

Strijper Aa-gebied rijp voor bodemsanering door hoge zinkgehalten in grondwater?

Inleiding

Tijdens een landschapsecologisch onderzoek in het stroomgebied van de Strijper Aa (Zuidoost-Brabant, zie afb. 1) bleek dat zeer hoge concentraties van zink in het ondiepe grondwater voorkomen, zowel onder natuurterrein als onder akkerland. De bodems in het gebied zijn in het algemeen zandig en arm aan mineralen. Hoge zinkgehalten in bodem, gewas en dieren in de Kempen zijn onder meer besproken door Denneman e.a. [1987]. Over het voorkomen van zink in grondwater



DRS. B. PEDROLI
Fysisch Geografisch
en Bodemkundig Laboratorium,
Universiteit van Amsterdam



A. J. VAN WIJK
Fysisch Geografisch
en Bodemkundig Laboratorium,
Universiteit van Amsterdam

is weinig bekend. Boumans & Meinardi [1986] behandelen enkele oorzaken aan de hand van een boring van 15 m diepte onder een bos in de Peel, eveneens in arm, zandig materiaal. Zij vonden zinkconcentraties van rond 1 mg/l op 3 m onder maaiveld, en verder met de diepte afnemende waarden. De toetsingswaarde voor sanering, de C-waarde, is 0,8 mg Zn per liter [DGHM, 1983]. Zij schrijven deze hoge concentraties toe aan atmosferische depositie. In ons onderzoek vonden we op verschillende plaatsen in het ondiepe grondwater echter nog aanzienlijk hogere waarden, tot meer dan 10 mg/l.

Dit artikel geeft een overzicht van de door ons gevonden zinkconcentraties in het ondiepe grondwater, en van de verspreiding ervan over het onderzoeksgebied. Hierbij worden tevens andere kenmerken van het onderzochte grondwater in beschouwing genomen. Vervolgens worden kort enkele mogelijke oorzaken van deze hoge zinkgehalten besproken. Tot slot worden aanbevelingen voor verder onderzoek gedaan.

Onderzoeksgebied

Het stroomgebied van de Strijper Aa ligt in de oostelijke Kempen, aan de westrand van de Centrale Slenk [Lekahena, 1983]. De bovenste 1 à 4 m van de ondergrond bestaat uit fijne dekzanden en/of jonger stuifzand. Daaronder liggen tot 10 à 15 m diepte matig fijne zanden met leemlagen (Formatie van Veghel, Formatie van Kedichem).

