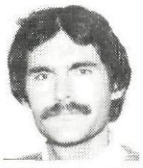
Verzuring van grondwater in kalkarme duinen bij Schoorl, met gevolgen voor sporenelementen

Samenvatting
Zuur, kalkagressief grondwater komt in de van nature kalkarme duinen bij Schoorl voor tot 15 à 20 m-maaiveld, onder een in duinvalleien 1-3 meter dikke onverzadigde zone. In de bovenste 4 meter grondwater stijgt de pH met de diepte, gemiddeld van 4,8 tot 6,0 met uitersten tussen 4,1 en 6,7. Deze laag vertoont bovenin hoge Al-gehalten (130-7.200 μg/l) en hoge niveaus sporenelementen. Samen met Al nemen ook Ba, Pb, Rb en Zn met dalende pH exponentieel toe, terwijl Co, Cu, F, Li, Ni en V hun hoogste concentraties lijken te bereiken bij een pH tussen 4,5 en 5,8.
De verzuring is onder naaldbos, ondanks een hogere zuurbelasting, minder voortgeschreden dan onder schraal begroeid terrein: Op gelijke diepte onder maaiveld zijn in grondwater onder bos de pH hoger en Al, lager dan onder schraal begroeid terrein. Dit hangt waarschijnlijk samen met enerzijds stagnatie van een hogere zuurbelasting hoger in het profiel door een geringere waterflux en anderzijds met een verdere zuurbuffering door biomassa en bodemlaag (in bos inclusief toegevoegde kalk?). Br, F en Li zijn onder bos daarentegen hoger, vooral door een hogere atmosferische depositie en verdamping.
Grondwater onder heide neemt ten aanzien van verzuring en opgeloste stoffen een tussenpositie in. Ten opzichte van ondiep Veluwe-water is de verzuring geringer en zijn de NO_3- en SO_4-concentraties lager. Dit wellicht dankzij lagere SO_2- en NH_3-gehalten van de lucht.

Inleiding

Verzuring van ons milieu is thans een algemeen erkend probleem [Langeweg, ed. 1988]. In de watercyclus zagen we het verschijnsel in Nederland het eerst of duidelijkst in regenwater [Vermeulen, 1978], daarna in regenwaterafhankelijke meren op kalkarme bodems [Schuurkes, 1987], vervolgens in bodemvocht van kalkarme infiltratiegebieden [Van Breemen et al, 1984], in ondiep grondwater aldaar [Appelo, 1982], in sprengen [Meinardi, 1988] en inmiddels ook in voor de drinkwatervoorziening onttrokken grondwater van geringe diepte op ontkalkte zandgronden [Stuyfzand & Vinkers, 1985].



P. J. STUYFZAND
KIWA NV
Afd. Winning & Bodem

L. REINIERS
Provincie Noord-Holland
Dienst Milieu & Water

Verzuring van grondwater kan het gevolg zijn van één of meer factoren, zoals:
a. de natuurlijke ontkalking van Pleistocene sedimenten in Nederland;
b. een verhoogde atmosferische depositie van zure of zuurvormende stoffen, vooral SO_2, NO_x, $(NH_4)_2SO_4$ en NH_4;
c. een daling van de grondwaterstand leidend tot oxydatie van pyriet of organische stof (bijv. veen), waarbij zuur (respectievelijk H_2SO_4 en H_2CO_3) wordt geproduceerd;
d. nitrificatie van NH_4 uit drijfmest ter plaatse; en
e. een overmatige bosexploitatie (export van basische kationen).
Over de gevolgen van verzuring voor de concentraties van sporenelementen in grondwater in Nederland is nog weinig bekend, aluminium uitgezonderd. Over Al, As, Cd, Cu, Ni en Zn rapporteerden Stuyfzand & Vinkers [1985]; over Zn: Boumans & Meinardi [1985] en Pedroli & Van Wijk [1988]; en over een groot aantal sporenelementen inclusief zeldzame aarden: Arends et al [1987] en Stuyfzand [1989b].
Voorliggende publikatie beoogt leemten in die kennis aan te vullen met gegevens uit een integrale studie van de hydrochemie en hydrologie van duinen en aangrenzende polders tussen Egmond en Camperduin [Stuyfzand, 1989a]. Het betreft in het bijzonder de kalkarme kustduinen ten noorden van Bergen aan Zee, waar ondanks een voor Nederland relatief lage totale potentiële zure depositie [RIVM, 1987] een duidelijke bodemverzuring is geconstateerd [Rozema et al, 1985].
In december 1986 zijn vier pulsboringen in de kalkarme Schoorlse duinen verricht (afb. 1) en met mini- en peilfilters uitgerust. Elk observatiepunt kent een verschillende begroeiing en/of afstand tot de kust en is omringd door een krans van vier ondiepere pulsboringen op 50-100 m afstand. De hier gepresenteerde meetresultaten betreffen voornamelijk deze sleutellocaties.

Het gebied in vogelvlucht

De kalkarme duinen maken deel uit van de Staatsboswachterij Schoorl. De uitgestrekte dennenbossen zijn 50-100 jaar geleden geplant. De verhoogde evapotranspiratie hierdoor alsmede een honderden meters duin verslindende kustafslag en grondwaterwinning door het pompstation Bergen (afb. 1) van het Provinciaal Waterleidingbedrijf van Noord-Holland (PWN) zijn in hoofdzaak verantwoordelijk voor een grondwaterstandsdaling in de periode 1885-1968 van in doorsnee 2 meter. Deze factoren en de drooglegging van de Schermer en de Waard in de periode 1631-1635 hebben voor belangrijke vervormingen van de grote zoetwaterbel onder en rond de duinen gezorgd [Stuyfzand, 1989a].
De kalkarmoede van de blonde duinen ten noorden van grofweg Bergen aan Zee (afb. 1 en 2) hangt samen met de herkomst van het zand [Eisma, 1968]. De zanden stammen van de Noordduitse laagvlakte, waar zij na miljoenen jaren van uitloging zijn geërodeerd door het Laat-Pleistocene landijs en/of door rivieren en vervolgens in Noord-Nederland zijn afgezet. De tamelijk scherpe grens met de ten zuiden van Bergen aan Zee gelegen, kalkrijke, gele duinen, voornamelijk bestaande uit Rijnzand, is mede ontstaan door de ligging van het voormalige zeegat tussen Egmond en Bergen [Jelgersma, 1983].
De onderkant van de kalkarme zanden ligt voor het noordelijke deelgebied I op circa 4 m-NAP, voor het centrale deelgebied II op circa 12 m-NAP en voor de zuidelijke deelgebieden III op $\leq$ 5 m-NAP (afb. 1). Daaronder bevinden zich kalkrijke slibhoudende (peri)mariene afzettingen, waarin grondwater snel ophardt van F-NaCl tot F_2CaMix. c.q. F_2CaHCO_3 · water (afb. 2).

