

Een goed rapport voor de Nederlandse waterleidingingenieur?

Voordracht uit de 48e Vakantiecursus in Drinkwatervoorziening 'Drinkwater in Nederland: natuurlijk het beste?' gehouden op 5 januari 1996 aan de TU Delft.

Wie/wat is de Nederlandse waterleidingingenieur?

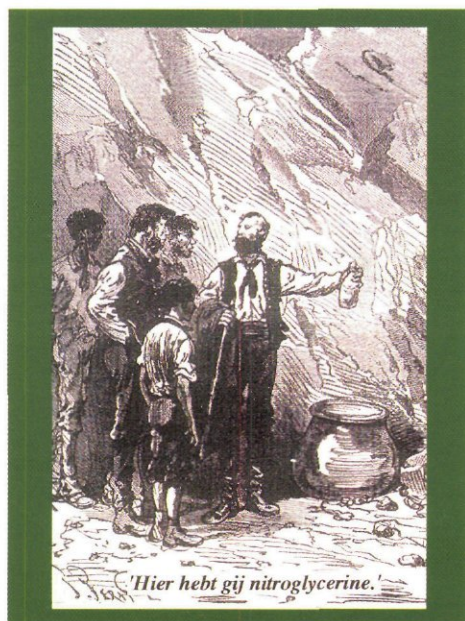
Karikaturen

Voor een leek is de ingenieur de verpersoonlijking van de menselijke wetenschap en kennis, zoals door Jules Verne zo treffend is geschetst in de figuur van ingenieur Cyrus Smith in de roman 'Het geheimzinnige eiland' [1]. Deze ingenieur spoelt zonder enig gereedschap of hulpmiddel aan op een onbewoond eiland en slaagt er samen met zijn metgezellen in om stukje voor stukje het eiland te voorzien van alle moderne infrastructuur en



PROF. IR. J. C. VAN DIJK
TU Delft

gemakken. Zo vervaardigt men volledig ingerichte huizen (met glazen ramen), stallen, schepen, wegen en bruggen en als (letterlijke) klap op de vuurpeil nitroglycerine (afb. 1) dat wordt gebruikt om een rots te laten springen en dat door de ingenieur met zijn blote handen wordt vervaardigd uit vet van een zeekoe, de as van algen, salpeter en vuurstenen! Ik vrees dat mijn afstudeerders dat niet meer voor elkaar zullen krijgen als ze zonder hun PC aanspoelen!



Afb. 1 - Cyrus Smith, de ingenieur.

Toch heeft de waterleidingingenieur nog wel iets van dat beeld van de klassieke ingenieur in zich. Hij/zij wordt nog steeds gekenmerkt door deskundigheid, door tastendheid en wilskracht. Hij/zij is exact,

Samenvatting

De Nederlandse waterleidingingenieurs hebben in de afgelopen 1,5 eeuw gebouwd aan een voortreffelijke infrastructuur, waardoor nagenoeg iedereen in Nederland de beschikking heeft over een ruime hoeveelheid drinkwater van een onberispelijke kwaliteit en tegen een lage kostprijs.

Voorbeelden van bijzondere 'presentaties' uit het verleden zijn de duininfiltratie, de Biesbosch-bekkens en de ontwikkeling van de korrelreactor. Uitdagingen voor de toekomst zijn onder meer een verdergaande regionalisatie van de drinkwaterproductie en de realisatie van industriewaterprojecten.

Fundamentele vragen die nog beantwoord moeten worden betreffen de plaats van membraanfiltratie binnen de drinkwatervoorziening en de (on)mogelijkheden van een 2e leidingnet voor huishoudelijk 'gebruikswater'.

een rekenaar, gericht op bouwen en zit niet voor één gat gevangen. Op basis van praktijkervaring, inzicht en door een goed gebruik van veiligheidsfactoren, kan de waterleidingingenieur op verantwoorde wijze installaties ontwerpen, ook wanneer weinig onderzoekgegevens beschikbaar zijn. De toekomst kent voor de waterleidingingenieur ook geen geheimen. In 1940 raamde Gemeentewaterleidingen Amsterdam [2] het waterverbruik in het jaar 2000 (dus 60 jaar later!) op 86 miljoen m³/jaar (in werkelijkheid bedroeg het waterverbruik in 1994 90 miljoen m³!). In hoeverre het toeval hierbij een rol heeft gespeeld, laat ik in het midden!

met snelheid v en een hydraulisch drukverlies H . De relaties tussen deze 4 parameters zijn in principe bekend uit de literatuur en vastgelegd in formules zodat met behulp van spreadsheets het optimale filter ontworpen kan worden, d.w.z. die keuze van v , L , H en d waarbij de kosten minimaal zijn en toch wordt voldaan aan de randvoorwaarden van produktwaterkwaliteit en looptijd. Vervolgens wordt een gevoeligheidsanalyse uitgevoerd en een flinke veiligheidsfactor ingebouwd, waarna de ontwerper aan het schetsen slaat om het filtergebouw met leidingen, pompen en afsluiters concreet vorm te geven.



Afb. 2 - De ontwerper.

Afb. 3 - De onderzoeker.

Afb. 4 - De directeur.

Overigens bestaan er waterleidingingenieurs in 3 soorten; *ontwerpers*, *onderzoekers* en *directeuren*. Ze beschouwen het vak ieder vanuit hun eigen invalshoek en 'zien' de wereld dan ook heel verschillend, zoals geïllustreerd wordt in afbeelding 2 t/m 4 voor het voorbeeld van een snelfilter.

De *ontwerper*, vrijwel altijd een Delftse civiel ingenieur, heeft een strak omkaderd denkraam. Een snelfilter kan voor hem/haar geschematiseerd worden tot een bak gevuld met zand met korreldiameter d en beddike L , waardoor het water stroomt

De *onderzoeker*, dikwijls een scheikundige of microbioloog maar er zijn ook civielen onder, is wat filosofischer of zo u wilt kritischer van aard. Hij/zij is eerder geneigd om te meten dan te rekenen en ziet een snelfilter als een reactor waarin zowel in het water als op het grensvlak van korrels en water allerlei interessante en slechts onvolledig begrepen processen zich afspelen. Hij denkt na over thermodynamica, chemische evenwichten, reactiekinetiek, stofoverdracht, diffusielimitatie en katalytische effecten van de vaste stof en moet derhalve vele proeven uitvoeren en nog meer metingen

verrichten om conclusies te kunnen trekken over de maatgevende invloedsfactoren. Het werk van de onderzoeker is dikwijls grensverleggend maar eindigt vrijwel altijd met een aanbeveling voor vervolgonderzoek.

