

# De ontwikkeling van de grondwaterzuivering in Nederland

Voordracht uit de 43e Vakantiecursus in Drinkwatervoorziening 'Recente relevante ontwikkelingen met betrekking tot de drinkwatervoorziening', gehouden op 11 en 12 januari 1991 aan de TU Delft.

## Grondwatersamenstelling, drinkwaterkwaliteitseisen en zuivering

Om drinkwater te krijgen wordt het grondwater in de meeste gevallen gezuiverd. Er zijn echter enkele uitzonderingen. Bij een tiental pompstations in ons land wordt grondwater gewonnen, dat zonder enige vorm van zuivering kan worden gedistribueerd. Dit betreft de pompstations Edese Bos, Putten, Speuld en Harderwijk op de Veluwe en Roosteren, IJzeren Kuilen, Heer/Vroendaal, De Dommel, De Tombe en Roodborn in Zuid-Limburg.



C. A. VAN BENNEKOM  
Stichting Waterlaboratorium Oost  
Doetinchem

Daarnaast blijft bij een aantal pompstations de zuivering beperkt tot uitsluitend beluchting voor opname van zuurstof en verwijdering van kooldioxyde. Opgemerkt moet worden, dat dit alleen pompstations zijn waar in het waterwingebied aëroob grondwater wordt onttrokken. Juist deze waterwingebieden zijn het meest kwetsbaar voor verontreiniging. Om te voorkomen dat zuivering van dit water nodig wordt moet het wingebied en bij voorkeur het gehele intrekgebied worden beschermd. In de meeste gevallen ondergaat het ruwe grondwater één of meer zuiveringsprocessen. Zuivering is door de jaren heen altijd een ongewenste kostenpost voor het waterleidingbedrijf geweest, die men dan ook zo veel mogelijk trachtte te vermijden. Om die kosten te beperken behoort het kwaliteitsverschil tussen ruw en rein zo klein mogelijk te zijn. Dit verschil blijft gering indien de grondwatersamenstelling niet nadelig wordt beïnvloed, dus ook daar biedt een goede bescherming van het intrekgebied voordelen. Bescherming van de grondwaterkwaliteit en zuivering zijn daardoor zo nauw verbonden dat zij in feite niet los van elkaar kunnen worden gezien. Wat het reine water aangaat, de kosten van zuivering kunnen ook worden beperkt door minder eisen aan de kwaliteit te stellen. In de praktijk is de ontwikkeling echter geheel anders. De kwaliteit van het ruwe water daalt op veel plaatsen, en de eisen aan het afgeleverde drinkwater nemen toe. Hiermee wordt duidelijk, dat ook de zuivering in de loop van de tijd aan ontwikkelingen onderhevig is. Bij een nadere beschouwing blijkt dat de historie van de drinkwaterkwaliteitseisen

## Samenvatting

In de periode voor 1880 werden aan de kwaliteit van het drinkwater voor de huidige begrippen zeer lage eisen gesteld. Het water werd destijds in veel steden en dorpen gewonnen uit ondiepe putten in de straat. De kwaliteit van dit water bleek in de tweede helft van de vorige eeuw op veel plaatsen zo slecht, dat zelfs aan die lage eisen niet werd voldaan. Dat was reden om over te gaan tot de aanleg van een openbare drinkwatervoorziening. Aan de belangrijkste eisen aan het drinkwater werd voldaan door aanleg van de winning buiten de bebouwde kom van de stad. Zuivering werd alleen toegepast als er beslist geen mogelijkheid was om ijzer vrij drinkwater te winnen, mede ook om de prijs concurrerend te houden met die van het water van de oude drinkwaterbron, de waterwinput in de straat. Pas na de voltooiing van de openbare drinkwatervoorziening zijn de kwaliteits-eisen verder verhoogd, wat tot aanzienlijke uitbreiding van de zuivering leidde. Daarbij speelde de constatering van grondwaterverontreinigingen een belangrijke rol.

en van de grondwaterzuivering in drie perioden kan worden verdeeld, te weten:

- tot 1880: geen openbare drinkwatervoorziening;
- 1880-1960: de opbouwperiode van de openbare drinkwatervoorziening;
- 1960-heden: periode na de voltooiing van de openbare drinkwatervoorziening.

In dit overzicht van de ontwikkeling van de grondwaterzuivering zal worden ingegaan op de veranderingen in de tijd van de eisen aan drinkwater en van de zuiveringsprocessen, waardoor er een (beperkt) historisch overzicht van doelstellingen en hun gevolgen ontstaat. De zuiveringsprocessen zelf zullen slechts vrij summier aan de orde worden gesteld, en dan nog voornamelijk in hun onderlinge samenhang.

## Ontwikkelingen voor de aanleg van de openbare drinkwatervoorziening

De ontwikkeling van de kwaliteitszorg voor drinkwater begint zeker niet met de start van de openbare drinkwatervoorziening. Daarvoor reeds besteedde men aandacht aan de bescherming van de drinkwaterbron, de waterput. In dorpen en steden waren veel waterputten aanwezig. Deze putten waren aanvankelijk open of slecht afgesloten, zodat directe vervuiling door instroming van bovenaf of door gebruik van vuile emmers beslist niet uitgesloten was [Vogelzang, 1956]. Het gevolg hiervan was dat zich via het water besmettelijke ziekten konden verspreiden (cholera, tyfus, enzovoort). Getracht werd deze verontreiniging tegen te gaan door een tweetal maatregelen voor de kwaliteitszorg. De put werd van een deksel voorzien en er werd een muurtje om de put gebouwd. De (waarschijnlijk) eerste maatregel ter bescherming van het waterwingebied, vastgelegd in de keuren van vele steden, dateert ook al uit de middeleeuwen.

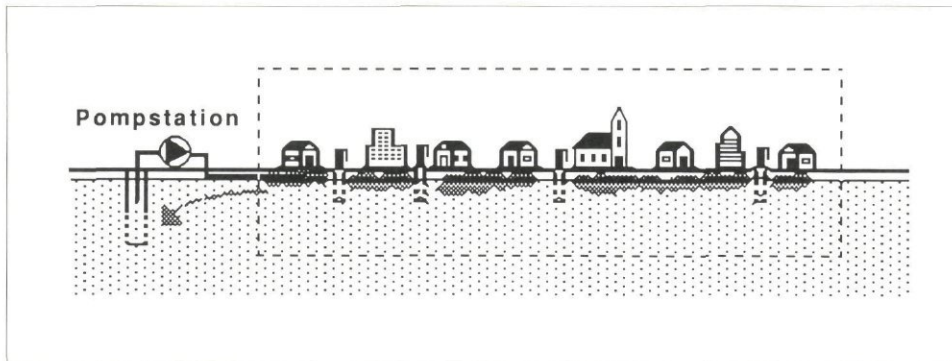
*Dat nymants waschen en sal ahn den putten die by der straten staen*

Vortt mer dat malck syne wyve und megede also berichte dat nymant wasschen en sal by der putten dy an die straten staen by einre penen van enen punde mer eyn igelick mach waschen vur synre doere [Het Middeleeuws keurboek van de stad Doetinchem, Jappe Alberts, 1979].