1979 vergeleken met 1912

De oudste grondwateranalyses in de kalkarme Schoorlse duinen dateren van 1912 [Van Oldenborgh, 1915].
Vergelijking van beschikbare analyseresultaten van 1979 met die uit dezelfde waarnemingsputten omstreeks 1912 in tabel I, leidt tot de conclusie, dat de pH en HCO_3 in 1979 lager, Ca, Cl en SO_4 hoger zijn in ondiep grondwater dan in 1912. Nitraat laat nauwelijks een toename zien vanwege het optreden van denitrificatie boven de diepte, waarop bemonsterd is. De geconstateerde veranderingen kunnen verklaard worden door enerzijds een toegenomen begroeiing door bebossing en anderzijds verzuring. Laatstgenoemde hangt voor een belangrijk deel samen met

toegenomen anthropogene emissies, die ook in het drainagewater van lysimeters in kalkrijke duinen zichtbaar waren [Stuyfzand, 1984a]. De vooral anthropogene verzuring volgt uit een meer dan natuurlijke daling van het kalkgehalte van de bovenste 40 cm duinzand de afgelopen 60 jaar [Rozema et al, 1985].

Samenstelling grondwater als functie van diepte

Algemeen

Bijna een jaar na pulsboring eind 1986 en na grondig schoonpompen in maart en juli 1987, zijn de minifilterputten bemonsterd. Enkele analyseresultaten van die opname zijn tegen de diepte uitgezet in afb. 3. Meetpunt A is gelegen in schaars begroeid terrein, B op heide, C in kustnabij dennenbos en D in landinwaartser dennenbos. Op de vier onderzochte locaties is het water zuur (pH < 7) en kalkagressief (kalkverzadigingsindex SI < 0) tot > 10 m-mv, bij de diepere meetput B tot de kalkgrens op 20 m-mv, waar de pH, SI, HCO_3 en Ca tamelijk abrupt toenemen (afb. 3). De bovenste meters grondwater zijn het zuurst (pH = 4,1-5,8) en vertonen de hoogste gehalten aan Al (100-3.600 μg/l) en sporenelementen (zie ook tabel III).

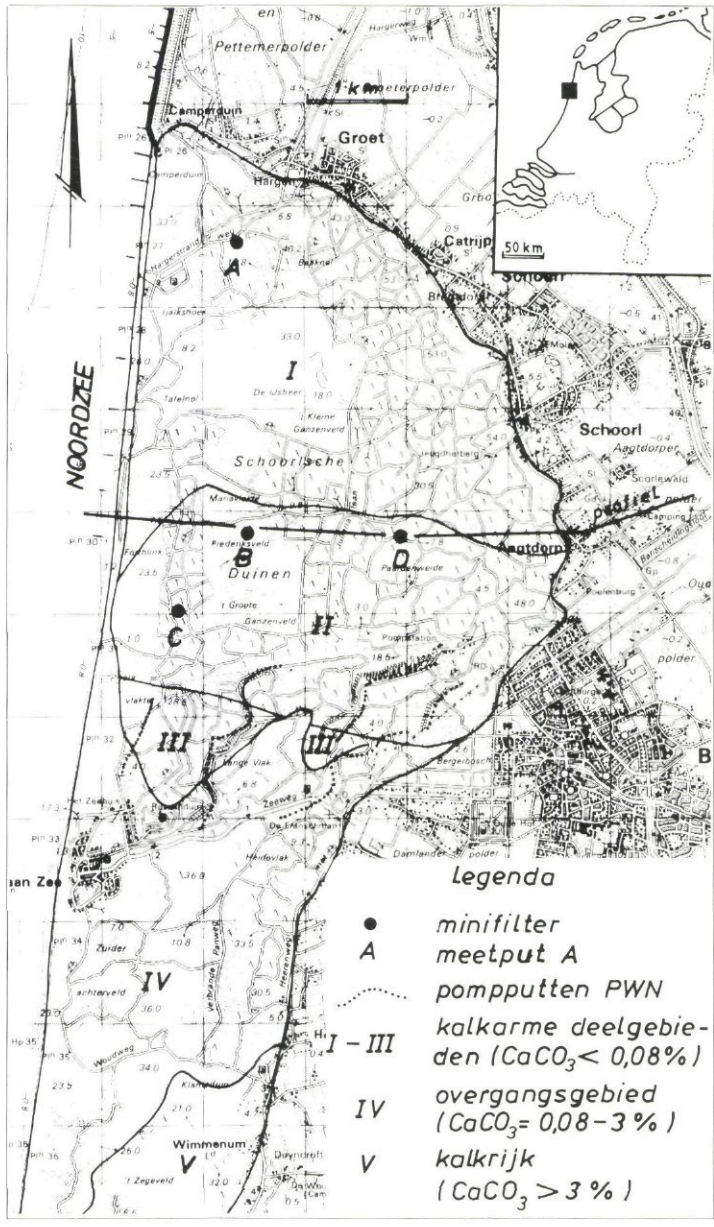
TABEL I – *Vergelijking van analyseresultaten van ondiep grondwater (6-8 m-maaiveld) in de kalkarme Schoorlse duinen, van 1979 met die van 1912, als functie van de ontwikkeling in begroeiing. Gemiddelde van telkens 2 analyses.*

	Kustnabij, schraal begroeid gebleven		Landinwaarts dennen geplant	
	1912	1979	1912	1979
pH	6,7*	5,6	7,5*	6,6
Ca	7	10	11	23
HCO_3	25	15	61	29
Cl	35	39	30	68
SO_4	13	27	10	52
NO_3	<1	2,7	<1	<1

* = berekend uit CO_2/HCO_3-verhouding

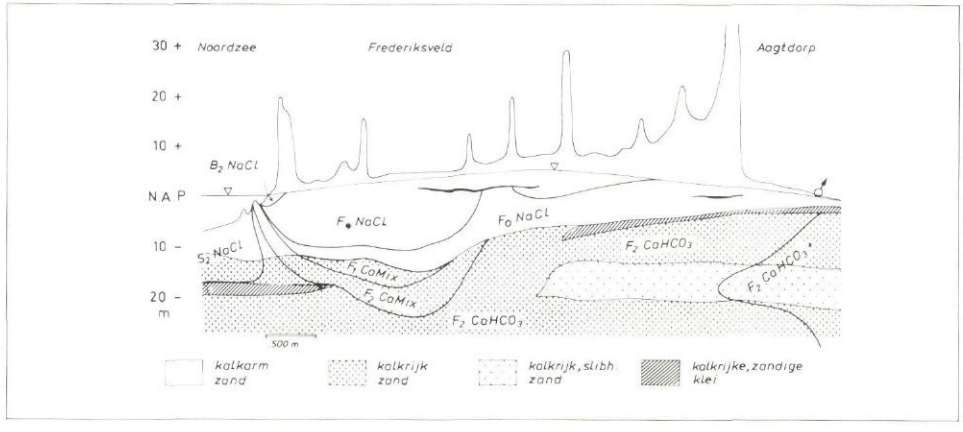
De redox-niveaus zijn overal zodanig, dat $Fe(OH)_3$-reductie optreedt zonder SO_4-reductie. Alleen in meetput A is bovenin denitrificatie zichtbaar, waarna Fe oplost. Afwijkingen in het Ca-verloop met de diepte, dat normaliter pas op grotere diepte bij de kalkgrens fors toeneemt, zien we in meetput C vanaf 2 m-NAP, waar kalkoplossing zichtbaar is aan duidelijk toegenomen Ca- en HCO_3-niveaus, alsmede in meetput B tussen 4 en 9 m-NAP, waar de Ca-toename eerder gekoppeld lijkt aan de tevens verhoogde Cl- en SO_4-niveaus.