Samenvatting

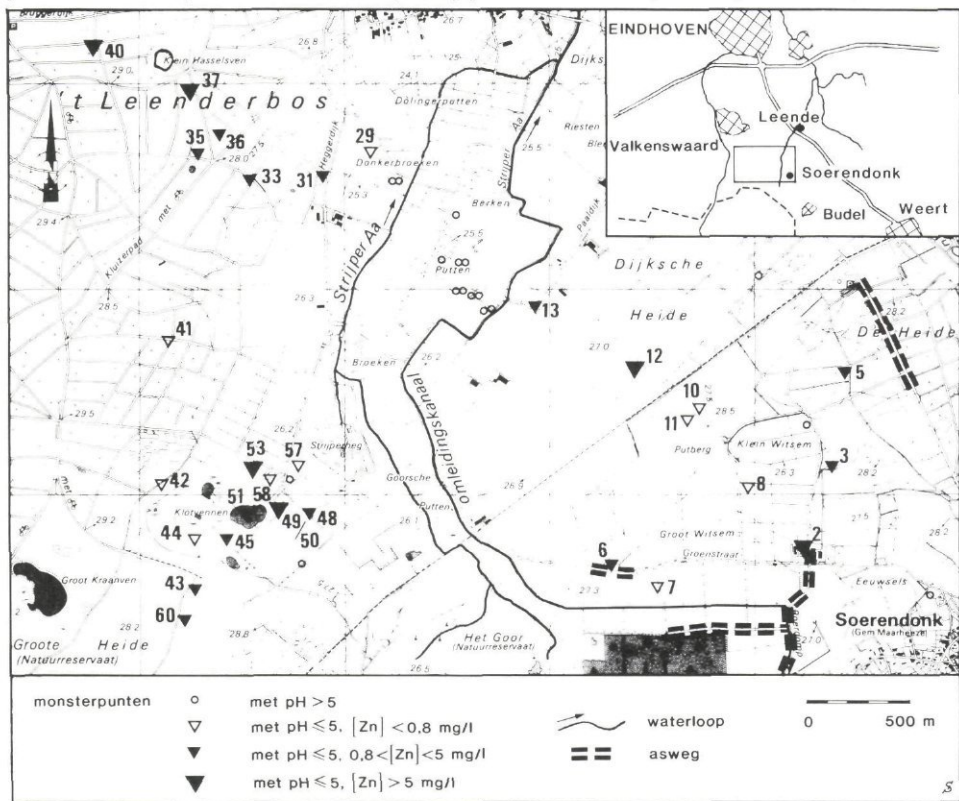
Zeer hoge zinkgehalten komen voor in het ondiepe grondwater in het stroomgebied van de Strijper Aa. In dit gebied in de Oostbrabantse Kempen tussen Valkenswaard en Budel, is het grondwater gedurende anderhalf jaar regelmatig onder meer op zinkconcentraties en zuurgraad onderzocht. Daarbij bleek dat hoge zinkgehalten in het onderzochte gebied vrijwel steeds voorkomen waar het grondwater zuur is ($\text{pH} < 5$). Vooral in natuurterreinen is de zinkbelasting van het ondiepe grondwater op verschillende verspreid liggende plaatsen 5 tot 10 maal groter dan de saneringsnorm (0,8 mg/l). Een verklaring voor de hoogste zinkconcentraties moet gezocht worden in verontreiniging vanwege (voormalige) assenwegen of assendepots afkomstig uit de zinkindustrie. Van de ligging van deze lokale zinkbronnen is de beschikbare kennis gebrekkig. Een tweede oorzaak is de zinkbelasting van het regenwater. Deze kan eveneens leiden tot zinkconcentraties in het grondwater die de saneringsnorm overschrijden. Toenemende bodemverzuring zal leiden tot uitbreiding van het aantal locaties met hoge zinkconcentraties in het grondwater. In verband met de uitgebreide overschrijding van de saneringsnorm voor zink in het grondwater is nader onderzoek naar bronnen en beschikbaarheid van zink en andere zware metalen in het gebied dringend noodzakelijk.

Het onderzochte gebied bestrijkt een oppervlakte van ongeveer 1.000 ha. Het omvat zowel de hogere gronden (tot 28,5 m NAP) als de lagere beekdalgronden (vanaf 24,8 m NAP) in het gebied rond de middenloop van de Strijper Aa (afb. 1). Op de hogere gronden is nog heide te vinden met enkele heidevennen (natuurreserveaat). Overigens is de heide ontgonnen en zijn deze gronden in gebruik als landbouwgrond of productie-bos, meest naalddhout. In het beekdal zijn de natste gronden in gebruik als broekbos.

Delen van het beekdal zijn met behulp van ontwatering in gebruik als akker- of weidegrond.

In het gebied is een 50-tal grondwaterpeilbuizen uitgezet, zo goed mogelijk verdeeld over de verschillende landschapseenheden (zie afb. 1). De pvc-buizen variëren in lengte van 1 tot 4 m beneden maaiveld en hebben een doorsnede van 30 mm. Het filter heeft een lengte van 50 cm en is van kous voorzien. Het filter bevindt zich bij de laagste

Afb. 1 - Ligging van de monsterpunten, met globale aanduiding van gemiddelde pH en zinkconcentraties in het bovenste grondwater. Tevens zijn de ons bekende assenwegen aangegeven (Bron: Haskoning, 1987; eigen waarnemingen).



grondwaterstanden in het algemeen juist beneden de grondwaterspiegel.

Bemonstering en analyse

Vanaf augustus 1986 tot januari 1988 zijn maandelijks monsters van het grondwater in de buizen genomen: elk monsterpunt werd 18x bemonsterd. Ook enkele oppervlaktewateren werden bemonsterd. De bemonstering van de buizen vond, na meting van de peilstand, plaats op de volgende wijze. Met behulp van een handpomp werd het water via een polyethyleenslang van onder uit de buis in een vacuümvasde erlenmeyer gepompt. De buizen werden alvorens tot bemonstering over te gaan eerst geheel leeg gepompt, of, bij snel toestromend water, werd eerst minimaal 2 liter water weggepompt. Het 'verse' water stroomde vanwege de zandige omgeving vrijwel steeds binnen enkele minuten voldoende toe.