De *directeur* kan vele opleidingen hebben genoten waaronder Civiele Techniek. Overigens komt het tegenwoordig ook voor dat de directeur geen ingenieur is. (Dat zou Jules Verne niet begrepen hebben!) Hij is geselecteerd op zijn helicopter-visie en stelt lastige vragen als: Waarom is een snelfilter nodig en wat kost het? Ook vraagt hij zich af wat de klanten en de Raad van Commissarissen van zo'n project zullen vinden. De directeur staat uiteraard wat verder af van de technische details maar heeft wel oog voor architectuur en 'uitstraling' van het snelfiltergebouw. Daarnaast zorgt hij er als manager voor dat de ontwerper kritische vragen van de onderzoeker kan beantwoorden en dat de onderzoeker met praktisch bruikbare resultaten komt.

U begrijpt dat deze karikaturen geheel aan mijn fantasie ontsproten zijn en dat iedere gelijkenis met personen uit de bedrijfstak op toeval berust!

Inmiddels bent u misschien wel nieuwsgierig geworden welke waterleidingingenieurs dan aan de TU Delft opgeleid worden.

Opleiding TU Delft

Afbeelding 5 geeft een historisch overzicht van de inmiddels bijna 50-jarige opleiding Drinkwatervoorziening aan de TU Delft (1 jaar ouder dan de Vakantiecursus in Drinkwatervoorziening, die op initiatief van prof. Krul is opgericht). U kunt zich voorstellen dat er zich zowel ontwerpers, onderzoekers als directeuren onder de circa 250 waterleidingingenieurs zullen bevinden die in de loop van de afgelopen 50 jaar zijn afgestudeerd. Uit eigen ervaring met afgestudeerden in de afgelopen 6 jaar kan ik overigens stellen dat het hart van de meeste civielen toch vooral bij het ontwerpen ligt. In de opleiding wordt daar ook veel aandacht

Afb. 5 - Leerstoel Drinkwatervoorziening.

Leerstoel Drinkwatervoorziening TU Delft

prof. W.F.J.M. Krul	1947 - 1964
prof. dr. ir. L. Huisman	1964 - 1984
prof. ir. P.L. Knoppert	1973 - 1987
prof. ir. J.H. Kop	1985 - 1993
prof. ir. J.C. van Dijk	1990 -

Naar schatting 250 waterleidingingenieurs opgeleid in 50 jaar, waarvan nog 150 actief in het vak zijn. (15% VVN-leden)

Opleiding Drinkwatervoorziening TU Delft

1e en 2e jaar: Brede basis:

- wiskunde / statistiek
- mechanica
- constructieel
- hydraulica
- project / computeronderwijs

3e en 4e jaar: Specialisatie

- opzet drinkwatervoorziening
- winning / hydrologie / geohydrologie
- zuivering
- transport en industrie
- ontwerpen drinkwaterproductiebedrijven
- epidemiologie
- waterchemie / microbiologie

4e jaar: Afgestudeerproject (6 maanden)

- onderzoek
- modelleren
- ontwerpen

Afb. 6 - Opleiding Drinkwatervoorziening.

aan gegeven zowel bij de basisvakken in het 1e en 2e jaar, als bij de specialisatie in het 3e en 4e jaar (afb. 6). Bij de afgestudeerprojecten wordt overigens ook veel aandacht aan onderzoek en modellering besteed en één van de doelstellingen van het nieuwe 5-jarige curriculum is juist om deze aspecten meer nadruk te geven.

Afstudeerprojecten Drinkwatervoorziening

- Voorbeelden onderzoek
 - DZH Ontharding met kalk
 - WRK Optimalisatie zuivering WRK I/II
 - WOB Microfiltratie spoelwater
- Voorbeelden modellering
 - WNWB AOC-verwijdering
 - KIWA Levende rivieren
 - WMO Spoelgoten
- Voorbeelden ontwerpen
 - NRE Ontwerp PS Aalsterberg
 - NUON Industriewaterprojecten
 - DZH AKF Bergambacht
- Aantal stijgt momenteel van 10 naar 20 per jaar

Afb. 7 - Afgestudeerprojecten Drinkwatervoorziening.

Afbeelding 7 geeft een overzicht van een aantal recente afgestudeerprojecten. Nagenoeg alle projecten worden in samenwerking met de bedrijfstak uitgevoerd waardoor een nuttige symbiose ontstaat en studenten de gelegenheid krijgen om zinvol praktijkgericht onderzoek te verrichten en ontwerp- en praktijkervaringen te evalueren. Het aantal studenten Drinkwatervoorziening vertoont de laatste jaren overigens een opmerke-

lijke stijging zodat suggesties voor nieuwe afgestudeerprojecten welkom blijven!

Werkstukken uit het verleden

Duininfiltratie

Een van de grote prestaties van de Nederlandse waterleidingingenieur – die ook internationaal in hoog aanzien staat – is ongetwijfeld de realisatie van het systeem van kunstmatige infiltratie in de duinen van West-Nederland. Juist nu de afgelopen jaren – ook bij deze Vakantiecursussen – een uitgebreide discussie in de bedrijfstak is gevoerd over de inzet van oppervlaktewater in het overige deel van het land [3, 4, 5, 6, 7], zijn we ons gaan realiseren hoe vooruitziend en doordacht de keuze voor infiltratie indertijd is geweest. Dit geldt te meer wanneer we ons realiseren dat indertijd – kort na de oorlog – het wetenschappelijk onderzoek nog op een laag peil stond en men nog geen weet had van zaken als Cryptosporidium, trihalomethanen, bromaat, biologische stabiliteit, Tsjernobil en Sandoz. Inderdaad, het leven was toen eenvoudiger maar toch koos de waterleidingingenieur (op basis van inzicht en intuïtie) voor het juiste systeem.

Bij de duininfiltratie denken we in Nederland onmiddellijk aan prof. ir. L. Huisman, die als hoofd Nieuwe Werken van Gemeentewaterleidingen Amsterdam in de periode 1947-1964 verantwoordelijk is geweest voor het ontwerp van het gehele WRK I/II systeem en de infiltratie- en zuiveringswerken te Leiduin. De ontwerper en onderzoeker Huisman is samen met de *directeur* Biemond verantwoordelijk geweest voor het rapport 1948 betreffende de watervoorziening van Amsterdam [8] op basis waarvan B&W van Amsterdam en GS van Noord-Holland besloten tot de gezamenlijke oprichting van de WRK.

Ik heb voor de gelegenheid van deze Vakantiecursus het rapport 1948 nog weer eens bestudeerd en heb groot respect voor de diepgang en doordachtheid van de analyse. Het rapport blijkt zelfs verassend actueel en behandelt onder meer de karakteristieken van de mogelijke bronnen voor Amsterdam (lokaal oppervlaktewater, IJsselmeer, Rijn/Lek/Maas, grondwater Utrechtse Heuvelrug en Veluwe), de mogelijke drinkwaterproductiesystemen (rechtstreekse zuivering, oeverfiltratie en infiltratie), transport en distributie inclusief de overwegingen leveringszekerheid en strategische voorraad en de koppeling aan de reeds aanwezige infrastructuur in de duinen. Zo veel is er dus niet veranderd in de afgelopen 50 jaar!