De volgende verklaringen zijn denkbaar. In het kustnabije naaldbos (C) zou het duinzand stroomopwaarts kalkrijker kunnen zijn of kan er een schelpenpad of



Afb. 1 - Ligging der kalkarme duinen bij Schoorl met de onderzochte sleutellocaties A-D, indeling in deelgebieden en het dwarsprofiel in afb. 2.

Afb. 2 - Dwarsprofiel over de duinen bij Schoorl met de verbreiding van kalkarm zand en watertypen (= HCO_3 < 30 mg/l; 0 = 30 < HCO_3 < 61; 1 = 61 < HCO_3 < 122; 2 = 122 < HCO_3 < 244).*



kalkadditie aan grond ter bevordering van dennengroei stroomopwaarts in het spel zijn.
In het heide-gebied (B) wijst het verhoogde Cl- en SO_4-niveau op een stroomopwaarts (in het noorden) dichtere begroeiing met meer invang uit de atmosfeer van zeezouten en SO_2 en met meer verdamping.

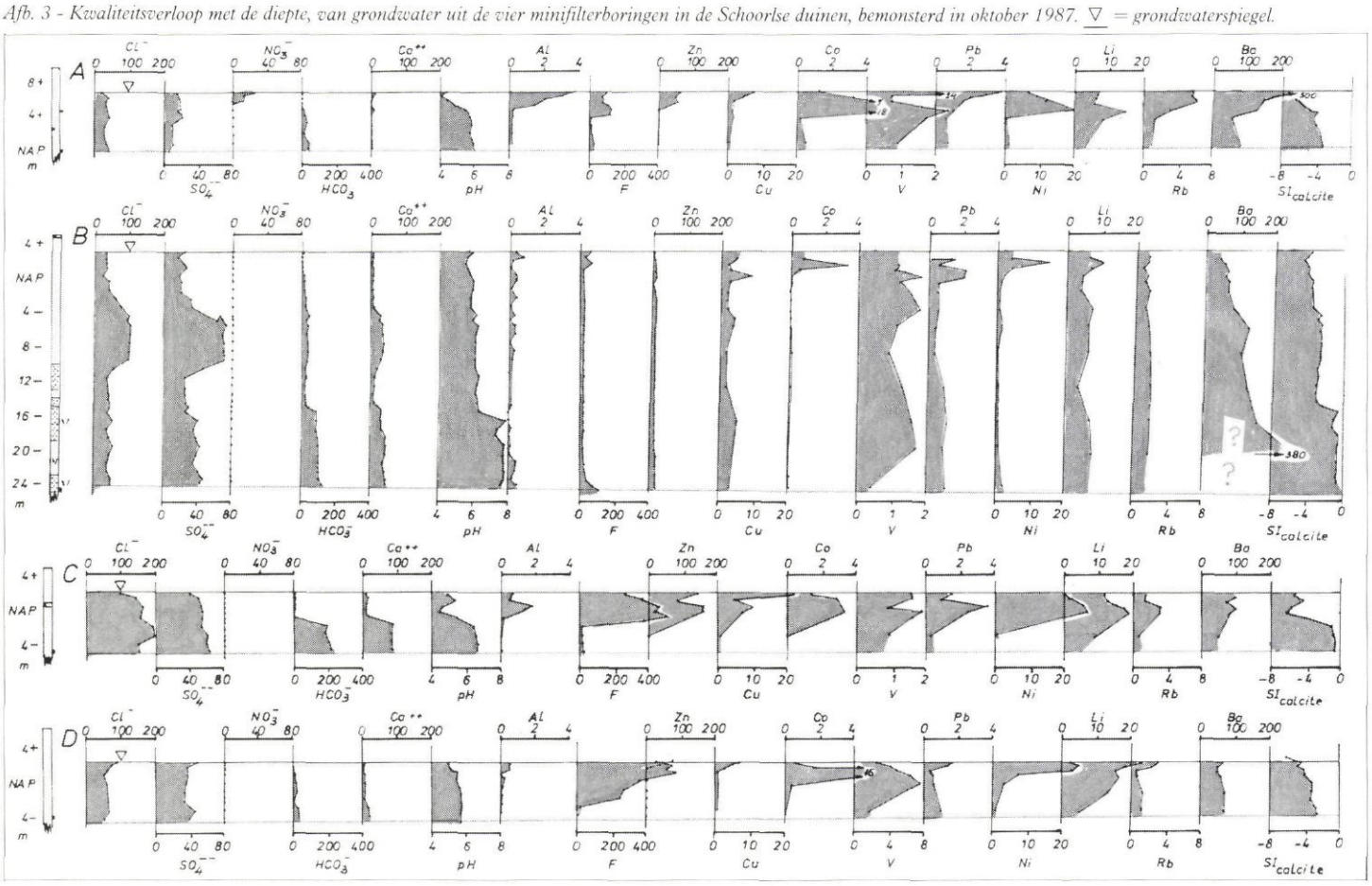
Het pH-diepte verloop
Het huidige pH-verloop met de diepte ten opzichte van maaiveld, is voor deelgebied II aan de hand van alle minifiltermeetpunten en bemonsterde peilbuizen (ook die buiten de sleutellocaties) weergegevem in afb. 4. Heel algemeen valt het pH-verloop uiteen in de daar onderscheiden vijf zones.
De bovenste, zuurste zone reikt thans tot circa 6 m-mv en zal in de loop der tijd expanderen richting zone 4, waar de huidige kalkgrens begint.

Invloeden van de begroeiing
Voor de samenstelling van ondiep grondwater is het essentieel dat verschillen in begroeiing leiden tot verschillen in verdamping, droge depositie, biochemische opslag, afgifte en/of het circuleren van stoffen, produktie van koolstof, denitrificatie, uitspoeling van meststoffen als deze ter bevordering van groei zijn toegediend, agressiviteit en oplossend vermogen van het water [Stuyfzand, 1984a].
Voor de vier verschillend begroeide locaties (indien ook de afstand tot de kust meetelt), met vergelijkbare dikten van de onverzadigde zone, zijn de waarnemingen uit de bovenste 4 minifilters en omringende vier peilbuizen gemiddeld.
Deze waarden zijn bijeengezet in tabel II. Daarin is tevens vermeld de samenstelling van het regenwater op de altijd open regenvanger op het pompstation Bergen van het PWN, destijds behorende tot het RID/VEWIN-meetnet, gerapporteerd in Van de Meent et al [1984].
Uit tabel II kan nu het volgende worden afgeleid ten aanzien van de effecten van de begroeiing op de ondiep-grondwatersamenstelling in zuur duinmilieu.