Directe besmettingen van bovenaf waren echter niet de enige verontreinigingen in het destijds gewonnen water. De gehele levenswijze in vorige eeuwen had tot gevolg, dat de samenstelling van het ondiepe grondwater in sterke mate beïnvloed werd door de activiteiten in de omgeving van de put. In dorpen, maar ook in steden hield de bevolking vee rond de woning, waarvan de mest op het erf werd opgeslagen. Ook de eigen afvalstoffen werden, bij afwezigheid van riolering, in de nabijheid van de woning verwerkt. Het gevolg hiervan voor de samenstelling van het ondiepe grondwater blijkt uit de verslagen van de gezondheidscommissies, die in de meeste grotere steden en dorpen bestonden. In de tweede helft van de vorige eeuw toonde onderzoek een sterke vervuiling van het grondwater aan met stoffen van faecale herkomst. De verontreiniging van het water was duidelijk door de kleur, de reuk, de smaak, de troebelheid enzovoort. Het water van deze sterk beïnvloede winningen in steden, en ook bij boerderijen op het platteland, kon hoge gehalten aan organische stof en zouten bevatten. De droogrest was soms groter dan 2.000 mg/l (huidige drinkwaternorm maximaal 1.000 mg/l). Ook uit chemische analyses, bijvoorbeeld nitraat- en chloridebepalingen, bleek de verontreiniging van het grondwater. Nadat aanvankelijk uitsluitend kwalitatieve nitraatanalyses werden uit-



Afb. 1 - Hamburgerstraat Doetinchem 1905. Drie stadspompen op korte afstand van elkaar (Foto-archief Staring Instituut, Doetinchem).



Afb. 2 Pompstations werden buiten de stad maar niet al te ver daarvan gebouwd.

gevoerd, volgden voor het eerst rond 1900 kwantitatieve metingen. Gehalten van 200 tot 600 mg/l nitraat en de daarbij behorende hardheden van 5 à 6 mmol/l waren beslist geen uitzondering. Als er objectief beschouwd dus ooit een periode is geweest, waarin er uit het oogpunt van volksgezondheid behoefte was aan nitraatverwijdering uit drinkwater, dan was dat wel in die tijd. Een maatregel uit de negentiende eeuw, het voorschrift dat zinkputten op voldoende afstand van waterwinputten moesten worden geplaatst, kwam dan ook veel te laat. De slechte kwaliteit van het drinkwater was de aanleiding om te komen tot een openbare drinkwatervoorziening. In principe had men natuurlijk de mogelijkheid de winlocatie in de bebouwde kom te plaatsen. Dat had het grote voordeel dat de kosten van een distributienet tot een minimum zouden kunnen worden beperkt. Voorkomen van verontreiniging door bescherming van het waterwingebied was echter gezien de reeds aanwezige vervuiling niet meer

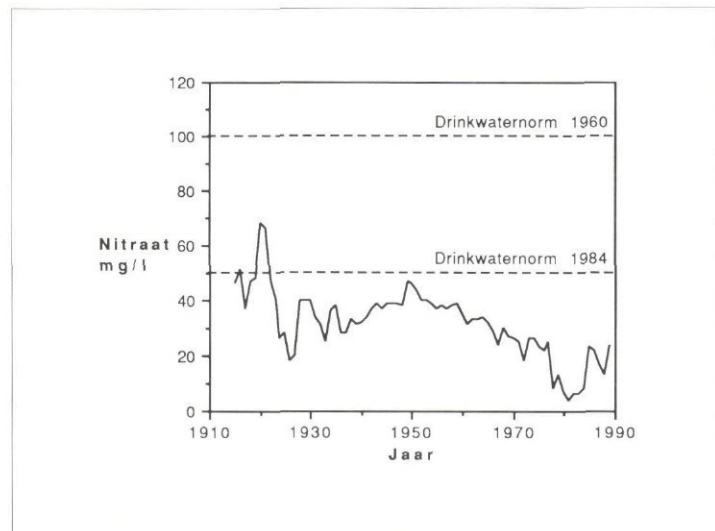
mogelijk, en zuivering van het daar gewonnen water zou zelfs voor de zuiveringsdeskundigen in deze tijd nog een uitdaging zijn, laat staan voor de pioniers in de vorige eeuw.

### Ontwikkelingen tijdens de opbouw van de openbare drinkwatervoorziening

De enig juiste oplossing was daarom verplaatsing van de winlocatie naar niet vervuild gebied buiten de gemeente. Dat gebeurde dan ook, zij het dat ter beperking van de lengte van het distributienet de winplaats dicht tegen de bebouwde kom werd gezocht. Bij latere uitbreiding van de gemeenten zijn deze winningen soms weer binnen de bebouwde kom terecht gekomen [Leefflang, 1974]. In de loop der jaren groeide deze punt-onttrekking in de nabijheid van sterk vervuild stedelijk gebied, hetgeen er toe leidde dat vervuild grondwater werd aangetrokken en het water uit de vrij ondiepe winputten toch weer nitraat ging bevatten. In wingebieden waar het nitraat in de bodem door bacteriële omzetting met pyriet werd afgebroken bleek (en blijkt) deze beïnvloeding vanuit stedelijk gebied uit verhoogde sulfatagehalten [Van Bennekom en Kruihof, 1988]. Eén van deze winningen, die door stedelijke bebouwing is ingekapseld, is de eerste grondwaterwinning van Nederland, die van ps. Nieuwe Marktstraat te Nijmegen. Momenteel liggen het wingebied en het

gevoerd, volgden voor het eerst rond 1900 kwantitatieve metingen. Gehalten van 200 tot 600 mg/l nitraat en de daarbij behorende hardheden van 5 à 6 mmol/l waren beslist geen uitzondering. Als er objectief beschouwd dus ooit een periode is geweest, waarin er uit het oogpunt van volksgezondheid behoefte was aan nitraatverwijdering uit drinkwater, dan was dat wel in die tijd. Een maatregel uit de negentiende eeuw, het voorschrift dat zinkputten op voldoende afstand van waterwinputten moesten worden geplaatst, kwam dan ook veel te laat. De slechte kwaliteit van het drinkwater was de aanleiding om te komen tot een openbare drinkwatervoorziening. In principe had men natuurlijk de mogelijkheid de winlocatie in de bebouwde kom te plaatsen. Dat had het grote voordeel dat de kosten van een distributienet tot een minimum zouden kunnen worden beperkt. Voorkomen van verontreiniging door bescherming van het waterwingebied was echter gezien de reeds aanwezige vervuiling niet meer

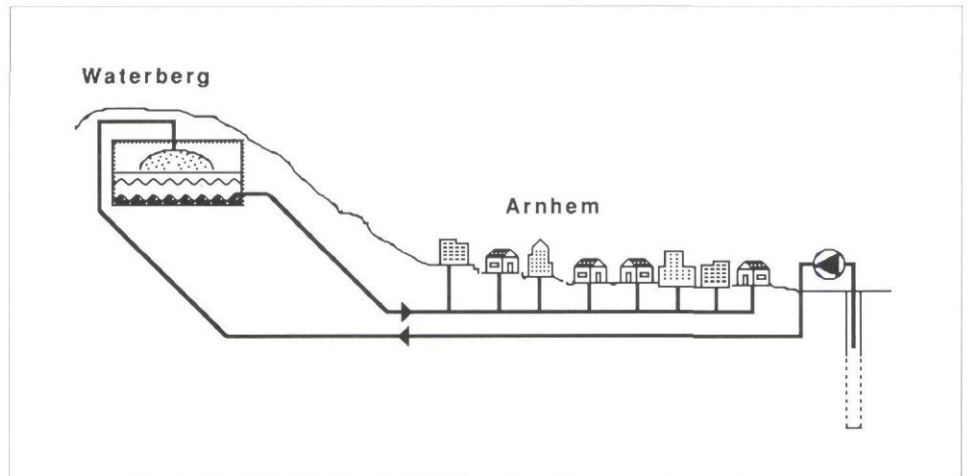
Afb. 3 - Verloop nitraatgehalte rein water pompstation Nieuwe Marktstraat te Nijmegen<sup>1</sup>.