De monsters werden in schone polyetheen-flessen verzameld. Van de monsters werden binnen 2 à 3 uur zuurgraad (pH), elektrisch geleidingsvermogen (EGV²⁵) en redox-potentiaal (E_{red}) gemeten. Vervolgens werden de monsters gefiltreerd over een 0,45 µm-membraanfilter en werd van ieder monster een deel aangezuurd met HNO₃ tot pH = 2. De monsters werden koel bewaard in schone 100 cc polyetheenflesjes en gewoonlijk de volgende dag geanalyseerd op macro-ionen en zink.

TABEL I – Bodemgebruik; laagst gemeten, hoogst gemeten en gemiddelde waarden van de zinkconcentraties in het grondwater op de monsterpunten met een gemiddelde pH van 5 of minder (18 maandelijks metingen sept. 1986-jan. 1988).

Nr.	Bodemgebruik monsterpunt	Min. [Zn] mg/l	Max. [Zn] mg/l	Gem. [Zn] mg/l	Gem. pH
2	gem. bos bij akker	3,53 – 10,46		6,80	4,4
3	heide bij grasland	0,63 – 0,98		0,81	4,6
5	Corsikaanse den	1,96 – 2,55		2,28	4,3
6	heide	1,44 – 2,03		1,76	4,5
7	grasland	0,27 – 0,72		0,50	4,7
8	akker	0,38 – 0,98		0,65	4,6
10	heide	0,44 – 1,31		0,72	4,4
11	heide	0,52 – 0,78		0,63	4,4
12	akker	4,58 – 15,69		8,61	4,1
13	berkenbosje	0,34 – 1,76		1,05	4,9
29	elzenbroek	0,13 – 0,47		0,23	4,6
31	larix	0,98 – 1,76		1,39	4,1
33	Corsikaanse den	1,18 – 4,45		1,83	4,2
35	Corsikaanse den	1,63 – 2,09		1,89	4,2
36	kapvlakte	1,05 – 2,29		1,76	4,1
37	Corsikaanse den	3,99 – 9,81		6,91	4,7
40	grove den	3,27 – 16,34		0,67	4,5
41	grove den	0,17 – 0,47		0,25	4,6
42	heide	0,57 – 0,85		0,69	4,4
43	heide	1,31 – 1,57		1,47	4,5
44	heide	0,40 – 0,56		0,47	4,4
45	natte heide	0,46 – 0,98		0,83	4,5
48	akker	0,78 – 1,37		1,10	4,7
49	heide bij akker	4,90 – 7,65		6,14	4,2
50	idem	< 0,01 – 3,27		1,10	4,4
52	heide	0,18 – 0,98		0,74	4,3
53	larix	4,05 – 9,15		7,17	4,1
57	berkenbroek	< 0,01 – 0,65		0,11	4,9
58	natte heide	0,12 – 0,85		0,64	5,0
60	heide	0,78 – 0,92		0,82	4,4
51	Klotven	< 0,00 – 2,48		0,65	4,3

Zinkgehalten in het concentratie-bereik groter dan 10 µg/l werden bepaald van de heldere, gefiltreerde en aangezuurde monsters met een atoom-absorptie spectrofotometer (AAS), bij 213,9 nm in een oxyderende lucht-acetyleen-vlam met achtergrondcorrectie (deuterium-licht).

Ligging van de grondwatermonsterpunten met hoge zinkconcentraties

In afb. 1 zijn de monsterpunten aangegeven met gemiddelde zinkconcentraties van meer dan 5 mg/l, van 0,8-5 mg/l, en de monsterpunten die alleen periodiek hogere concentraties zink vertonen dan 0,8 mg/l. De meeste punten met hoge zinkconcentraties liggen in natuurgebied. Dit houdt verband met de lage pH die onder heide en naaldbos wordt aangetroffen. De oplosbaarheid van zink(-complexen) neemt immers met afnemende pH toe [Stumm & Morgan, 1981]. Onder de meeste landbouwgronden in het gebied is het grondwater minder zuur en worden derhalve minder hoge zinkgehalten aangetroffen. Bij de bepaling van de locatie van de monsterpunten in dit onderzoek speelde het al dan niet aanwezig kunnen zijn van zink geen enkele rol. Opvallend is dat de monsterpunten met hoge zinkconcentraties in het grondwater over het gehele onderzochte gebied verspreid liggen.