Schraal begroeid terrein etaleert in ondiep grondwater de hoogste concentraties H, NO_3, Al, Ba, Pb en Rb, de op één na hoogste niveaus Fe, PO_4, Co, Cu, V en Zn en de laagste niveaus van EGV, Cl, SO_4, HCO_3, Na, K, Ca, Mg, NH_4, SiO_2, DOC, $KMnO_4$-verbruik, F, Br en Li. Hiervoor verantwoordelijk zijn vooral de laagste verdamping (ca. 30%) en geringste droge depositie (EGV, Cl, SO_4, Na, K, Ca, Mg, SiO_2, F, Br en Li), de geringste opslag in de weinig voorstellende biomassa (vooral NO_3, K, Cu, Co?), de geringste sorptie aan vrijwel afwezige humus (H, Ba, Pb, Co, Cu, V, Zn) en laagste biologische CO_2- en DOC-produktie (HCO_3, DOC, $KMnO_4$-verbruik, SiO_2). De verzuring is het verst gevorderd vanwege de geringe buffering door biomassa en bodemlaag (in bos inclusief toegevoegde kalk?), en door de hoogste waterflux in verband met de laagste verdamping.

Een heidebegroeiing geeft aan ondiep grondwater de hoogste concentraties NH_4 en Fe, de op één na hoogste niveaus van DOC, $KMnO_4$-verbruik, Al en H en de laagste gehalten van Ba, Co, Cu, I, Ni, Rb, V en Zn.
Typische zeezouten (Na, Mg, Cl, Br) vertonen in het algemeen lage concentraties, duidelijk lager dan onder dennen, maar wat hoger dan onder schraal begroeid terrein door een hogere verdamping (ca. 50%). Voor continentale aërosolen en gassen geldt een iets hogere droge depositie.

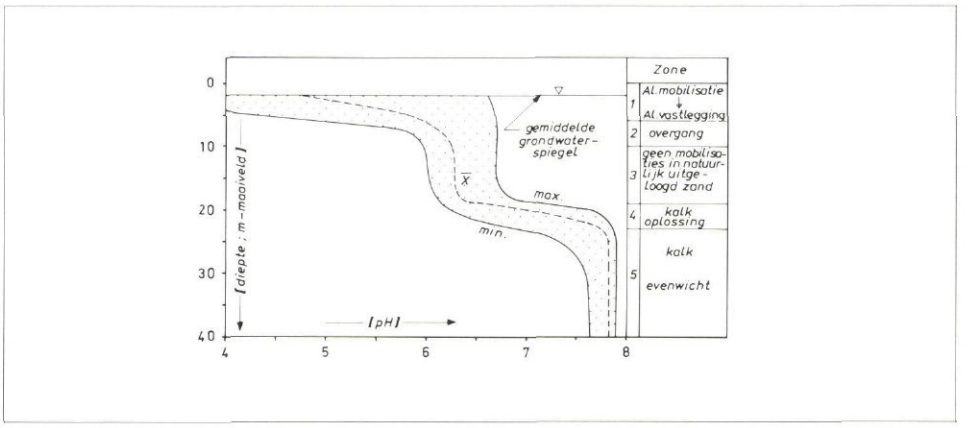
Afb. 3 - Kwaliteitsverloop met de diepte, van grondwater uit de vier minifilterboringen in de Schoorlse duinen, bemonsterd in oktober 1987. ▽ = grondwaterspiegel.



Ook voor andere, niet genoemde componenten neemt heide een positie tussen schraal begroeid en dennen in, dichter bij schraal begroeid terrein. Van groot belang lijkt de goed ontwikkelde humuslaag (ca. 10 cm dik), die onder andere zorgt voor de hoge DOC-, $KMnO_4$-, NH_4- en Fe-waarden en sorptie van sporenelementen.

Kustnabij naaldbos manifesteert zich in ondiep grondwater door de hoogste concentraties zeezouten (Na, Cl, Mg, Br, EGV), de hoogste niveaus van SO_4, Ca, Mn, Cu, Ni, Zn, DOC en $KMnO_4$-verbruik, de op één na hoogste gehalten van Ba, F, I, Li, Pb en Rb en de laagste concentraties Fe, NO_3 en PO_4.

De droge depositie van zeezouten, continentale aërosolen en gassen alsmede hoge verdamping (ca. 80%) verklaren de genoemde hoge concentraties voor een groot deel. De lage NO_3- en PO_4-gehalten tezamen met de hoge DOC en het hoge $KMnO_4$-verbruik getuigen van een goed groeiend bos met sterke opslag en koolstofafgifte conform het lysimeteronderzoek te Castricum [Stuyfzand, 1984a].



Afb. 4 - Verloop van de pH in grondwater in kalkarm deelgebied II met de diepte ten opzichte van maaiveld, met de afgeleide geohydrochemische zonering.

Landinwaarts naaldbos verleent het ondiepe grondwater de hoogste pH en gehalten aan K, SiO_2, HCO_3, PO_4, Co, F, Li en V, de op één na hoogste niveaus Ca, Mg, Na, Cl, Fe, Mn, SO_4 en Ni en de laagste concentraties Al, Pb en Ba.
De lagere concentraties zeezouten (Na, Cl, Mg, Br) en SO_4 ten opzichte van kustnabij dennenbos zijn vooral te danken aan een lagere droge depositie door enerzijds de grotere afstand tot de kust (zeezouten) en anderzijds een bredere boszoom om de meetlocatie heen, zorgend voor het verder uit de lucht filtreren van zeezouten, continentale aërosolen en gassen.
Opmerkelijk is de gemiddeld hogere pH onder naaldbos vergeleken met schraal begroeid terrein. Opmerkelijk, omdat dit elders in den lande andersom is (Tabel IV). Het heeft wellicht te maken met de toevoeging van kalk bij het inplanten en tijdens de eerste jaren, tegelijk met het toedienen van kunstmest, alsmede met de ongunstige waterbalans, leidend tot een soort stagnatie van de (ergste) verzuring boven de hier bemonsterde diepte (dieper dan 2 m-mv).
In het algemeen geldt, dat de gemeten Br-niveaus in grondwater onder de verwachte waarden liggen; die zijn ca. 3,5 x Cl/1000, conform de Br/Cl-verhouding van zeewater. Hoewel sorptie en opslag van bromide aan, respectievelijk in biomassa belangrijk kunnen zijn [Gerritse & George, 1988], is ook sorptie aan de PE-fles mogelijk, hetgeen thans onderzocht wordt.
Kort samengevat, de bebossing van kalkarme kustduinen in Noordwest-Nederland heeft geleid tot vertraging van de verzuring van grondwater en van daarmee samenhangende concentratietoenames van sporenelementen als Al, Ba, Pb, Rb en Zn.
Door extra invang van zeezouten en fluoride (als HF en aërosolen?) alsmede door een toegenomen verdamping is ondiep grondwater onder bebost gebied rijker aan respectievelijk Br, F en Li.