<sup>1</sup> Het water wordt gewonnen uit verschillende watervoerende lagen, waarvan de slecht doorlatende scheidingslagen onderbroken zijn. Daarnaast is de waterstand in de nabijgelegen Waal van invloed op de stromingsrichting en de watersamenstelling, vooral in de ondiepe putten. De nitraatgehalten zijn hoog in putten, die in ondiepe lagen zijn geplaatst. In de eerste jaren variëren de nitraatgehalten van jaar tot jaar vrij sterk. Het gaat hier om eenmalige jaarlijkse analyses, die vermoedelijk sterk beïnvloed zijn door het aantal bijgeschakelde putten en de hoogte van het water in de Waal. In latere jaren zijn de nitraatgegevens gebaseerd op meerdere metingen. In de periode 1978-1985 zijn een aantal ondiepe putten buiten bedrijf gesteld vanwege verontreiniging met vluchtige gehalogeneerde koolwaterstoffen. Dit had ook een effect op het nitraatgehalte van het reine water.

pompstation midden in de stad Nijmegen (circa 150.000 inwoners), maar bij de bouw in 1879 (circa 20.000 inwoners) bevonden zij zich op korte afstand buiten het stedelijk gebied [Fleurkens en Meima, 1985]. Het intrekgebied omvat daardoor een belangrijk deel van de oude stad. Bij de start van de winning werd water onttrokken van een zeer goede kwaliteit. De droogrest bedroeg minder dan 200 mg/l, en nitraat was afwezig. Het gevolg van de toenemende onttrekking was, dat het vervuilde water uit stedelijk gebied de winputten bereikte. Hierdoor namen onder meer de droogrest (tot meer dan 800 mg/l), het nitraatgehalte en de hardheid van het water sterk toe. Uit de periode 1878-1915 zijn helaas geen resultaten van nitraatbepalingen bewaard gebleven. Afb. 3 laat het verloop van het nitraatgehalte zien vanaf 1915, het jaar waarin het Rijksbureau voor Drinkwatervoorziening het jaarlijkse onderzoek van het drinkwater startte. In de eerste jaren was het nitraatgehalte voor de huidige begrippen te hoog, in 1920 zelfs 68 mg/l. Hoewel er nu wellicht met enige verbazing op de gehalten van zeventig jaar geleden wordt teruggezien moet men zich realiseren, dat men zich in die tijd wel bewust was van de ongewenstheid van nitraat, maar dat men deze gehalten nog als acceptabel beschouwde. De gehalten hebben ook altijd voldaan aan de norm van 100 mg/l, die veel later in het Waterleidingbesluit van 1960 is opgenomen en die tot 1984 geldig was. Uit de grafiek blijkt dat het nitraatgehalte in het afgeleverde drinkwater sindsdien is gedaald. De oorzaken hiervan zijn de daling van het nitraatgehalte in de bestaande putten en het bijboren van nieuwe putten waarvan de putfilters in een dieper gelegen watervoerende laag zijn geplaatst. Het water in deze laag bevat weinig of geen nitraat.

Aan de kwaliteit van het door een openbare drinkwatervoorziening te leveren drinkwater werden aanvankelijk twee belangrijke kwaliteitseisen gesteld. Het water moest uit gezondheidsoogpunt onschadelijk zijn en geen hinderlijke bestanddelen als ijzer bevatten. Door de keuze van een winplaats buiten bebouwd gebied was al aan de eerste eis voldaan. Het water was in bacterieel opzicht betrouwbaar en bevatte nergens grote hoeveelheden stikstofverbindingen, zoals men die voorheen in het stedelijk gebied aantrof. Ook andere voor de gezondheid schadelijke stoffen waren voldoende laag. Zo verkreef men een ruwwaterbron, die



Afb. 4 - 'Zuivering' in de reinwaterkelder Waterberg.

in het geheel geen stoffen bevatte in gehalten, waarbij de gezondheid risico liep. In feite was grondwaterzuivering alleen nodig voor verwijdering van hinderlijke bestanddelen als ijzer. Wel kon het drinkwater nadien tijdens distributie besmet worden met bacteriën of voor de gezondheid ongewenste stoffen gaan bevatten als gevolg van interactie met leidingmaterialen.

De eerste grondwaterzuivering bestond uit filtratie ter verwijdering van ijzer, ammonium en mangaan. Het was echter niet zo, dat overal waar een nieuw grondwaterbedrijf werd gestart ook direct een zuivering werd geplaatst. De bevolking was gewend het drinkwater gratis of nagenoeg gratis te krijgen en nam als men de prijs te hoog vond al snel genoegen met het goedkope slechte water, dat men gewend was. Om de kosten van het drinkwater te beperken werd getracht zuivering van het water te vermijden. Bij de keuze van een wingebied was de afwezigheid van ijzer in het water een belangrijk aspect. Naast zo'n locatie werd dus met belangstelling uitgezien.

Een duidelijk voorbeeld hiervan is afkomstig uit Arnhem. In 1886 werd daar een pompstation in 'Het Broek' in gebruik genomen, waarvan het water ijzer bleek te bevatten. Aan het eind van het net was op een heuvel genaamd 'de Waterberg' een hooggelegen reinwaterkelder geplaatst, die voor de stad Arnhem als watertoren functioneerde. Het water werd ongezuiverd gedistribueerd, en het gevolg was dat de gebruikers klaagden over de ijzersmaak.

Als oplossing voor het ijzerprobleem werd in eerste instantie gekozen voor verandering van het leidingnet op zodanige wijze dat het water eerst naar de reinwaterkelder werd getransporteerd.

Daar volgde versproeiing boven het wateroppervlak. Het ijzer oxydeerde als gevolg van de opname van zuurstof en bezonk in de vorm van ijzerslib naar de bodem van de kelder. Het bovenstaande water kon dan ijzer vrij aan de verbruikers worden geleverd. Een belangrijk voordeel was, dat men zodoende de drinkwatervoorziening toch met slechts één pompfase kon blijven bedrijven.

Aanvankelijk werkte deze oplossing goed, maar op den duur ontstonden er problemen in tijden van grootverbruik. Bij lage waterstand in de kelder kon een deel van het bezonken slib met de waterstroom worden meegevoerd. Dat werd dan in geconcentreerde vorm bij de klant thuisbezorgd [Leefflang, 1974, Schaap en Seebach, 1985].

Deze mislukking heeft er echter niet toe geleid dat nu een zuivering aan de drinkwatervoorziening werd toegevoegd. Men gaf er de voorkeur aan elders een locatie te zoeken waar het grondwater geen ijzer bevatte. Deze locatie werd gevonden in noordwestelijke richting, waar de hoge zandgronden van de Veluwe liggen. In 1909 is daar het pompstation La Cabine in gebruik genomen, dat nu nog steeds het grootste deel van het Arnhemse drinkwater levert (voor een groot deel nog steeds zonder zuivering).

Van de dertig grondwaterpompstations, die in 1900 bestonden, waren er slechts veertien van een zuivering voorzien [Leefflang, 1974]. Deze zuivering bestond overal uitsluitend uit filtratie ter verwijdering van ijzer, mangaan en ammonium. Voor een groot aantal pompstations is dat ook tegenwoordig nog de enige zuivering die wordt toegepast.

In de eerste jaren werd gefiltreerd over niet terugspoelbare, soms onoverdekte filters, zoals in Zutphen [Kreijenbroek, 1989]. Deze werden bedreven als

langzame zandfilters. Als het filter vervuld was met slib werd de toplaag verwijderd en eventueel weer met schoon zand aangevuld. Later nam men filters in gebruik, die met een snelheid van circa 1 m/h werden bedreven en wel werden gespoeld (spoelsnelheid circa 5 m/h), en in de loop van de eerste helft van deze eeuw werd op snelfiltratie overgegaan (filtratiesnelheid 5 tot 8 m/h, spoelsnelheid circa 25 m/h).