Afb. 8 - Luchtfoto waterleidingduinen.



Afb. 10 - Luchtfoto Brabantse Biesbosch.

Wat wel veranderd is, is de daadkracht waarmee de plannen gerealiseerd werden (indertijd in 5 jaar, nu toch zeker 15-25 jaar) en de vrijheid die de civiel ingenieur toen had bij het bedenken en realiseren van de technische infrastructuur.

Enkele voorbeelden die door prof. Huisman gememoreerd werden [2]:

- Besloten werd de infiltratie langs streng mathematische lijnen op te zetten met afwisselend infiltratiegeulen en draineerleidingen evenwijdig op elkaar (afb. 8). Gelukkig vertoonde het gebied ook wat hogere duinen die zelfs voor de Amsterdamse civiel ingenieurs te machtig waren, waardoor het wiskundige model niet geheel kon worden doorgevoerd en een betere spreiding in verblijftijden werd verkregen! Een pikant detail is nog dat te zelfde tijd de spoorbaan nabij Aerdenhout omhoog werd gebracht. Het bij de aanleg van de infiltratiegeulen vrijkomende zand kon nu tegen aantrekkelijke prijzen worden verkocht, reden om sommige infiltratiegeulen te verbreden van 20 m naar 30 m!

- Toen bij nader onderzoek bleek dat in het Amsterdamse infiltratiegebied een veenlaag voorkwam die mogelijk de waterbeweging zou kunnen verhinderen werd kort en goed besloten deze te verwijderen. Het resultaat was een tijdelijk maanlandschap, dat overigens alleen in nachtmerries voorkomt!

Overigens was de noodzakelijke verblijftijd bij de bodempassage in die tijd nog onbekend. Bij proefnemingen in Den Haag bleek 2 dagen onvoldoende en 30 dagen voldoende om aan de gestelde eisen (vooral smaakverwijdering!) te voldoen en in Amsterdam werd op basis van Duitse literatuur en kolomproeven voor 60 dagen gekozen. Uiteraard werd hierbij nog geen aandacht besteed aan de

verwijdering van virussen en Cryptosporidium, waar we momenteel zo in geïnteresseerd zijn. Hoe gelukkig is de waterleidingingenieur nu recent onderzoek door een afstudeerder van de TU Delft [9] met een colloid-filtratiemodel bevestigd dat de uitgangspunten correct waren en een zeer vergaande verwijdering van pathogene micro-organismen verwacht mag worden (orde van tientallen log-eenheden, zie afb. 9).

Biesbosch-bekkens

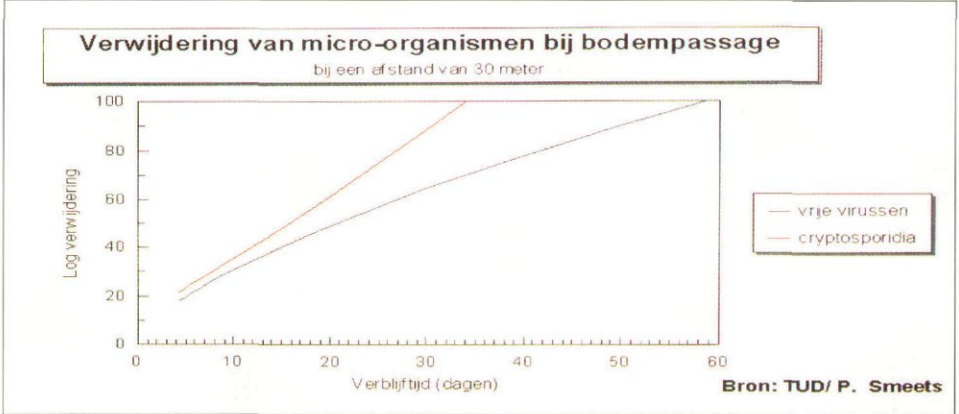
Een tweede prestatie van internationale allure is zonder meer de realisatie van het spaarbekkenproject 'Brabantse Biesbosch'. Dit project kan in zeer belangrijke mate op het conto van de *ontwerper en directeur* prof. ir. P. L. Knoppert worden geschreven, die als adjunct-directeur van de toenmalige Drinkwaterleiding Rotterdam en als directeur van de NV Waterwinningbedrijf Brabantse Biesbosch verantwoordelijk is geweest voor ontwerp en realisatie van het project. Hij is de belangrijkste auteur van het rapport van de Commissie Drinkwatervoorziening Rotterdam, die werd ingesteld na de beruchte zoutinvasie van januari

1963 waarbij gedurende enkele dagen brak water uit de kraan kwam in Rotterdam zoals ik mij persoonlijk nog goed kan herinneren. Het in 1965 verschenen eindrapport [10] toonde een durf en visie die zonder weerga is in de historie van de drinkwatervoorziening in Nederland.

Voorgesteld werd om het natuur- en landbouwgebied van de Brabantse Biesbosch met een totale oppervlakte van zo'n 40 km² (afb. 10) nagenoeg volledig te reserveren voor het spaarbekkenproject ten behoeve van de drinkwatervoorziening van Zuid-West Nederland met een totale produktiecapaciteit van 500 miljoen m³/jaar!

Waar we nu toch even achter onze oren zouden krabben bij het aankaarten van een project van 4 bekkens met een totale inhoud van 150 miljoen m³ met ringdijken van 8,5 m hoogte en waarvoor een hoeveelheid zand van 100 miljoen m³ moet worden ontgraven, waren de bestuurders indertijd onmiddellijk bereid om ja tegen het project te zeggen, zelfs *onder de voorwaarde dat het project zo groot mogelijk moest worden opgezet* [11].

Afb. 9 - Virusverwijdering bij bodempassage.



ONTWIKKELING VAN KORRELREACTOREN

1. Ontharding van drink- en proceswater

- 1970-1972 ontwikkeling Gemeente Waterleiding Amsterdam
- 1973-1990 bouw van 20 installaties in Nederland 15 installaties in buitenland



CaCO₃

2. Defosfatering van afvalwater

- 1978-1986 ontwikkeling DHV
- 1987-1988 bouw Westerbork



Ca₃(PO₄)₂

3. Terugwinning zware metalen of anionen uit industrieel afvalwater

- 1980-1987 ontwikkeling DHV
- 1988 bouw Chromooswerk
- 1989 bouw AKZO Chemicals
- 1990 bouw Du Pont Howson



NiCO₃

Afb. 11 - Overzicht korrelreactoren.

De civiel ingenieur was toen ook al niet voor één gat gevangen; werk werd met werk gemaakt door het industrieterrein de Moerdijk aan te leggen met behulp van het zand dat uit de spaarbekkens was gebaggerd.