Het verband tussen hoge zinkconcentraties in het grondwater en bodemgebruik

In tabel I zijn gemiddelde zinkconcentraties en pH-waarden opgenomen voor de 30 monsterpunten die een gemiddelde pH te zien geven van 5 of minder. Op de 20 andere monsterpunten worden zinkconcentraties gemeten die in het algemeen onder de B-toetsingswaarde van 0,2 mg/l liggen [DGMH, 1983]. Uit tabel I blijkt dat op 18 van de 30 'zure' monsterpunten (60%) gemiddelde zinkconcentraties voorkomen hoger dan de C-waarde, 0,8 mg/l. Op 6 punten (20%) zijn zelfs gemiddelde zinkconcentraties aangetroffen tussen 5 en 10 mg/l. Deze hoogste zinkconcentraties komen voor onder naaldbos (nr. 37, 40, 53) of direct naast danwel onder akkerland (nr. 2, 12, 49). De overige punten met hoge zinkconcentraties liggen onder naaldbos of onder heide. Betrekkelijk lage zinkconcentraties komen voor waar een grote component kwelwater aanwezig is (nr. 29 en 57) en op een enkele locatie onder naaldbos (nr. 41).

Ook in sommige vennen komen periodiek hoge zinkgehalten voor. De watersamenstelling en de zuurgraad in vennen reageert in het algemeen sterk op neerslag en verdamping. In het grootste ven van de Klotvennen (Tabel I, nr. 51) is de gemiddelde

zinkconcentratie weliswaar beneden de C-norm van 0,8 mg/l, maar de variatie in de tijd is groot (zie onder). In het Klein Hasselsven in het Leenderbos zijn de zinkconcentraties daarentegen steeds gering (gem. zinkconcentratie 0,02 mg/l bij gem. pH van 4,4).

Samenhang met andere factoren in het grondwater

Verondersteld kan worden dat de zinkconcentraties in het grondwater verband houden met de totale mineralenbelasting, met het grondwaterpeil en met de zuurgraad. Deze drie kenmerken worden hieronder kort besproken, zowel voor de variatie over het gebied als voor de variatie in de tijd.

Totale mineralenbelasting

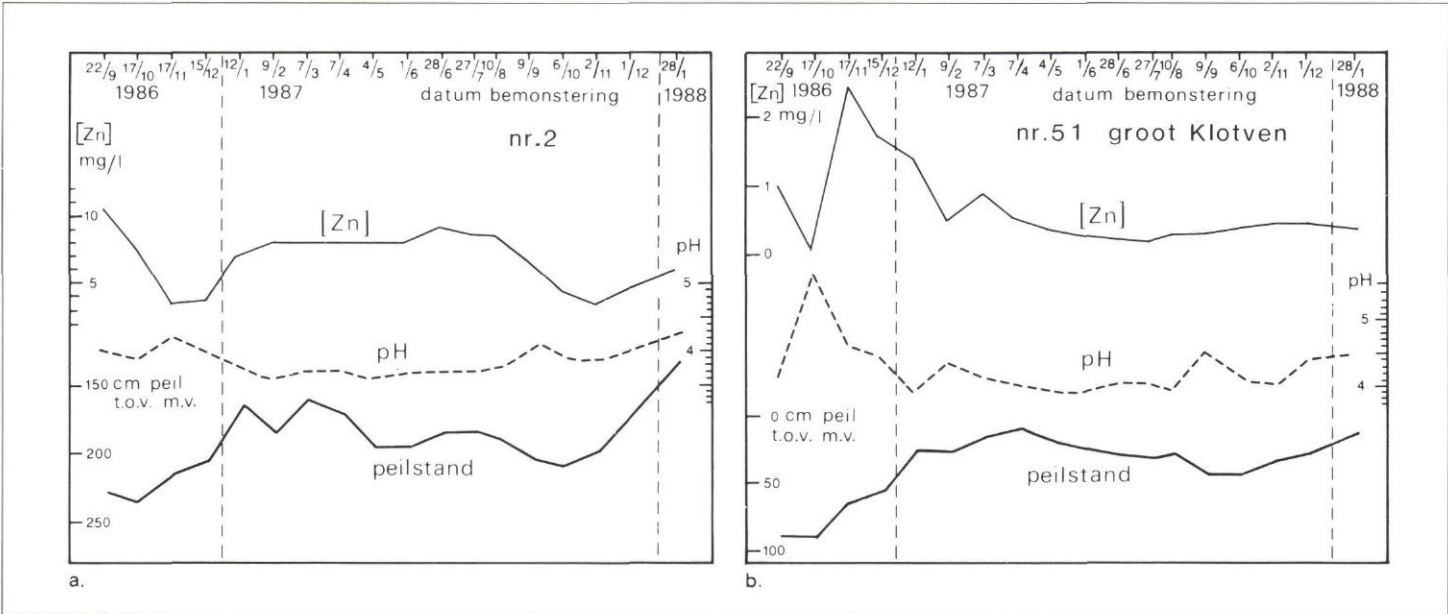
Een verband van de zinkconcentraties met de totale mineralenbelasting van de watermonsters van de verschillende punten is moeilijk vast te stellen. De EGV²⁵ ligt in het algemeen tussen 200 en 1.000 µS/cm. Ook enkele punten met een laag geleidingsvermogen (onder heide, gemiddelde EGV van < 100 µS/cm) vertonen evenwel zinkconcentraties boven de C-waarde (nr. 43, 45). Op de afzonderlijke monsterpunten neemt het zinkgehalte in de tijd echter wel toe met toenemende EGV en vice versa, hetgeen kan leiden tot grote verschillen in de tijd in zinkconcentraties in het grondwater (bijv. nr. 12, Tabel I). In de ruimte is dus het verband tussen EGV en zinkgehalte niet duidelijk, in de tijd wel.