Pas vanaf het tweede decennium van deze eeuw wordt het water van een aantal pompstations ontzuurd. Vaak betrof dit pompstations waar het water tot dat moment nog in het geheel niet behoefde te worden gezuiverd. Reeds bij de onderzoeken van particuliere putten in opdracht van de Gezondheidscommissies was gebleken, dat als gevolg van interactie tussen het opgepompte water en de loden zuigbuis in de put het loodgehalte van het water soms hoog was. Onderzoek naar aantasting van metalen en kalk door prof. dr. J. Tillmans wees uit, dat de agressiviteit van verschillende watersoorten niet gelijk was. En aangezien destijds een groot aantal huisaansluitingen en binnenleidingen van lood waren liepen de gebruikers van agressief water het risico een te grote hoeveelheid lood via het drinkwater op te nemen [Stutterheim, 1920, Leeftang, 1974]. Hoewel het gebruik van het ongezuiverde grondwater dus geen gezondheidsrisico met zich bracht was dat wel het geval als het drinkwater werd genuttigd na doorstroming van het distributienet.

Niet alleen lood werd aangetast door agressief water, maar ook ijzer. Het gevolg was corrosie van gietijzeren leidingen, die door vorming van roestknobbels de leiding soms vrijwel deed verstopen (verbloemkoling). Om deze aantasting van het leidingnet tegen te gaan en het risico van loodopname door de verbruiker te verkleinen heeft men twee maatregelen genomen. Waar nodig werd het water ontzuurd, zodat de agressiviteit tot een minimum werd teruggebracht. Ontzuring is de eerste en tevens de belangrijkste vorm van conditionering. En vanaf de jaren dertig zijn voor huisaansluitingen en binnenleidingen geen volledig loden buizen meer toegepast, mede omdat uit onderzoek te Heerenveen bleek, dat niet alleen agressief water met lage hardheid, maar ook water met hoge hardheid tot een grote loodopname leidde [Leeftang, 1974]. Vandaar dat op het platteland, waar de drinkwatervoorziening pas omstreeks die tijd een aanvang nam door oprichting van streekwaterleidingbedrijven, vrijwel nergens lood in het leidingnet voorkomt.

### **Ontwikkelingen sinds de voltooiing van het openbare drinkwaternet**

De eisen die aan drinkwater worden gesteld zijn in de loop van de tijd toegenomen. Een belangrijke verandering vond plaats nadat het openbare drinkwaternet zijn voltooiing bereikte. De kwantiteit, de aanleg van distributieleidingen naar nog niet aangesloten dorpen en buurtschappen en het overhalen van de inwoners tot aansluiting op deze nieuwe voorziening, stond voorheen centraal. Hierdoor nam het gezondheidsrisico van drinkwater sterk af, en dat was voorlopig het belangrijkste doel. Andere wensen wat betreft de kwaliteit hadden minder de aandacht. De hardheid van het water bedroeg dan ook soms meer dan 30 °D (5,5 mmol/l) en ook de aanwezigheid van enig ijzer was geen bezwaar. De waterleidingdirecteur met de laagste waterprijs stond meer in aanzien bij politici en collega's dan degene met het laagste ijzergehalte.

In de afgelopen dertig à veertig jaren is de aandacht voor de kwaliteit van drinkwater, mede als gevolg van de voltooiing van de openbare drinkwatervoorziening, toegenomen. Daarbij speelde het algemene gebruik van openbaar drinkwater en de uitbreiding van de toepassingen een rol. Waar voorheen enig ijzer als normaal werd geaccepteerd ging de afnemer zich hieraan meer en meer storen. Door de grote vlucht in het gebruik van warmwaterapparatuur als geisers, boilers, wasmachines enzovoort nam daarnaast de kritische houding tegenover de hardheid van het geleverde drinkwater toe.

Geleidelijk aan vroeg de factor gebruiksgemak meer aandacht. Het gevolg hiervan en van de toenemende belangstelling van de overheid voor de kwaliteit van het water (Waterleidingwet 1957 en Waterleidingbesluit 1960) was een uitbreiding van de controle van de kwaliteit van het drinkwater. In het Waterleidingbesluit waren voor het eerst een beperkt aantal (zeven) drinkwaternormen opgenomen, die in dat eerste besluit nog uitsluitend bestanddelen betroffen, die uit gezondheidsoogpunt ongewenst zijn (toxicologische achtergrond). De toenemende aandacht van de waterleidingbedrijven zelf voor de kwaliteit van drinkwater blijkt uit het opstellen van VEWIN-aanbevelingen, waarin aanvullende kwaliteitseisen zijn gegeven. Om aan deze verhoogde eisen ten aanzien van de kwaliteit van drinkwater te kunnen voldoen moest de zuivering in een aantal gevallen worden aangevuld of verbeterd (onder andere ontharding), en is in enkele gevallen

besloten een winning te sluiten en water van elders te betrekken.

Ook onderzoek van en toegenomen kennis over bestaande zuiveringsprocessen zijn oorzaken geweest van wijzigingen in de zuivering. Voorbeelden daarvan zijn de ontdekking van het effect van methaan op de grondwaterzuivering [Van Ammers, 1982], veranderingen op het gebied van ontzuring [Reijnen, 1979], en verbetering van het spoelproces van snelfilters.

De hiervoor genoemde veranderingen in het zuiveringsproces betreffen als voorheen de verwijdering van bestanddelen, die van natuure in grondwater aanwezig zijn. De belangrijkste veranderingen bij de grondwaterzuivering zijn echter het gevolg van de ontdekking van grondwaterverontreiniging, vaak met onnatuurlijke bestanddelen.

Waar behoefte is aan kennis over de kwaliteit is vanzelfsprekend ook behoefte aan technieken om die kwaliteit te meten. Voor de anorganische bestanddelen waren al vele jaren meettechnieken beschikbaar, zij het dat de analyseaauwkeurigheid voor de meeste bestanddelen beperkter was dan tegenwoordig. De analyse van organische bestanddelen stond daarentegen bij het van kracht worden van de Waterleidingwet nog in de kinderschoenen. De ontwikkeling van organische analyses heeft er toe geleid, dat onder andere vluchtige gehalogeneerde koolwaterstoffen (VHK's) en bestrijdingsmiddelen konden worden aangetoond, en wel in zeer lage concentraties.

De eerste ontdekking van organische microverontreinigingen in grondwater dateert uit 1976, toen een landelijk oriënterend onderzoek door het RID en het RIV werd verricht [Trouwborst, 1981]. Het opgepompte grondwater bleek geheel tegen de verwachting in op enkele plaatsen vluchtige gehalogeneerde koolwaterstoffen als trichlooretheen en tetrachlooretheen te bevatten. Het grondwaterkwaliteitsonderzoek en de ontwikkeling van de grondwaterzuivering raakten daardoor in een stroomversnelling. Deze organische microverontreinigingen vormden een bewijs, dat niet alleen de ondiepe winningen van particulieren maar ook de diepere waterwinningen van waterleidingbedrijven door bodemverontreinigingen konden worden beïnvloed [Van der Laan, 1981]. In de loop der jaren was de herinnering aan de grondwaterverontreiniging in de tijd voor de openbare drinkwatervoorziening vervaagd en het besef van de mogelijk-

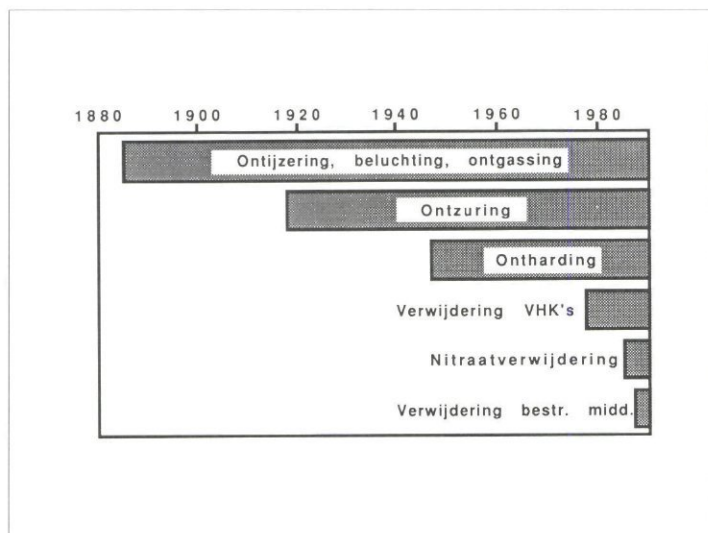
heid van grondwaterverontreiniging was beperkt.