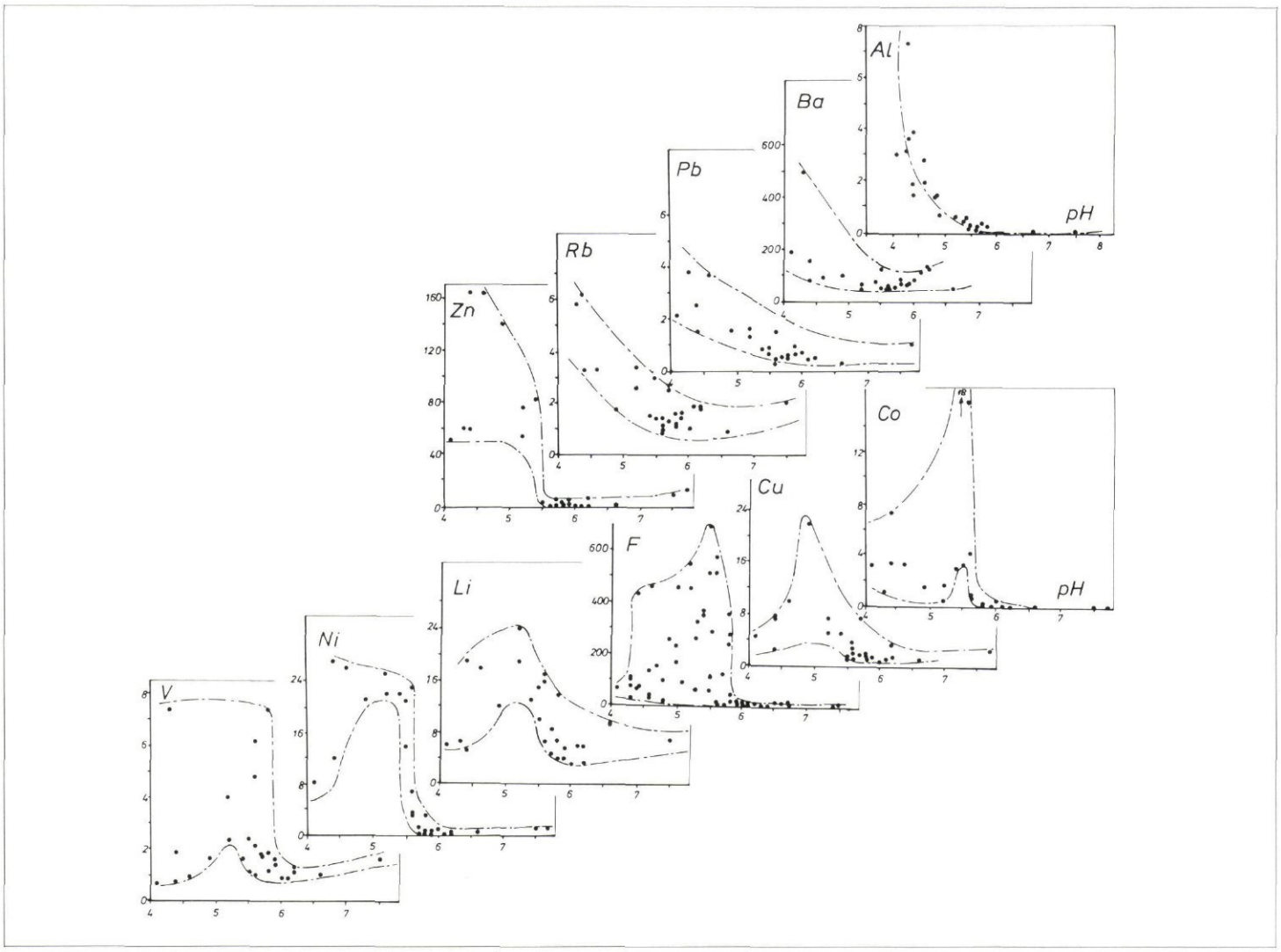
TABEL II - *Gemiddelde samenstelling van de bovenste twee meter grondwater onder verschillende begroeiing op de vier minifilterlocaties, en van regenwater, gewogen gemiddeld over de periode mei 1978 t/m december 1982, op het terrein van PWN-pompstation Bergen.*

		Regenwater	A schraal	B heide	C dennen kustnabij	D dennen landinwaarts
EGV	µS/cm	69	156	170	493	286
pH		4,32	4,40	4,79	4,80	5,31
Na	mg/l	5,7	18,3	20,1	74,8	38,3
K	mg/l	0,56	1,6	2,1	2,2	2,8
Ca	mg/l	1,4	3,7	6,3	9,5	6,8
Mg	mg/l	0,8	2,5	3,0	10,8	7,9
NH_4	mg/l	2,9	0,03	0,09	0,04	0,04
Fe	mg/l	0,05	0,76	2,05	0,42	0,87
Mn	mg/l	0,03	0,03	0,04	0,09	0,05
SiO_2	mg/l	< 0,5*	10,0	13,1	16,2	23,1
Cl	mg/l	10	29	33,4	128	63,4
SO_4	mg/l	8	12	20,4	46	36,3
HCO_3	mg/l	0	0,9	4,8	4,5	7,0
NO_3	mg/l	4,9	10,5	2,7	0,7	1,0
PO_4	mg/l	1,0	0,24	0,19	0,14	0,31
DOC	mg/l	2,3	3,4	9,8	10,4	8,3
$KMnO_4$	mg/l	6	9,9	27,1	30,4	20,4
Al	µg/l	94**	2.470	2.020	1.330	1.080
B	µg/l	3**	< 100	< 100	< 100	< 100
Ba	µg/l	3**	280	53	85	53
Br	µg/l	40*	13	97	199	96
Co	µg/l	0,6**	3,9	1,6	2,8	5,6
Cu	µg/l	8**	4,7	2,3	11,2	4,2
F	µg/l	50	67	78	323	409
I	µg/l	3*	1,9	1,6	2,4	2,5
Li	µg/l	0,6*	6,1	7,5	15,5	19
Mo	µg/l	-	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Ni	µg/l	1,5	9	6,9	24	19,3
Pb	µg/l	16,3	2,5	1,5	2,2	0,9
Rb	µg/l	0,1?	5,8	1,2	2,5	2,0
Sr	µg/l	7**	< 100	< 100	< 100	< 100
V	µg/l	5	2,9	1,4	1,5	4,3
Zn	µg/l	112	57	< 2	138	33

* = ontleend aan Stuyfzand (niet gepubl. gegevens); ** = ontleend aan KNMI-RIVM [1983, 1984].

Sporenelementen: pH, herkomst en normen

De pH-afhankelijkheid van concentraties van sporenelementen in tot 30 meter ondiep grondwater in de kalkarme, Schoorlse duinen is in beeld gebracht in afb. 5. Randvoorwaarden gunstig voor hoge concentraties sporenelementen en de voornaamste bronnen van die elemen-



Afb. 5 - Relaties tussen pH (onafhankelijke variabele) en diverse sporenelementen (afhankelijke variabelen) voor grondwater ondieper dan 40 m-mv in de kalkarme, Schoorlse duinen. Getrokken lijnen bakenen de puntenzwerm (soms hypothetisch) af; voor Al geldt echter het beste verband.

ten in het duin, zijn gerubriceerd in tabel III. Het volgende zij hierover opgemerkt.