De slagvaardigheid van toen komt ons nu onvoorstelbaar voor.

In enkele jaren werd het project volledig voorbereid, inclusief de oprichting van de NV Waterwinningbedrijf Brabantse Biesbosch, waarin de gemeente Rotterdam en de provincie Noord-Brabant elk voor 40% participeerden. Nadat in 1969 de Rijks Planologische Commissie de uiteindelijke goedkeuring had verleend werd met de bouw begonnen en reeds in 1973 werd het Biesboschwater aan Rotterdam geleverd!

Ook bij dit project is overigens gebleken dat inzicht en intuïtie een belangrijke rol spelen bij de keuze van ontwerpparameters. Zo is de benodigde overbruggingstijd indertijd vastgesteld op zo'n 2,5 maand uit kwantitatieve overwegingen. Door Rijkswaterstaat was namelijk bepaald dat de inname gestaakt diende te worden wanneer de afvoer van de Maas daalt beneden de 25 m³/s. Overigens is een van de sterke punten van het Biesbosch-project de lokatie op het kruispunt van de Amer en de Nieuwe Merwede, waardoor in dergelijke gevallen overgestapt kan worden op de Rijn als 2e bron. Hiervoor was indertijd zelfs een 2e innamepompstation voorzien dat echter nooit gerealiseerd is aangezien het staken van de inname uit kwantitatieve overwegingen na de realisatie van de Delta werken niet opportuun meer wordt geacht.

Inmiddels is echter, zoals bekend, gebleken dat overbrugging een zeer belangrijke functie kan vervullen bij calamiteiten en perioden van slechte

waterkwaliteit [12]. Zowel nationaal als internationaal heeft de WBB hierdoor tevens de mogelijkheid gekregen een unieke waakhondfunctie te vervullen door een streng innamebeleid te voeren en de publiciteit te zoeken om de vervuilers aan te klagen. Dit blijkt een zeer krachtig en effectief wapen in het saneringsbeleid, zoals is gebleken na de langdurige innamestop door diuron in 1994.

Korrelreactor

Het derde en laatste voorbeeld van een bijzondere prestatie van waterleidingingenieurs betreft de korrelreactor. Dit concept is ontwikkeld bij Gemeentewaterleidingen Amsterdam waarbij de *onderzoeker* dr. ir. A. Graveland en de *ontwerper* ir. W. Prinsen Geerligts een zeer belangrijke rol hebben gespeeld en wordt inmiddels bij zo'n 25 pompstations in Nederland toegepast. Het grensverleggende onderzoek dat aan dit systeem is verricht heeft geleid tot een octrooieerbaar en exporteerbaar produkt niet alleen op het gebied van de ontharding van drinkwater, maar ook voor het terugwinnen van fosfaat, metalen en andere ionen uit (industrieel) afvalwater (afb. 11). De internationale erkenning voor het werk dat op dit gebied in Nederland is verricht blijkt zowel uit het feit dat reeds 2 x de Maarten Schalekamp Award van de IWSA aan Nederlanders is uitgereikt voor werk aan de korrelreactor [13, 14], maar tevens uit de opdrachten voor ontwerp en bouw van zo'n 20 korrelreactorinstallaties in het buitenland, waarvan afbeelding 12 een voorbeeld toont (installatie bij Shell Berre in Frankrijk voor terugwinning fluoride). Vermeldenswaard is voorts dat de korrelreactor een bij uitstek schone technologie is, waarbij geen afvalstoffen ontstaan maar grondstoffen worden teruggewonnen en in kringloop gebracht. De conclusie is derhalve dat waterleiding-



Afb. 12 - Foto Shell Berre.

ingenieurs op deze wijze niet alleen hun eigen problemen oplossen, maar bovendien een bijdrage leveren aan de sanering van de milieuvervuiling en aan de exportmogelijkheden van Nederlandse know-how en technologie.

Tussenrapport

Wat voor rapportcijfer kunnen we de Nederlandse waterleidingingenieur nu geven? Uit het voorgaande moge duidelijk zijn dat mijn oordeel overwegend positief is, hoewel sterke en zwakke kanten vooral in de tijdgeest en de lokale omstandigheden moeten worden gezien. In het onderstaande heb ik getracht een aantal sterke en minder sterke kanten in het karakter van de waterleidingingenieur aan te duiden:

Goed-zeer goed

- een daadkrachtige, slagvaardige doelgerichtheid (*geen woorden, maar daden*)
- een aanpak die kwaliteit voorop stelt en gericht is op structurele oplossingen (*meteen goed*)
- een hoge organisatiegraad en centrale kennisontwikkeling en kennisuitwisseling (*samen sterk*)
- een actieve opstelling waarbij (ook beleidsmatige) problemen ongevraagd worden geanalyseerd en opgelost (*de spits afbijten*)
- een organisatie die onafhankelijk is van politieke of budgettaire overwegingen (*eigen baas*)
- een organisatie die toegesneden is op zijn taakstelling (*schoenmaker, blijf bij je leest*)

Voldoende-goed

- voorrang voor preventie boven zuiveren (*voorkomen is beter dan genezen*)
- wel leren van het verleden, maar niet te conservatief zijn (*ontwerpen is vooruitzien*)

Matig

- beperken van interne gerichtheid (*de klant is koning*).

Alles bij elkaar een mooi tussenrapport, waarbij de buitenwereld de laatste jaren echter met name aandacht heeft voor de laatste punten. Veel waterleidingbedrijven maken dan ook een veranderingsproces door waarbij onderzoekers, ontwerpers en directeuren zich nadrukkelijk meer richten op communicatie met de buitenwereld.

Opdrachten voor de toekomst

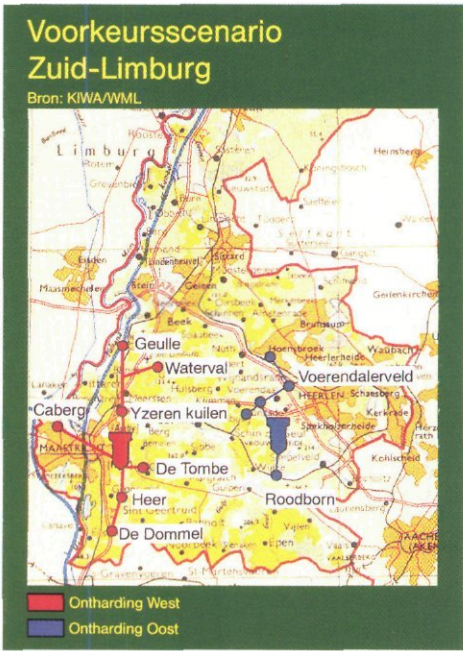
Regionalisatie productie!
Bij de Vakantiecursus van vorig jaar [7] hebben Frans Schulting en ik een pleidooi gehouden voor de aanleg van een koppelnat bij de realisatie van een groot-schalig oppervlaktewaterproject in een grondwaterregio. Dit jaar wil ik een stapje verder gaan; en u in overweging geven dergelijke voorzieningen ook in andere gevallen te realiseren, zoals bijvoorbeeld het koppelen van een aantal grondwater-pompstations. Hoewel er uiteraard aanmerkelijke kosten verbonden zijn aan het realiseren van dergelijke koppelingen, zijn er ook in principe vele voordelen te behalen die in afbeelding 13 zijn samengevat. Sommige van deze voordelen zullen

Regionalisatie productie!

