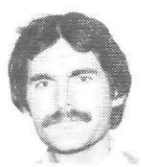
Diep grondwater te Enschede door oxydatie van pyriet bedreigd



P. J. STUYFZAND
KIWA NV



J. H. HEIJNEN
Openbare Nutsbedrijven
Enschede

1. Inleiding

1.1. *Algemene betekenis*

Het hier beschreven geval illustreert hoezeer de grondwaterkwaliteit achteruit kan gaan bij een grondwaterstandsdaling onder bepaalde omstandigheden. Bij het voorkómen en interpreteren van kwaliteitsverslechteringen van grondwater dient hiermee terdege rekening te worden gehouden, vooral wanneer er pyriet- en veenhoudende sedimenten in het hydrologische systeem betrokken zijn (hetgeen in Nederland dikwijls zo is). Onderzoek in het Nederlandse kustduingebied bevestigt dit [Stuyfzand, in voorbereiding]. In het onderhavige geval spelen lekke putten een essentiële rol in de beluchting van pyriet (FeS_2).

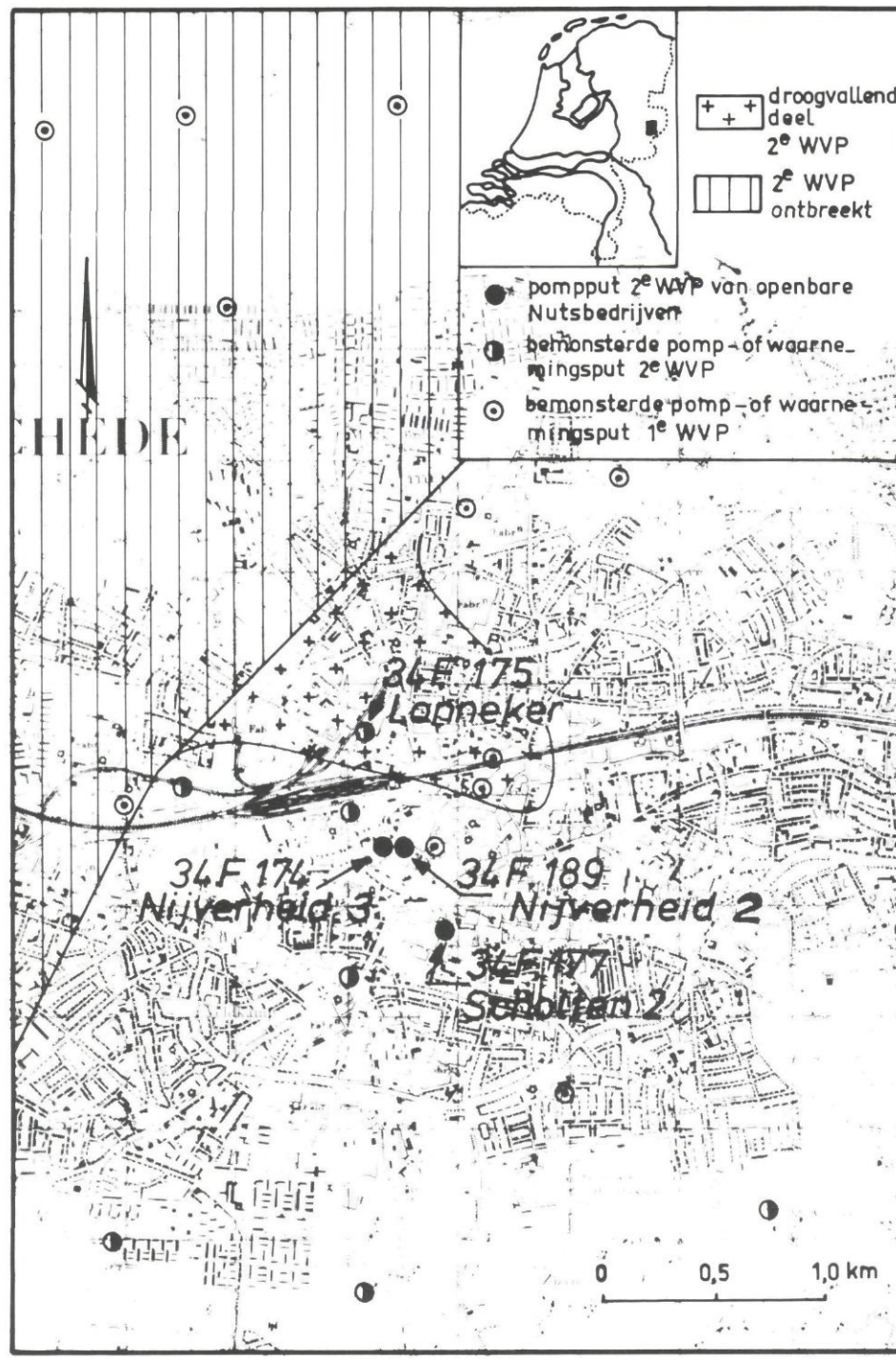
Tot dusver zijn kwaliteitsverslechteringen van het ruwe water van Nederlandse grondwaterpompstations alleen in verband gebracht met:

