De invloed van verontreinigingen op de kwaliteit van het grondwater

Voordracht gehouden tijdens de 33e vakantiecursus in drinkwatervoorziening 'Toxicologische aspecten', die op 8 en 9 januari 1981 aan de TH Delft werd gehouden.

Agenda

23 t/m 27 november 1981, Brussel: tweede Aqua-EXPO. Inl.: Internationale Jaarbeurs van Brussel, Tentoonstellingspark, B-1020 Brussel. Tel.: 02/478.48.60; Telex 23.643.

23 november 1981, Zürich, Zwitserland: Nitrat in Gemüsebau und Landwirtschaft.

1 en 2 december 1981, Londen: Symposium 'An Understanding of Water Losses'. Inl. The Institution of Water Engineers and Scientists, 6-8 Sackville Street, Piccadilly London, WIX 1DD, England.

19 t/m 22 januari 1982, Basel: Europipe '82. Inl.: Technische Messen und Ausstellungen AG, Delsbergerallee 38, Postfach CH-4018 Basel, Schweiz.

21 januari 1982, Londen: seminar 'Recent developments in determination of water content'. Inl.: Sira Institute Ltd., South Hill Chislehurst, Kent BR7 5EH England.

2-6 februari 1982, Chislehurst, Kent: Seminar 'Microprocessor based equipment, design and development'. Inl.: Sira Institute Ltd., South Hill Chislehurst, Kent BR7 5EH England.

4 februari 1982, Utrecht: KOMO-dag 1982. Inl.: Stichting KOMO, Postbus 240, 2280 AE Rijswijk, tel. (070) 99 14 50.

11-12 februari 1982: Seminar Sampling systems for on-line process measurements. Inl.: Sira Institute Ltd., South Hill Chislehurst, Kent BR7 5EH England.

15 t/m 18 februari 1982, Bahrain: Oceanexpo-Middle-East. Inl.: Isabelle Rigatl, Service de Presse, Oceanexpo-Middle-East, 8, rue de la Michodière, 75002 Paris - France.

23 t/m 28 februari 1982, Birmingham: Public Works Congress and Exhibition. Inl.: Sir Leonard Millis, Secretary, The Public Works & Municipal Services Congress & Exhibition, Monaco House, England.
Bristol Street, Birmingham B5 7AS,

14 t/m 18 juni 1982, Espoo, Finland: First International Symposium on Off-Flavours in the Aquatic Environment. Inl. Finland Travel Bureau Ltd., Congress Dept., P.O. Box 319, SF-00101 Helsinki 10, Finland.

14 - 18 september 1982, Aquatech '82: RAI Amsterdam. Tevens Symposium Hydraulica. Inl. Europort Tentoonstellingen BV, Waalhaven ZZ 44, 3088 HJ Rotterdam, tel. (010) 29 96 55.

6 t/m 10 december 1982, Rotterdam: Vakbeurs Afval '82. Inl. Tennatio Tentoonstellingen, Marten Meesweg 105, 3068 AV Rotterdam, tel. (010) 21 13 11.

●●●

1. Inleiding

Zowel de bewoners als het bedrijfsleven hebben al van oudsher gekozen voor de eenvoudigste en goedkoopste methode van afvalstoffenverwijdering. Was een vestiging aan het water gelegen, dan verdwenen de ongerechtigdheden in het water.
De problemen die deze handelwijze met zich brengt zijn al uitvoerig aan de orde geweest. Ook de vele epidemieën die de mensheid hebben geteisterd waren een gevolg van een onvoldoende scheiding tussen lozing in oppervlaktewater en het gebruik ervan als drinkwater.

DRS. J. VAN DER LAAN
WMN, Utrecht

Waren er geen waterlopen in de omgeving dan verdwenen de restanten van de welvaart al of niet via een kuil in de bodem. Als we de nieuwsmedia mogen geloven had het achter ons liggende jaar veel weg van het jaar van de bodemverontreiniging. Met een kleine variatie op een gezegde van een bekende conferencier zou men kunnen stellen:

'Het grondwater is nog niet verpest, maar er wordt aan gewerkt'.

Nu zijn het niet alleen de waterleidingbedrijven die belang hebben bij een constante doch bovenal betrouwbare kwaliteit van het grondwater; het geldt evenzeer voor particulieren, de voedingsmiddelensector en voor agrarische doeleinden, al zullen de normen voor wat betreft de verschillende gebruiksdoelen kunnen verschillen.

Hoe komt het, dat de gevolgen van lozingen e.d. in de bodem nu met regelmaat bekend worden ?

— Het waarnemen van een verontreiniging in het grondwater is minder eenvoudig dan in rivierwater, daar het in het laatste geval dikwijls zintuiglijk of via een eenvoudige monsterneming kan worden vastgesteld (reuk, vissterfte).
Om van grondwater een monster te kunnen nemen dient meestal op de gewenste plaats een put (waarnemingsfilter) aanwezig te zijn. Het water zelf is zonder meer niet zichtbaar. Een grondwaterverontreiniging manifesteert zich meer als een sluipend gevaar.

— Een ander punt is de geringe verplaatsingssnelheid van het grondwater (ca. 10 meter per jaar) onder de hier geldende omstandigheden. Afgezien van allerlei fysische, chemische en biologische processen in de bodem zal een verontreiniging zich ten hoogste met de snelheid van het grondwater kunnen verplaatsen en een verontreiniging op enige afstand van een winput kan dus vele jaren onderweg zijn. Ingeval van de Rijn ligt de verplaatsingssnelheid van het water in de orde van 1 meter per seconde.
Na een ongeluk kan de rivier weer vrij snel 'schoon' zijn.

— Hoewel een bodemverontreiniging meestal nabij het aardoppervlak een aan-

Afb. 1 - Ongecontroleerd storten.

vang neemt, kan een winning veel dieper en bijvoorbeeld onder minder doorlatende lagen zijn gesitueerd waardoor de gevolgen van een verontreiniging voor het aldaar gewonnen water meestal minder ernstig zijn en het zeer lang kan duren voor een en ander wordt onderkend.

— Verder spelen de laat op gang gekomen industrialisatie in Nederland en de tot voor kort summiere mogelijkheden om organische stoffen in water te analyseren nog een aanzienlijke rol.

2. Indicaties grondwaterverontreiniging

Praktisch elke bodemverontreiniging heeft na verloop van tijd invloed op de kwaliteit van het grondwater.
De vraag rijst of de waterleidingbedrijven een te groot vertrouwen hebben gehad in het supergrote langzame zandfilter, dat watervoerend pakket wordt genoemd.
Mogelijk dat het hier en daar het geval is geweest, maar reeds in 1954 is er onder auspiciën van de Raad van Bijstand van de in KIWA-verband Samenwerkende Waterleidinglaboratoria een KIWA-mededeling uitgegeven, samengesteld door wijlen dr. R. D. Mulder en die handelde over de verontreiniging van grondwater.
Vooral in het buitenland, waar de industrialisatie eerder op gang was gekomen, waren al vele voorbeelden bekend, waaronder de gevolgen van lozing van zuren, aromaten, zware metalen en arsenicumverbindingen. Het drinken van met arsenicum vergiftigd grondwater heeft in Italië en Zuid-Afrika enkele tientallen doden tot gevolg gehad.
In Nederland waren naast het aantrekken van brak water van mariene oorsprong slechts enkele kleine voorvallen bekend. Het enige geval dat hier wat meer bekendheid heeft gekregen is de verontreiniging van het grondwater op de Liebergerheide ten oosten van Hilversum door infiltratie van deels gezuiverd rioolwater.
De vorengenoemde mededeling eindigt met een negental conclusies waarvan enkele u niet zullen worden onthouden:

— het beschermen van grondwater tegen chemische en bacteriologische verontreiniging door het creëren van beschermde gebieden rond de waterwinplaatsen is in vele landen van Europa verder gevorderd dan in Nederland.

— De voortschrijdende industrialisatie in Nederland vormt, wanneer niet tijdig maatregelen worden genomen, in steeds toenemende mate een bedreiging voor de zuiverheid van het grondwater van onze waterleidingbedrijven.

— Bij het ontwerpen van uitbreidingsplannen en bij het verwijderen van afvalstoffen en rioolwater van bestaande kernen dient meer dan voorheen aandacht te worden besteed aan het zuiver houden van het grondwater.

