

De alkaliteit, het redoxniveau en de verontreinigingsindex als parameters en keuzemogelijkheden in een hydrochemische classificatie van watertypen

Inleiding

De in 1986 geïntroduceerde hydrochemische classificatie van watertypen [Stuyfzand, 1986a en b] wordt, tot mijn vreugde, steeds meer toegepast. Het is daarom en voor verdere verspreiding nuttig te wijzen op nieuwe keuzemogelijkheden in die classificatie, waarmee onder bepaalde omstandigheden een functioneler indeling wordt verkregen. In dit artikel komen die keuzemogelijkheden aan de orde.



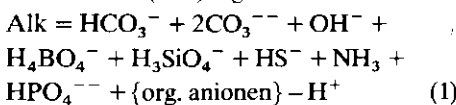
P. J. STUYFZAND
KIWA NV,
Afd. Hydrologie

Ter herinnering is de opbouw van de classificatie in afb. 1 weergegeven. Deze blijft ongewijzigd. De nieuwe opties bevinden zich uitsluitend op niveau II van de onderverdeling. Zij vormen derhalve een alternatief voor de indeling in typen op basis van de totale hardheid.

In tabel I zijn vier opties aangegeven en nader gespecificeerd. Men kan dus kiezen uit de totale hardheid, alkaliteit (= tijdelijke hardheid), het redoxniveau of de vervuilingsgraad. Op laatste drie genoemden volgt een korte toelichting. De alkaliteit wordt thans als standaard gekozen boven de totale hardheid, vooral vanwege een veel geringere afhankelijkheid van het chloridegehalte van water. Daarnaast heeft de alkaliteit mogelijk een grotere ecologische betekenis, omdat deze betere correlaties vertoont met ecologisch zeer relevante standplaatsfactoren als de pH, het redoxniveau en het nutriënten-gehalte van water.

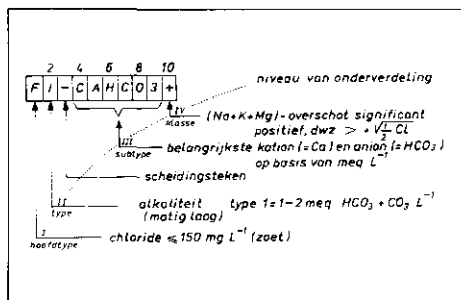
Optie 2: De alkaliteit

De alkaliteit (Alk) is gedefinieerd als



waarbij de geanalyseerde concentraties in

afb. 1 - De opbouw van de hydrochemische classificatie van watertypen volgens Stuyfzand [1986a en b], met de codering en oncijfering van een watertype in 10 posities. De nieuwe opties betreffen niveau II van onderverdeling.



Samenvatting

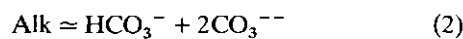
In 1986 werd in H₂O (19) op p. 562-568 een nieuwe hydrochemische classificatie van watertypen gepresenteerd, waarin een watertype bepaald wordt op basis van achtereenvolgens Cl, totale hardheid, het belangrijkste kat- en anion en (Na + K + Mg) gecorrigeerd voor zeezout. Dit artikel vormt daarop een aanvulling, terwijl zowel het redoxniveau als de gepresenteerde verontreinigingsindex waardevolle kwaliteitsparameters lijken ook los van de hydrochemische classificatie.

In plaats van de totale hardheid, kan men nu ook kiezen voor de alkaliteit, het redoxniveau of een bestaande cq. nieuwe verontreinigingsindex. De alkaliteit is echter verheven tot standaard, vanwege een geringere beïnvloeding door het Cl-gehalte en door kationuitwisseling, dan de totale hardheid, alsmede vanwege een grotere hydrochemische en mogelijk ecologische betekenis.

Het redoxniveau is een goed alternatief voor de directe, meestal niet representatieve meting van de redoxpotentiaal. Het is gebaseerd op de concentraties van de redoxhoofdcomponenten O₂, NO₃, SO₄ (en H₂S), Fe, Mn en CH₄.