a) het aantrekken van oorspronkelijk ver gelegen grondwatertypen, bijvoorbeeld zout water onder de Nederlandse kustduinen [bijvoorbeeld Roebert, 1972];

b) een gewijzigd landgebruik [Van Duyvenbooden, 1979; Van der Laan, 1981; Appelo et al, 1982] en

c) een kwaliteitsverslechtering van het voedende regenwater [bijvoorbeeld Trouwborst, 1981] of de voedende waterloop [De Groot & Visser, 1976].

Over gevallen van kwaliteitsverslechtering van grondwater ten gevolge van de oxydatie van pyriet bij een grondwaterstandsdaling is wel reeds gerapporteerd in het buitenland, onder andere door Noisette [1956], Edworthy et al [1978[, Laurent & Henry [1979] en Blaszyk & Gorski [1981].

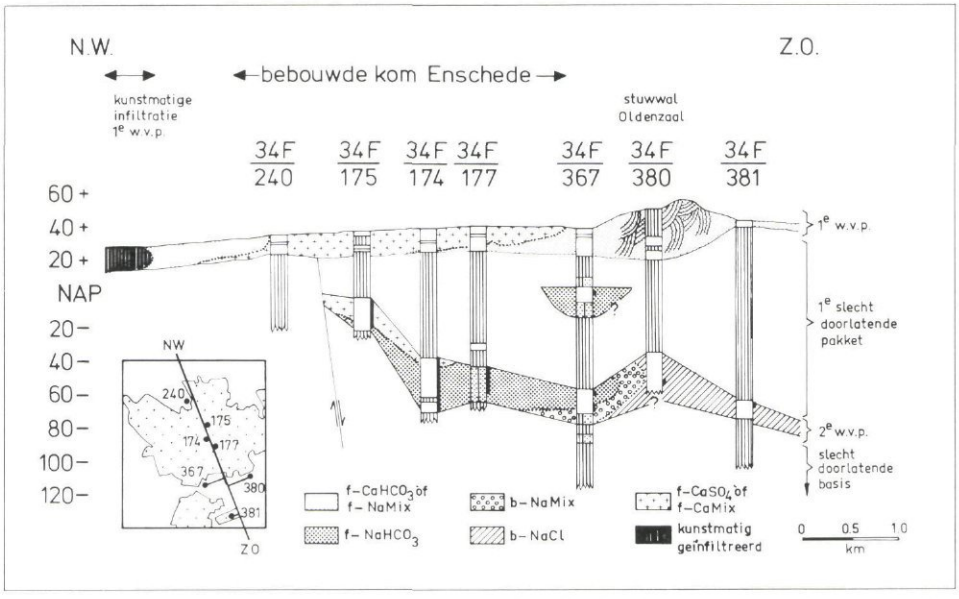


Afb. 1 - Locatie van de 3 diepe pompputten van Openbare Nutsbedrijven Enschede, de diepe pompput 34F.175 van de melkfabriek Lonneker-Haaksbergen en andere bemonsterde putten, alsmede de west-noordwestelijke begrenzing van het 2e watervoerende pakket (WVP) en het droogvallende deel van het 2e WVP bij sterke onttrekking.

1.2. *Aanzet tot onderzoek*

In de jaren zeventig heeft Openbare Nutsbedrijven Enschede drie pompputten van voormalige textielfabrieken overgenomen: de putten 2 en 3 van textielfabriek 'Nijverheid' (RID-code respectievelijk 34F.189 en 34F.174) en put 2 van textielfabriek Scholten (RID-code 34F.177; zie afb. 1). De filters hiervan bevinden zich in het 2e watervoerende pakket onder de stad Enschede, bestaande uit een complex van zandsteenlagen uit het Onder-Krijt (zie afb. 2).