De gehalten aan vluchtige gehalogeneerde koolwaterstoffen werden aan strenge ethische normen gebonden, gebaseerd op de gedachte dat stoffen die van nature niet in het grondwater voorkomen ook in drinkwater afwezig behoren te zijn [Van Dijk-Looijaard, 1989]. Voorheen waren normen en kwaliteitseisen nog uitsluitend gegrond op toxicologische, esthetische en bedrijfstechnische criteria. Het aantonen van de stof leidde door deze normkeuze al vrij snel tot de noodzaak om aan het zuiveringsproces een nieuwe stap toe te voegen.

Hetzelfde geldt in nog sterkere mate voor andere organische micro's, de bestrijdingsmiddelen [Martijn & Kreutz, 1988]. Deze werden voor het eerst in grondwaterputten aangetoond in 1985 [1,2-dichloorpropan, Hoogsteen, 1986]. Later volgden onder andere bentazon en dikegulac in oppervlakte- en oevergrondwater, bromacil in winputten in de omgeving van spoorbanen en diverse onkruidverdelgers in ondiepe waarnemingsputten [Kruithof *et al.*, 1989]. Een ander fenomeen, waar de grondwaterbedrijven mee zijn geconfronteerd is de terugkeer van het nitraatprobleem. Waar eerst het ondiepe grondwater in stedelijk gebied was vervuild met nitraat raakt nu het aërobe freatische grondwater in agrarisch gebied steeds meer verontreinigd, nu als gevolg van overbemesting. Een factor, die bij de onderkenning van het nitraatprobleem en de noodzaak tot het nemen van maatregelen een rol heeft gespeeld is de verlaging van de norm van 100 naar 50 mg/l, voortvloeiend uit de richtlijn opgesteld door de EG in 1980. Hierdoor waren enkele waterleidingbedrijven in de eerste helft van de jaren tachtig gedwongen een aantal putten buiten bedrijf te stellen of maatregelen te nemen om alsnog aan de drinkwaternorm te voldoen, zoals zuivering en menging van water van elders.

De toename van het nitraatgehalte is overigens zeker niet het enige effect van uitspoeling van meststoffen op de grondwatersamenstelling en op de zuivering. Parallel aan het nitraatgehalte stijgen eveneens het waterstofcarbonaatgehalte en de hardheid. Als het nitraat door denitrificatie wordt afgebroken en in het later opgepompte grondwater soms geheel afwezig is, is de uitspoeling van stikstofverbindingen toch merkbaar in een toegenomen sulfaat- en ijzergehalte, in het stikstofgehalte en in de hogere hardheid. Dit kan van invloed zijn op de zuivering [Van Bennekom, 1991].

Afb. 5 - Tijdsindicatie toepassing diverse grondwaterzuiveringstechnieken.



De meest recente ontwikkeling op het gebied van grondwaterzuivering is de verwijdering van anorganische micro's. Het gaat hierbij om aluminium, dat niet door een directe verontreiniging in het grondwater wordt opgenomen, maar indirect door verzuring van het grondwater in kalkarme gebieden [Appelo, 1982]. Ook dit verschijnsel blijft beperkt tot freatisch grondwater. Op dit gebied is tot nog toe uitsluitend onderzoek verricht op proefinstallatie-schaal. Tot uitvoering in de praktijk is nog niet overgegaan [Reijnen e.a. 1990].

Een indruk van de periode waarin een bepaalde zuiveringstechniek bij de drinkwatervoorziening uit grondwater een rol is gaan spelen wordt verkregen uit afb. 5. Elk van deze zuiveringstechnieken heeft in de loop der jaren een ontwikkeling ondergaan, uiteraard des te meer naarmate de toepassingsperiode langer is.

### Huidige zuivering bij grondwaterpompstations

#### Moderne zuiveringstechnieken

De afgelopen vijftig jaar zijn door genoemde oorzaken verschillende nieuwe zuiveringstechnieken bij de grondwaterzuivering geïntroduceerd. Waar mogelijk worden ongewenste bestanddelen door middel van ontgassing verwijderd, dat wil zeggen dat gebruik gemaakt wordt van de vluchtige eigenschappen van de te verwijderen stof. De kosten van deze techniek zijn aanzienlijk lager dan die van andere zuiveringstechnieken. Het aantal ontgassingstechnieken is in vergelijking met andere zuiveringstechnieken groot. Zo gebruikt men ter verwijdering van methaan in Friesland en Gelderland plaatbeluchting, bij het waterleidingbedrijf Noord-West Brabant cascadebakken, bij de Waterleidingmaatschappij Oost Brabant beluchtingstorens en in

Denekamp (Waterleidingmaatschappij Overijssel) vacuümontgassing.

Beluchtingstorens worden ook gebruikt voor verwijdering van vluchtige gehalogeneerde koolwaterstoffen (onder andere Nijmegen) en vluchtige afbraakproducten van bestrijdingsmiddelen (diverse pompstations in Drente).

Versproeiing in de open lucht gevolgd door infiltratie vindt alleen plaats bij aërobe winningen.

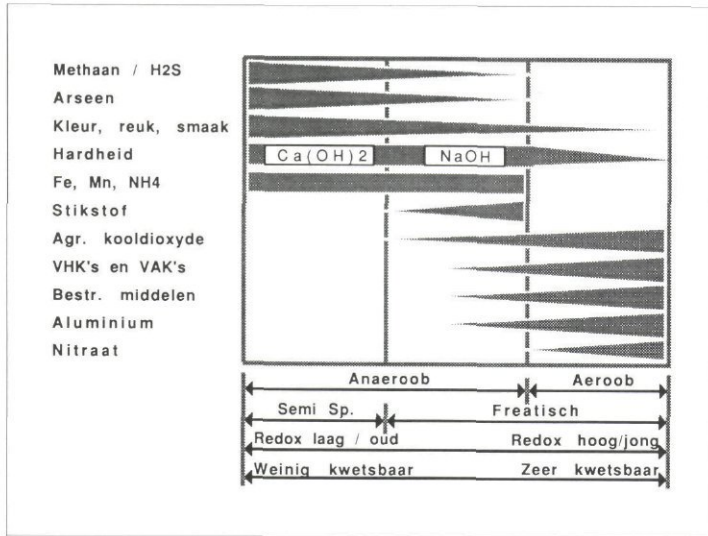
Niet vluchtige organische verbindingen worden verwijderd via adsorptie (actieve kool).

Naar de mogelijkheden van toepassing van oxydatietechnieken (ozon) wordt momenteel onderzoek verricht [Kruithof e.a. 1989]. Andere zuiveringstechnieken zijn precipitatie (ontharding) en biologische zuiveringstechnieken, waarvan er één voor nitraatverwijdering in gebruik is (verwijdering door bacteriële denitrificatie met kalksteen en zwavel), en enkele andere voor hetzelfde doel worden beproefd.

#### Onderlinge samenhang van zuiveringsprocessen

De bestanddelen, die moeten worden verwijderd of waarvan men zich bewust is dat zij bij de grondwaterzuivering een rol spelen, zijn de laatste tientallen jaren aanzienlijk in aantal toegenomen. Een overzicht is gegeven in afb. 6, waaruit een globale indruk kan worden verkregen van het type grondwater, waarin men een bepaald bestanddeel mag verwachten.

Voorbeeld: methaan en zwavelwaterstof kunnen aanwezig zijn in grondwater met een lage redoxpotentiaal, dit is semi-spanningswater of anaëroob freatisch water dat sterk aan reducerende processen onderhevig is geweest. In jong anaëroob freatisch water met hogere



Afb. 6 - Relatie type grondwater - (eventueel) benodigde zuivering.

redoxpotentiaal zijn de gehalten gering en in aëroob grondwater zijn beiden afwezig.