- Uitnutten strategische voorraadfunctie
- Uitnutten productieinfrastructuur
- Vergroting leveringszekerheid
- Kwaliteitsvoordelen menging
- Schaalvergroting zuivering
- Optimalisatie sturing productie

Afb. 13 - Regionalisatie productie!

in de huidige situatie wellicht niet van toepassing zijn, maar in de toekomst lijkt het me aannemelijk dat grondwaterwin-vergunning en productie-infrastructuur niet per definitie naadloos zullen aan-sluiten op de lokatie en de ontwikkeling van de vraag. Daarnaast zullen kwaliteits-aspecten (menging kan hierbij belangrijke voordelen bieden, ditzelfde geldt voor een goede beheersing van de productie en putschakelingen) en de wens tot schaal-vergroting bij een aantal zuiverings-processen (zoals ontharding) een steeds belangrijker rol spelen. Er zijn reeds diverse voorbeelden in Nederland waarbij een dergelijke concept hetzij uit kwanti-teits- (uitnutten productie-infrastructuur, sturing productie, leveringszekerheid) dan wel uit kwaliteitsoverwegingen (menging,



Afb. 14 - Plan Zuid-Limburg.

vermijden of vereenvoudigen zuivering) is gerealiseerd. Een voorbeeld van een toekomstig project is voorts het regionale onthardingsproject Zuid-Limburg (afb. 14) waarvoor WML en Kiwa een concept uitgewerkt hebben waarbij de productie van 12 pompstations wordt getransporteerd naar 2 onthardings-lokaties (Oost met 6 miljoen m³/a en West met 20 miljoen m³/a) en vervolgens – na centrale ontharding – weer wordt getransporteerd naar de (bestaande) distributiepompstations.

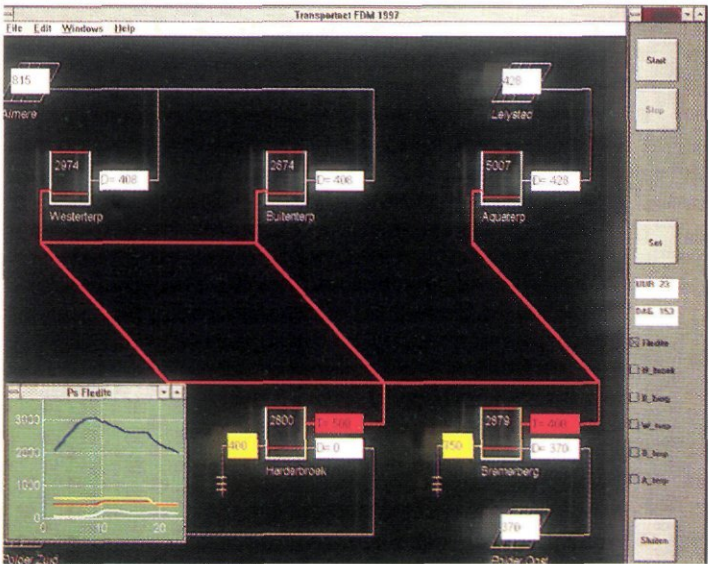
Hoewel er uiteraard ook andere uit-voeringsvormen denkbaar zijn, worden op deze wijze belangrijke voordelen gereali-seerd voor menging (afvlakking NO₃⁻, SO₄⁻-gehalte) en zuivering (slechts

2 centrale onthardingsinstallaties in plaats van 12 decentrale).

Om de voordelen van een regionale opzet van de productie volledig uit te nutten is het overigens gewenst om de sturing van productie en transport te optimaliseren. Op deze wijze kan bereikt worden dat slechte putten zo weinig mogelijk worden bijgeschakeld, pieken in het waterverbruik worden verdeeld over productie-instal-laties, beschikbare berging goed wordt benut, enz.

Tijdens een afstudeerproject [16] is getracht om voor de productie-installaties van de FDM hiervoor een B(esturings) O(ndersteunend) M(odel)-systeem te ontwikkelen waarvan afbeelding 15 een beeld geeft. Hoewel het systeem nog in opbouw is, is hierbij al gebleken dat aanzienlijke optimalisaties haalbaar zijn, onder meer ook in de relatie tussen nood-zakelijke productiecapaciteit en kelder-volume.

Industriewater!
Industriewaterprojecten staan al een aantal jaren in de belangstelling. Vorig jaar werd tijdens deze Vakantie-cursus gerapporteerd over de opzet van het industriewaterproject van de Waprog voor Akzo-Veendam [18]. Inmiddels zijn vele projecten in studie of voorbereiding (afb. 16), waaronder een afstudeerproject [19] over de mogelijke aanleg van een transportnet van Biesboschwater voor de industrie in westelijk Noord-Brabant (Zevenbergen, Breda, Oosterhout, Dongen, Tilburg). De kosten van een dergelijk net zullen overigens nogal hoog zijn. Het lijkt dan ook aantrekkelijker om voor de betrokken industrieën uit lokaal oppervlaktewater decentrale voor-zieningen te treffen. Uit alle studies naar



Afb. 15 - BOS-systeem FDM (bron TUD: M. Bakker).

Industriewater!

- Vervanging van grondwater of drinkwater
- Eenvoudige zuivering
- Kostprijs is knelpunt, minimale schaal vereist
- Vele projecten in studie / voorbereiding (6 afstudeerprojecten)

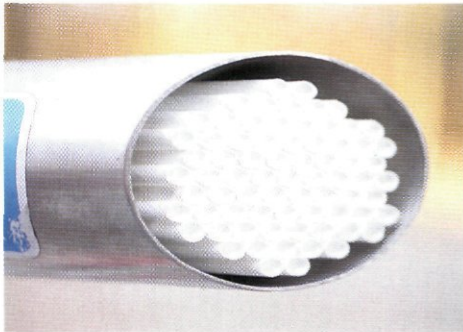
Afb. 16 - Industriewater!

industriewaterprojecten komt overigens sowieso als centraal punt naar voren dat de kostprijs vooral bij kleine afnames nogal een knelpunt kan vormen. Dit hangt echter met name ook samen met lokale mogelijkheden en alternatieven.