In april 1977 is gestart met onttrekking hieraan ter aanvulling van de drinkwatervoorziening van de stad Enschede. Dit water ondergaat vóór distributie op het pompstation Kotmanlaan een snelfiltratie. In 1979 werd bij de pompputten Nijverheid 2 en 3 een dusdanig sterke toename waargenomen in SO_4- en Fe-gehalte (zie afb. 3), dat men sinds 17 maart 1980 alleen nog aan Scholten 2 water onttrekt. Naar de oorzaak en mogelijke oplossingen van het geschetste kwaliteitsprobleem, alsmede naar de winningsmogelijkheden in de zandsteenlagen en eventuele gevolgen van winning is door het KIWA een onderzoek ingesteld in opdracht van Openbare Nutsbedrijven Enschede. De resultaten hiervan zijn gedetailleerd in 3 deelrapporten beschreven, waarvan het eerste de hydrologische aspecten behandelt



Afb. 2 - Een NW-ZO dwarsdoorsnede van het onderzochte gebied met de verbreiding van watertypen in de watervoerende pakketten (WVP'en) aangegeven. De bebouwde kom van de stad Enschede is in de locatiefiguur van het profiel als gestippeld aangegeven. In de stuwwal van Oldenzaal zijn verschubde structuren ingetekend.
f = zoet water (Cl ≤ 300 mg/l); b = brak water (300 < Cl ≤ 10.000 mg/l); Mix = mengsel van Cl, SO_4 en HCO_3.

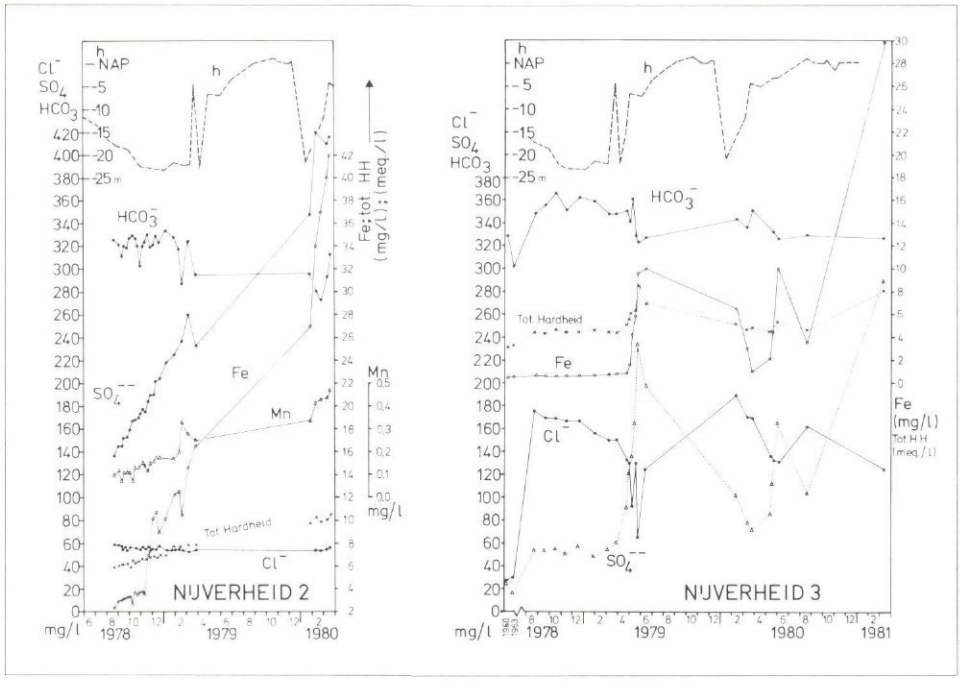
[Philips et al, 1983], het tweede de geohydrochemische aspecten [Stuyfzand, 1982] en het derde de conclusies [Philips & Stuyfzand, 1983].

Dit artikel bevat de hoofdlijnen van het tweede deelrapport. Hierbij zijn de resultaten inbegrepen van intern gebleven onderzoek door Openbare Nutsbedrijven Enschede [Heijnen, 1972] naar de verzuring van grondwater uit hetzelfde 2e watervoerende pakket bij de pompputten van de melkfabriek Lonneker-Haaksbergen (i.c. 34F.175; ongeveer ½ km ten noorden van de pompputten Nijverheid; zie afb. 1).

