of er eventueel nadelig gedrag kan optreden wanneer de stof in de afvalfase van zijn levenscyclus geraakt, dan wel of zich in het productieproces nadelige bijproducten kunnen vormen (Govers et al. 2003).

Een variant van dat pleidooi richting synthetische organische chemie en farmacochemie wil ik hier graag presenteren. In de Europese regelgeving van stoffen staan drie begrippen centraal: de zogenaamde 'PBT-criteria'. De persistentie, de bioaccumuleerbaarheid en de toxiciteit van een stof bepalen of de stof wel of niet toegelaten wordt tot de Europese markt. Voor polaire watercontaminanten gelden de P en de T net zozeer, maar zou de B vervangen kunnen worden door een V: de verwijderbaarheid uit de waterketen. Ik pleit ervoor om nieuwe moleculen te voorzien van chemische groepen die er óf voor zorgen dat zij – wanneer ze in het milieu terecht komen – in de niet voor organismen beschikbare fractie komen te zitten, óf de stoffen daarmee uitrusten met een soort chemisch handvat, zodat ze gemakkelijk uit het water zijn te halen. Zulke handvatten zouden onze analyseinspanningen trouwens ook vergemakkelijken. De milieuchemici zijn samen met de proceschemici in staat om aan te geven hoe de handvatten er uit kunnen zien.

Onderwijs en beroepsmogelijkheden

Naast een onderzoekstaak is het instellen van de leerstoel bedoeld om onderwijs te verzorgen in de chemie van watercontaminanten. Nederland kent momenteel in de bètawetenschappen slechts één masteropleiding die specifiek gericht is op milieuchemie of *environmental science*, en wel die aan de UvA. Studenten met een bacheloropleiding in de scheikunde of de aardwetenschappen hebben rechtstreeks toegang tot deze masteropleiding. Het aantal studenten dat zich daarvoor elk jaar aanmeldt, is op de vingers van één, of hooguit twee handen te tellen. De meesten daarvan zijn trouwens buitenlanders. Op dit moment komt het aantal afstudeerders in de analytische chemische richtingen op alle niveaus – MBO, HBO, WO – slechts voor eenderde tegemoet aan het aantal analytici waaraan in de maatschappij behoefte is.

Het lage aantal instromers heeft deels te maken met de bescheiden aantallen studenten die überhaupt voor scheikunde of aardwetenschappen kiezen. Daarnaast speelt misschien de onbekendheid met het vak, wat ik mij deels persoonlijk aanreken. De oprichting van het topinstituut Analytical Sciences, die ik eerder noemde, zal hopelijk meer studenten op de gedachte brengen milieu- of analytische chemie te gaan studeren. Dat vereist wel een goede publicrelationsstrategie van het instituut. Ik ben van plan in mijn nieuwe functie de aantrekkelijkheid van de opleiding aan de UvA te vergroten, onder meer door studenten meer mogelijkheden te bieden om al in hun bachelorfase kennis te maken met potentiële toekomstige jobs, bijvoorbeeld door ze stages te laten lopen bij onderzoeksinstellingen uit de waterketen. De plannen om samen met de VU in Amsterdam een aantrekkelijke opleiding in de analytische milieuchemie op te zetten, die een jaar of zes geleden in de ijskast zijn gezet, krijgen binnenkort een nieuwe impuls met de oprichting van de Amsterdamse Graduate School.

Dames en heren studenten uit de scheikunde en de aardwetenschappen: ik hoop dat jullie net zo'n fascinatie als ik voor dit prachtige vak zullen krijgen en in groter getale de opleiding zullen gaan volgen. Ons vak heeft nu – mede op jullie verzoek – een groter aandeel in de bacheloropleidingen dan vijf jaar geleden. Voor de afstudeerders liggen prachtige banen voor het oprapen. De maatschappij heeft talentvolle mensen zoals jullie heel hard nodig!