Het zijn stuk voor stuk problemen waar wij nu – 25 jaar later – dagelijks de kwalijke gevolgen van ondervinden.
Door het merendeel van de bevolking werden deze zaken niet onderkend en werd rustig voortgegaan met het 'losbandige leven' ten aanzien van Moeder Natuur.
In de volgende hoofdstukken zal worden ingegaan op de kwaliteit van de neerslag en het grondwater en op de invloed van verontreinigingen, hetgeen aan enkele praktijkvoorbeelden zal worden toegelicht. Ook aan de te nemen maatregelen zal aandacht worden besteed.

3. Natuurlijk grondwater

De kwaliteit van het grondwater wordt enerzijds bepaald door de neerslag en anderzijds door de bodem, waarmee het water in aanraking is geweest.

3.1. *Kwaliteit neerslag*

Het zoete grondwater in ons land is hoofdzakelijk afkomstig van de neerslag en in mindere mate van infiltratie vanuit waterlopen. Het laatste speelt al enkele eeuwen een rol op plaatsen waar diepe polders of droogmakerijen naast de rivier of iets dergelijks zijn gelegen.
De neerslag in ons land bedraagt ca. 750 mm per jaar, hetgeen overeenkomt met 30 x 10^9 m^3/a.
Het regenwater is dus na de aanvoer van de grensoverschrijdende rivieren (ca. 80 x 10^9 m^3/a) de belangrijkste leverancier van zoet water.
Het grootste deel van de neerslag bereikt echter het grondwater niet, doch verdwijnt weer door verdamping. De nuttige neerslag, dat wil zeggen het deel dat aan het grondwater ten goede komt, bedraagt op de hogere zandgronden gemiddeld 300 mm waterschijf.
In het laaggelegen deel van ons land wordt het meeste regenwater uitgeslagen en via de boezems naar de zee afgevoerd. Naar schatting komt ongeveer 6 x 10^9 m^3/a op de wat hogere gronden tot afstroming waarvan ca. 1,5 x 10^9 m^3 wordt gewonnen en de rest via waterlopen wordt afgevoerd.
Naast de kwantiteit speelt de kwaliteit van het regenwater een rol. Ook in vroegere jaren heeft de neerslag altijd een aantal verontreinigingen bevat.
Een regendruppel zal tijdens het verblijf in de atmosfeer vaste deeltjes (stof) kunnen invangen en gassen aan het water/lucht oppervlak absorberen zoals stikstof, zuurstof en kooldioxide. Sneeuwvlokken zuiveren als het ware de lucht analoog aan het vlokkingsproces.
Verder bevat de neerslag nog wat opgeloste mineralen zoals natrium, calcium, magnesium, chloride en sulfaat.
De som van opgeloste en gesuspendeerde stoffen in de neerslag wordt natte depositie genoemd.
Bij het contact met het aardoppervlak zullen deze stoffen op de bodem of in het oppervlaktewater achterblijven.
Tenslotte komen onder invloed van de zwaartekracht nog deeltjes op de aarde terecht, de zogenaamde droge depositie.
De toenemende industrialisatie en verstedelijking brengen op vele plaatsen een aanzienlijke luchtverontreiniging mee, hetgeen weer van invloed kan zijn op de kwaliteit van de neerslag.
Tabel I, waarin enkele gegevens betreffende de luchtemissies in Zuid-Holland zijn opgenomen, illustreert een en ander.
De hoeveelheden tri- en tetrachlooretheen, die de ca. 1100 dry-cleaningbedrijven in ons land emitteren, bedragen 200 resp. 5000 ton per jaar. Het is duidelijk dat de atmosfeer een aanzienlijke hoeveelheid afvalstoffen te verwerken krijgt.
De met de neerslag meegevoerde nutriënten en spoorelementen kunnen in het geval van een stagnerend en ondiep oppervlaktewater een aanzienlijke bijdrage leveren aan het totaal.
In verband met deze problematiek wordt er sinds enige jaren aanvullend onderzoek gedaan naar de aspecten van de neerslag in gebieden die voor de watervoorziening van belang zijn (regenwaterkwaliteitsmeetnet).
De kwaliteit van het regenwater kan van plaats tot plaats sterk variëren (tabel II).

TABEL I - *Lucht-emissies in Zuid-Holland (1974).*

Zwaveldioxide	200.000 ton/jaar
Stikstofdioxide	60.000 ton/jaar
Alif. koolwaterstoffen (C_4-C_7)	19.000 ton/jaar
Waterstofchloride	3.400 ton/jaar
Tolueen	1.600 ton/jaar
Benzeen	870 ton/jaar
Trichlooretheen	360 ton/jaar
Tetrachlooretheen	270 ton/jaar

TABEL II - *Kwaliteit regenwater.*

		Leersum	Haamstede
Geleidingsvermogen bij 20 °C	in $mS.m^{-1}$	4,5	5,2
pH		4,2	4,6
Chloride (Cl^-)	in mg/l	3	7
Nitraat (NO_3^-)	in mg/l	2,5	0,7
Sulfaat (SO_4^{--})	in mg/l	6	8
Ammonium (NH_4^+)	in mg/l	2,0	0,7
Calcium (Ca^{++})	in mg/l	1,2	2,2
Lood (Pb)	in μg/l	34	15
Zink (Zn)	in μg/l	97	370

Nabij de kust (Haamstede) is het gehalte aan chloride hoger dan in het midden van het land (Leersum). Ook verschillen de hoeveelheden nitraat, ammonium en calcium duidelijk.

3.2. *Kwaliteit grondwater*

Al eerder is gesteld dat het grootste deel van de neerslag verdampt waardoor de concentratie van de diverse bestanddelen toeneemt. De concentratiefactor wordt bepaald door de verhouding neerslag/(neerslag-verdamping) en is afhankelijk van de begroeiing van het terrein.

Voor de Veluwe zijn de volgende waarden bepaald:

zandverstuiving	1,3
bouw-, grasland, loofbos	2,0
heide	2,2
naaldbos	2,6

Het gedeelte van de neerslag dat niet verdampt infiltreert in de bodem, waar allerlei fysische, chemische en biologische processen plaatsvinden.
Tabel III laat voor ondiep grondwater de veranderingen zien, die het water ondergaat naarmate het langer met betrekkelijk schoon zand in contact is geweest. Het kooldioxide, dat vooral in de teeltlaag en kort daaronder wordt gevormd bij allerlei biologische processen, lost bepaalde mineralen zoals calciumcarbonaat langzaam op, waardoor de hardheid en het waterstofcarbonaatgehalte toenemen, hetgeen eveneens van invloed is op de pH en het geleidingsvermogen (uitlogen van de bodem).
Het verhoogde gehalte aan chloride op 34 tot 44 m – m.v. is mogelijk te wijten aan een verontreiniging. Op ca. 54 m – m.v. is het water vrijwel zuurstofloos en kunnen ijzer- en mangaanverbindingen worden gereduceerd en in oplossing gaan.
Voor het diepe grondwater in een vrijwel homogeen zandpakket geldt een analoge redenering.
Op een enkele uitzondering na nemen het geleidingsvermogen, de totale hardheid en het waterstofcarbonaatgehalte toe (tabel IV).
Op 75 meter – m.v. en dieper is het water zuurstofloos (anaeroob) en kunnen ijzer- en mangaanverbindingen in oplossing gaan. Onder de heerende condities reduceert sulfaat tot onder andere sulfide (H_2S) en wordt het ammonium niet meer genitrificeerd tot nitraat.
In het zuurstofhoudende deel van de bodem worden de assimileerbare organische verbindingen vrijwel geheel gemineraliseerd en is het kaliumpermanganaatverbruik laag. In de anaerobe zone zijn deze verbindingen nog niet gemineraliseerd en worden slechts langzaam of onvolledig afgebroken. De oplosbare produkten kunnen dan bijdragen aan het gehalte aan organische stof in het water en globaal gezien neemt dan het kaliumpermanganaatverbruik toe met de diepte.
Verder wordt de kwaliteit van het water sterk beïnvloed door de aard van de grondlagen tijdens de infiltratie en de stroming in de verzadigde zone, hetgeen aan de hand van enkele voorbeelden zal worden verduidelijkt (tabel V).
De pompstations Edese Bos en Leersum onttrekken aeroob tot zwak aeroob grondwater uit een betrekkelijk schone formatie, waarvan de bovenste lagen in de loop der eeuwen zijn uitgeloogd. Dit type water is meestal zacht, het heeft een laag gehalte aan mineralen (laag geleidingsvermogen) en een laag kaliumpermanganaatverbruik. Verder is het praktisch ijzer- en mangaanvrij tenzij mede anaeroob water wordt aangetrokken.
Aeroob water kan van nature enkele milligrammen nitraat bevatten als gevolg van het nitrificatieproces. De volgende winplaatsen onttrekken zuurstofloos water, dat vrijwel geen nitraat bevat (denitrificatie).
Te Amersfoort-Hoevelaken kan anaeroob Veluwewater worden gewonnen onder de Eemkleilaag. Door de lange verblijftijd van het water is de bodem minder uitgeloogd dan in beide vorige gevallen. De hardheid, het waterstofcarbonaatgehalte en het kaliumpermanganaatverbruik zijn dan ook iets hoger, evenals het gehalte aan ammonium en mangaan (ijzer).
Het Ps. Bentveld onttrekt het water aan kalkrijke jonge duinen, waarin plaatselijk veenlagen voorkomen. Het gehalte aan chloride is hier hoger door de invloed van de zee. Verder is het water hard, ammonium- en ijzerhoudend en heeft het een hoger kaliumpermanganaatverbruik.
Het Ps. De Hoge Boom (Kamerik) onttrekt ondiep anaeroob water aan een formatie onder een laagveenpakket. Het gehalte aan opgeloste organische stof (kaliumpermanganaatverbruik), ammonium en ijzer is daardoor relatief hoog. Het hogere chloride-gehalte is waarschijnlijk een gevolg van menselijke activiteiten.
Het Ps. Ruinerwold onttrekt het water op ca. 35 – 65 meter diepte in een gebied