2. Aard van de kwaliteitsverslechtering

Het kwaliteitsverloop van het door de pompputten Nijverheid 2 en 3 geleverde water is weergegeven in afb. 3. Vooral Nijverheid 2 vertoont een alarmerende verslechtering van de waterkwaliteit in haast constant tempo: de produktiestop van april 1979 tot en met januari 1980 betekent geen halt aan de kwaliteitsverslechtering. Zeer opvallend is het feit, dat Nijverheid 3 nog een redelijke waterkwaliteit levert, wanneer Nijverheid 2 aangeschakeld is, namelijk van augustus 1978 tot en met maart 1979 en van februari 1980 tot en met maart 1980. Is de pomp van Nijverheid 2 uitgeschakeld, dan start evenwel binnen enkele weken een aanzienlijke, analoge kwaliteitsverslechtering bij Nijverheid 3, terwijl het hogere Cl-gehalte van Nijverheid 3 daalt in de richting van het Cl-gehalte van Nijverheid 2! Het lijkt hierdoor welhaast zeker, dat Nijverheid 3 bij uitschakeling van Nijverheid 2 een aantal stroombanen, die naar Nijverheid 2 liepen, oppikt.

Afb. 3 - Kwaliteitsveranderingen in het opgepompte water door de pompputten Nijverheid 2 en 3 (resp. 34F.189 en 174).



De aard van de kwaliteitsverslechtering bij beide putten bestaat volgens tabel I en afb. 3 uit een aanzienlijke toename van het gehalte aan SO_4, Ca, Cl, Na, CO_2, Mg en Fe, een geringe toename van de concentratie van H, K, Mn en NH_4 en een afname van het HCO_3-gehalte.

Uit tabel I volgt tevens, dat (1) de kwaliteit van het opgepompte water door Scholten 2 in 1982 nog nauwelijks is verslechterd, hoewel de langzame toename van de Cl- en SO_4-concentratie (tabel II) wel bedenkelijk is; (2) er bij de pompput van Lonneker al in 1966 een record kwaliteitsverslechtering geconstateerd is; en (3) de aard van de kwaliteitsverslechtering bij alle putten dezelfde is (het oorspronkelijke $NaHCO_3$-watertype verandert in een $CaSO_4$-watertype).

3. Hydrologische randvoorwaarden

3.1. *Geohydrologische opbouw*

De geohydrologische opbouw is geschematiseerd weergegeven in afb. 2. Het 1e watervoerende pakket (voortaan afgekort WVP) bestaat voornamelijk uit Pleistocene zanden. Het wordt gescheiden van het 2e WVP door een dik klei(steen)pakket, bestaande uit afzettingen uit het Tertiair en Onder-Krijt. De c-waarde ervan is bijzonder hoog, namelijk groter dan 10^5 dagen. Het 2e WVP wordt gevormd door een complex van zandsteenlagen met klei-inschakelingen, uit het Onder-Krijt. De gemiddelde dikte ervan is 20 meter, de K-waarde 16 m/d en porositeit circa 20%. Het helt globaal naar het zuid-oosten, heeft een west-noordwestelijke begrenzing als aangegeven in afb. 1 en strekt zich slechts weinig verder noord-, oost- en zuidwaarts uit dan in afb. 1 weergegeven. De verticale randen kunnen op grond van pompproeven als zeer slecht doorlatend worden beschouwd. De slecht doorlatende basis onder het 2e WVP bestaat uit Wealden klei.

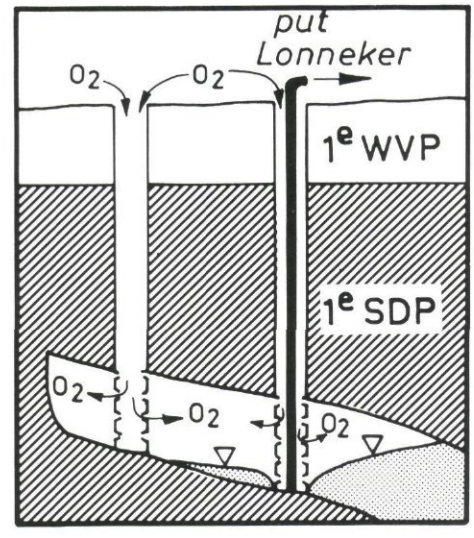
3.2. *Onttrekkingen en stijghoogteverlaging 2e WVP*

Tegen het einde der jaren vijftig startte een vermoedelijk matige exploitatie van het 2e WVP door diverse industrieën, waaronder

TABEL I – *Kwaliteit van het opgepompte water door de putten 34F.177 (Scholten 2), 174 (Nijverheid 3), 189 (Nijverheid 2) en 175 (Lonneker) op zijn slechtst en zijn best (=original), alsmede het verschil hiertussen (△).*