Zoals ik eerder zei, was ik nog niet helemaal klaar met de Nederlandse overheid. Deze geeft op dit moment een heel slecht voorbeeld van hoe hard onze

SCHOONHEID IN WATER

afstudeerders nodig zijn. Was de overheid tot vijftien jaar geleden nog een heel belangrijke afnemer van doctorandussen en promovendi van onze opleiding, thans heeft zij door de kennisexperts – ik zou bijna denken structureel – te vervangen door managers, juristen, bedrijfskundigen en economen, en door diverse van haar kennisinstituten af te stoten of te ontdoen van de echte experts onder het mom van dat dit geen kerntaak van de overheid is, een met recht ‘duurzaam’ te noemen *braindrain* tot stand gebracht. Die zal nog jaren echoën. Hoe valt dit te rijmen met de missie van de meest recente kabinetten dat Nederland een kenniseconomie moet zijn? Ik heb de stellige indruk dat er in Den Haag verwarring heerst en dat ‘kenniseconomie’ gelezen wordt als ‘economiekennis’. Het huidige wegsijpelen van expertise bij de rijksoverheid heeft bovendien een onaangename en onvoorziene bijwerking: het wordt voor hooggeschoolde bètawetenschappers hoe langer hoe minder aantrekkelijk om bij het rijk te gaan werken, simpelweg omdat het werkklimaat daar onvoldoende uitdagingen biedt. De aanwezige kennis verdampft door de snelle wisseling van dossiers en het elders onderbrengen van specialisten.

Slotopmerkingen

Onze eigen schoonheid kan dus in een aantal gevallen ten koste gaan van die van het water. De huidige beleidsinstrumenten zijn vaak niet toereikend om de verspreiding van afvalstoffen van *personal care*-producten of geneesmiddelen te voorkomen. De inspanningen van de overheid op het gebied van emerging contaminanten schieten in hoge mate tekort, en als er dan al adviezen vanuit wetenschappelijke kring komen, dan worden ze nogal eens genegeerd, zoals de problematiek van het storten van slib in zandwinputten van rivieren onlangs duidelijk heeft laten zien. Wetenschappers zijn lastig voor beleidsmakers, maar het is ons toch niet kwalijk te nemen dat we ons inzicht vergroten waardoor ook veranderingen in het beleid nodig zijn? Bovendien kan een overheid die kennis als primair exportproduct meent te moeten identificeren, niet serieus genomen worden wanneer zij ondertussen onderaan de ladder van investeerders in wetenschappelijk onderzoek bungelt.

Industrieën op hun beurt hebben een grote verantwoordelijkheid bij het ontwerpen van nieuwe stoffen. De nieuwe Europese regelgeving mag niet gebruikt worden om zich achter te verschuilen, en al helemaal niet om stoffen te ontwer-

PIM DE VOOGT

pen die misschien wel voldoen aan de PBT-criteria, maar de waterbedrijven onder-tussen opzadelen met enorme investeringen om deze stoffen weer uit het water te halen.

Dankwoord

Dames en heren, zo langzamerhand is het einde van deze rede in zicht. Het is tijd om een aantal mensen te bedanken, zonder overigens anderen die ik niet zal noemen daarmee tekort te willen doen.

Ik dank de Stichting Bèta-plus die deze bijzondere leerstoel heeft willen instellen en het Curatorium en het College van Bestuur van deze universiteit voor de bekrachtiging van deze instelling en het vertrouwen dat zij in mijn benoeming stellen. Ik ben blij dat deze universiteit, en in het bijzonder de faculteit en het IBED, het belang van de milieuchemie daarmee toch weer onderstrepen. Het KWR Watercycle Research Institute in Nieuwegein ben ik bijzonder erkentelijk voor het mede initiëren van het instellen van deze leerstoel. Ik ben verheugd dat de waterwereld de banden met de academische wereld op deze wijze aanhaalt.