Door een verticale lijn te bezien kan een indruk worden verkregen welke bestanddelen in een bepaald grondwater wel en welke niet naast elkaar kunnen worden verwacht. Zo kan water met een hoog methaangehalte wellicht een hoge kleur hebben en ook veel ijzer bevatten, maar nitraat- of aluminiumproblemen behoeft men daar niet te duchten. En is de lijn rechtgetrokken in het aërobie gebied, dan is ijzer afwezig en is het wingebied kwetsbaar voor uitspoeling van verontreinigingen. Bij acceptabele hardheid en afwezigheid van agressief kooldioxyde zijn dit juist de winningen, waar het niet vervuilde, relatief jonge grondwater zonder enige vorm van zuivering als drinkwater kan worden gedistribueerd. Dit is van grote invloed op de keuze van een zuiveringsproces in geval het wingebied verontreinigd raakt.

De onderlinge samenhang van zuiverings-

processen kan met enkele voorbeelden duidelijk worden gemaakt (afb. 6).

- Methaan, ijzer en ontharding met  $Ca(OH)_2$

Methaan komt vooral voor in anaëroob water met lage redoxpotentiaal. Het is daar in gezelschap van ijzer. Methaan moet bij voorkeur voor het snelfiltratieproces worden verwijderd, omdat in de filters bacteriële omzetting van methaan kan plaatsvinden, wat tot problemen met zuurstoftekort en vorming van bacterieslijm leidt. Indien methaan via ontgassing wordt uitgedreven zal men er terdege rekening mee moeten houden, dat zich de ontgassingsinstallatie ijzer en bacterieslijm zal gaan afzetten. Naast een goed verwijderingsrendement zijn goede voorzieningen voor onderhoud een tweede vereiste aan deze installatie.

Als dit type grondwater een hoge hardheid heeft, dat ligt voor ontharding het gebruik van  $Ca(OH)_2$  voor de hand. Het betreft oud grondwater met een door de jaren heen zeer constante samen-

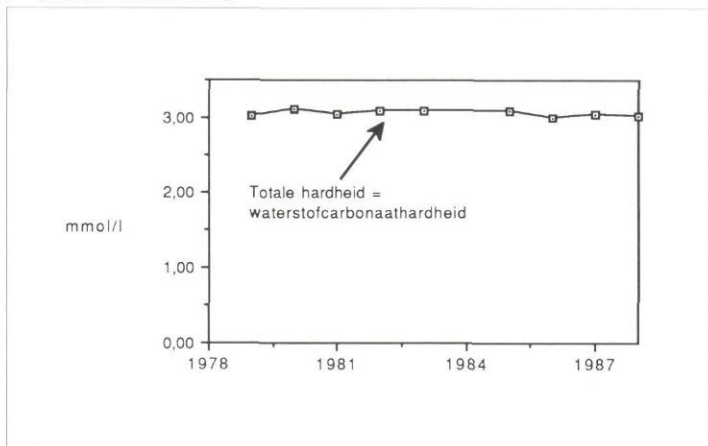
stelling (afb. 7). Door reductieprocessen is nitraat afwezig en sulfaat laag en is het waterstofcarbonaatgehalte toegenomen. Bij de ontharding moet dus naast het calciumgehalte ook het waterstofcarbonaatgehalte sterk worden gereduceerd, en daarvoor is calciumhydroxyde het aangewezen chemicalie.

- Stikstof, ijzer en ontharding met  $NaOH$   
In jong freatisch anaëroob grondwater in agrarisch (of stedelijk) gebied wordt soms hinder ondervonden van stikstof in de snelfilters. Deze overmaat aan stikstof is afkomstig van denitrificatie van nitraat in de bodem. In tegenstelling tot methaan bestaat deze hinder niet uit vorming van biomassa en een hoog zuurstofverbruik, maar uit ontgassing en verstopping van het filter met gasbelletjes.

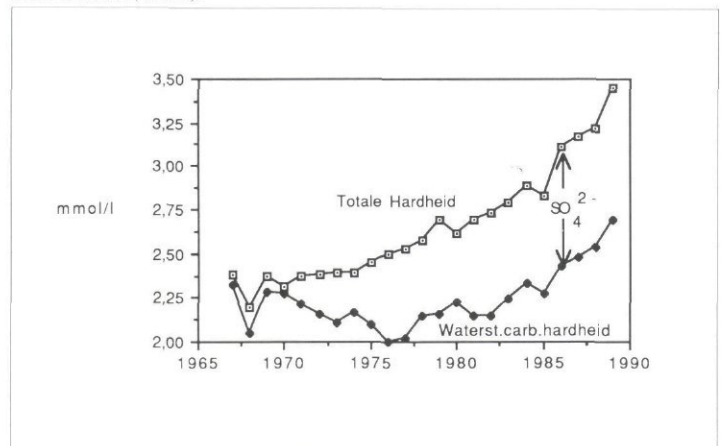
Verwijdering kan plaatsvinden door voorafgaande ontgassing, waarbij evenals bij methaanverwijdering ijzerafzetting kan optreden. Andere mogelijkheden zijn toepassing van droogfiltratie, waarbij de ontgassing niet hinderlijk is of filtratie op druk in filterketels, waardoor het gas opgelost blijft, gevolgd door een eenvoudige ontgassing achteraf, bijvoorbeeld door een waterval in de reinwaterkelder.

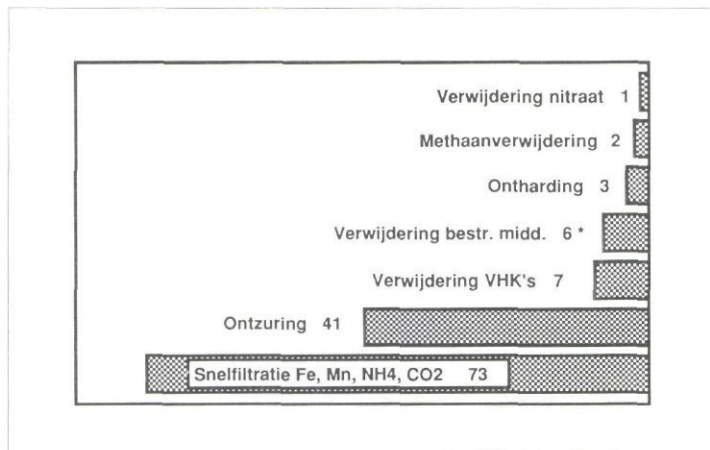
De uitspoeling van nitraat naar het grondwater gaat gepaard met een stijging van de hardheid. Omdat de denitrificatie voor het grootste deel met pyriet plaatsvindt, wordt het nitraat niet voornamelijk vervangen door waterstofcarbonaat, maar door sulfaat. De stijging van het waterstofcarbonaatgehalte blijft dan achter bij de stijging van de hardheid (afb. 8). Indien dit water moet worden onthard ligt het gebruik van een chemicalie voor de hand, waarbij het waterstofcarbonaatgehalte in beperktere mate afneemt. Hiervoor komt natronloog het meest in aanmerking.

Afb. 7 - Verloop totale en waterstofcarbonaathardheid ruw water pompstation Alena (NWB).



Afb. 8 - Verloop totale en waterstofcarbonaathardheid pompstation Lichtenvoorde (WOG).





Afb. 9 - Zuiveringsprocessen bij tachtig pompstations in Gelderland en Overijssel.