Grondwaterpeil

De grondwaterpeilstand varieert in de ruimte aanzienlijk, en ligt op de verschillende punten tussen 20 cm en 4 m beneden maaiveld. Er zijn zowel diepe als ondiepe grondwaterbuizen waar hoge zinkconcentraties gemeten zijn. Op monsterpunt nr. 40 bijvoorbeeld is het grondwaterpeil steeds dieper dan 320 cm - mv, en op nr. 49 ligt de peilstand tussen 20 en 120 cm - mv. In de tijd reageert het zinkgehalte op de afzonderlijke punten verschillend op een stijging van de grondwaterstand. In de diepere buizen treedt bij stijgende grondwaterstanden verdunning op, zoals bijvoorbeeld bij de hogere najaarsgrondwaterstanden op monsterpunt nr. 2 waarneembaar is (afb. 2a). In de andere buizen is een duidelijk verband afwezig. In de ruimte is dus een verband tussen grondwaterdiepte en zinkgehalte afwezig, in de tijd is daar wel sprake van.

Zuurgraad

Zoals al ter sprake is gekomen is er een duidelijk verband aanwijsbaar tussen zinkconcentraties en zuurgraad van het grondwater. De variatie over het gebied laat zien dat aanzienlijke hoeveelheden zink



Afb. 2 - Zinkconcentraties, pH-waarden en peilstanden van het grondwater op de monsterpunten nr. 2 (a) en 51 (b).

slechts voorkomen in grondwater van de monsterpunten waar het water zuurder is dan pH 5. Het verloop in zinkconcentraties en pH in de tijd gaan daarentegen niet steeds gelijk op. Op sommige monsterpunten neemt het zinkgehalte van het grondwater in de tijd toe als de pH daalt (bijv. monsterpunt nr. 2, afb. 2a). De peilstand speelt hierbij echter ook een rol. Het duidelijkst is het verband tussen zuurgraad en zinkgehalte in het water van vennen. Zo werden in het grote Klotven (monsterpunt nr. 51, afb. 2b) de laagste en hoogste waarden (0 resp. 2,48 mg Zn/l) in oktober en november 1986 gemeten, waarbij de pH mede onder invloed van een grote hoeveelheid neerslag daalde van 5,2 tot 4,5. Het is bekend dat zich in het detritus van vennen zware metalen kunnen ophopen [Diemont e.a., 1982], waardoor afname van de pH tot grote toename van de concentraties kan leiden. Het Klotven is grondwaterafhankelijk en ondiep. Het stond in najaar 1986 vrijwel droog. De mobilisatie van zink na regenval in oktober 1986 is begrijpelijk door de grote toename van het wateroppervlak, waardoor de verdroogde venbodem weer onder water kwam. Na de natte zomer van 1987 met geringe afname van het oppervlak van het ven, is een dergelijke mobilisatie niet opgetreden, en reageert het zinkgehalte ook nauwelijks op veranderingen in peilstand of pH.