TABEL III - *Baarn. Kwaliteit grondwater versus diepte.*

Diepte in m - m.v.		20	28	34	38	44	54
Geleidingsverm. bij 20 °C	in mS.m^{-1}	7,0	10,5	11,0	11,5	13,0	14,0
pH		5,8	6,0	7,0	7,5	7,8	7,3
Chloride (Cl^-)	in mg/l	11,0	19	23	25	23	17,0
Waterstofcarbonaat (HCO_3^-)	in mg/l	4	13	21	24	36	51
Vrij kooldioxide (CO_2)	in mg/l	13	15	5	2	1	5
IJzer (Fe)	in mg/l	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	2,2
Mangaan (Mn)	in mg/l	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	0,12
Totale hardheid	in mmol/l	0,10	0,14	0,23	0,30	0,41	0,48

TABEL IV - *Laren. Kwaliteit grondwater versus* diepte.

Diepte in m - m.v.		25	40	75	110	150	180
Geleidingsverm. bij 20 °C	in mS.m^{-1}	13,5	16,0	12,5	17,5	24,5	27,0
Kaliumpermanganaatverbruik	in mg/l	< 1	1	1	2	12	14
Chloride (Cl^-)	in mg/l	9,0	9,0	9,5	10,5	11,5	13,0
Sulfaat (SO_4^{--})	in mg/l	14	26	7	4	3	2
Waterstofcarbonaat (HCO_3^-)	in mg/l	45	45	55	98	140	150
Vrij kooldioxide (CO_2)	in mg/l	1	1	2	3	9	10
Ammonium (NH_4^+)	in mg/l	< 0,01	0,03	0,02	0,11	1,2	0,60
IJzer (Fe)	in mg/l	< 0,01	0,05	0,09	0,12	4,9	4,3
Mangaan (Mn)	in mg/l	< 0,01	< 0,01	0,13	0,19	0,49	0,70
Totale hardheid	in mmol/l	0,55	0,65	0,46	0,77	1,08	1,20

TABEL V - *De ruwwaterkwaliteit van enkele winningen.*

		I	II	III	IV	V	VI
Geleidingsverm. bij 20 °C	in mS.m^{-1}	17,0	9,7	24	47	65	32
Kaliumpermanganaatverbruik	in mg/l	1	1	3	10	22	19
Chloride (Cl^-)	in mg/l	12	12	8	32	60	15
Sulfaat (SO_4^{--})	in mg/l	10	6	6	15	50	3
Waterstofcarbonaat (HCO_3^-)	in mg/l	70	34	140	280	330	210
Ammonium (NH_4^+)	in mg/l	< 0,03	< 0,01	0,20	1,8	3,0	0,40
IJzer (Fe)	in mg/l	< 0,02	0,40	0,60	3,4	10,0	7,1
Mangaan (Mn)	in mg/l	< 0,01	0,02	0,13	0,40	0,45	0,25
Totale hardheid	in mmol/l	0,75	0,34	1,10	2,50	3,50	1,60

I. Ps. Edese Bos
II. Ps. Leersum
III. Amersfoort-Hoevelaken
IV. Ps. Bentveld
V. Ps. Hoge Boom (Kamerik)
VI. Ps. Ruinerwold.

waar tot voor kort nog veel hoogveen voorkwam.
Er is praktisch geen mariene invloed. De meeste parameters zijn wat lager dan die van het water te Kamerik.
In verband met de ontvening van het gebied kan het ammoniumgehalte in het opgepompte water na verloop van jaren wat verminderen, indien de watervoerende formatie niet te veel veen bevat en er geen verontreinigingen in het gebied worden geïntroduceerd.
De van nature in het water voorkomende organische stoffen zijn min of meer als eindprodukten te beschouwen van het mineralisatieproces en hebben onder de heersende omstandigheden een zekere persistentie. Hiertoe behoren onder andere de humusachtige verbindingen, die als onschuldig voor de gezondheid worden aangemerkt. Hogere concentraties van deze stoffen geven het water een gele tot bruine kleur.
Behoudens het ijzer en mangaan is het gehalte aan zware metalen in het Nederlandse grondwater over het algemeen laag en levert geen problemen op ten aanzien van de nieuwe EG-richtlijnen.
Ondanks grote verschillen in samenstelling leveren de verschillende soorten grondwater na een betrekkelijk eenvoudige zuivering een goed smakend en betrouwbaar produkt op, alhoewel ook hier smaken kunnen verschillen.

4. **Bodemverontreinigingen**

Vooral aan de kwaliteit van het freatische water is het merkbaar wat de gevolgen zijn van allerlei menselijke activiteiten op of in de bodem.
Daar waar het regenwater infiltreert kunnen ook verontreinigd water en andere vloeistoffen vrij gemakkelijk in de bodem verzinken, zoals beitsvloeistoffen en organische oplosmiddelen.
Verder kan vast afval op of in de bodem door langsstromend regen- of grondwater worden uitgeloogd, waardoor de kwaliteit van het grondwater aanzienlijk kan veranderen.
Vooral de laatste honderd jaar is met de welvaart ook het afvalstoffenprobleem toegenomen.

De hoeveelheid afval die de menselijke samenleving produceert kan met de volgende formule worden beschreven:

$$A = I \sum W_i \cdot p_i$$

waarin:

A = hoeveelheid afvalstoffen

I = aantal inwoners

Wi = het gebruik van een produkt per inwoner (afhankelijk van de welvaart)

Afb. 2 - Volstorten van een zandgat met afval.

p_i = afvalcoëfficient per eenheid van dat produkt (afhankelijk van de technologie).

Landen met een hoge bevolkingsdichtheid en een hoge welvaart kunnen dan ook met het probleem worden geconfronteerd dat zelfs bij het terugdringen van de afvalcoëfficient de verontreiniging van het milieu niet in voldoende mate wordt tegengegaan. Het is dus niet zo verwonderlijk dat vooral in dichtbevolkte delen van ons land zo het een en ander aan problemen met het grondwater naar voren komt of nog zal komen.