Para-meter	Concentratie in mg/l ori-ginal	34F. 177	34F. 174	34F. 189	34F. 175	△* in mmol/l 34F. 177	34F. 174	34F. 189	34F. 175
datum	1960	1982	1980	1980	1966	–	–	–	–
Cl^-	29	54	125	55	160	+0,71	+2,71	+0,73	+3,70
SO_4^-	17	28,2	290	410	2590	+0,12	+2,84	+4,09	+26,79
HCO_3^-	329	354	327	293	0	+0,41	−0,03	−0,59	−5,39
CO_2	10	11	61	54	–	+0,02	+1,16	+1,00	–
10^5.H**	1,58	1,58	10,0	10,0	10^5	0	+8,42	+8,42	$+10^5$
Na^+	80	110	110	102	–	+1,30	+1,30	+0,96	–
K^+	10	15	16	14,8	–	+0,13	+0,15	+0,12	–
Ca^{++}	34	40	104	142	–	+0,15	+1,75	+2,69	–
Mg^{++}	14	13	34	33	–	−0,04	+0,82	+0,78	–
Fe	0,50	0,39	30,0	40,0	680	−0,002	+0,53	+0,71	+12,17
Mn	<0,05	<0,01	0,36	0,44	2,30	0	+0,006	+0,008	+0,042
NH_4^+	0,35	0,36	0,35	0,97	1,5	0	0	+0,03	110,06
TIC**	5,62	6,04	6,74	6,03	–	+0,42	+1,12	+0,41	–
HH**	1,42	1,53	3,99	4,90	8,70	+0,11	112,57	+3,48	+7,28

**: in mmol/l; TIC = $CO_2 + HCO_3^- + CO_3^-$; HH = Ca + Mg;
*: △ = (latere piek-concentratie)–(originele concentratie).



Afb. 5 - Aanzuiging van lucht via afgepompte en verlaten putten in het NW-deel van het 2e WVP, bij het lokaal droogtrekken ervan.

de textielindustrie een belangrijke plaats inneemt. De onttrokken hoeveelheden in die tijd zijn thans moeilijk na te gaan, omdat in de loop der jaren zeventig vele textielindustrieën failliet gingen. Dat de onttrekking aan het 2e WVP sinds de 2e helft der jaren zestig tot april 1977 moet zijn afgenomen, blijkt uit het stijghoogteverloop in de sinds 1964 verlaten pompput Lonneker (afb. 4).
Van 1970 tot april 1977 vond alleen nog onttrekking plaats aan de put van textielfabriek Tubantia.
Sinds april 1977 onttrekt alleen Openbare Nutsbedrijven Enschede water aan het 2e WVP, hetgeen tot een aanzienlijke stijghoogteverlaging heeft geleid (afb. 4). Deze verlaging is bij Lonneker echter (nog) niet zo groot als vóór 1971. Door de globale zuidoosthelling van het 2e WVP is de grondwaterstand in het meest noord-westelijke deel (onder andere bij Lonneker, zie afb. 1 en 4) vóór 1969 wél en elders (onder andere bij de putten Nijverheid 2 en 3 en Scholten 2) niét tot beneden zijn bovenrand gezakt.

3.3 *Voeding van het 2e WVP*

Beschikbare stijghoogtemetingen in peilputten en verlaten pompputten waren ontoereikend om de locatie op te sporen, waar het 2e WVP in hoofdzaak gevoed wordt. De ruimtelijke variatie in dikte van het 1e slecht doorlatende pakket (zie afb. 2), het breukenpatroon, de verbreiding van watertypen (zie afb. 2) en de resultaten van pompproeven en isotopenhydrologisch onderzoek wijzen echter eenduidig op een (zeer) geringe voeding van het 2e WVP in hoofdzaak in het bij sterke onttrekking droogvallende gedeelte (afb. 1).

TABEL II – *Jaargemiddelden van het Cl- en SO_4-gehalte van het door Scholten 2 opgepompte grondwater.*

Jaar	Parameter N*	Cl^-	SO_4^{--}
1978	5	44	18,6
1979	6	46	20,8
1980	6–7	47	24,9
1982	1	54	28,2

* = aantal waarnemingen.