De nieuwe verontreinigingsindex is gebaseerd op de pH, (NO₃ + 0,67 SO₄-gecorrigeerd voor zeezout), zware metalen, actieve kool adsorbeerbare organohalogenen (AOX), Colibacteriën en tritium. Deze index is in tegenstelling tot de meeste bestaande indices toepasbaar op alle hydrologische compartimenten.

mmol/l en Alk in meq/l. Voor de meeste wateren met $4,5 \leq \text{pH} \leq 9,5$ vereenvoudigt (1) tot:



De alkaliteit is in feite gelijk aan het zuur neutraliserende vermogen van water. Deze eigenschap wordt voornamelijk verkregen dankzij zuur neutraliserende reacties van bijvoorbeeld grond met percolerend water. De oplossing van kalk in zuur vormt het meest eclatante voorbeeld. Een zeer lage alkaliteit (< 1 meq/l) is dan ook typerend voor zuur, (zeer) zacht water, zoals regenwater en grond- en oppervlaktewater in kalkloze infiltratiegebieden.

Een middelmatige tot matig hoge alkaliteit (2-8 meq/l) is kenmerkend voor (matig) hard grond- en oppervlaktewater in kalkrijk milieu. Een (extreem) hoge alkaliteit (> 8 meq/l) komt onder andere voor in methaanrijk, dikwijls bruin tot geelgekleurd grondwater, in kalkrijk milieu. De alkaliteit is derhalve een goede maat voor de reactie van water met vooral kalk en organische stof en is nauwelijks afhankelijk van het Cl-gehalte (de bijmenging van zee water).

Een (zeer) hoge alkaliteit gaat echter in geval van NaHCO₃-water gepaard met een (zeer) lage totale hardheid. Dit is het gevolg van kationuitwisseling van vooral Na voor Ca,

TABEL I - De vier keuzemogelijkheden voor de indeling in typen (niveau II van de classificatiemethode). Optie 2 is ten koste van optie 1 verheven tot standaard.

Optie 1 (oude standaard)			Optie 2 (nieuwe standaard)		
Type nr.	naam	totale hardheid (mmol/l)	Type nr.	naam	alkaliteit (meq/l)
-1	zeer zacht	0 - 1/2	* -1	zeer laag	< 1/2
0	zacht	1/2 - 1	0	laag	1/2 - 1
1	matig hard	1 - 2	1	matig laag	1 - 2
2	hard	2 - 4	2	middelmatig	2 - 4
3	zeer hard	4 - 8	3	matig hoog	4 - 8
4	extreem hard	8 - 16	4	hoog	8 - 16
5	extreem hard	16 - 32	5	zeer hoog	16 - 32
6	extreem hard	32 - 64	6	extreem hoog	32 - 64
7	extreem hard	64 - 128	7	extreem hoog	64 - 128
8	extreem hard	128 - 256	8	extreem hoog	128 - 256
9	extreem hard	≥ 256	9	extreem hoog	≥ 256

Optie 3			Optie 4		
Type nr.	naam	indicatieve redox potentiaal (E _h ; mV)	Type nr.	naam	vervuilings-index
0	oxisch	+ 820	0		
1	(sub)oxisch	+ 800	1	1 zeer zuiver	naar
2	suboxisch	+ 740	2	2 aanvaardbaar	keuze.
3	overgang anoxisch	+ 520	3	3 licht vervuild	zie
4	SO ₄ -(meta)stabiel	- 50	4	4 vervuild	tekst
5	SO ₄ -reducerend	- 190	5	5 zwaar vervuild	
6	fermenterend	- 240	6	6 extreem vervuild	
m	menging	-	m. 7	7 dood	

TABEL II – Praktische criteria ter vaststelling van het redoxniveau, met voor elk niveau aangegeven de typerende reacties en indicatieve redoxpotentiaal bij pH = 7 (Eh₇), uitgebreid naar Stuyfzand [1987]. Concentraties in mg/l. De O₂-concentratie bij evenwicht met de atmosfeer ({O₂} sat.) volgens Peters [1984].