Membraanfiltratie of bodempassage?
Er gaat tegenwoordig geen drinkwatercongres meer voorbij zonder dat er over membraanfiltratie gesproken wordt. Consultants en leveranciers organiseren site-visits en stellen pilot-plants beschikbaar, nieuwe toepassingen van ultrafiltratie en microfiltratie bij de behandeling van oppervlaktewater en zelfs spoelwater worden onderzocht en het proces is zo simpel dat een student van de TU Delft al een volwaardig ontwerp van een grootschalige nanofiltratie-installatie kan maken [17]. Is dit nu allemaal waar of laten we ons meeslepen in een mediahype rondom membraanfiltratie die bijna vergelijkbaar is met de commotie rondom Internet en Windows 95?

Ik wil de gelegenheid van deze Vakantie cursus aangrijpen om een bijdrage te leveren aan de discussie over de plaats van membraanfiltratie binnen de drinkwatervoorziening. Om te beginnen is het zonneklaar dat de technologische ontwikkelingen razendsnel gaan en veelbelovend zijn. In dit opzicht is de visie van collega Schippers, die al meer dan 20 jaar onderzoek verricht aan membraanfiltratie, zonder meer juist gebleken.

Afb. 17 - Cappilaire microfiltratie modules.



Afb. 18 - Ultrafiltratie modules met onderdruk.



De afgelopen 2 jaar hebben we de 'doorbraak' gezien van de cappilaire terugspoelbare micro/ultrafiltratiemembranen (afb. 17) waarvoor vele interessante toepassingen mogelijk lijken, waaronder de behandeling van spoelwater, de zuivering van oppervlaktewater tot industriewater, de verbetering van de microbiologische kwaliteit bij de rechtstreekse zuivering van oppervlaktewater en de voorzuivering voor hyperfiltratie/nanofiltratie. Een zeer nieuwe ('hypernieuwe') ontwikkeling is de realisatie van microfiltratie/ultrafiltratie modules die bedreven worden met onderdruk (afb. 18). Deze modules kunnen rechtstreeks in het oppervlaktewater worden gehangen waarbij door circa 5 m onderdruk schoon water door het membraan wordt opgezogen, terwijl slib en zouten in het oppervlaktewater achterblijven. Belangrijke voordelen van dit systeem lijken de goede beheersbaarheid van membraanvervuiling (turbulente transversale stroming, terugspoelen met lucht, relatief lage flux) en het feit dat geen slib/brijnstroom wordt geproduceerd.

Gaan deze ontwikkelingen verder door en zullen we over 10-20-30 jaar wellicht overal membraanfiltratie-installaties bouwen zodat onze huidige drinkwaterproductiesystemen straks tot het verleden behoren?

Uiteraard is het juist voorspellen van de toekomst maar weinigen gegeven en het lijkt me dat zelfs de waterleidingingenieurs van Gemeentewaterleidingen Amsterdam moeite zullen hebben met de vraag. Ik wil proberen u enkele overpeinzingen in dit opzicht mee te geven door de karakteristieken van membraanfiltratie te vergelijken met een proces dat in vele opzichten 'het andere uiterste' is, namelijk de bodempassage.

Waar membraanfiltratie gebaseerd is op het 'fabrieksmatig' scheiden van H₂O en verontreinigingen, is de bodempassage gebaseerd op het gebruik maken van de processen die in de natuur optreden. Zoals afbeelding 19 laat zien, uit zich dat in belangrijke verschillen met betrekking tot verblijftijd, energieverbruik, afvalproblematiek, grondstoffenverbruik,

Membranfiltratie of bodempassage?		
	Membranfiltratie	Bodempassage
• Mechanisme	Fysische scheiding	Biologische afbraak Fysische absorpsie Aflakking Strategische voorraad
• Verblijftijd	Zeer kort	Zeer lang
• Energieverbruik	Hoog	Laag
• Afvalprobleem	Groot	Klein
• Grondstoffengebruik	Polymeren	Fe/Al-zouten
• Ruimtebeslag	Laag	Hoog
• Combinatie met natuurontwikkeling	Nee	Ja
• Betrouwbaarheid	Nog onvoldoende bewezen	Bewezen

Afb. 19 - Membranfiltratie of bodempassage?

ruimtebeslag en de mogelijkheid/wenselijkheid van een combinatie met natuurontwikkeling/beheer. Deze verschillen zijn dermate groot en fundamenteel en de toepassingen in de drinkwaterwereld dermate grootschalig dat we er naar mijn mening niet zijn met een kostprijsberekening om de keuze te bepalen (nog los van de vraag hoe betrouwbaar kostprijsberekeningen van nieuwe processen zijn en/of daarin zaken als milieu-effecten in meegenomen kunnen worden). *Het lijkt tenminste noodzakelijk om hierbij oog te hebben voor lange-termijn effecten – wellicht dat een Life-Cycle-Analyse hierbij nuttig kan zijn – maar ook om te beseffen hoe deze keuze beïnvloed zal worden door maatschappelijke ontwikkelingen.* Het lijkt goed om hier in dit verband nog eens in herinnering te roepen dat het Koninklijk Instituut Van Ingenieurs aan het einde van de jaren zestig een enquête hield met als vraagstelling in hoeverre technologieën zouden veranderen wanneer straks de energieprijs zou zijn gedaald tot 1 cent per kWh! Dat zou uiteraard een belangrijke stimulans van membraanfiltratie zijn geweest, maar wat zal de toekomst brengen? Zeker geen dalende energieprijzen, alleen al gezien de plannen rondom ecologisering van het belastingstelsel.

Kortom, er zal nog veel onderzoek en discussie in de bedrijfstak nodig zijn om deze vragen te beantwoorden. Daarbij blijven uiteraard wijsheid en visie nodig om de juiste beslissingen te nemen over de inzet van membraanfiltratie, ondanks onzekerheden en in een veranderende wereld. Een boeiende opdracht voor de waterleidingingenieur!

2e Leidingnet?

Regelmatig wordt de waterleidingingenieur geconfronteerd met vragen vanuit het publiek waarom toch zoveel kostelijk drinkwater wordt gebruikt om het toilet door te spoelen.

Ook bij de politiek leven gevoelens dat dit anders zou moeten, zoals blijkt uit de voortdurende interesse en inmiddels zelfs subsidie voor ecologische bouwprojecten, waarin gebruik gemaakt wordt van regenwateropvangsystemen. Wij kennen uiteraard allen de argumenten vóór 1 leidingnet; namelijk het beperken van (distributie)kosten en het vermijden van gezondheidsrisico's.