Al, Ba, Pb, Rb, Zn
Een pH-daling leidt over het relevante pH-traject van 4-8 ruwweg tot een exponentiële concentratietoename voor Al, Ba, Pb, Rb en Zn. Voor Al hangt dit duidelijk samen met een sterk verhoogde oplosbaarheid van in de grond aanwezige veldspaten en vooral Al-(hydr)oxyden, als boehmiet (AlOOH), gibsiet ($Al(OH)_3$) en aluniet ($KAl_3(OH)_6(SO_4)_2$), bij pH < 5,5. Berekend is, dat AlF-complexen in belangrijke mate bijdragen aan de oplosbaarheid van Al onder bos, waar F-gehalten hoog en de pH niet te laag zijn [Stuyfzand, 1989a].
Ook voor Pb en Zn is een verhoogde oplosbaarheid bij lage pH bekend, terwijl lage niveaus bij hoge pH op grotere diepte daarnaast kunnen samenhangen met een hogere ouderdom van water, dat vóór infiltratie minder Pb en Zn bevatte of deze elementen 'en route' verloor. Rubidium zou bij lagere pH meer vrij kunnen komen uit mica en K-veldspaat. De Ba-toename bij pH-afname kan veroorzaakt worden door verhoogde oplosbaarheid van K-veldspaat en klei, alsmede en misschien vooral door SO_4-binding aan secundaire Al-mineralen als aluniet of jurbaniet ($AlOHSO_4 \cdot 5H_2O$) waardoor bariet ($BaSO_4$) verder kan oplossen.

Co, Cu, F, Li, Ni en V
Deze elementen lijken hun hoogste niveau te bereiken bij een pH tussen 4,5 en 5,8, in het bijzonder tussen 5 en 5,6. Dit zou kunnen wijzen op verdringing uit het adsorptiecomplex door Al ten aanzien van Co, Cu, Li en Ni. Voor V (als VO_3^- in oplossing) en F zou een toegenomen sorptie aan positief geladen $Fe(OH)_3$-huidjes om korrels bij pH < 4,5-5 de concentratie-afname bij deze pH verklaren. Arends et al [1987] verklaarden zo ook de afname van de oxy-anionen W, Mo en As bij afnemende pH in ondiep grondwater van het RIVM-meetnet Grondwaterkwaliteit.
Lage niveaus van Cu, F, Ni en V bij hoge pH op grotere diepte hangen waarschijnlijk samen met een hogere ouderdom en/of retentie bovenin. In kalkrijke duinen zijn immers op geringe diepte bij pH 7-8 al verhoogde concentraties waargenomen [Stuyfzand, 1984b].

Drinkwaternormen en referentiewaarden
Drinkwaternormen gesteld in het Waterleidingbesluit (WB) en referentiewaarden genoemd in de Leidraad voor Bodemsanering (LBS) worden door sporenelementen alleen in de bovenste 2-4 meter zuur grondwater overschreden (tabel III).
Het betreft Al (WB), Ba (LBS), Cu, F en Ni (LBS incidenteel).
Voor het grondwater dat het PWN aan de zuidrand van de kalkarme duinen onttrekt voor drinkwaterbereiding (afb. 1), heeft

TABEL III – *Overzicht van onderzochte sporenelementen en veel voorkomende concentraties in ondiep en diep duinwater nabij Schoorl alsmede in 60% ingedampt regenwater, hun drinkwaternormen, referentiewaarden voor grondwater in de Leidraad voor Bodemsanering (LBS), condities gunstig voor hoge concentraties in ondiep duinwater en hun voornaamste bronnen. Concentraties in µg/l.*

	Concentraties		60% ingedampt regenwater	EEG drinkwater-norm	Ref. waarde LBS	Concentratie ondiep hoog als	Voornaamste bron(nen) in duin
	ondiep β	diep γ					
Al	1725	$\leq$ 100	235	200α	–	pH < 5,5, F hoog	$Al(OH)_3$, klei, sec. Al-mineraal
B	< 100	< 100	8	1.000α	–	pH < 6	atmosfeer, biomassa, toermalijn
Ba	118	30	8	500α	50	SO_4 laag, pH < 5	klei, bariet, K-veldspaat
Br	101	90	100	–	300	Cl hoog, geen biomassa	zeezouten in atmosfeer
Co	3,5	< 0,1	1,5	–	20	pH < 5,7, H_2S laag	$Fe(OH)_3$, MnO_2, luchtverontr.
Cu	5,6	$\leq$ 2	20	100RN	15	pH < 6, DOC hoog, H_2S laag	luchtverontreiniging
F	219	20	125	1.100α	500	4 < pH < 5,8, bos	luchtverontreiniging
I	2,1	1,8	8	–	–	–	atmosfeer, biomassa
Li	12,0	7,4	1,5	–	–	bos, 5 < pH < 5,5	mica, klei, toermalijn
Mo	< 0,1	< 0,1	?	–	5	pH > 5,5, DOC hoog, H_2S laag	$Fe(OH)_3$, $FeS_{(2)}$
Ni	14,8	< 0,5	3,8	50MTC	15	pH < 5,7, H_2S laag	$Fe(OH)_3$, luchtverontr.
Pb	1,8	$\leq$ 1,0	41	50MTC	15	pH < 5,7, H_2S laag	luchtverontreiniging
Rb	2,9	1,9	0,3?	–	–	pH < 5,5	kaliveldspaat, mica's
Sr	< 100	190	18	–	–	Ca hoog	kalk
V	2,5	$\leq$ 1,7	12,5	–	–	pH < 6, DOC hoog	luchtverontr., biomassa
Zn	57	$\leq$ 10	280	100RN	150	pH < 5,5, bos, SiO_2 en H_2S laag	luchtverontreiniging

RN = richtniveau; MTC = maximum toelaatbare concentratie; α = ontheffing onder bepaalde omstandigheden mogelijk; β = 2-4 m-mv; γ = 25-30 m-mv.

dit alles weinig betekenis, door tussenkomst van kalkrijke Holocene en Eemsedimenten.