Redox niveau	milieu	Reactie	Vergelijking	Typische Eh ₇ (mV)	Determinatie bij volledige analyse (mg/l)						Idem, onvolledige analyse					
					O ₂	NO ₃ ⁻	Mn ⁺⁺	Fe ⁺⁺	SO ₄ ⁻	H ₂ S	CH ₄	NO ₃ ⁻	Mn ⁺⁺	Fe ⁺⁺	SO ₄ ⁻	assoc.
0	oxisch	zuurstof evenwicht	O ₂ (g) + H ₂ O ⇌ O ₂ ²⁻ + H ₂ O	+ 820	A	≥ 1	< 0,1	< 0,1	(C)	(-)	< 0,2	≥ 1	< 0,1	< 0,1	(C)	
1	(sub) oxisch	aërobie respiratie	O ₂ ²⁻ + CH ₂ O → CO ₂ + H ₂ O	+ 800	B	≥ 1	< 0,1	< 0,1	(C)	(-)	< 0,2	≥ 1	< 0,1	< 0,1	(C)	niv. = 1/2
2	sub-oxisch	denitrificatie	NO ₃ ⁻ + 5/4 CH ₂ O → 1/2 N ₂ + 3/4 CO ₂ + HCO ₃ ⁻ + 3/4 H ₂ O	+ 740	< 0,5	≥ 1	< 0,1	< 0,1	(C)	(-)	< 0,2	≥ 1	< 0,1	< 0,1	(C)	
3	overgang anoxisch	mangaan-reductie	MnO ₂ + 1/2 CH ₂ O + 3/2 CO ₂ + 1/2 H ₂ O → Mn ⁺⁺ + 2HCO ₃ ⁻	+ 520	< 0,5	< 1	≥ 0,1	< 0,1	(C)	(-)	< 0,2	< 1	≥ 0,1	< 0,1	C	
4	SO ₄ ⁻ (meta) stabiel	ijzer-reductie	Fe(OH) ₃ + 1/4 CH ₂ O + 1/4 CO ₂ → Fe ⁺⁺ + 2HCO ₃ ⁻ + 3/4 H ₂ O	- 50	< 0,5	< 1	•	≥ 0,1	(C)	-	< 0,5	< 1	•	≥ 0,1	C	niv. = 4/5
5	SO ₄ ⁻ re-ducerend	sulfaat-reductie	SO ₄ ⁻ + 2CH ₂ O → HS ⁻ + H ₂ O + CO ₂ + HCO ₃ ⁻	- 190	< 0,5	< 1	•	•	D	+	< 1	< 1	•	•	D	
6	fermen-terend	methaan-vorming	CO ₂ + 2CH ₂ O → CH ₄ + 2CO ₂	- 240	< 0,5	< 1	•	•	E	•	≥ 1	< 1	•	•	E	

-, + = geen, wel H₂S-reuk in veld; • = geen voorwaarde; () = indien onbekend, dan vervalt deze eis; A = O₂ ≥ 0,9 {O₂} sat.; B = 0,5 ≤ O₂ < 0,9 {O₂} sat.; C = SO₄ ≥ 0,85 {SO₄} o; D = 0,3 {SO₄} o < SO₄ < 0,85 {SO₄} o of SO₄ > 3, indien Cl < 300 mg/l; E = SO₄ ≤ 0,3 {SO₄} o of SO₄ ≤ 3, indien Cl < 300 mg/l; {O₂} sat. = 14,594 - 0,4t + 0,0085t² - 97,10⁻⁶t³ - 10⁻⁵(16,35 + 0,008t² - 5,32/t) · Cl waarin t = temp. in °C en Cl = chloride in mg/l; {SO₄} o = oorspronkelijke SO₄-gehalte in mg/l (zie tekst).

met als bijverschijnsel, in kalkrijk medium, kalkoplossing, die dan vooral zichtbaar is aan een pH- en HCO₃-toename [Stuyfzand, 1985].

Optie 3: Het redoxniveau

De aërobiegraad ofwel het redoxniveau van water bepaalt in sterke mate welke anorganische en organische stoffen in water mobiel zijn of gemobiliseerd kunnen worden (zie bijvoorbeeld [Stumm & Morgan, 1981]). De directe meting van het redoxniveau met behulp van een redoxpotentiaal-electrode stuit op praktische problemen en geeft vrijwel altijd onbetrouwbare resultaten volgens Lindberg & Runnells [1984]. Dit geldt zonder bijzondere voorzorgen ook voor de berekening van de redoxpotentiaal uit een enkel redoxkoppel, als Fe⁺⁺/Fe⁺⁺⁺ [Lindberg & Runnells, 1984; Kölling, 1986]. Het is daarom beter het redoxniveau af te leiden uit de aan- of afwezigheid van de belangrijkste redoxgevoelige componenten van water, dat wil zeggen O₂, NO₃, SO₄ (en H₂S), Fe, Mn en CH₄, volgens het schema in tabel II.

Hierbij wordt uitgegaan van:

- a. de in tabel II weergegeven redox-sequenties in respectievelijk niveau 1-6, die gelden voor de mineralisatie van organische stof in een van de atmosfeer gesloten systeem [Stumm & Morgan, 1981]; en
- b. afwezigheid van menging van water uit verschillende redoxmilieus.