4.1. *Aard van de verontreiniging*

De verontreinigingsbronnen kunnen diffuus van aard zijn zoals de neerslag, het agrarisch gebruik van de bodem en soms woonbebouwing of locaal, waaronder stortplaatsen, vloeivelden en dergelijke worden verstaan. Ook calamiteiten vormen een verontreinigingsbron, zij het meestal van tijdelijke aard.
De hoeveelheid afvalstoffen in Nederland bedroeg in 1977 inclusief het havenslib, mest en dergelijke ca. 80 miljoen ton. Het leeuwedeel werd gevormd door havenslib, mest en gier namelijk 60 miljoen ton. Verder:

huishoudelijk afval: 4 miljoen ton
chemische afvalstoffen: 1 miljoen ton.
De door bodemverontreiniging veroorzaakte kwaliteitsverandering van het grondwater kan van verschillende aard zijn en wel chemisch, fysisch of bacterieel.

4.1.1. – chemische verontreiniging

A. afbreekbaar en niet giftig:
effluent huishoudelijk afvalwater, vette oliën

B. afbreekbaar en giftig:
cyaniden

C. persistent en niet giftig:
minerale voedingsstoffen

D. persistent en giftig:
zware metalen, lood, cadmium, chroom, arseen, kwik,
gechloreerde bestrijdingsmiddelen (DDT),
gechloreerde chemicaliën (tetra, PCB's),
nitro-aromaten,
aromatische koolwaterstoffen.

4.1.2. – fysische verontreiniging

Hieronder worden verstaan de thermische en de radio-actieve verontreinigingen. Voor zover bekend spelen deze op het moment nog geen rol bij het grondwater in ons land.

4.1.3. – bacteriële verontreiniging

Een bacteriële verontreiniging van het grondwater treedt hoofdzakelijk op, indien de verblijftijd van het besmette water in de bodem niet voldoende is om pathogene kiemen (virussen) op te ruimen.
Hierbij speelt de afstand tussen de put en de plaats van de verontreiniging een rol, alsmede de aanwezigheid van grove lagen of spleten (karstgebieden), lekke riolen en infiltratieputten, waardoor het besmette water in korte tijd een relatief grote afstand kan afleggen. Het is echter een misvatting te menen dat het grondwater steriel is. Het kan wel degelijk een heel scala aan onschuldige bacteriën bevatten waarvan ook bij de zuivering van het grondwater

TABEL VI - *Nunspeet, invloed bebouwing op de kwaliteit van het grondwater (diepte ca. 30 m - m.v.).*

		I	II	III
Geleidingsvermogen bij 20 °C	in $mS.m^{-1}$	11	65	85
Kaliumpermanganaatverbruik	in mg/l	1	6	8
Chloride (Cl^-)	in mg/l	12	49	110
Nitraat (NO_3^-)	in mg/l	1,3	75	120
Sulfaat (SO_4^{--})	in mg/l	11	60	66
Ammonium (NH_4^+)	in mg/l	< 0,05	0,7	< 0,05
Zuurstof (O_2)	in mg/l	8,1	1,8	2,2
Kalium (K^+)	in mg/l	0,7	12	4,5
Totale hardheid	in mmol/l	0,43	2,6	3,5

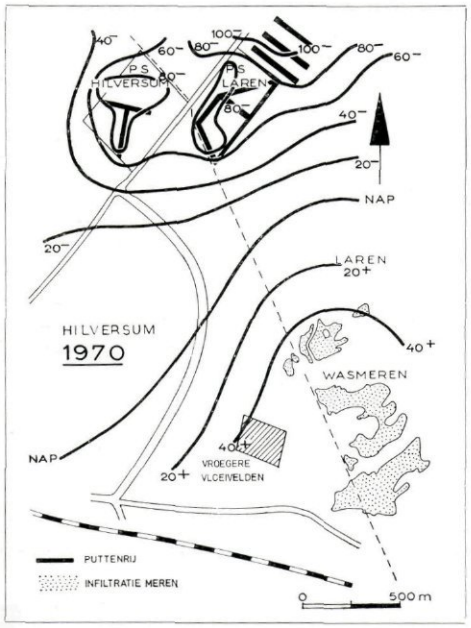
I bovenstrooms bebouwing II en III onder de bebouwing

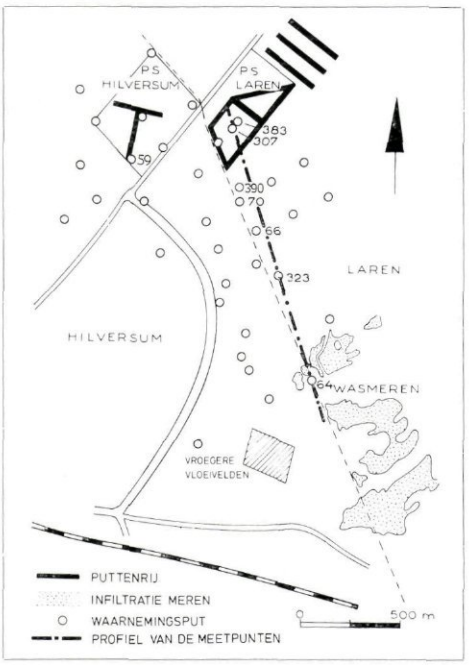
gretig gebruik wordt gemaakt (onder andere nitrificerende bacteriën).

4.2. *Chemisch onderzoek*

Het chemische onderzoek van het grondwater beperkte zich tot voor kort hoofdzakelijk tot de macroparameters en daarnaast werden soms de reuk en de smaak bij de beoordeling betrokken.
De veronderstelling dat de meeste opgeloste organische verbindingen in de watervoerende lagen worden afgebroken, blijkt niet juist te zijn althans op relatief korte termijn. De onder 4.1.1. punt D genoemde groepen staan ook wat betreft de afbreekbaarheid in een kwaad daglicht. Vooral die verbindingen, die weinig interactie vertonen met de bodem, enigszins in water oplosbaar zijn en op grote schaal toepassing vinden, zullen de grootste bedreiging vormen.
Hiertoe zijn te rekenen de ontvettings- en oplosmiddelen, tri- en tetrachlooretheen, 1,1,1 – trichloorethaan, die in de metaal- en verfindustrie en wasserijen worden gebruikt.
Ook de monocyclische aromaten, zoals tolueen, xylenen, die in de verf- en grafische industrie veel worden toegepast, zijn hiertoe te rekenen, evenals sommige olieprodukten zoals benzine en huisbrandolie.

Afb. 3 - Isohypsen van het grondwater.





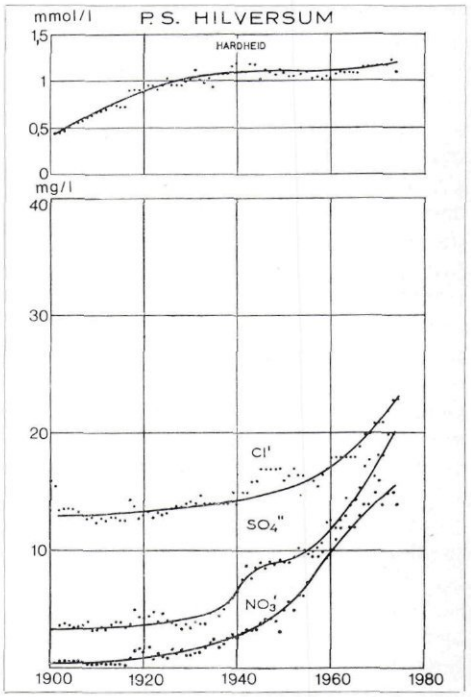
Afb. 4 - Situatie Liebergerheide.

5. **Enkele voorbeelden van grondwaterverontreiniging**

In hoofdstuk 2 werd reeds aangegeven, dat er in 1954 in Nederland maar weinig voorbeelden voorhanden waren van een aanzienlijke verontreiniging van het grondwater. Naast het reeds genoemde geval Hilversum zijn er nu meer plaatsen bekend en blijkt dat praktisch elke oudere bebouwing en vele industrieën hun sporen op het freatische water hebben nagelaten, hetgeen aan de hand van enkele voorbeelden verduidelijkt zal worden.