Vergelijking met ondiep Veluwewater

In tabel IV zijn gemiddelde analyses bijeengezet voor grondwater c.q. bodemvocht onder relatief schraal begroeid terrein en onder naaldbos, enerzijds in de onderzochte kustduinen en anderzijds op de kalkarme Veluwe.
Vergelijking van beide gebieden leert het volgende:

De kustnabije ligging van de Schoorlse duinen resulteert in aanzienlijk hogere niveaus van typische zeezouten (Na, Mg, Cl). De pH van schraal begroeid terrein verschilt weinig, die onder heide en naaldhout is hoger dan op de Veluwe. De lagere pH en hogere concentraties NO_3 en SO_4 op de Veluwe worden wellicht veroorzaakt door de hogere SO_2- en NH_3- gehalten van de lucht daar ten opzichte van de Schoorlse duinen (zie bijvoorbeeld Buysman et al [1984]; Van Egmond [1984].
De op de Veluwe gemeten Al-niveaus zijn hoger, hetgeen volgens de pH-Al relatie in afb. 5 niet alleen aan de lagere pH kan liggen. Helaas ontbreken DOC- en F-analyses daar.
Opmerkelijk is verder het hogere SiO_2-gehalte in grondwater in de Schoorlse duinen ten opzichte van de Veluwe, misschien omdat goed ontwikkelde podzolen in de Schoorlse duinen ontbreken, podzolen waar Al en SiO_2 in de inspoelingshorizont accumuleren.

Slotbeschouwing

Het gepresenteerde dient te worden opgevat als een eerste inventarisatie, waarin vele verklaringen een hypothetisch of niet gekwantificeerd karakter vertonen. Een belangrijke vraag is niet beantwoord, namelijk in hoeverre de grondwaterstandsdaling aan de geconstateerde verzuring bijdraagt. Hierbij valt te denken aan verkorting van verblijftijden ondergronds van maaiveld tot in de bovenste meters grondwater door uitbreiding van de onverzadigde zone, en aan versnelde oxydatie van organische stof en eventueel ijzersulfiden.
Wij pleiten voor opname van de vier onderzochte sleutellocaties in het landelijke en/of provinciale meetnet grondwaterkwaliteit, omdat (a) meetpunten in de kalkarme duinen bij Schoorl ontbreken, (b) die duinen een belangrijk natuur- en waterwingebied vormen, (c) het hydrochemische en hydrologische systeem van de meetlocaties bekend zijn en (d) vergelijking met zwaarder belaste natuurterreinen op de Veluwe en in Brabant nuttig is.

TABEL IV – *Vergelijking ondiep duin- en Veluwewater. Duinen: gemiddelden uit tabel II. Natuurterrein op de Veluwe: gemiddelde samenstelling van ondiep grondwater onder heide (n = 15) en naaldhout (n = 12) volgens Appelo [1988] en van bodemvocht op 1 m-maaiveld onder kaal terrein en naaldhout (periode april 1983 - april 1987) volgens Mulder [1988].*

	Duinen		Veluwe			
			ondiep grondwater		bodemvocht	
mg/l	schraal + heide	naald-hout C en D	heide	naald-hout	kaal + mossen	naald-hout
pH	4,55	4,98	4,46	4,41	4,49	4,15
Na	19,2	56,6	4,4	15,4	4,9	11,1
K	1,9	2,5	1,2	1,9	0,3	1,80
Ca	5,0	8,2	1,2	12,0	1,3	3,4
Mg	2,8	9,4	0,8	2,4	0,7	3,4
Al	2,25	1,21	3,75	16,7	5,76	44,4
NH_4	0,06	0,04	0,02	0,13	0,08	0,26
SiO_2	11,6	19,7	4,9	9,6	–	–
Cl	31,2	95,7	7,9	32,3	3,9	24,8
HCO_3	2,9	5,8	0	0	0	0
SO_4	16,2	41,2	22,5	75,9	27,9	107
NO_3	6,6	0,9	9,7	67,0	9,1	42,3

Verantwoording

Het onderzoek is gefinancierd door de Dienst Milieu & Water van de Provincie Noord-Holland (PWS) en de VEWIN (in het kader van oriënterend onderzoek naar verzuring van grondwater in Nederland en de gevolgen voor sporenelementen). Macroparameters zijn geanalyseerd in het PWN-laboratorium, sporenelementen in het Laboratorium van Anorganische Chemie en Materialen van het KIWA. Voor hun nuttige commentaar op het manuscript danken wij de heren F. L. Schulting, H. J. Vinkers, W. van de Meent en J. T. van der Zwan (allen KIWA).

Literatuur

Appelo, C. A. J. (1988). *Beïnvloeding van de waterkwaliteit in het hierdensche beekgebied.* (NW-Veluwse IvA Vrije Universiteit Amsterdam) 100 p.
Appelo, C. A. J. (1982). *Verzuring van het grondwater op de Veluwe.* H_2O (15) 1982, nr. 18, p. 464-468.

• *Slot op pagina 41*

de inheemse flora en fauna, gericht op opsporing van stofgebonden oorzaken;
- herstelmogelijkheden van chemisch belaste ecosystemen;
- ecologische normstelling voor stoffenrisico's (onder andere doorrekenen van het ecologisch rendement van op te leggen normen);
- probleemstoffen en stoffenproblemen van wereldbelang (prioritering en onderbouwing van maatregelen).

Projectcoördinatie, kosten en kwaliteitsbewaking

PEIS bestaat uit een koepelproject met deelprojecten die naar behoefte kunnen worden uitgebreid. Het koepelproject als geheel staat onder de (interdepartementale) Stuurgroep Normstelling waaraan jaarlijks een voortgangsverslag en werkprogramma voor het komende jaar wordt gepresenteerd; de looptijd is aanvankelijk tot eind 1992.
Het besteedbare bedrag vanuit de directie SR loopt op van bijna 7 ton in 1989 tot circa 2 miljoen gulden in 1992 (bestedingen van andere directies, andere ministeries en uit instituutsbudgetten niet meegerekend; dat is tenminste het tweevoudige).
De projectgroep binnen DGM maakt gebruik van ambtelijke adviezen uit de interdepartementale werkgroep risicomanagement en van externe wetenschappelijke adviezen van onder andere de Gezondheidsraad en ad hoc adviseurs. Ter zijner tijd zal de Centrale Raad voor de Milieuhygiëne worden geraadpleegd in verband met de maatschappelijke aanvaardbaarheid.

Referenties

Urgentienota Milieuhygiëne (1972). *Tweede Kamer 1971-1972; 11.906, 1-2.* Staatsuitgeverij, 1972.
Nationaal Milieubeleidsplan (1989). *Tweede Kamer 1988-1989; 21.137, 1-2.* Staatsuitgeverij, 1989.
RIVM (1988). *Zorgen voor Morgen.* Uitgeverij Samson, Alphen aan den Rijn.
Zoeteman, B. C. J. (1989). *Milieubeheer en de waterkringloop.* H_2O (22) 1989, nr. 12, p. 362-366.
Gezondheidsraad. *Ecologische normen waterbeheer; eerste deeladvies: Begrippenlijst (1984); tweede deeladvies: Keuze van de parameters (1988); derde deeladvies: Beschrijving van de parameters (1989).*
Gezondheidsraad. *Ecotoxicologische risico-evaluatie van stoffen (1988).*
Oostergo, H. D., Wondergem, A. C., Blok, J. and Putte, J. van der (1989). *Inventory of ecotoxicological data and hazard assessment.* BKH Consulting Engineers, voor Ministerie VROM.