Menging wordt zichtbaar, als bij determinatie volgens tabel II met voldoende gegevens geen enkel niveau uit het schema rolt gaande van boven naar beneden. In dat geval verschijnt een 'm' op positie 2 van afb. 1.

Problematisch is veelal het ontbreken van (goede) O₂-, CH₄- en H₂S-analyses. Dan kan kennis van het oorspronkelijke NO₃- en SO₄-gehalte houvast bieden.

Het oorspronkelijke SO₄-gehalte {SO₄} o kan eenvoudig gekoppeld worden aan de Cl-concentratie, althans voor de meeste brakke en zoute watersoorten (Cl > 300 mg/l) volgens

$$\{SO_4\} o = 0,14 Cl \quad (3)$$

en voor ons Rijnwater volgens

$$\{SO_4\} o = 28,7 + 0,3203 Cl \quad (4)$$

beide op mg/l basis.

Bij een pH # 7 kan de Eh geschat worden met behulp van tabel II volgens

$$Eh = Eh_7 - 0,059 (pH - 7) \quad (5)$$

En in het SO₄-(meta)stabele niveau 4, kan de Eh nader geschat worden volgens

$$Eh = 0,944 - \frac{2,3 RT}{F} (3pH + \log [Fe^{++}]) \quad (6)$$

waarin:

R = gasconstante = 1,987 cal · mol⁻¹ · graden⁻¹

T = absolute temperatuur = 273,15 + t (°C)

F = Faraday-constante = 23064 cal · volt⁻¹

[Fe⁺⁺] = activiteit Fe⁺⁺ in mol/l = [γ₂ · Fe_{tot}] in slibvrij grondwater.

De formule is gebaseerd op de reactie Fe(OH)₃ (s) + 3H⁺ e ⇌ Fe⁺⁺ + 3H₂O (7)

Optie 4: De vervuilingsgraad

De vaststelling van de mate van waterverontreiniging wordt bemoeilijkt door ruimtelijke en tijdsafhankelijke variaties in natuurlijke achtergrond (basiskwaliteit) en de noodzakelijkerwijs beperkte keuze uit beoordelingscriteria. Die keuze sluit meestal aan op de belangstelling van de onderzoekende instantie, het watergebruik in kwestie en/of de beschikbare wateranalyses. Om toch een zo breed mogelijke groep gebruikers te bedienen, is hier dan ook de mogelijkheid geschapen om zelf een gerichte keuze te maken.

Zo kan men kiezen uit diverse classificaties voor oppervlaktewater, die goed aansluiten op beschikbare gegevens bij de Provinciale Waterstaten, Rijkswaterstaat en Hoogheemraadschappen, en in tabel III bijengezet zijn.

Inpasbaar in tabel III is verder de indeling op basis van het voorkomen van macro-invertebraten volgens Tuffery & Verneaux [1968]. En natuurlijk kunnen ook de vervuilingen-

TABEL III – Diverse classificaties voor oppervlaktewater uit de literatuur (enigszins aangepast) ter indeling in typen volgens optie 4 (niveau II, positie 2 in afb. 1). Bij combinaties van parameters ter indeling, worden de punten opgeteld, gedeeld door het aantal parameters en het resultaat afgerond tot een geheel getal, dat dan gelijk is aan de code van het type.

Pun-ten	A		B		C		D		E		F		G		Type	
	zuurstof-verzadiging (%)	BZV ₅ mg/l	NH ₄ -N mg/l	Kjeld-N mg/l	(PO ₄ -P) ortho mg/l	(PO ₄ -P) totaal mg/l	aantal bacteriën	naam	code:							
1	90-110	≤ 3	≤ 0,5	≤ 1	≤ 0,03	≤ 0,1	≤ 10 ²	zeer zuiver	1							
2	70-90	110-120	3- 6	0,5- 1	1- 2	0,03-0,1	0,1-0,2	10 ² -10 ³	aanvaardbaar	2						
3	50-70	120-130	6- 9	1 - 2	2- 4	0,1 -0,2	0,2-0,4	10 ³ -10 ⁴	licht vervuild	3						
4	30-50	130-140	9-15	2 - 5	4-10	0,2 -0,4	0,4-0,8	10 ⁴ -10 ⁵	vervuild	4						
5	10-30	140-150	15-30	5 -10	10-20	0,4 -0,8	0,8-1,5	10 ⁵ -10 ⁶	zwaar vervuild	5						
6	< 10	> 150	> 30	> 10	> 20	> 0,8	> 1,5	> 10 ⁶	extreem vervuild	6						

veel gebruikte combinaties:

INT {A + B + C}/3} volgens Min. Verkeer en Waterstaat (1981, iets gewijzigd)

INT {A + C + D + E + F}/5} volgens Bots et al (1978, iets gewijzigd)

INT { } = rond af tot geheel getal

TABEL IV – De nieuwe vervuilingindex van water uit elk hydrologisch compartiment, ter indeling in typen volgens optie 4 (niveau II, positie 2 in afb. 1). Als alle parameters A-F worden meegewogen, dan wordt de index = INT $\{(A + B + C + D + E + F)/5\}$, waarbij A = punten voor pH-klasse en INT = afronding tot geheel getal.

Punten	A		B	C	D	E	F	Type	code
	pH		{NO ₃ + 0,67 SO ₄ *} (mmol/l)	$\frac{\sum x}{MTC_x}$ (0,01 n) (µg/l)	AOCl (µg/l)	bacteriën Coli-groep 44 °C (n/l)	³ H (T.U.)	vervuilings-index	
1	5,5-8,5		≤ 0,1	≤ 2	≤ 1	≤ 1	< 5	zeer zuiver	1
2	4,5-5,5	8,5- 9,5	0,1-0,3	2- 5	1- 5	1-10	5- 30	aanvaardbaar	2
3	4,0-4,5	9,5-10,0	0,3-1,0	5- 10	5- 10	10-10 ²	30- 80	licht vervuild	3
4	3,5-4,0	10,0-10,5	1,0-2,0	10- 20	10- 20	10 ² -10 ³	80-150	vervuild	4
5	3,0-3,5	10,5-11,0	2,0-4,5	20- 50	20- 50	10 ³ -10 ⁴	150-300	zwaar vervuild	5
6	2,0-3,0	11,0-12,0	4,5-9,0	50-100	50-100	10 ⁴ -10 ⁵	300- 10 ³	extreem vervuild	6
7	< 2	> 12	> 9,0	> 100	> 100	> 10 ⁵	> 10 ³	dood	7

Ad B: SO₄* = SO₄ - 0,05167 Cl, indien SO₄* > 0, anders SO₄* = 0
B op mg/l-basis = (NO₃/62) + (SO₄/143,37) - (Cl/1024,09)

Ad C: x = (Cr, Ni, Cu, Zn, As, Cd, Hg, Pb) ongefiltreerde monsters in µg/l
MTC_x = voor drinkwater maximaal toelaatbare concentratie (eq. richtniveau) in µg/l (resp. 50, 50, 100, 100, 50, 5, 1, 50 volgens Waterleidingbesluit, 1984)
n = aantal beschouwde spoorelementen, bij voorkeur 8 (zie x)

Ad D: Als ³H < 2 en AOCl < 5, dan AOCl < 1

Ad F: T.U. = 3,24 pci/l = 0,118 Bq/l

Ad type: Vervuilingindex = INT $\{(A + B + C + D + E + F)/5\}$

indices volgens bijv. Dresscher & Van der Mark [1979], Horton [1965], Brown et al [1970], Bach [1980] en Gimbel et al [1980] gevoeglijk worden ingeschaald.

Een nieuwe vervuilingindex

Voor grond- en regenwater zijn de in tabel III vermelde criteria echter minder geschikt. Daarom is de voor elk hydrologisch compartiment geschikte vervuilingindex volgens tabel IV ontworpen. Zij is geïnspireerd op de vervuiling van Rijn en Maas en op uitvoerig onderzoek aan grondwater in Nederland gerapporteerd door onder andere Stuyfzand [1984 red. & 1986c], Van der Kooij [1985 red.] en Van Beek [red. 1987].