4. **De oxydatie van pyriet als oorzaak**

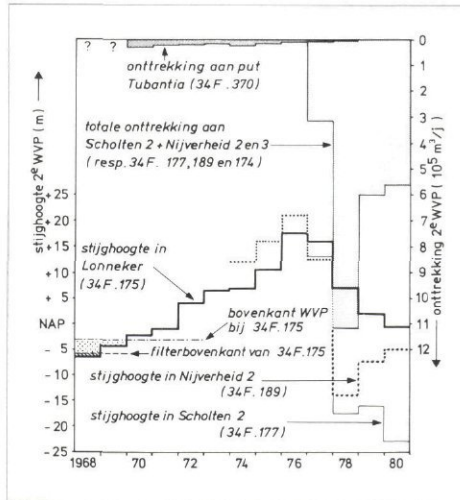
4.1. *Het proces*

Aan de twee voorwaarden voor oxydatie van pyriet (FeS_2) wordt door het bij sterke onttrekking droogvallende deel van het 2e WVP te Enschede (afb. 1) goed voldaan, namelijk (a) het voorkomen van fijnkorrelige pyriet: dit wordt in de meeste boorbeschrijvingen gesignaleerd en is geheel in overeenstemming met het lagunaire afzettingsmilieu der betrokken sediment-(gesteente)en [Wolburg, 1969]; en (b) de expositie aan lucht: hoorbaar fluitend werd in 1963/64 lucht de buitenbuis van pompput Lonneker ingezogen, zowel tijdens als na afpomping [Heijnen, 1972].
Dit moet ter plaatse en in de nabije omgeving van deze put het geval zijn geweest, gedurende de jaren zestig tot en met 1968 (afb. 4). In afb. 5 is dit proces geschetst.
Het is vooral uit de landbouw [bijvoorbeeld Van Breemen, 1976] en mijnbouw [bijvoorbeeld Singer & Stumm, 1970; Rasmussen & Willems, 1981] bekend, dat fijnkorrelige pyriet gemakkelijk oxydeert bij beluchting en vooral tot verzuring en sulfaatvorming leidt. De reactie kan worden weergegeven door

$$FeS_2(s) + 7/2O_2 + H_2O \longrightarrow Fe^{2+} + 2SO_4^{2-} + 2H^+ \qquad (1)$$

In het algemeen wordt de concentratieverhoging van Fe(II)-, H- en SO_4-ionen als gevolg van reactie (1) gebufferd (die van SO_4 het minst), door onder andere de complete oxydatie en hydrolyse van ijzer tot Fe(III)-(oxi)hydroxide, oplossing van kalk en silicaatmineralen (bijvoorbeeld veldspaten), vorming van jarosiet (bij pH = 2-4 en Eh > 400 mV; [Van Breemen, 1976]) en gips, transformatie van kleimineralen [Van Breemen, 1980] en kationenuitwisseling met kleimineralen.
Voor een manifestatie van de oxydatie van pyriet in de grondwaterkwaliteit is het essentieel, dat de oxydatieprodukten door een verhoging van de waterstand of een zakkend front water in de onverzadigde zone worden weggespoeld. Aan deze voorwaarde wordt tevens goed voldaan (zie afb. 4).

Afb. 4 - Onttrekkingen aan en stijghoogteverloop in het 2e WVP van 1968 tot en met 1980. NB: Er is sprake van een intreeweerstand van circa 10 meter bij Scholten 2 (1977-heden) en Nijverheid 2 (1977-1979) ten gevolge van afpomping.



4.2. *Koppeling met de geconstateerde kwaliteitsverslechtering*

De kwaliteit van het grondwater in het 2e WVP is blijkens tabel I het meest verslechterd bij 34F.175 geheel in overeenstemming met het daar droogvallen van grote

gedeelten van het 2e WVP (afb. 1 en 5). Bij deze pompput Lonneker is de toename van de Fe- en SO_4-gehalten het meest spectaculair. De molaire Fe/SO_4-verhouding in het water benadert hier die van pyriet. Gelet op de voeding en het droogvallen van het 2e WVP ten noorden en noordwesten van de putten Nijverheid en Scholten is het zeer waarschijnlijk, dat in de jaren zestig en sinds 1977 door deze putten vanuit het noorden en noordwesten water wordt aangetrokken, beïnvloed door oxydatie van pyriet.
De geconstateerde kwaliteitsverslechtering bij de putten Nijverheid 2 en 3 is minder extreem dan bij Lonneker ten gevolge van een aanzienlijke verdunning met goed grondwater van het $NaHCO_3$-type en ten gevolge van een sterke buffering volgens de in par. 4.1. genoemde reacties. Bij Scholten 2 is er (nog) sprake van een zeer goede grondwaterkwaliteit, dankzij de grotere afstand tot het droogvallende deel van het 2e WVP en dankzij het als interceptieput fungeren van Nijverheid 1 en 2. De geringe verhoging van het Cl-gehalte in alle pompputten in tabel I hangt vermoedelijk samen met het aantrekken van geringe hoeveelheden brak water aanwezig in de diepere delen van het 2e WVP.