5.1. *Invloed bebouwing* (Nunspeet)

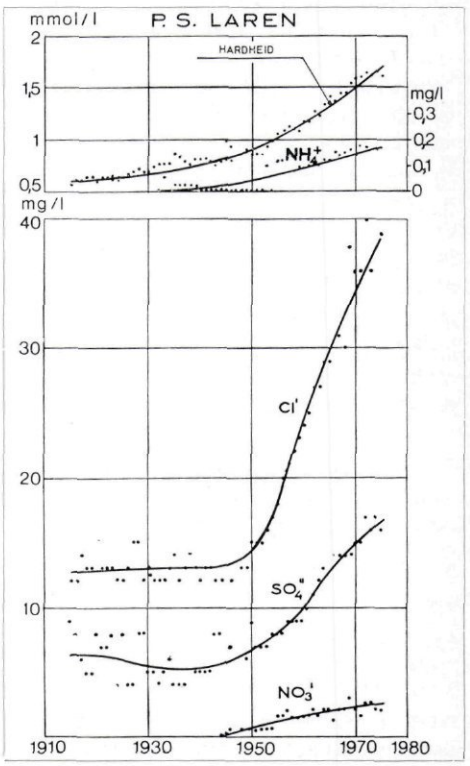
Voor de aanleg van een centrale drinkwatervoorziening te Nunspeet hadden de meeste huizen (en vele nu nog) al van oudsher een eigen voorziening. Daar er vroeger praktisch geen riolering was, werd



Afb. 5 - Waterkwaliteit Ps. Hilversum.

het water na gebruik als afvalwater met de faecaliën via zak- of stapelputten aan de bodem toevertrouwd.
De invloed die een en ander heeft gehad op de kwaliteit van het grondwater in het nog aerobe pakket valt duidelijk uit tabel VI af te lezen. De meeste parameters hebben een aanzienlijk hogere waarde in het verontreinigde grondwater onder de

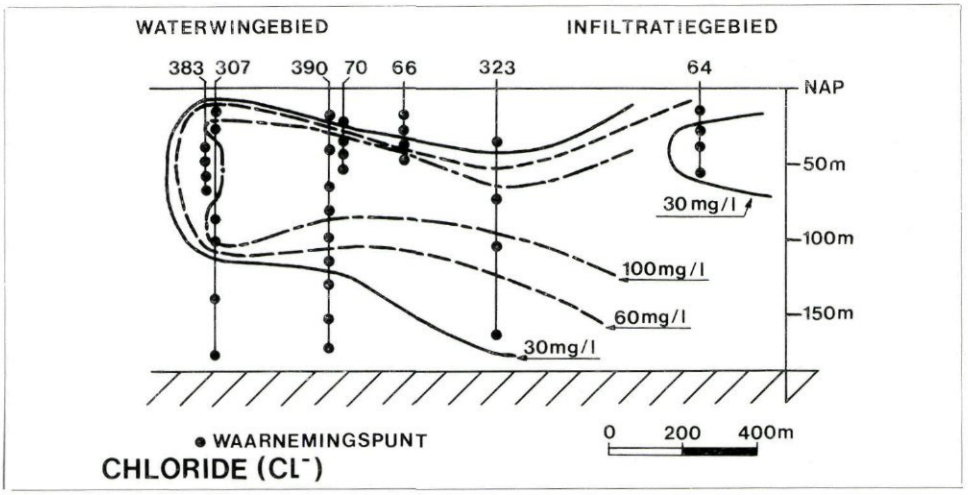
Afb. 6 - Waterkwaliteit Ps. Laren 1.



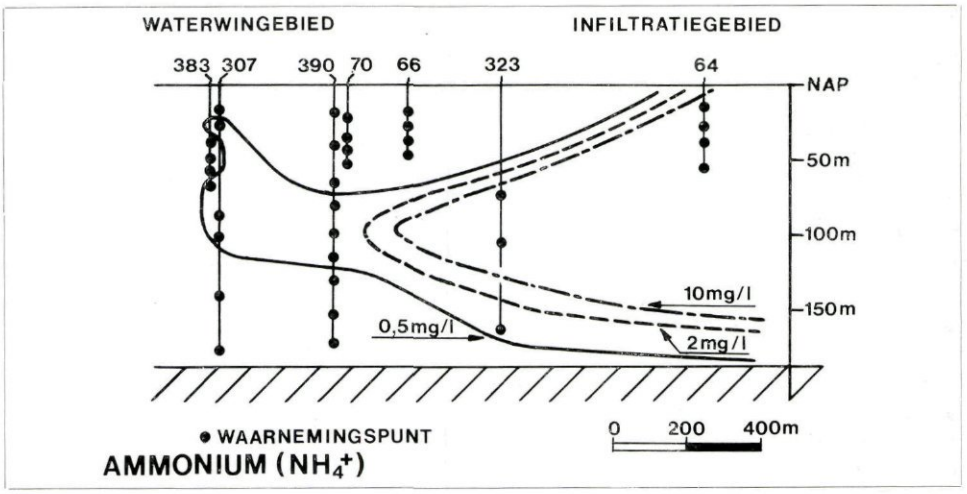
kern van het dorp in vergelijking met het bovenstroomse deel.

5.2. *Infiltratie van afvalwater* (Hilversum)

Van oudsher is het afval van deze gemeente op de heide gedeponeerd. Het vaste afval wordt nu gepast afgevoerd. Een groot deel van het huishoudelijke afvalwater is echter tot voor kort op de Liebergerheide geïnfiltreerd, en wel van 1911 tot 1939 via vloeivelden en daarna via een biologische zuivering en de wasmeren.
In het begin van de dertiger jaren werd door het RID, de gemeente Hilversum, de Gemeentewaterleidingen van Amsterdam (GWA) en de voormalige Utrechtse Waterleiding Maatschappij (nu WMN) een onderzoek ingesteld naar de omvang van deze verontreiniging, daar het isohypsenbeeld (afb. 3) aantoonde dat het water rechtstreeks naar winplaatsen stroomde, die langs de weg Laren–Hilversum waren gesitueerd.
In het begin van de zeventiger jaren is deze situatie na uitbreiding van het aantal waarnemingsputten nader onderzocht (afb. 4).
De analyses van het grondwater ter plaatse van de pompstations Hilversum (GWA) en Laren 1 (WMN) blijken in de loop der jaren duidelijk verschillen te zijn gaan vertonen, ofschoon de waterkwaliteit in het begin van deze eeuw vrijwel gelijk was (afb. 5 en 6).
De waterkwaliteit op het pompstation Hilversum wordt vooral nadelig beïnvloed door de nabijgelegen bebouwing en bedrijfjes, waardoor de in afb. 5 aangegeven parameters een stijgende tendens vertonen. In het nog aerobe pakket wordt praktisch geen ammonium aangetroffen, wel neemt echter het nitraat vrij sterk toe. Verder is dit water verontreinigd door tri- en tetrachlooretheen.
Het water op het pompstation Laren 1 staat onder invloed van de infiltratie van het rioolwater. De hardheid, het gehalte aan ammonium en vooral aan chloride vertonen hier een sterkere stijging. In het deels anaeroob geworden watervoerende pakket worden het nitraat en ook het sulfaat gereduceerd, waardoor de gehalten aan deze stoffen hier lager zijn dan op het pompstation Hilversum.
De afb. 7 en 8 geven een indruk van de verbreiding van het chloride en het ammonium in het watervoerende pakket.
Deze verticale doorsneden geven de situatie weer op de plaats van de streep-stiplijn in afb. 4.
Duidelijk is te zien dat het verontreinigde water bij afwezigheid van minder doorlatende lagen tot op grote diepte in het watervoerende pakket doordringt en dat de neerslag het infiltratiewater langzaam