Mijn keuze voor de scheikunde heb ik nooit betreurd. Niet in het minst is dat zo vanwege de bijzondere vriendschappen die ik aan de studie heb overgehouden. Ik ben heel erg verheugd dat mijn dierbare vrienden en paranimfen van weleer, Bert van Hattum en Lodewijk Tielens, hier ook aanwezig zijn. Het is elke week weer een genoegen, Bert, om met jou na het sporten de toestand in het milieu- en academische wereldje door te nemen of de gezinsperikelen te relativieren. Lodewijk, het zal wel niet meevallen om jarenlang de tekortkomingen van je bridgepartner te accepteren, mede omdat hij zich zoveel moet bezighouden met de academische sores. Des te leuker is het om op de weg terug van zo'n bridgeavond nog even de nieuwe onderwijstrucs te bespreken of de bureaucratie van onze universiteiten met elkaar te vergelijken en te beschimpen.

Het is heel bijzonder dat van de vier scheikundestudenten die elkaar begin jaren zeventig toevallig op het eerstejaars practicum ontmoetten – simpelweg omdat hun achternaam met een t of v begon – toen een vriendschap ontwikkelden en daarna gezamenlijk hun intrek in een huis op de Reigerstraat in Utrecht namen, dat er daarvan nu drie zijn die zich 'hoogleraar' mogen noemen. De voedingsbodem van de ongewassen vaat in de Reigerkeuken is toch vruchtbaarder en gezon-

SCHOONHEID IN WATER

der gebleken dan de gezondheidsinspecteur destijds gedacht moet hebben bij zijn bezoek aan ons studentenhuis. Behalve de liefde gaat misschien ook de wetenschap door de maag.

Udo Brinkman is voor mij nog steeds een scheidende leermeester, ook al heeft hij al enige tijd geleden officieel afscheid genomen. Ik vind het elke keer weer een genoegen als ik je tegenkom, en ik denk dan terug aan de tijd dat je me inwijdde in de geheimen van de chromatografie, artikelredactie en de PCBs.

Na het vertrek van mijn voorganger Harrie Govers bij de vakgroep Milieuchemie van de UvA, en het vervolgens opheffen van de vakgroep door de afdeling scheikunde, heeft Koos Verstraten de 'restanten' van de vakgroep in zijn leerstoelgroep opgenomen. Koos, ik ben heel content dat we destijds die keuze hebben gemaakt en ook hebben kunnen maken, en ik waardeer het enorm dat jij voor onze groep – en voor mijzelf in het bijzonder – herhaaldelijk je nek ver hebt uitgestoken, met uiteindelijk als resultaat dat er weer een leeropdracht in de milieu-chemie aan de UvA is.

Remi Laane, je hebt me lang geleden binnengehaald bij het Rijks Instituut voor Kust en Zee van Rijkswaterstaat, waardoor we onze Texelse opleidingen in de chemische oceanografie bij het NIOZ verder in de praktijk konden brengen. Vervolgens ben je dezelfde weg opgegaan als ik nu, die van bijzonder hoogleraar bij de UvA, en zo heb je in zekere zin het pad geëffend. Het heeft tot heel veel én vruchtbaar gezamenlijk onderzoek geleid, met goede promoties en publicaties, en vaak met Rijkswaterstaat als co-financier. Daar ben ik je zeer dankbaar voor.

Ik ben Gertjan Medema van KWR bijzonder erkentelijk voor zijn inzet om deze leerstoel in te stellen en voor de manier waarop hij mij bij KWR heeft binnengehaald. Het was een goede beslissing van ons beiden.

Collega's van het fysisch chemisch laboratorium en de vakgroep: we hebben het toch weer voor elkaar gekregen opnieuw een sterke groep te vormen, mede dankzij jullie inzet. Die oude kern van milieu-chemie is niet klein te krijgen, kijk maar naar de koffiehoeke! Jullie zijn een geweldig team, een stevige basis voor zowel onze productiviteit als voor de goede werksfeer. Ik heb hoge verwachtingen van de samenwerking met onze nieuwe leerstoelhouder Karsten Kalbitz en met de andere collega's uit IBED. In het bijzonder in het watercluster zie ik grote mogelijkheden. Ik bedank met nadruk alle masterstudenten en promovendi die onze wilde onderzoeksideeën steeds wisten om te zetten in publiceerbare resultaten.