5. Vervuild water uit het 1e WVP?

Een niet geheel te weerleggen mogelijkheid is, dat er naast de oxydatie van pyriet in het 2e WVP *tevens* vervuild grondwater in het bij sterke onttrekking droogvallende deel van het 2e WVP toetreedt vanuit het 1e WVP onder de bebouwde kom van Enschede, via verlaten, diepe putten en/of verkenningsboringen.
De vervuilde grondwateren in het 1e èn 2e WVP onder de stad Enschede zijn immers beide van het f-$CaSO_4$- of f-CaMix-type (zie afb. 2). Het aantal putten en boringen door het 1e slecht doorlatende pakket heen is echter zeer beperkt in aantal en daardoor is het effect van eventuele lekkage waarschijnlijk gering. Daarnaast zijn sulfaatconcentraties als bij de pompput Lonneker (nog) niet in het 1e WVP geconstateerd.

6. Conclusies

In het NW-deel van het 2e WVP onder de stad Enschede is sprake van een voor de drinkwatervoorziening onaanvaardbare toename van de concentratie van vooral SO_4, {Ca + Mg} en Fe in het grondwater. Dit wordt zeer waarschijnlijk in hoofdzaak veroorzaakt door oxydatie van in het 2e WVP aanwezig pyriet als gevolg van het daar droogtrekken van het 2e WVP (vooral in het begin der jaren zestig) en beluchting via verlaten en toen afgepompte putten.
De oxydatieprodukten van het pyriet zijn vervolgens opgelost in percolerend water vanuit het bovenliggende 1e slecht doorlatende pakket en in het grondwater, dat sinds de tweede helft der jaren zestig tot en met 1976 sterk is gestegen. Dit voor drinkwaterbereiding ongeschikte water is nu door de zuidelijk van het drooggevallen deel van het 2e WVP gelegen pompputten Nijverheid 2 en 3 aangetrokken. Door het verlaten van deze putten wordt thans de verder zuidelijk gelegen pompput Scholten 2 bedreigd, daar de putten Nijverheid als het ware als interceptieputten fungeerden.

Literatuur

Appelo, C. A. J., Krajenbrink, G. J. W., Ree, C. C. D. F. van en Vasak, L. (1982). *'Beïnvloeding van de grondwaterkwaliteit in het infiltratiegebied van de noordwestelijke Veluwe'*. Staatsuitgeverij, VROM Leidschendam, Serie Bodembescherming (11), 144 p.
Blaszyk, T. and Gorski, J. (1981). *'Groundwater quality changes during exploitation'*. Ground Water 19 (1), p. 28-33.
Breemen, N. van (1976). *'Genesis and solution chemistry of acid sulfate soils in Thailand'*. Agric. Res. Rep. 848, PUDOC, Wageningen, 263 p.
Breemen, N. van (1980). *'Magnesium-ferric iron replacement in smectite, during aeration of pyritic sediments'*. Clay Mineral (15), p. 101-110.
Duyvenbooden, W. van (1979). *'Diffuse en locale verontreinigingsbronnen en hun effecten op het grondwater'*. H_2O 12 (23), p. 525-529.
Edworthy, K. J., Scott, D. A. and Wilkinson, W. B. (1978). *'Research into the effects of artificial groundwater recharge, Lea Valley, London, England'*. Water Resources Bull. 14 (3), p. 554-575.
Groot, R. de en Visser, A. J. *'Smaakbezwaren van het leidingwater in Zwolle en omstreken'*. H_2O 9 (3), p. 52-56.
Heijnen, J. H. (1972). *'Verzuring waterbron 1 Lonneker Melkfabriek'*. Rapport van Openbare Nutsbedrijven aan afdeling Bouwzaken Enschede (1-6-1972), 2 p. en 1 bijlage.
Laan, J. van der (1981). *'De invloed van verontreinigingen op de kwaliteit van het grondwater'*. H_2O 14 (23), p. 548-556.
Laurent, E. et Henry, J. (1979). *'Evolution qualitative de la nappe du calcaire carbonifère du Tournaisis suite à l'infiltration d'eau de l'Escaut à Pont-à-Chin (Kain). I: Les observations et les types de pollution'*. La Techn. de l'Eau et de L'Assainissement (389), p. 9-16.
Noisette, G. (1956). *'L'analyse physico-chimique de l'eau: sa contribution à l'étude et à l'exploitation de nappes aquifères'*. L'Eau 43 (8), p. 169-178.
Philips, J. G. H., Olsthoorn, T. N. en Boukes, H. (1982). *'Analyse van de problemen en mogelijkheden van de waterwinning uit de Onder-Krijtzandsteenlagen te Enschede; deel A: Geologie en geohydrologie'*. KIWA-rapport SWO-83-201 A, 80 p.
Philips, J. G. H. en Stuyfzand, P. J. (1983). *'Analyse van de problemen en mogelijkheden van de waterwinning uit de Onder-Krijtzandsteenlagen te Enschede; deel C: Samenvatting en evaluatie van de onderzoeksresultaten'*. KIWA-rapport SWO-83-201 C, 20 p.
Rasmussen, K. and Willems, M. (1981). *'Pyrite oxidation and leaching in excavated lignite soil'*. Acta Agric. Scand. (31), p. 107-115.
Roebert, A. J. (1972). *'Fresh water winning and salt water encroachment in the Amsterdam dune water catchment area'*. Geol. en Mijnbouw 51 (1), p. 35-44.
Singer, P. C. and Stumm, W. (1970). *'Acidic mine drainage: the rate determining step'*. Science (167), p. 1121-1123.
Stuyfzand, P. J. (1982). *'Analyse van de problemen en mogelijkheden van de waterwinning uit de Onder-Krijtzandsteenlagen te Enschede; deel B: Geohydrochemie'*. KIWA-rapport SWO-83-201 B, 74 p.
Stuyfzand, P. J. (in voorbereiding). *'Hydrochemistry of the coastal dune area of the Western Netherlands'*. Proefschrift Vrije Univ. Amsterdam.
Trouwborst, T. (1981). *'Bronnen van verontreiniging van grondwater en hun betekenis'*. H_2O 14 (1), p. 4-10.
Wolburg, J. (1969). *'Zum Wesen der alt-kimmerischen Hebung mit einem Überblick über die Muschelkalk- und Keuper-Entwicklung in NW-Deutschland'*. ZDGG (119), p. 516-523.