Zink-oplosbaarheid

Op veel monsterpunten is een verband tussen pH en zinkgehalte echter minder duidelijk of geheel niet aanwijsbaar. We vermoeden dat op dergelijke punten bij beschikbaarheid van ijzer in het grondwater uitwisseling met zink kan optreden in afhankelijkheid van de redox-potentiaal [vgl. Sajwan & Lindsay,

1986]. Wanneer in navolging van Lindsay [1979] de zinkconcentraties gecorrigeerd voor de activiteit van het zinkion worden uitgezet tegen de H⁺-concentraties blijkt dat in de door ons bestudeerde grondwater-monsters de oplosbaarheid van zink volledig geregeerd wordt door het bodemsysteem waaruit het grondwater is betrokken. Zink komt hierbij voor als tweewaardig kation. De oplosbaarheid van zinkmineralen als ZnCO₃ en Zn(OH)₂ speelt geen rol van betekenis. De complexe verbanden die de oplosbaarheid van zink in het beschouwde grondwater bepalen worden op dit moment verder onderzocht.

De variatie in de tijd van zinkconcentraties in het grondwater gedurende de 1½ jaar van onderzoek ligt op de meeste punten rond een factor 1½ à 2 tussen laagste en hoogste gemeten waarden (tabel I). Op verschillende punten is de variatie echter groter. Uit bovenstaande kan geconcludeerd worden dat een verklaring voor deze variatie gezocht moet worden in een combinatie van factoren, waarbij vooral pH, totale mineralenbelasting (EGV), ijzerbeschikbaarheid en redoxpotentiaal in beschouwing moeten worden genomen.

Oorzaken

1. Atmosferische depositie

Aangezien de geologische afzettingen in het onderzoeksgebied nauwelijks of geen zink bevatten, is de eerst te beschouwen bron van zink in het grondwater het regenwater. Het door ons ter plaatse in de maanden nov. '87 - febr. '88 opgevangen regenwater heeft een zinkgehalte van 0,08 - 0,15 mg/l bij een pH variërend van 4,2 tot 5,0. Deze waarden wijken niet af van de waarden gehanteerd

door Boumans & Meinardi [1986]. Het betreft hier voornamelijk de natte depositie. Bij een indampfactor van 2 (hei) à 5 (dicht bos) kunnen hiermee zinkconcentraties tot ± 1 mg/l verklaard worden [vgl. Boumans & Meinardi, 1986]. Hierbij moet worden aangetekend dat in de recente jaarrapporten over de chemische samenstelling van de neerslag over Nederland [KNMI/RIVM, 1986, 1987] een significant neerwaartse tendens wordt gesignaleerd in de zinkdepositie sinds 1978 tot en met het meetjaar 1985. In 1985 werd op station Eindhoven, 20 km noordelijk van het onderzoeksgebied, een gemiddelde depositie gemeten van 0,04 mg Zn/l [KNMI/RIVM, 1987].

Een aanwijzing dat er wel sprake is van een diffuse bron zoals depositie, ligt in het uitgebreide voorkomen van hoge zinkconcentraties in het gehele onderzochte gebied. Mogelijk kunnen de zinkconcentraties van het grondwater op de punten nr. 3, 7, 8, 10, 11, 13, 29, 31, 33, 35, 36, 41, 42, 44, 45, 52, 57, 58 en 60 (19 van de 30 onderzochte punten met zuur grondwater) beschouwd worden als 'natuurlijke' zinkbelasting van het grondwater. We gaan dan wel uit van vrij hoge indampfactoren en een mogelijke aanzienlijke bijdrage uit droge depositie, zodat onder open vegetatie zinkconcentraties in het grondwater kunnen voorkomen van ± 0,3 tot 0,6 mg/l, en onder bos van 0,6 tot 1,2 mg/l. Hogere zinkconcentraties moeten evenwel een andere oorzaak hebben. Ook de vrij hoge zinkconcentraties onder heide op de monsterpunten nr. 6 en 43 kunnen niet uitsluitend aan natte depositie geweten worden.

2. Verontreiniging door assenwegen en dergelijke

Het is bekend dat in de Kempen op grote schaal wegverharding is toegepast met behulp van assen en slakken afkomstig van de zink-industrie [Haskoning, 1987].