Zij baseert zich op de volgende kwaliteitsaspecten:

A. de pH, vooral als maat voor verzuring met bijbehorende gevolgen, zoals verhoogde

concentraties van Al, Zn en Ni, danwel als maat voor eutrofiëring in het 'bloeseizoen'; B. NO₃ + SO₄ (gecorrigeerd voor zeezout), vooral als maat voor de effecten van overbemesting met rekenschap van de transformatie van NO₃ in 0,67 SO₄ (op mol-basis) in geval van oxydatie van pyriet. In Nederland kunnen zeer hoge waarden van {NO₃ + 0,67 · SO₄- gecorrigeerd} ook duiden op (versnelde) oxydatie van veen of ijzersulfiden ten gevolge van grondwaterstandsverlaging, op degeneratie/afsterving van bos, op een hoge mate van luchtverontreiniging met NO_x, SO₂ en/of (NH₄)₂SO₄ en in uitzonderlijke situaties op interactie met gips of anhydriet. De parameter {NO₃ + 0,67 SO₄*} kan ook dienen als maat voor verzurende processen waaraan het water onderhevig is geweest (en die dikwijls niet in de pH zichtbaar zijn). In feite vormt deze dan een variant op de door Van Bennekom & Kruithof [1988]

geïntroduceerde parameter $\sum N + S$;
C. de som van een aantal spoorelementen in ongefiltreerd water, met weging naar hun maximaal toelaatbare concentratie in, cq. richtniveau voor drinkwater, als maat voor verontreiniging met zware metalen;
D. actieve kool adsorbeerbaar organohalogen (AOCl), opgegeven als chloor, als maat voor verontreiniging met veel voorkomende, mobiele xenobiotische stoffen [Feenstra, 1987];
E. het aantal thermotolerante bacteriën van de Coli-groep als maat voor faecale verontreiniging; en
F. de tritium-activiteit als maat voor radio-actieve verontreiniging.

Het aantal beschouwde kwaliteitsaspecten kan naar behoefte uitgebreid of uitgedund worden. De deelfactor, bij A t/m F 5 zijnde (niet 6!), dient dan te worden aangepast. Ter illustratie zijn in tabel V een aantal belangrijke watersoorten voor ons land getypeerd met de nieuwe vervuilingindex. De laagste vervuilingindex siert ons diepe, oude grondwater, de hoogste markeert de jammerlijke toestand van ons Rijn- en Maaswater.

Slotbeschouwing

Met zijn nieuwe opties is de hydrochemische classificatie van watertypen een soort hydrochemische gereedschapskist geworden. Voor de analyse van grondwaterstromingsstelsels en van hydrogeochemische processen zal in het algemeen de alkaliteit als onderdeel van classificatie de beste keuze zijn. Voor verdere detaillering in monotone situaties valt soms het redoxniveau te verkiezen, zoals bij een onderzoek naar eutrofiëring in kalkrijke duinen ten gevolge van vernatting [Stuyfzand & Moberts, 1987] waar de mobiliteit van de nutriënten NO₃,

TABEL V – Typering van belangrijke watersoorten in Nederland, met de nieuwe vervuilingindex volgens tabel IV.

	pH	NO ₃	SO ₄	Cl	Cr	Ni	Cu	Zn	As	Cd	Hg	Pb	AOCl	44 °C Coli (n/l)	³ H (T.U.)	Vervuilingindex
		mg/l	mg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
Rijn bij Vuren 1980-1983	7,77	17,2	71	145	15,8	7,3	9,9	82	4,2	0,93	0,15	8,9	55	57.500	100	5
Rijnoeverfiltraat Zwijndrecht	7,6	<0,1	69	150	0,05	3,7	<0,6	7	3,5	<0,02	<0,1	2,3	18	<2	63	3
Rijinfiltraat α duinen GW, 79-83	8,0	4,9	67	136	<1	2,7	3	5	1,6	0,09	0,09	1,2	15	1.280	108	4
Maas bij Heusden 1979-1983	7,72	15,2	56,6	53,6	4,9	8,4	9,6	147	5,0	1,9	0,24	12,6	20	106.000	153	5
Spaarbekken I30 Brab. Biesb. 1985-86	8,4	15,4	59	60	0,6	4,1	2	12	2,2	0,07	0,05	1,4	21	280	114	4
Maasinfilttraat β duinen DWL, 1979-1983	7,59	5,4	61,6	74,3	0,9	2,9	4,5	28	1,7	<0,05	0,13	2,6	16	10	130	3
Regenwater de Bilt, 1978-1983	4,42	3,2	6,4	3,9	<0,5	1,8	3,8	39	<0,8	0,22	0,10	18,7	<5?	<2?	30	3
Ondiep grondwater maisperceel	4,2	450	141	85	2,4	44	81	570	1,2	5,2	<0,1	4,0	5?	<2?	30	4
Oud grondwater P.S. Veghel	7,41	<1	<0,2	57	<1	2	2	10	5	<0,05	<0,05	<1	<1	<2	<2	1

α = open terugwinning; β = gesloten terugwinning

NH₄ en PO₄ sterk afhankelijk van de redoxpotentiaal.