#### - Pompstations zonder zuivering, nitraat, VHK's

Het enige grondwater, dat zonder zuivering geschikt kan zijn als drinkwater, is freatisch, aëroob grondwater, dat meestal kwetsbaar is voor verontreiniging. In de praktijk blijken vooral verontreinigingen met vluchtige gehalogeneerde koolwaterstoffen voor te komen. Als men van de eigenschap van vluchtigheid gebruik maakt voor de verwijdering zal men in dit geval geen hinder van ijzer-afzetting ondervinden. Om diverse redenen, onder andere te verwachten moeilijkheden met het verkrijgen van een bouwvergunning voor een zuiveringsgebouw, is men op diverse plaatsen overgegaan tot versproeiing in de open lucht en infiltratie in de bodem. Bij deze versproeiing gaan de VHK's over in de lucht. Een deel van het grondwater (30 m<sup>3</sup>/h) van pompstation Montferland (WOG) wordt al circa tien jaar op deze wijze gezuiverd. Dit kleine onbemande pompstation, waar voorheen uitsluitend ontzuring werd toegepast, is de laatste jaren ook bekend geworden door de verontreiniging van het grondwater met nitraat. Bij het onderzoek naar nitraatverwijdering ging de voorkeur uit naar technieken, waarbij de noodzaak van voortdurend toezicht niet aanwezig is.

Een techniek, die aan deze eis voldoet, is het denitrificatieproces met kalksteen en zwavel, dat in een reactor in de open lucht wordt bedreven. Het effluent infiltreert in de bodem, ondergaat daar een natuurlijke nazuivering en wordt evenals het water dat van VHK's is ontdaan via putten stroomafwaarts weer gewonnen.

#### Toepassingsfrequentie zuiveringsprocessen in Gelderland en Overijssel

Enig inzicht in de frequentie, waarmee de diverse zuiveringsprocessen worden toegepast, kan worden verkregen uit afb. 9. Daarin is een overzicht gegeven

voor de tachtig grondwaterpompstations in Gelderland en Overijssel.

Bij vier pompstations kan het water zoals eerder vermeld zonder enige vorm van zuivering worden gedistribueerd. Alle overige pompstations beschikken over minimaal één zuiveringsstap.

Hierover kan onder meer het volgende worden opgemerkt:

- Grondwaterzuivering bestaat nog steeds voornamelijk uit verwijdering van natuurlijke componenten als ijzer, mangaan, ammonium en agressief kooldioxyde. Slechts bij een beperkt aantal pompstations worden nieuwe zuiveringstechnieken toegepast.

- De verontreinigingen van het grondwater met VHK's (zeven pompstations) zijn zonder uitzondering veroorzaakt door industriële activiteiten. In enkele gevallen gaat het om een puntverontreiniging, die via een nauwe baan naar het pompstation stroomt. Het verontreinigde water wordt in dat geval door middel van een scherm- of interceptieput afgescheiden, zodat slechts een deelstroom van het water van deze stoffen behoeft te worden gezuiverd.

- Nieuwe zuiveringstechnieken ter verwijdering van bestrijdingsmiddelen worden toegepast bij zes pompstations. Bij vijf daarvan wordt een bijzondere vorm van grondwater, oeverfilteraat gewonnen, dat verontreinigd is met bentazon. Het ruwe water van pompstation Holten bevat een te hoog gehalte aan bromacil, dat uitgespoeld is uit spoorbermen. Het gaat bij bestrijdingsmiddelen om diffuse verontreinigingen, zodat een groter deel van de totale winning moet worden behandeld.

- Tot nog toe wordt nog slechts bij drie pompstations onthard. Op verhoudingsgewijs korte termijn kan een aanzienlijke uitbreiding van dit aantal worden verwacht, zowel ter verlaging van de van nature aanwezige hardheid (Betuwe en

Noord West Overijssel, ontharding met Ca(OH)<sub>2</sub>, als ter bestrijding van de hardheidstoename die het gevolg is van overbemesting (Twente en Oost-Gelderland, ontharding met NaOH).

- Methaanverwijdering vindt plaats bij twee pompstations. In de nabije toekomst zal dit aantal met drie à vier worden uitgebreid (in Overijssel).

- Nitraatverwijdering is nodig voor een deel van het water van pompstation Montferland. De noodzaak om bij meerdere pompstations over te gaan tot nitraatverwijdering hangt af van het effect van beschermende maatregelen en van de grootte van de denitrificatiecapaciteit in de bodem. Het denitrificerende vermogen van de bodem door de aanwezigheid van pyriet is moeilijk te kwantificeren en maakt een voorspelling van de noodzaak om op termijn tot nitraatverwijdering over te gaan zeer lastig. Daarnaast zal het waterleidingbedrijf als voorheen trachten zuivering te vermijden. Dit is mogelijk door verplaatsing van (een deel van) de winning, hetzij naar een minder beïnvloed gebied, hetzij naar de diepte om de kans op denitrificatie in de bodem te vergroten of om water uit een andere watervoerende laag te winnen, zoals bij pompstation Nieuwe Marktstraat in het verleden is gebeurd. Daarnaast kan door menging van water van meerdere pompstations het mengwater aan de gestelde eisen blijven voldoen.

#### Literatuur

- Ammers, A. van (1982). *Het zuurstofverbruik in filters*. H<sub>2</sub>O (15) 1982, nr. 18, p. 487-488.
- Anonymus. (1929). *Het waterleidingbedrijf der Gemeente Nijmegen*. Uitgave ter gelegenheid van het vijftig-jarig bestaan van het waterleidingbedrijf te Nijmegen.
- Bennekom, C. A., van en Kruijthof, J. C. (1988). *Kwantificering van verzurende processen in grondwater*. H<sub>2</sub>O (21) 1988, nr. 10, p. 252-257.
- Bennekom, C. A., van (1991). *Beïnvloeding grondwaterwinning en -zuivering door uitspoeling van stikstofverbindingen*. H<sub>2</sub>O (24) 1991, nr. 2, p. 37-41.
- Boogman, J. C. en Oosterhaven, S. (1986). *Geschiedenis van Doetinchem*. Uitgave de Walburg pers, Zutphen.
- Burg, P., van der en Pajens, J. (1875). *Verslag van een bezoek aan enkele kunstwaterleidingen in Duitsland*. Rapport aan B & W te Nijmegen (ter publicatie aangeboden aan dit blad).
- Fleurkens, A. L. en Meima, H. J. (1985). *Drinkwaterwinning in een stedelijk gebied*. H<sub>2</sub>O (18) 1985, nr. 23, p. 488-494.
- Hiemstra, P. (1990). *Zuiveringstechnisch ontwerp proefinstallatie Hammerflie*. H<sub>2</sub>O (23) 1990, nr. 17, p. 456-459.
- Hoogsteen, K. J. (1986). *Microverontreinigingen in drie waterwingebieden*. H<sub>2</sub>O (19) 1986, nr. 3, p. 48-53.
- Houtepen, F. A. P. (1987). *Methaanverwijdering via cascadebakken*. H<sub>2</sub>O (20) 1987, nr. 24, p. 600-603.
- Jappe Alberts, W. (1979). *Het middeleeuws keurboek van de stad Doetinchem*. Uitgave de Walburg pers, Zutphen.
- Kreijenbroek, J. (1989). *Honderd jaar Zutphense waterleiding*. Publikatie Zutphens gemeente-archief. Delta drukkerij Zutphen.

Kruihof, J. C., Puyker, L. M. en Janssen, H. M. M. (1989). *Aanwezigheid en verwijdering van bestrijdingsmiddelen*. H<sub>2</sub>O (22) 1989, nr. 17, p. 526-532.

Kuyper, H. en Boxman, A. (1877). *Rapport omtrent de hoedanigheid der openbare pompen te Zwolle*. Uitgave Erven Tijl, Zwolle.

Laan, J., van der. (1981). *De invloed van verontreinigingen op de kwaliteit van het grondwater*. H<sub>2</sub>O (14) 1981, nr. 23, p. 548-556.

Leeftang, K. W. H. (1984). *Ons drinkwater in de stroom van de tijd*. Uitgave van de VEWIN ter gelegenheid van de viering van het vijftienjarige bestaan der Vereniging voor Waterleidingsbelangen in Nederland.