PIM DE VOOGT

KWR-genoten – Kiwanen zijn we immers niet meer –, collega's van de chemische waterkwaliteitsgroep: ik stel jullie collegialiteit bijzonder op prijs en verheug me heel erg op de grote veranderingen en de ambitieuze en tegelijkertijd kameradschappelijke geest die nu door de groep waart, waarbij Annemarie van Wezel een speciale rol heeft gespeeld. Het is een groot genoegen je kamergenoot te zijn, Annemarie.

Lieve Moeder, het is heel jammer dat vader dit niet kan meemaken; jij en ik weten hoe bijzonder hij deze gebeurtenis zou hebben gevonden. Is het toeval dat hij en ik beiden op dezelfde leeftijd tot hoogleraar zijn benoemd? Heeft de UvA misschien om die reden zo lang met de definitieve benoeming gewacht? Ik dank jou en vader voor de ruimhartigheid, voor de gelegenheden die jullie voor ons hebben geschaapt en de mogelijkheden die jullie ons hebben geboden.

Sam, Emmeloe en Douwe, ik vind het heel bijzonder dat jullie zo trots op me zijn. Ik ben net zo trots op wie jullie zijn en wat jullie al bereikt hebben. Springen jullie maar het diepe in, ik heb er alle vertrouwen in. We gaan er straks een heerlijk feest van maken.

En dan is er nog de belangrijkste persoon in mijn leven: Emmy. Je weet dat je mijn schoonheid in het water bent. Het heeft allemaal veel langer geduurd dan ik bij je had bedongen. Zonder jou had ik het niet voor mekaar gekregen! Er zit veel muziek in onze toekomst, Em.

Ik dank u allen voor uw aandacht.

Ik heb gezegd

Referenties

- Belpaire, C.G.J., Goemans, G., Geeraerts, C., Quataert, P., Parmentier, K., Hagel, P., De Boer, J., Decreasing eel stocks: survival of the fattest? *Ecology of Freshwater Fish*; asap, Online: 10 Sep 2008
- de Nijs, A.C.M., Driesprong, A., den Hollander, H.A., de Poorter, L.R.M., Verweij, W. H.J., Vonk, J.A., de Zwart, D., Risico's van toxische stoffen in de Nederlandse oppervlaktewateren. *RIVM rapport 607340001*, Bilthoven, 2008
- de Voogt, P., Janex-Habibi, M.-L., Sacher, F., Puijker, L., Mons, M., Development of a common priority list of pharmaceuticals relevant for the water cycle, *Water Science and Technology* 59, 39-46, 2009
- Govers, H.A.J., de Voogt, P., Leonards, P.E.G., van Roon, A., Kwast, O., Integrated assessment of pesticides: methods for predicting and detecting environmental risks in a safety net. In: den Hond, F., Groenewegen, P., van Straalen, N.M. (eds.), *Pesticides. Problems, Improvements, Alternatives*. Blackwell Science, Oxford, ISBN, 2003
- Grandjean, P., Landrigan, P.J., Developmental neurotoxicity of industrial chemicals, *Lancet* 368: 2167-2178, 2006
- Hertkorn, N., Ruecker, C., Meringer, M., Gugisch, R., Frommberger, M., et al., High-precision frequency measurements: indispensable tools at the core of the molecular-level analysis of complex systems, *Analytical and Bioanalytical Chemistry* 389: 1311-1327, 2007
- Hogenboom, A.C., van Leerdam, J.A., de Voogt, P., Accurate mass screening and identification of emerging contaminants in environmental samples by liquid chromatography-LTQ FT Orbitrap mass spectrometry, *Journal of Chromatography A* 1216, 510-519, 2009
- Hotchkiss, A.K., Rider, C.V., Blystone, C.R., Wilson V.S., Hartig P.C., Ankley, G.T., Foster P.M., Gray, C.L., Gray, L.E., Fifteen years after 'wingspread' – environmental endocrine disrupters and human and wildlife health: where we are today and where we need to go, *Toxicological Sciences* 105, 253-259, 2008
- Huidobro, A.L., Pruijm, P., Schoenmakers, P., Barbas, C., Ultra rapid liquid chromatography as second dimension in a comprehensive two-dimensional method for the screening of pharmaceutical samples in stability and stress studies, *Journal of Chromatography A* 1190, 182-190, 2008
- Jonkers, N., Environmental behaviour of alkylphenol ethoxylates in coastal waters. Academisch proefschrift, Universiteit van Amsterdam, 2004
- Jonkers, N., Laane, R.W.P.M., de Voogt, P., Sources and fate of nonylphenol ethoxylates and their metabolites in the Dutch coastal zone of the North Sea, *Marine Chemistry*, 96, 115-135, 2005