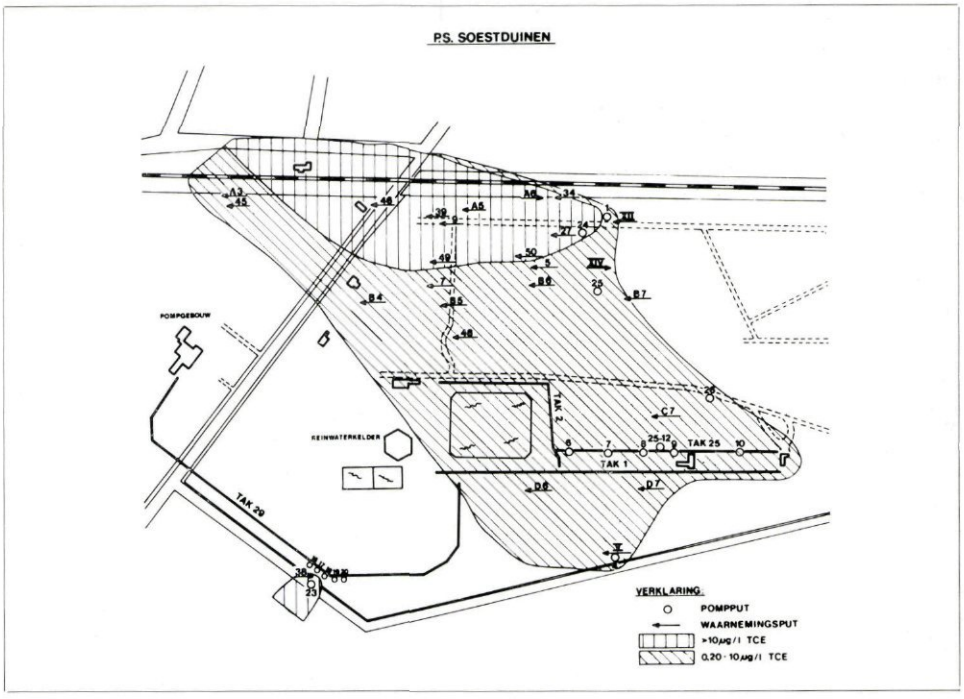


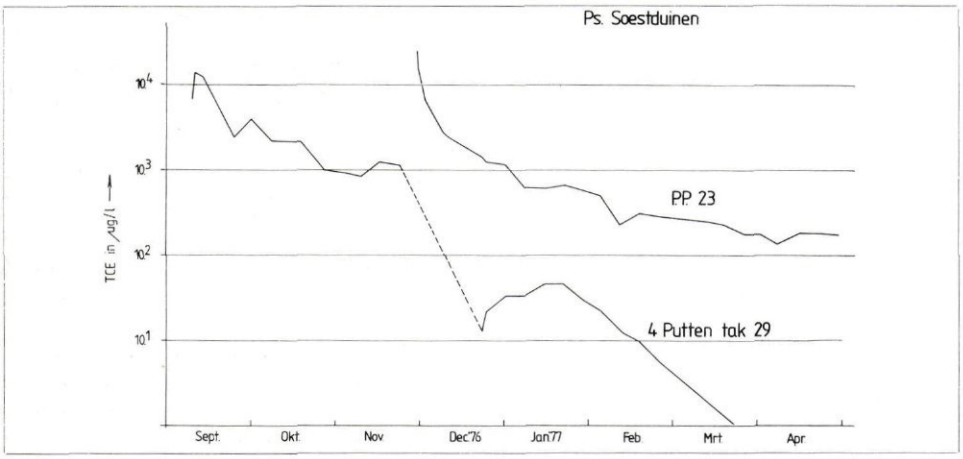
Afb. 7 - Verticaalprofiel met isochloridelijnen.



Afb. 8 - Verticaalprofiel met iso-ammoniumlijnen.

Afb. 9 - Winplaats Soestduinen met verbreiding TCE-verontreiniging.





Afb. 10 - Effect afschermput (23) op het TCE-gehalte van het water in de zuigputten.

naar de diepte drukt. Onder invloed van de betrekkelijk ondiepe winning (25 - 35 m – nap) wordt de 'vuiltong' weer opgetrokken. Het water op het pompstation Laren 1 is momenteel praktisch vrij van vluchtige organochloorverbindingen.
Waarschijnlijk zijn deze dikwijls in het rioolwater voorkomende verbindingen bij de zuivering van het rioolwater verwijderd (intensieve beluchting) of tijdens het verblijf in de wasmeren verdampt.

5.3. *Verontreinigingen door trichlooretheen*

Het Waterleidingbedrijf Midden Nederland werd in 1976 geconfronteerd met de verontreiniging van twee winplaatsen door het oplosmiddel trichlooretheen (TCE) en wel te Soestduinen en te Zeist.

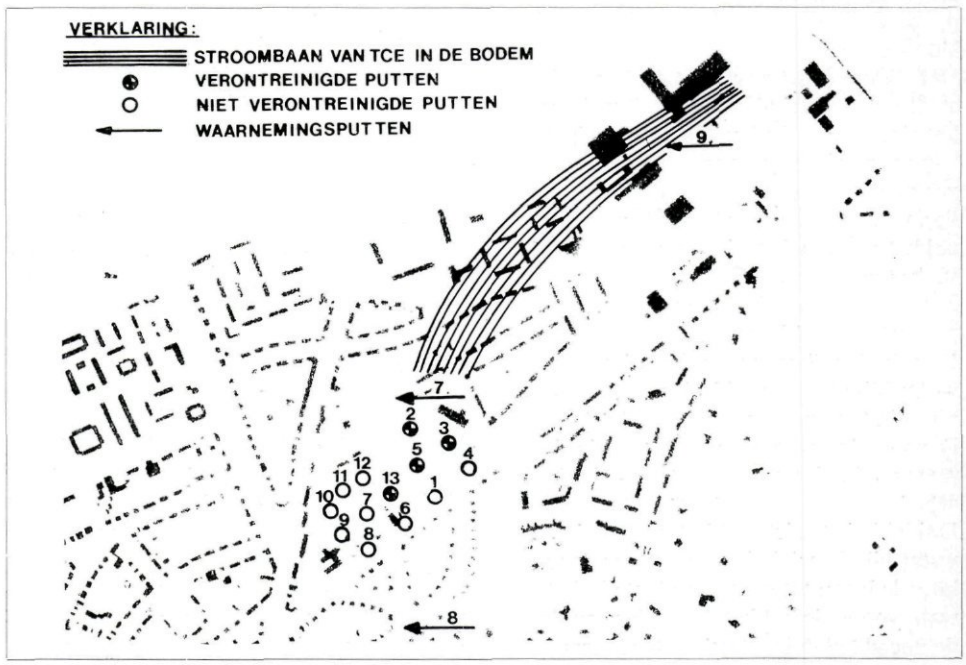
5.3.1. Verontreiniging winplaats Soestduinen

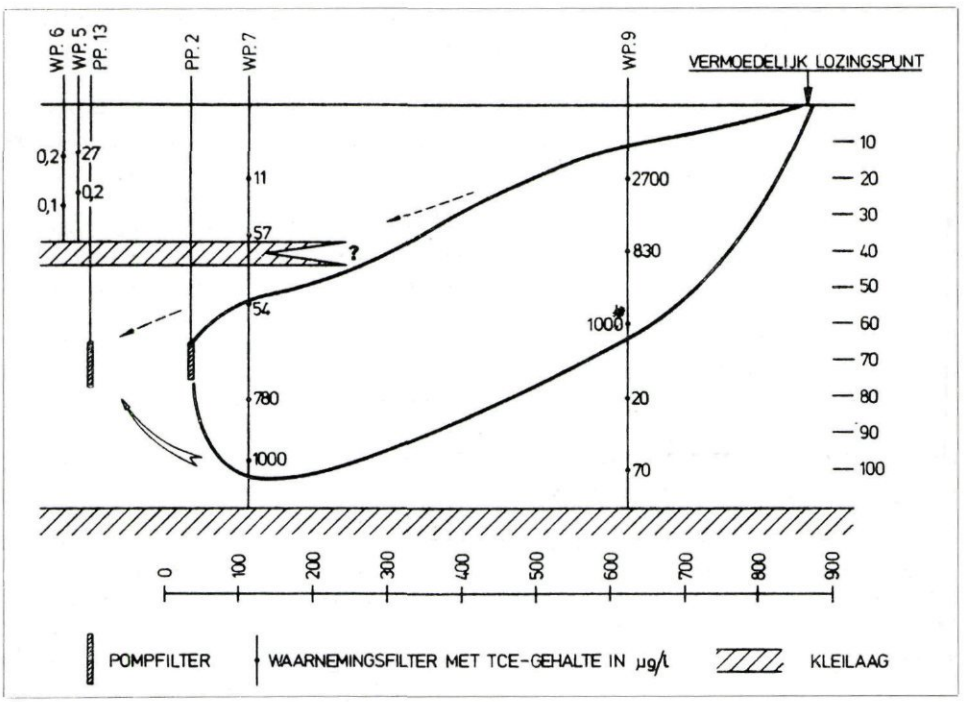
Op deze bijna 100 jaar oude winplaats gaven de normale chemische analyses geen indicatie dat er met de kwaliteit van het grondwater iets ernstigs aan de hand was. Het was dan ook een volslagen verrassing voor het bedrijf dat er bij het twintigsteden onderzoek in de stad Utrecht sporen TCE werden aangetroffen die bij nader onderzoek afkomstig bleken te zijn van de winplaats Soestduinen; één van de drie aan de stad leverende pompstations.
Deze verontreiniging werd veroorzaakt door het lozen van TCE in de bodem op ca. 50 meter afstand van tak 29 (afb. 9) door daar in het verleden gevestigde bedrijfjes.
Het bleek dat het water uit een viertal zuigputten van tak 29 een aanzienlijke hoeveelheid TCE bevatte en dat de verontreiniging zich hoofdzakelijk tot het ondiepe pakket beperkte (< 60 m - m.v.).
Door het inwerkingstellen van een pompput (nr. 23) juist bovenstrooms de zuigputten werd bereikt, dat de laatstgenoemde na verloop van tijd weer voor de drinkwatervoorziening beschikbaar kwamen. (afb. 10).
In de loop van 1977 bleek, dat het water uit pompput 1 nabij de spoorlijn Utrecht–Amersfoort in toenemende mate TCE bevatte.
Aan de hand van het onderzoek aan waarnemingsputten en grondmonsters kon de herkomst ervan worden vastgesteld.
Ook deze verontreiniging beperkte zich tot de eerste 60 meter van het watervoerende pakket en door het plaatsen van drie schermputten (nrs. 24, 25 en 26) loopt de eigenlijke winning geen gevaar meer. Het verontreinigde water uit de schermputten wordt op het moment middels een intensieve beluchting gezuiverd en daarna geïnfiltreerd.
Daar dit water nog ongeveer 0,4 à 0,5 µg/l TCE bevat, is een deel van de in afb. 9 aangegeven verbreidingszone afkomstig van deze infiltratie.