● ● ●

Colloquium 'Ontwikkeling Bodemreinigingstechnieken'

Het Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer houdt op 5 april 1984 in 'De Reehorst' te Ede een colloquium over 'Ontwikkeling Bodemreinigingstechnieken'.
Doel is om aan opdrachtgevers (in het bijzonder provinciale waterstaten), betrokken bedrijven (in het bijzonder aannemers) en onderzoekers informatie te verschaffen over de 'state of the art' bij bodemreinigingstechnieken en daarbij de knelpunten aan te geven die bij de ontwikkeling en toepassing van bodemreinigingstechnieken optreden.'
Ook kunnen de perspectieven ten aanzien van de toepassing van (nieuwe) technieken worden besproken alsook perspectieven ten aanzien van de verwerking van de verschillende soorten verontreinigde grond.
Het colloquium bestaat 's morgens uit een plenaire vergadering en 's middags uit een drietal parallelle vergaderingen.
Tijdens de parallelle vergaderingen zal aandacht worden besteed aan specifieke bodemreinigingsmethoden.
Vertegenwoordigers van de industrie en onderzoeksinstituten zullen een beeld geven van de door hen ontwikkelde kennis in de vorm van zogenaamde 'posters'. Sprekers zijn:
ir. D. Hoogendoorn (RIVM), over: 'Toepassing van gangbare bodemreinigingstechnieken en scenario's voor verdere ontwikkelingen';
ir. R. T. Eikelboom (VROM), over: 'Overheidsvisie met betrekking tot verdere ontwikkeling van bodemreinigingstechnieken'.
Prof. dr. J. M. Verstraten (GU Amsterdam), over: 'Fysische en chemische kenmerken van de bodem in relatie tot in-situ bodemreinigingstechnieken';
dr. ir. W. H. Rulkens (TNO), over: 'Extractie van verontreinigde grond';
prof. dr. B. Witholt (RU Groningen), over: 'Biotechnologische grondreinigingsmethoden;
ir. F. van Veen (TAUW i.s.m. AVR), over: 'Thermische grondreinigingsprocessen'.
Inschrijving voor het colloquium kan geschieden door inzending van een inschrijvingsformulier, dat verkrijgbaar is bij het Ministerie van VROM, Directie Afvalstoffen en Schone Technologie, Postbus 450, 2260 MB Leidschendam, telefoon: 070 - 20 93 67, toestel 3018 (mevr. J. de Koning).
De inschrijftermijn sluit op 16 maart 1984 of na het bereiken van 150 deelnemers. Na de sluiting van de inschrijftermijn zal bevestiging van de deelneming worden verstrekt.

Verdere inlichtingen: ir. G. van Grootveld (tst. 3317) en drs. M. L. Koen (tst. 2092) van het Ministerie van VROM.

● ● ●