Naar aanleiding van vragen bij de realisatie van de 'ecologische' wijk Doeburg te Ede heeft NUON een studie laten verrichten naar de wenselijkheid van regenwateropvangsystemen en/of een 2e leidingnet in deze wijk (afb. 20). In de studie [20] wordt geconcludeerd dat kleinschalige regenwatersystemen op woningniveau ongewenst zijn uit oogpunt van kosten (f 20,- per m³), waterbesparing/milieu (slechts 20 l/h.d), waterkwaliteit/volksgesondheid (hygiënisch onbetrouwbaar, biologisch niet stabiel) en gebruikerscomfort. Een 2e leidingnet, aangelegd en beheerd door het waterleidingbedrijf en bijvoorbeeld gevoed met eenvoudig gezuiverd oppervlaktewater te gebruiken voor toiletspoeling, de wasmachine en de buitenkraan, scoort in dit opzicht veel beter.

Met name de kosten lijken dichter in de buurt van die van 1 leidingnet te liggen (overigens er i.h.a. wel boven) aangezien een gedeelte van de extra transport- en distributiekosten (en kosten van binnenhuisinstallaties) terugverdiend kunnen worden door de lagere zuiveringskosten. Uiteraard blijft de vraag of dit nu een gewenste ontwikkeling is, maar net als bij de keuze tussen membraanfiltratie en bodempassage, dient deze vraag niet alleen uit oogpunt van kosten gezien te worden maar spelen veel bredere beleidsmatige en maatschappelijke afwegingen een rol. De studie is dan ook niet met een harde conclusie afgesloten, maar met de vraag of onder alle omstandigheden

1 leidingnet beter is dan 2 of dat er ontwikkelingen denkbaar zijn waarbij een 2e leidingnet toch zinvol kan zijn. Dit zal uiteraard mede samenhangen van lokale factoren (zoals de beschikbaarheid van grond- en oppervlaktewater) en daarnaast ook van bestuurlijke en wettelijke consequenties, waarvan afbeelding 21 een beeld geeft.

In dit opzicht is het een intrigerende gedachte of de waterleidingingenieurs van Gemeentewaterleidingen Amsterdam – die reeds in 1888 een 2e leidingnet van Vechtwater naast Duinwater aanlegden – nu een vooruitziende blik hadden of een historische vergissing begingen? Zal de waterleidingingenieur van de 21e eeuw deze vragen even deskundig, doortastend en wilskrachtig aanpakken als Cyrus Smith zijn problemen op 'Het geheimzinnige eiland'? Jules Verne zou er zeker vertrouwen in hebben!

Literatuur

1. Verne, J. (1979). *Het geheimzinnige eiland*. Elsevier, Amsterdam.

2. Huisman, L. (1985). *Kunstmatige infiltratie in de Nederlandse duinen*. H₂O (18) 1985, no. 3, p. 42-49.

3. Kruithof, J. C., Schippers, J. C., Dijk, J. C. van (1991). *De drinkwaterbereiding uit oppervlaktewater in de jaren 90*. H₂O (24), 1991, no. 17, p. 468-476.

4. Dijk, J. C. van (1992). *Strategische keuzen van de waterleidingbedrijven: Kwaliteit en/of kosten*. H₂O (25), 1992, no. 21, p. 582-592.

5. Dijk, J. C. van (1993). *Oevergrondwater: historische vergissing of gulden middenweg?* H₂O (26), 1993, no. 7, p. 170-180.

6. Dijk, J. C. van en Schulting, F. L. (1994). *Welke technische ontwikkelingen bepalen de toekomstige infrastructuur?* H₂O (27), 1994, no. 16, p. 461-468.

7. Schulting, F. L. en Dijk, J. C. van (1995). *Een koppelnets voor drinkwater?* H₂O (28), 1995, no. 6, p. 166-173.

8. Biemond, C. (1948). *Rapport 1948 betreffende de watervoorziening van Amsterdam*.

9. Smeets, P. (1995). *Virusverwijdering bij bodempassage*. Afstudeerverslag TU Delft, Faculteit Civiele Techniek, september 1995.

10. Anonymus. (1965). *Rapport Commissie Drinkwatervoorziening Rotterdam*, 1965.

11. Knoppert, P. L. (1973). *Het spaarbekkenproject*

Afb. 20 - 2e Leidingnet?

Tweede leidingnet? Conclusies studies NUON	
● Regenwateropvangsystemen op huisniveau ongewenst	
– kosten (> fl. 20,-/m ³)	
– waterbesparing / milieu (15%)	
– waterkwaliteit / volksgesondheid (hygiënisch onbetrouwbaar)	
– gebruikerscomfort matig (vervuiling)	
● Tweede leidingnet scoort duidelijk beter dan regenwater	
– kosten (fl. 4,-/m ³)	
– waterbesparing / milieu (50%)	
– waterkwaliteit / volksgesondheid (hygiënisch betrouwbaar)	
– gebruikerscomfort hoog (vergelijkbaar met drinkwater)	
Vraag: Is 1 leidingnet altijd beter dan 2?	

Afb. 21 - Verbruik en kwaliteiten leidingwater.

Verbruik en kwaliteitseisen leidingwater			
Categorie I: Drinkwater		Categorie II: Ander water	
● Verbruik	52 l/hd	● Verbruik	53 l/hd
– voedselbereiding	3	– was	25
– afwas	10	– buitenkraan	3
– wastafel	3	– toilet	25
– douche	28		
– bad	8		
● Kwaliteitseisen		● Kwaliteitseisen	
– volledig voldoen aan WLB		– Ontheffing van WLB voor nitraat en bestrijdingsmiddelen	

- 'Brabantse Biesbosch'. H₂O, 6 (1973), no. 31, p. 31-45.
12. Oskam, G. (1995). *Main principles of water-quality improvement in reservoirs*. J. Water SRT - Aqua (44) 1995, Supplement p.23-30.
13. Dijk, J. C. van en Wilms, D. (1991). *Water treatment without waste material - fundamentals and state-of-the-art of pellet reactors*. J. Water SRT - Aqua (40) 1991, no. 5, pp. 263-280.
14. Ekeren, M. W. M. van, Paassen, J. A. M. van en Merks, C. W. A. M. (1994). *Improved milk-of-lime for softening of drinking & water - the answer to the carry-over problem*. J. Water SRT - Aqua (43) 1994, p.1-11.
15. Kiwa NV (1995). *Integraalplan Ontharding Zuidelijk Limburg*. KOA 95.001, mei 1995.
16. Bakker, M. (1995). *Optimale besturing drinkwaterpompsystemen FDM*. Afstudeerverslag TU Delft, Faculteit Civiele Techniek, mei 1995.
17. Efferen, B. van (1995). *Grootchalige membraanfiltratie*. Afstudeerverslag TU Delft, Faculteit Civiele Techniek, september 1995.
18. Koelink, J. Th. (1995). *Industriewaterproject Veendam*. H₂O (28) 1995, no. 6, p. 174-180.
19. Vlies, J. L. v. d. (1995). *Biesboschwater voor de industrie*. Afstudeerverslag TU Delft, Faculteit Civiele Techniek, november 1995.
20. DHV Water i.o.v. NUON VNB, RIZA, Gemeente Ede (1995). *Haalbaarheid van een lokaal waternet voor de wijk Doesburg in Ede*. Dossier K8153-01-001. oktober 1995.