Deze assen bevatten aanzienlijke residuen van zware metalen, waaronder zink. De ons in het onderzoeksgebied bekende (voormalige) assenwegen zijn in afb. 1 aangegeven. Op kleine schaal zijn op boerenerven en elders mogelijk op nog meer plaatsen assen gedeponeerd. Uit afb. 1 blijkt echter dat slechts op enkele plaatsen beïnvloeding van het grondwater op de monsterpunten mogelijk is door de ons bekende assenwegen. Aangezien de laterale stroming van het bovenste grondwater gering is [De Laat, 1980] zijn verhoogde zinkconcentraties niet verder dan enkele tientallen meters van de bron te verwachten, althans niet in het bovenste grondwater.

Mogelijk zijn de hoge zinkconcentraties in het grondwater van de monsterpunten nr. 2 en 6 te verklaren door verontreiniging in de omgeving van ons bekende assenwegen, uiteraard in combinatie met de heersende bodem-pH condities.

3. Onbekende oorzaken

De oorzaak van de hoge zinkbelasting van het grondwater van ten minste de monsterpunten nr. 5, 12, 37, 40, 43, 48, 49, 50 en 53 is onduidelijk. Invloed van bemesting lijkt te kunnen worden uitgesloten. In het Leenderbos is bij de aanleg van het bos in de jaren dertig weliswaar gebruikgemaakt van bemesting met Thomas-slakkenmeel, afkomstig uit de ijzer-industrie, maar hierin hebben naast fosfaat en kalk slechts kleine hoeveelheden sporenelementen gezeten, met name mangaan. Het mangaangehalte van het grondwater op de genoemde monsterpunten is echter niet hoger dan op andere punten. Grote invloed van het gebruikte Thomas-slakkenmeel op de zinkconcentraties in het grondwater is derhalve zeer onwaarschijnlijk. Ook landbouw bemesting als bron van zinkverontreiniging van het ondiepe grondwater lijkt ons verwaarloosbaar.

Er moeten in het gebied dus bronnen van zinkverontreiniging voorkomen waarvan de ligging en omvang onbekend is. Het meest waarschijnlijk lijkt ons de veronderstelling dat het gaat om nog onbekende assenwegen en -depots [vgl. Haskoning, 1987].

Discussie

Er is in het onderzochte gebied sprake van een verontrustende situatie, aannemende dat de normwaarden van DGHM [1983] zijn gebaseerd op de te verwachten schadelijke effecten van hoge zinkgehalten in het grondwater.

Atmosferische depositie zorgt in het gebied

voor een zinkbelasting van het ondiepe grondwater die, bij een pH van minder dan 5, tot tweemaal hoger kan zijn dan de hoogste toetsingswaarde voor sanering, de C-waarde. Mogelijk is ook het door ons onderzochte aandeel van droge depositie aan de zinkbelasting van het grondwater aanzienlijk. Hierbij kan gedacht worden aan de nabijheid van de zinkfabrieken in Budel, en in de Belgische Kempen [Denneman e.a., 1987; KNMI/RIVM, 1987]. Nader onderzoek naar emissie en depositie van zink is noodzakelijk. Het uitgebreid voorkomen van hoge zinkconcentraties in het grondwater op zich mag natuurlijk niet leiden tot het wijzigen van de saneringsnorm. Gezien de feitelijk geaccepteerde emissie van zink is een nadere bezinning op deze normstelling evenwel wenselijk.

De aanwezigheid van nog onbekende bronnen van aanzienlijke hoeveelheden zink is onzes inziens aangetoond op verschillende, verspreid liggende plaatsen in het onderzochte gebied (tenminste bij monsterpunten nr. 5, 12, 37, 40, 48, 49, 50 en 53). Aangezien het onderzoek niet was opgezet met als doel het opsporen van hoge zinkgehalten in het grondwater, is de verwachting gerechtvaardigd dat het grondwater op meer plaatsen met zink is verontreinigd. Ook hiernaar is nader onderzoek noodzakelijk.

De concentraties van andere zware metalen als lood, koper en cadmium zijn door ons in dit onderzoek niet in de beschouwing opgenomen. Er moet rekening mee worden gehouden dat op verschillende locaties ook deze elementen de saneringsnorm overschrijden [vgl. Denneman e.a., 1987]. Wij komen hierop in een volgende publikatie terug.