- Kidd, K.A., Blanchfield, P.J., Mills, K.H., Palace, V.P., Evans, R.E., Lazorchak, J.M., Flick R.W., Collapse of a fish population after exposure to a synthetic estrogen, *Proceedings of the National Academy of Sciences (USA)* 104, 8897-8901, 2007
- Knepper, T.P., Barceló, D., de Voogt, P. (eds.), *Analysis and Fate of Surfactants in the Aquatic Environment*, Wilson and Wilson's Comprehensive Analytical Chemistry Series, Vol. XL, Elsevier, Amsterdam, 2003
- Lin, Y., Schiavo, S., Orjala, J., Vouros, P., Kautz, R., Microscale LC-MS-NMR Platform Applied to the Identification of Active Cyanobacterial Metabolites, *Analytical Chemistry* 80, 8045-8054, 2008
- MacLachlan, M.S., Holmström, K., Reth, M., Berger, U., Riverine discharge of perfluorinated carboxylates from the European continent, *Environmental Science and Technology*, 41, 7260-7265, 2007
- Mulligan, C.C., MacMillan, D.K., Noll, R.J., Cooks, R.G., Fast analysis of high-energy compounds and agricultural chemicals in water with desorption electrospray ionization mass spectrometry, *Rapid Communications in Mass Spectrometry* 21, 3729-3736, 2007
- Rademaker, W., de Lange, M., De risico's van geneesmiddelen in het aquatisch milieu, *H₂O* 2009:5, 29-35, 2009
- Skutlarek, D., Exner, M., Farber, H., Perfluorinated surfactants in surface and drinking waters, *Environmental Science and Pollution Research*, 13, 299-307, 2006
- Takats, Z.W., Wiseman, J.M., Gologan, B., Cooks, R.G., Mass spectrometry sampling under ambient conditions with desorption electrospray ionization, *Science* 306: 471-473, 2004
- van der Aa, N.G.F.M., Kommer, G.J., de Groot, G.M., Versteegh, J.F.M. Geneesmiddelen in bronnen voor drinkwater. Monitoring, toekomstig gebruik en beleidsmaatregelen. *RIVM rapport 609715002*, Bilthoven, 2008
- van Nuijs, A., Pecceu, B., Theunis, L., Covaci, A., Bervoets, L., Dubois, N., Jorens, P.G., Blust, R., Charlier, C., Neels, H., Cocaine en metabolieten in Belgische afval- en oppervlaktewateren, Universiteit Antwerpen, 2008
- Verliefde, A. Cornelissen, E., Amy, G., van der Bruggen, B., van Dijk, H., Priority organic micropollutants in water sources in Flanders and the Netherlands and assessment of removal possibilities with nanofiltration, *Environmental Pollution* 146, 281-289, 2007
- Versteegh, J.F.M., van der Aa, N.G.F.M., Dijkman, E., Geneesmiddelen in drinkwater en drinkwaterbronnen. Resultaten van het meetprogramma 2005/2006, *RIVM rapport 703719016*, Bilthoven, 2007
- Vethaak, A.D., Schrap, S.M., de Voogt, P. (eds.), *Estrogens and xenoestrogens in the aquatic environment: an integrated approach for field monitoring and effect assessment*, SETAC Press, Pensacola FL, 2006
- Watts, C., Maycock, D., Crane, M., Fawell, J., Goslan, E., Desk based review of current knowledge on pharmaceuticals in drinking water and estimation of potential levels. *Report to DWI/Defra, WCA-Environment, Faringdon, UK*, 2007