● ● ●

Grundwasserschutz, Konzepte 1996

Onder deze titel werd op 14 en 15 februari 1996 te Dresden een grondwatersymposium gehouden. De bijeenkomst werd georganiseerd door het 'Institut für Grundwasserwirtschaft' van de Technische Universiteit Dresden, in samenwerking met de DVGW, Deutsche Verein des Gas- und Wasserfaches, en de DVWK, Deutsche Verband für Wasserwirtschaft und Kulturbau. De bijeenkomst richtte zich op vertegenwoordigers van waterleidingbedrijven, van universiteiten en van overheden op de gebieden waterhuishouding en milieu. Ook de sprekers waren uit deze kringen afkomstig. Dit leidde tot een grote diversiteit aan invalshoeken en diepgang.

Tussen Nederland en (noord) Duitsland bestaan geohydrologische overeenkomsten. Kennis van de Duitse situatie op het gebied van bescherming van waterwin-gebieden, van milieuproblemen en van de richting van onderzoek en beleid is daarom voor de Nederlandse waterleidingbedrijven van belang. We gaan hier in op de belangrijkste conclusies van het symposium.

Verzuring

Waar de bodem geen zuurbufferende bestanddelen bevat, manifesteert verzuring zich in een steeds zuurder onttrokken grondwater. Dit is in Beieren op 1000 van de 3000 puttenvelden het geval. Curatieve

maatregelen in de vorm van filtratie over kalk of dolomiet zijn daarom noodzakelijk. Door de lange, onduidelijke weg tussen veroorzaker en gedupeerde worden de mogelijkheden van preventieve maatregelen laag ingeschat. Bovendien spelen ook internationale complicaties. Deze situatie is tot nu toe onvergelijkbaar met Nederland: na passage van de bewortelde zone komt het grondwater in Beieren in scheuren in gesteenten terecht, en bereikt zo in korte tijd de winning. In Nederland vindt een veel langer durende bodem-passage plaats, waardoor de verzuring aanzienlijk minder snel voortschrijdt. De afgegraven grond bij de bruinkoolmijnen in Noordrijn-Westfalen en in het voormalige Oost-Duitsland bevat van nature ijzersulfiden. Door blootstelling aan de lucht worden deze sulfiden geoxydeerd, waarbij grote hoeveelheden zuur ontstaan. Dat zal na beëindiging van de bruinkoolafgraving, wanneer de grondwaterspiegel omhoog komt, resulteren in zeer zuur grondwater.

Bestrijdingsmiddelen

Naar aanleiding van een onderzoek binnen de Europese gemeenschap naar de aanwezigheid van bestrijdingsmiddelen in de grondstof en de consequenties daarvan voor de drinkwaterbereiding, kreeg Nederland een compliment. In vergelijking tot andere landen heeft Nederland een goed overzicht van de situatie op het gebied van verontreiniging door bestrijdingsmiddelen.

In zijn algemeenheid werd voor wat betreft deze verontreiniging nog eens benadrukt dat preventie de enig mogelijke, en juiste, aanpak is. Curatieve methoden brengen andere ongewenste effecten met zich mee:

- bij intensieve beluchting wordt een ander milieucompartment belast,
- bij gebruik van actieve kool blijft na regeneratie een afvalstof over,
- bij intensieve oxydatie kunnen ongewenste stoffen ontstaan, en
- sommige bestrijdingsmiddelen zijn niet te verwijderen.

Voor een doeltreffend monitorprogramma is informatie over de verkoop van bestrijdingsmiddelen noodzakelijk (soorten, hoeveelheden). Deze informatie is ook nodig als invoer voor simulatiemodellen. Dergelijke modellen zijn nuttig voor de onderlinge vergelijking van het gedrag van bestrijdingsmiddelen, maar leveren geen absolute waarden. De onnauwkeurigheid van het simulatiemodel neemt toe, naarmate de diepte en de tijdsperiode groter worden. Bovendien zijn sommige processen (nog) niet te simuleren, zoals preferente stroming door de wortelzone en ruimtelijke variatie in input.

Een interessante ontwikkeling is het gebruik van geochemische simulatiemodellen als hulpmiddel bij de interpretatie van resultaten van chemische analyses. Doel is de geogene en de anthropogene invloeden op de chemische samenstelling te scheiden. Op deze wijze wordt het effect van de verontreiniging duidelijk zichtbaar, en wordt het mogelijk doeltreffende maatregelen te nemen.

Nitraat

Van de 211 puttenvelden in de omgeving van Düsseldorf zijn tussen 1985 en 1995 75 puttenvelden gesloten, waarvan 26 vanwege overschrijding van de drinkwater-norm voor nitraat. Bovendien worden nog eens 61 puttenvelden bedreigd, waarvan 40 vanwege een dreigende overschrijding van de nitraatnorm, en 21 vanwege andere dreigingen.

Om de norm voor nitraat te kunnen halen, zou de veebezetting niet meer dan 0,5 grootvee-eenheid per hectare (gve/ha) mogen zijn. Deze dichtheid werd tijdens het symposium als niet realistisch beschouwd. De veedichtheid bedraagt in Nederland bijvoorbeeld 2 á 2,5 gve/ha, in sommige streken oplopend tot 3,5. In Nederland zal voor een dergelijke (rigoureuze) aanpak waarschijnlijk (voorlopig) evenmin draagvlak aanwezig zijn. Nitraat vormt vaak plaatsgebonden problemen. Bij preventie moet dan ook maatwerk worden toegepast.

De regering van de deelstaat Noordrijn-Westfalen heeft verordonneerd dat het nitraatprobleem door middel van samenwerking tussen landbouw en waterleidingbedrijven moet worden opgelost. Als instrumenten worden daartoe gebruikt uitwisseling van informatie, voorlichting aan boeren en uit productie nemen van landbouwgronden. Dus ook weer maatwerk.

In Baden-Württemberg wordt van de waterleidingbedrijven een 'Wasserpfennig' geheven (in werkelijkheid veel meer dan één pfennig!). Deze 'Wasserpfennig' wordt onder andere gebruikt voor resultaatbeloning: hoe dichter een landbouwer in het najaar de streefwaarde van 45 kgN/ha voor overgebleven stikstof benadert, des te groter de beloning die hij hiervoor ontvangt. Deze regeling is in 1987 ingegaan. Vanwege de verblijftijden is het verklaarbaar dat tot nu toe (nog) geen effect in het onttrokken grondwater wordt waargenomen. Het resultaat van dergelijke ontwikkelingen in Duitsland kan echter ook voor Nederland van belang zijn.

ir. C. G. E. M. van Beek

Kiwa N.V. Onderzoek en Advies