Aangezien zink slechts in het grondwater terecht komt bij lage pH-waarden, is het waarschijnlijk dat zich in bodems waar weinig zure omstandigheden heersen aanzienlijke hoeveelheden zink hebben opgehoopt. Bodemverzuring, door zure depositie of als gevolg van ontwatering, kan derhalve leiden tot een toename van de zinkbelasting van het grondwater. Onderzoek naar de potentiële beschikbaarheid van zink in verschillende bodemtypen in het gebied, tezamen met nader onderzoek naar de evenwichten in het grondwater die van invloed zijn op de zinkconcentraties, is noodzakelijk om inzicht te geven in de te verwachten zinkbelasting van het grondwater in de toekomst.

Literatuur

Boumans, L. J. M. en Meinardi, C. R. (1986). *Hoge zinkgehalten in het ondiepe grondwater van een natuurgebied in de Peel*. H₂O (19) 1986, nr. 12, p. 263-265.
Denneman, W. D., Eijssackers, H. J. P., Faber, J. H. en Ma,

W. C. (1987). *Zware metalen in de Kempen; ecologische aspecten*. Landschap (4) 3, 172-195.
DGMH (1983). *Leidraad bodemsanering*. Directoraat Generaal Milieuhygiëne, Ministerie VROM.
Haskoning (1987). *Rapportage van de aanvullende inventarisatie van assenwegen, -erven en -depots en van de overstromingsgebieden van een aantal door zware metalen verontreinigde waterlopen in Noord-Brabant en Limburg*. Rapport in opdracht van PW Noord-Brabant / PW Limburg.
KNMI/RIVM (1986). *Chemische samenstelling van de neerslag over Nederland. Jaarrapport 1984*. KNMI, De Bilt / RIVM, Bilthoven.
KNMI/RIVM (1987). *Chemische samenstelling van de neerslag over Nederland. Jaarrapport 1985*. KNMI, De Bilt / RIVM, Bilthoven.
Laat, P. J. M. de (1980). *Model for unsaturated flow above a shallow water-table, applied to a regional sub-surface flow problem*. Agricultural Research Reports 895, Pudoc, Wageningen.
Lekahena, E. G. (1983). *Grondwaterkaart van Nederland. Inventarisatierapport GWK-32, Centrale Slenk*. DGV-TNO, Delft/Oosterwolde.
Lindsay, W. L. (1979). *Chemical equilibria in soils*. Wiley, New York.
Sajwan, K. S. and Lindsay, W. L. (1986). *Effects of redox on Zinc deficiency in paddy rice*. Soil Sci. Soc. Am. J., 50, 1264-1269.
Stumm, W. and Morgan, J. J. (1981, 2nd ed.). *Aquatic Chemistry*. Wiley, New York.

Nieuwe normen en praktijkrichtlijnen verschenen

Onlangs zijn bij het NNI de volgende nieuwe normen en Nederlandse praktijkrichtlijnen verschenen:

NEN 6423 – Water: Bepaling van het gehalte aan natrium met behulp van atomaire-absorptiespectrometrie (vlamtechniek);

NEN 6424 – Water: Bepaling van het gehalte aan kalium met behulp van atomaire-absorptiespectrometrie (vlamtechniek);

NPR 6603 – Water en slib: Richtlijnen voor interne kwaliteitsbeheersing met controlekaarten bij chemische analyses;

NEN 6549 – Ketelwater: Fotometrische bepaling van de totale hardheid;

NPR 6537 – Water: Toelichting bij rotaties van koolstofdioxide, waterstofcarbonaat en carbonaat volgens NEN 6486, NEN 6531 en NEN 6532.

Tevens zijn verschenen de ontwerpnormen: NEN 6589 – Regenwater: Potentiometrische bepaling van het gehalte aan totaal anorganisch fluoride met behulp van een doorstroominjectiesysteem;

NEN 6590 – Regenwater: Fotometrische bepaling van het gehalte aan sulfiet met behulp van een doorstroominjectiesysteem. Kritiek op de twee ontwerpnormen wordt ingewacht bij het NNI, vóór 1 juli 1988.

De normen, praktijkrichtlijnen en ontwerpnormen zijn te bestellen bij het NNI, Postbus 5059, 2600 GB Delft, tel. 015 - 69 03 90.