Martijn, Th. G. en Kreutz, R. H. F. (1988). *Bestrijdingsmiddelen, een plaag voor de drinkwatervoorziening*. H<sub>2</sub>O (21) 1988, nr. 22, p. 659-661.

Reijnen, G. K. (1979). *Marmorontzuring, een oud proces met nieuwe perspectieven*. H<sub>2</sub>O (12) 1979, nr. 13, p. 290-295.

Reijnen, G. K. (1981). *De verwijdering van vluchtige koolwaterstoffen door beluchting*. H<sub>2</sub>O (14) 1981, nr. 12, p. 258-263.

Reijnen, G. K., Laan, J., van der, Paassen, J. A. M., van en Korfage, H. J. M. (1983). *Verwijdering van trichlooretheen door beluchting*. H<sub>2</sub>O (16) 1983, nr. 14, p. 314-317.

Reijnen, G. K., Kostense, A. en Verdouw, J. (1990). *Verwijderen van aluminium uit grondwater te Epe*. H<sub>2</sub>O (23) 1990, nr. 20, p. 546-550.

Schaap, K. en Seebach, C. (1985). *Op uw gezondheid*. Uitgave ter gelegenheid van honderd jaar leidingwater in Arnhem.

Stutterheim, G. A. (1920). *Het loodoplossend vermogen van het water der Deventer waterleiding*. Pharmaceutisch Weekblad 1920 nr. 20, p. 530-537.

Trouwborst, T. (1981). *Bronnen van verontreiniging van grondwater en hun betekenis*. H<sub>2</sub>O (14) 1981, nr. 1, p. 4-10.

*Verlagen van de gezondheidscommissies in de tweede helft van de negentiende en in het begin van de twintigste eeuw*.

Vogelzang, J. (1956). *De drinkwatervoorziening van Nederland voor de aanleg van de drinkwaterleidingen*. Proefschrift Letteren en Wijsbegeerte aan de Rijks-Universiteit van Utrecht. Uitgave Joh. Mulder, Gouda.



### Verstopping van beluchtingselementen

• Slot van pagina 143.

toegeschreven aan organische vervuiling en scaling door de kalksteenvorming bij hard water (> 15 °D) in combinatie met een hoge pH (> 7,5) in de beluchtingstank. Vooral de rwzi's in Zwitserland kampen met dit laatste probleem. De reden dat bij meer dan de helft van de rwzi's geen verstoppingsverschijnselen worden waargenomen heeft veelal te maken met de toepassing van preventief onderhoud. Hierbij moet men bijvoorbeeld denken aan:

- mierzuurdosering in de luchttoevoerleidingen;
- het aan/uitschakelen van de beluchting (mechanische reiniging);
- hogedrukreiniging met heet water of stoom (in- en/of uitwendig).

Deze reinigingsmethoden hebben als belangrijk voordeel dat de procesvoering

in de meeste gevallen niet langdurig hoeft te worden stilgelegd. Dit in tegenstelling tot reinigingsmethoden zoals het branden van beluchtingselementen of de behandeling in zuurbaden of baden met andere chemicaliën waarbij de elementen moeten worden gedemonteerd. Dergelijke reinigingsmethoden worden vooral toegepast als er sprake is van een onaanvaardbare verhoging van de drukval over de beluchtingselementen. Een ophaalmechanisme voor de elementen of een compartimentering van de beluchtingsruimte kan in dit geval de nadelige invloed op het zuiveringsproces en de kosten beperken.

### 5. Conclusies

De studie naar de mogelijke relatie van simultaan defosfateren met (versnelde) verstopping van beluchtingselementen leidt tot de volgende conclusies en aanbevelingen:

- De algemene conclusie van de studie luidt dat er geen significant verhoogd risico is te verwachten voor het optreden van verstopping van poreuze beluchtingselementen bij toepassing van simultaan defosfateren. Op grond hiervan bestaat er voor beheerders van rwzi's geen restrictie voor deze gecombineerde toepassing. Wel moet bij chemicaliëndoseringen altijd het pH-effect worden nagetrokken om eventueel oververzadiging van zouten te vermijden (dit geldt vooral bij dosering van kalkmelk);
- voor verstopping van beluchtingselementen zijn organische afzettingen en scaling door neerslag van calciumcarbonaat de meest voorkomende, zichtbare oorzaken;
- door tijdig preventief onderhoud kan de drukvaltoename over de beluchtingselementen op rwzi's met en zonder simultane defosfatering goed worden beheerst. Als wordt overwogen om mierzuur te gaan doseren in de luchtstroom, moet worden overwogen niet corrosiebestendige luchtleidingen te vervangen door corrosiebestendige leidingen.

### Literatuur

1. STORA-RAPPORT 'Verstopping van beluchtingselementen. Mogelijke relatie met simultane defosfatering'. Programma PN-1992, juli 1991.
2. Water Pollution Control Federation/ American Society of Civil Engineers, WPCF Manual of Practice- No. FD-13/ ASCE Manuals and Reports on Engineering Practice- No. 68, 1988. Aeration, a wastewater treatment proces.
3. Bretscher, U. und Hager, W. H. (1983). *Die Reinigung von Abwasserbelüftern*. GWF-Wasser/ Abwasser nr. 124, pp 273-277.
4. Davis, E. (1989). *The clogging of sewage lagoon aerators*. Water Science and Technology, nr. 21, pp 669-676.
5. Keller, U. (1982). *Langzeitversuche mit*

*verschiedenen Druckbelüftern und mit Luftmengenregulierung in de belebtschlammanlage der ARA Altenrhein*. Verband Schweizerischer Abwasserfachleute, Verbandsbericht Nr. 216.

6. Huibregtse, G. L., Rooney, T. C., Rasmussen, D. C. (1983). *Factors affecting fine bubble diffused aeration*. Journal WPCF, nr. 55, pp 1057-1064.



### Summaries

• End of page 135.

amount of nitrogen lost and water discharged by these ways of transport. The relation between nitrogen losses and the period of fertilizer application as well as the effectiveness of a shift in this periode is determined.

On clay soils, 50 to 100%, and on peat soils, more than 50% of the precipitation surplus is discharged by means of fast transport. The maximum nitrogen losses to the surface water, by this way of transport, are significant. On peat soils, 30 to 40 kg N·ha<sup>-1</sup>, on arable land on clay soils, 50 to 60 kg N·ha<sup>-1</sup> and on grassland on clay soils, up to 178 kg N·ha<sup>-1</sup> can be lost by fast nitrogen transport.

The amount of the losses is related to the period of application of manures and to the quantity of fertilizer applied. On arable land, losses are especially high after application in the period august-november, on grassland, after application in the period september-january. A shift in this application period would reduce the nitrogen losses to the surface waters with a maximum of 30%.

## Belgische en Nederlandse gemeenten samen tegen riviervervuiling

Belgische en Nederlandse gemeenten gaan samen de strijd aanbinden tegen de vervuiling van de rivieren, met name de Maas en Schelde. Op 18 maart aanstaande gaan zij een gezamenlijk actieplan vaststellen. Doel is de nationale overheden te bewegen 'eindelijk eens de juiste besluiten te nemen', waardoor er een einde komt aan de vervuiling, die 'een directe bedreiging vormt van de drinkwatervoorziening, de kwaliteit van het watermilieu en de waterbodem'.

Het initiatief voor de gezamenlijke actie is uitgegaan van de Vereniging Nederlandse Riviergemeenten. Directe aanleiding vormt de recente verontreiniging van de Maas met giftige stoffen, waardoor het Waterwinningsbedrijf Brabantse Biesbosch wekenlang geen water in zijn spaarbekkens kon innemen. Op 18 maart zal een groot aantal burgemeesters en wethouders van riviergemeenten tussen Rotterdam en Maastricht zich verzamelen in Grave. Vanuit Grave reizen zij gezamenlijk af naar de Belgische collega's. Tijdens deze bijeenkomst zal het actieplan worden vastgesteld. (ANP)