● ● ●

Verzuring van grondwater

• *Slot van pagina 29*

Arends, B. G., Sloot, H. A. van der and Duyvenbooden, W. van (1987). *Influence of acidification on the concentration of less common trace elements in Dutch groundwater.* CHO-TNO Verslagen & Meded. (38), p. 527-543.
Boumans, L. J. M. en Meinardi, C. R. (1985). *Hoge zinkgehalten in het ondiepe grondwater van een natuurgebied in de Peel.* H_2O (....) 1985, nr. ..., p. 263-265.
Breemen, N. van, Dristoll, C. T. and Mulder, J. (1984). *Acidic deposition and internal proton sources in acidification of soils and waters.* Nature 307, p. 599-604.
Buijsman, E., Vermetten, A. W. M. en Asman, W. A. H. (1984). *Ammoniak in de Nederlandse atmosfeer.* In: *Zure regen; oorzaken, effecten en beleid.* PUDOC-Wageningen, p. 36-41.
Egmond, N. D. van (1984). *Herkomst van SO_x en NO_x-deposities.* In: *Zure regen, oorzaken, effecten en beleid.* PUDOC-Wageningen, p. 59-65.
Eisma, D. (1968). *Composition, origin and distribution of Dutch coastal sands between Hoek van Holland and the island of Vlieland.* Neth. J. Sea Research (4) nr. 2, p. 123-267.
Gerritse, R. G. and George, R. J. (1988). *The role of soil organic matter in the geochemical cycling of chloride and bromide.* J. Hydrol. (101), p. 83-95.
Jelgersma, S. (1983). *The Bergen inlet, transgressive and regressive Holocene shoreline deposits in the northwestern Netherlands.* Geologie en Mijnbouw 62(3), p. 471-486.
KNMI-RIVM (1983-1984). *Chemical composition of precipitation over the Netherlands.* Annual reports 1983 (= KNMI 156-6) & 1984 (= KNMI 156-7).
Langeweg, F. (ed.) (1988). *Zorgen voor morgen, nationale milieuverkenning 1985-2010.* RIVM, Samson H. D. Tjeenk Willink, Alphen a/d Rijn, 456 p.
Meent, D. van de, Oosterwijk, J. van en Aldenberg, T. (1984). *RID-VEWIN Meetnet Regenwater 1978-1982.* Deel 1: Samenvatting en statistische bewerking van de meetresultaten, ECOWAD-84-01, RIVM.
Meinardi, C. R. (1988). *Veranderingen in de samenstelling van het water in de Veluwse sprengen.* H_2O (21) 1988, nr. 3, p. 52-57.
Mulder, J. (1988). *Impact of acid atmospheric deposition on soils: field monitoring and aluminium chemistry.* Proefschrift LU Wageningen, 163 p.
Oldenburgh, J. van (1915). *Rapport omtrent de uitkomsten van een grondwater- en bodemonderzoek in het duingebied nabij Schoorl.* RID, 147 p.
Pedroli, B. en Wijk, A. J. van (1988). *Strijper Aa-gebied rijp voor bodemsanering door hoge zinkgehalten in grondwater?* H_2O (21) 1988, nr. 10, p. 270-273.
RIVM (1987). *Luchtkwaliteit, jaarverslag 1987.* Rapport-nr. 228702009, 176 p.
Rozema, J., Laan, P., Broekman, R., Ernst, W. H. O. and Appelo, C. A. J. (1985). *On the lime transition and decalcification in the coastal dunes of the province of North-Holland and the island of Schiermonnikoog.* Acta Bot. Neerl. 34(4), p. 393-411.
Schuurkes, R. (1987). *Acidification of surface waters by atmospheric deposition.* Proefschrift Kath. Univ. Nijmegen, Fac. W&N (druk), 160 p.
Stuyfzand, P. J. (1984a). *Effecten van vegetatie en luchtverontreiniging op de grondwaterkwaliteit in kalkrijke duinen bij Castricum: lysimeterwaarnemingen.* H_2O (17) 1984, p. 152-159.
Stuyfzand, P. J. (1984b). *Groundwater quality evolution in the upper aquifer of the coastal dune area of the Western Netherlands.* IAHS Publ. 150, p. 87-98.
Stuyfzand, P. J. en Vinkers, H. J. (1985). *Onderzoek naar hoge concentraties zware metalen in het ondiepe grondwater rond het pompstation De Mondaf in Bergen op Zoom.* KIWA-rapport SWO 85.266, 47 p.
Stuyfzand, P. J. (1989a). *Hydrochemie en hydrologie van duinen en aangrenzende polders tussen Egmond aan Zee en Petten (kaartbladen 19A, B en 14C, D).* KIWA-rapport SWE 87.001, 239 p.
Stuyfzand, P. J. (1989b). *Factors controlling trace element levels in groundwater in the Netherlands.* Proc. 6th Intern. Symp. on Water-Rock Interaction, Malvern (UK) August 3-9, 1989, D. L. Miles (ed.), A. A. Balkema Publ. R'dam, p. 655-659.
Vermeulen, A. J. (1978). *Acid precipitation in the Netherlands.* Envir. Sci & Technol 12, p. 1016-1021.

● ● ●

Akkoord over algemene voorwaarden openbare nutsbedrijven

Tussen de verenigingen van openbare nutsbedrijven en de consumentenorganisaties de Consumentenbond en het Konsumenten Kontakt is overeenstemming bereikt over een nieuw model voor de algemene voorwaarden van de nutsbedrijven.
De belangrijkste wijzigingen in vergelijking met de vorige voorwaarden zijn:
- het nutsbedrijf is bevoegd om de verbruiker ook af te sluiten voor een schuld op een ander of vorig adres van de verbruiker;
- wanneer een verbruiker kan aantonen dat hij niet in staat is zijn - niet betwiste - schuld te voldoen, kan hij zijn nutsbedrijf verzoeken een betalingsregeling met hem te treffen, mits dit gebeurt binnen de hem gestelde uiterste betalingstermijn. Als over de betalingsregeling geen overeenstemming tussen de verbruiker en het nutsbedrijf kan worden bereikt, kan de verbruiker zich binnen één week tot de Geschillencommissie Openbare Nutsbedrijven wenden, die in een verkorte procedure over de redelijkheid van de betalingsregeling (en ook over de rechtmatigheid van een eventuele afsluiting) zal oordelen. Zolang door de geschillencommissie nog geen beslissing over de betalingsregeling is genomen, kan het nutsbedrijf niet tot afsluiting overgaan.

Over het nieuwe model van algemene voorwaarden is vanaf januari 1986 overleg gevoerd onder voorzitterschap van mevr. drs. M. Epema-Brugman in het kader van de Commissie voor Consumentenaangelegenheden (CCA) van de SER. Het betreft hier het model voor de algemene voorwaarden van de VEGIN, VEWIN, VEEN en VESTIN. De verenigingen hebben er bij hun leden op aangedrongen hun eigen voorwaarden aan te passen aan het nieuwe model met ingang van 1 januari 1990 of zo spoedig mogelijk daarna.
Over drie jaar zal worden bezien hoe de nieuwe regeling in de praktijk werkt.