5.3.2. Verontreiniging winplaats Zeist

Naar aanleiding van de verontreiniging op de winplaats Soestduinen zijn de winplaatsen, die freatisch water oppompen waarvan de normale chemische analyse een aanwijzing op verontreiniging geeft, op het voorkomen van vluchtige organochloorverbindingen onderzocht. Naast het aantreffen van sporen TCE op twee winplaatsen bleek vooral het grondwater te Zeist aanzienlijk verontreinigd te zijn.
Al eerder was naar voren gekomen, dat het gehalte aan nitraat en sulfaat in bepaalde putten vrij hoog was. Een en ander werd dan ook geweten aan de door de bebouwing ingesloten ligging van de winplaats (afb. 11). Het woongebied rond het puttenveld is ongeveer veertig jaren geleden op een centrale riolering aangesloten.
Na het gereedkomen van enkele waarnemingsputten in de verdachte strook kon de verbreiding van het TCE in de bodem worden vastgesteld en werd tevens duidelijk van welk bedrijf een groot deel van het nitraat en het sulfaat afkomstig was (afb. 12).
Het water uit de vier meest verontreinigde putten werd na toestemming op het riool afgevoerd. Deze putten werkten dus als afschermput waardoor werd voorkomen dat de andere putten de verontreiniging gingen aantrekken. De ruwwatercapaciteit van het pompstation was om die reden echter met 40 % teruggelopen.
Mede in verband met de hoge kosten van

Afb. 11 - Situatie waterwinplaats Zeist.





Afb. 12 - Verticaal profiel TCE-verontreiniging Zeist.

de lozing heeft het WMN naarstig naar een oplossing door middel van een zuivering gezocht welke werd gevonden in filtratie over geactiveerde kool. Twee jaar na de ontdekking van het TCE te Zeist kon de uitbreiding van de installatie met koolfilters in werking worden gesteld, waarbij de koolfilters alleen het verontreinigde water verwerken.
De afscherming van de niet-verontreinigde putten blijkt nog steeds goed te functioneren.

6. Maatregelen ter bescherming van de grondwaterkwaliteit

Na hetgeen de achter ons liggende jaren naar voren is gekomen bestaat er nu meer behoefte om aan de verontreiniging van bodem en grondwater paal en perk te stellen, zodat de situatie niet verder verslechtert.
In het kader van de cursus zullen hier slechts enkele maatregelen nader worden aangestipt.

6.1. *Bestuurlijke maatregelen*

Voor de bescherming van de bodem en het grondwater zijn een aantal wettelijke maatregelen of verordeningen tot stand gebracht die het voorkomen van een verontreiniging beogen, zoals de Afvalstoffenwet, de Wet op de Bodembescherming en de beschermingsgebieden rond de waterwinplaatsen. Veel zal echter afhangen van het controlesysteem op de naleving ervan. Daar deze maatregelen meestal kostenverhogend werken zullen er altijd wel lieden zijn die een en ander trachten te ontduiken. Voor een tijdelijk voordeel van een enkeling op dat moment kan dan later de gemeenschap opdraaien.

6.2. *Beperking van de gevolgen van een verontreiniging*

Ondanks alle maatregelen die gericht zijn op het voorkomen van een verontreiniging kunnen ongevallen (dikwijls niet gemeld) niet worden uitgesloten. Vele verontreinigingsbronnen zijn nog niet bekend en het is waarschijnlijk dat enkele winplaatsen in de komende jaren nog problemen zullen ontmoeten.
Het is van belang dat ook de waterleidingbedrijven actief worden om verontreinigingen op te sporen, vooral degene die freatisch water winnen, dat over het algemeen weinig natuurlijke bescherming geniet.

Deze maatregelen kunnen inhouden:

— een regelmatig chemisch onderzoek van het water uit de winputten, waarbij ingeval van een ondiepe winning niet alleen de macroparameters dienen te worden bepaald;

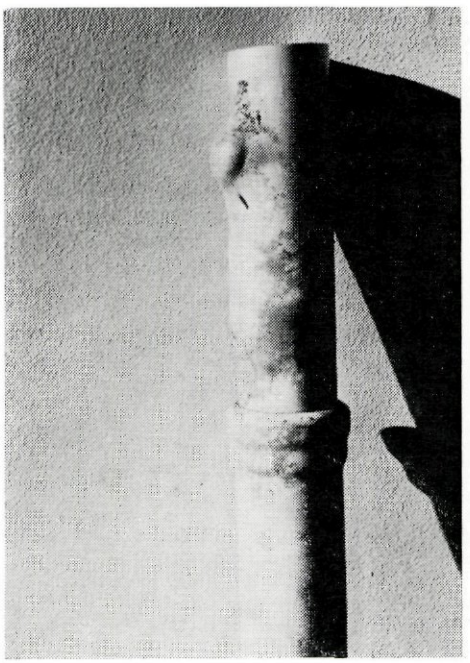
— het onderzoek aan waarnemingsputten rond de winplaats en eventueel op grotere afstand, bijvoorbeeld benedenstrooms een vuilstort of ander verdacht punt;

— een inventarisatie van potentiële verontreinigingsbronnen, zoals industriële activiteiten, opslag van chemicaliën en olieprodukten in de zogenaamde 25 jaarszone. Ook inmiddels verlaten industrieterreinen en rioleringen verdienen de aandacht.
Zo werden bij een dergelijke inventarisatie te Zeist 97 bedrijven aangetroffen, waar voor de drinkwatervoorziening schadelijke stoffen voorhanden waren, waaronder 11 schildersbedrijven en 33 firma's die olieprodukten verhandelden.
Verder werden 547 ondergrondse en 73 bovengrondse olietanks aangetroffen, waarvan 247 ondergrondse geen dienst meer deden.
Daarnaast zijn in samenwerking met de Provinciale Waterstaat van Utrecht de eigen winningen van industrieën en particulieren op het vóórkomen van vluchtige organochloorverbindingen in het water onderzocht.
Van de tot op heden 101 onderzochte punten bleken er 42 positief te zijn, ca. 36 bevatten trichlooretheen waarvan:

10 stuks	0,1 – 1,0 µg/l
15 stuks	1,0 – 10 µg/l
6 stuks	10 – 100 µg/l
5 stuks	> 100 µg/l.

Mede door de aanwezigheid van ruim 100 kleinere en grotere vuilstorten in de provincie loopt de kwaliteit van het grondwater op veel meer plaatsen gevaar dan tot nu toe wordt aangenomen.
Een belangrijk hulpmiddel ten behoeve van de bescherming vormen de grondwaterstroombanen rond de winplaats, die met behulp van een computer kunnen worden berekend en getekend.
Bevindt zich op enige afstand van de winplaats een verontreinigingsbron (vuil-

Afb. 13 - Een door oplosmiddel aangetaste waterleidingbuis.



stort, industriecomplex en dergelijke) dan kan een eventueel noodzakelijk geachte waarnemingsput doeltreffender worden gesitueerd als signaleringsbron.

6.3. *Bescherming leidingnet*

De laatste jaren komt meer en meer naar voren dat de kwaliteit van het reine water in bepaalde transport- en dienstleidingen evenzeer nadelig beïnvloed kan worden. Hierbij dient niet alleen te worden gedacht aan kruisverbindingen en dergelijke. Deze problemen dienen door het treffen van geëigende maatregelen – waaronder een adequate controle door de inspectie van het waterleidingbedrijf – te worden aangepakt. Diverse leidingmaterialen blijken echter gevoelig te zijn voor bepaalde verontreinigingen in de bodem (grondwater). Rubberringen kunnen oplossen in benzine en tolueen, kunststofleidingen verweken onder invloed van bepaalde organische oplosmiddelen hetgeen tenslotte tot lekkages leidt. Verder kunnen er ongewenste stoffen naar binnen diffunderen en zo de kwaliteit van het water nadelig beïnvloeden (smaakklachten).
De meeste leidingen liggen nu eenmaal daar waar veel menselijke activiteiten plaatsvinden, zoals in bebouwde kommen en industrieterreinen. De sterk toenemende verbreiding van olieprodukten en van oplosmiddelen en het langere leidingnet maken de kans op interacties tussen bodemverontreiniging en leiding groter dan vroeger.
Dit aspect verdient dan ook de nodige aandacht.

7. **Slotbeschouwing**

De laatste vijf jaren zijn met de regelmaat van de klok diverse bodem- en/of grondwaterverontreinigingen in de publiciteit gekomen. In het vorenstaande is ingegaan op de gevaren waaraan de grondstof grondwater blootstaat en op de mogelijke maatregelen die hierin verbetering kunnen brengen.
Het zal u duidelijk zijn dat in dezen ook voor de waterleidingbedrijven een taak is weggelegd, en dat de bedrijven waakzaam dienen te blijven opdat onze goede en in bacterieel opzicht betrouwbare bron – het grondwater – niet verder verslechtert en het ook in de toekomst mogelijk zal zijn deze natuurlijke grondstof te benutten.

Literatuur

Uitgeverij Van Gorcum (1976). *Inleiding in de Milieukunde.*
Gezond drinkwater. Uitgave RID.
Copius Peereboom, dr. J. W. *Chemie, mens en milieu.*
Mulder, dr. R. D. *Verontreiniging van Grondwater* (uitgegeven door het KIWA).
Diverse auteurs. *Rioolwaterinfiltratie en grondwaterkwaliteit in het Gooi.* H_2O (10) 1977, 16-372.
Jonkman, ir. P. *Onderzoek naar de verontreinigingsbron.* H_2O (12) 1979, 7-137.
Laan, drs. J. van der. *Onderzoek naar de verwijdering van TCE uit water.* H_2O (12) 1979, 7-141.
Meinardi, ir. C. R. *De chemische samenstelling van het grondwater van de Veluwe.* RID-mededeling 74 - 4.

● ● ●

Keuringsinstituut voor Waterleidingartikelen KIWA NV

Overzicht van wijzigingen KIWA-keur en KIWA-attest

Overzicht van wijzigingen in *het derde kwartaal van 1981* van de lijst van fabrieken die gerechtigd zijn tot het voeren van *KIWA-kwaliteitsverklaringen.*

I **KIWA-keurmerkovereenkomsten**

1. **Afsluiters**
Gietijzeren schuifafsluiters volgens Kwaliteitseisen nr. 3.
Vervallen is: 2. Asselbergs Holland NV te Bergen op Zoom (idem in de rubrieken 9.2, 17.b.8 en 42.2).

10. **Closets**
a. Closetcombinaties, bestaande uit closetpot met aangebouwde stortbak en bijbehorende vlotterkraan volgens Kwaliteitseisen nr. 43 (*1e herziening*).
Wijzigen: 10. Sarreguemines Batiment te Vitry-le-François, Frankrijk (53).

14. **Fittingen (knel-)**
Knelfittingen voor de verbinding van koperen pijpen volgens Kwaliteitseisen nr. 67.
Wijzigen: 2. Conex-Sanbra Ltd. te Tipton, Engeland (*39*).
Toevoegen: *33A stalen pijpen en sokken.* Stalen pijpen en sokken voor gas en water met een nominale middellijn van 15 mm tot en met 110 mm volgens GIVEG-kwaliteitseisen.
1. Neunkircher Eisenwerk AG te Neunkirchen, West-Duitsland.

38. **Stopkranen met aftapstomp**
Stopkranen met aftapstomp behorende bij warmwatertoestellen volgens Kwaliteitseisen nr. 24.
Wijzigen: 1. Fasto BV te Buinen.

45. **Veedrinkbakken**
Veedrinkbakken volgens Kwaliteitseisen nr. 1 (*3e herziening*).
Vervallen is: 3. Lister Landgeräte GmbH te Lüdenscheid, West-Duitsland (44).

II **KIWA-attestovereenkomsten**

3. **Zadels van ongeplasticeerd PVC**
Toevoegen: Zadels van ongeplasticeerd PVC toegepast op buizen van hard PE volgens KIWA-criteria nr. 9.
1. Wavin KLS BV te Hardenberg.

III **Lijst van ondernemingen die de belangen van de buitenlandse KIWA-keur- en -attestfabrikanten in Nederland behartigen**

Wijzigen: 64. Technisch Handelsbureau Zeilstra BV, Standerdmolen 17, Papendrecht.

IV **'Verklaringen van Geen Bezwaar op toxicologische gronden' (VGB)**

Verleend zijn de volgende VGB-nummers:
64. Cyanamer P-35 (Cyaf 5201)
Fabrikant: Cyanamid BV, Coolsingel 139, Rotterdam. Toepassing: chemicalie ter voorkoming van kalkaanslag in zeewaterontzoutingsinstallaties.

65. Cyanamer P-70 (Cyaf 5203)
Fabrikant: Cyanamid BV, Coolsingel 139, Rotterdam. Toepassing: chemicalie ter voorkoming van kalkaanslag in zeewaterontzoutingsinstallaties.

66. Vinoleo 80/2
Fabrikant: Isaac Bentley & Co. Ltd., Naylorstreet, Liverpool L3 6DS, Engeland. Toepassing: glijmiddel ten behoeve van de montage van buisverbindingen.

Nederlandse Vereniging voor Afvalwaterbehandeling en Waterkwaliteitsbeheer

In de begin oktober 1981 aan de leden van de NVA toegezonden convocatie betreffende de op 19 november 1981 te houden vergadering is een van de agendapunten voor de huishoudelijke vergadering het voorstel tot wijziging van de statuten. Daarbij werd opgemerkt dat het besluit tot wijziging van de statuten slechts genomen kan worden indien ten minste de helft van het aantal leden aanwezig is en ten minste tweederde der uitgebrachte geldige stemmen vóór wijziging is.
Indien het vereiste aantal leden niet aanwezig is zal een tweede ledenvergadering, met als enig agendapunt 'voorstel tot wijziging van de statuten' worden gehouden *op 15 december 1981, aanvang 10.00 uur,* in het gebouw van het Zuiveringschap Amstel en Gooiland, Larenseweg 30 te Hilversum. Voor deze ledenvergadering zal geen aparte convocatie worden verzonden. De NVA-leden wordt meegedeeld dat de datum van de tweede ledenvergadering is gewijzigd in:
8 december 1981, aanvang 14.00 uur. De plaats van samenkomst blijft ongewijzigd.