De verontreinigingsindex, in het bijzonder de hier voorgestelde, kan vooral van nut zijn bij landelijk of regionaal onderzoek ter vaststelling van de noodzaak van bescherming c.q. sanering, danwel ter inventarisatie van bijvoorbeeld de reserves aan onbezoedeld water.

Literatuur

- Bach, E. (1980). *Ein chemischer Index zur Überwachung der Wasserqualität von Fließgewässern*. Deutsche Gewässerk. Mitt. (24), 4/5 p.
- Beek, C. G. E. M. van, red. (1987). *Landbouw en drinkwatervoorziening; oriënterend onderzoek naar de beïnvloeding van de grondwaterkwaliteit door bemesting en het gebruik van bestrijdingsmiddelen*. KIWA-Mededeeling 99, 167 p.
- Bennekom, C. A. van en Kruithof, J. C. (1988). *Kwantificering van verzurende processen in grondwater*. H₂O (21) 1988, nr. 10, p. 252-257.
- Bots, W. P. C. M., Jansen, P. C. en Noordewier, G. J. (1978). *Fysisch-chemische samenstelling van oppervlakte- en grondwater in het noorden des lands*. Regionale studies (13), ICW Wageningen.
- Brown, R. M., McClelland, N. I., Deiniger, R. A. and Tozer, R. G. (1970). *A waterquality index, do we ware?* Water & Sewage Works, oct. p. 339-343.
- Dresscher, G. N. en Mark, H. van der (1979). *Een eenvoudige methode voor de biologische beoordeling van de kwaliteit van oppervlaktewater*. H₂O (12) 14, p. 321-323.
- Feenstra, S. (1987). *Screening/indicator parameters for organic contaminants in groundwater*. Water Poll. Res. J. Canada 22(1), p. 73-84.
- Gimbel, R., Siedersleben, J. und Sontheimer, H. (1980). *Beschreibung des Zustandes von Fließgewässern nach der IAWR-Methode*. GW (121), p. 428-437.
- Horton, R. K. (1965). *An index number system for rating waterquality*. Journal WPCF (37), p. 00-00.
- Kölling, M. (1986). *Vergleich verschiedener Methoden zur Bestimmung des Redoxpotentials natürlicher Wässer*. Meyniana (38), p. 1-19.
- Kooij, D. van der, red. (1985). *Drinkwater uit oevergrondwater: Hydrologie, kwaliteit en zuivering*. KIWA-Mededeeling 89.
- Lindberg, R. D. and Runnells, D. D. (1984). *Groundwater redox reactions: an analysis of equilibrium state applied to Eh measurements and geochemical modelling*. Science (225), p. 925-927.
- Ministerie van Verkeer en Waterstaat (1981). *Indicatief Meerjarenprogramma Water 1980-1984*. 's-Gravenhage.
- Peters, H. (1984). *Zakrekenmachines en de zuurstofverzadigingswaarde van water*. H₂O (17) 1984, nr. 3, p. 73.
- Stumm, W. and Morgan, J. J. (1981). *Aquatic Chemistry, an introduction emphasizing chemical equilibria in natural waters*. J. Wiley & Sons, New York, 2nd ed. 780 p.
- Stuyfzand, P. J. (red.) (1984). *Microverontreiniging en duininfiltratie*. KIWA-Mededeeling 81, 336 p.
- Stuyfzand, P. J. (1985). *Hydrochemie en hydrologie van het duingebied tussen Egmond en Wijk aan Zee*. KIWA-rapport SWE-85.012, 205 p.
- Stuyfzand, P. J. (1986a). *A new hydrochemical classification of watertypes: principles and application to the coastal dunes aquifer system of the Netherlands*. Proc. 9th Salt Water Intrusion Meeting, Delft 12-16 May 1986, Delft Univ. Techn. (ed.), p. 641-655.
- Stuyfzand, P. J. (1986b). *Een nieuwe hydrochemische classificatie van watertypen, met Nederlandse voorbeelden van toepassing*. H₂O (19) 1986, nr. 23, p. 562-568.
- Stuyfzand, P. J. (1986c). *Macroparameters bij duininfiltratie*. Basisrapport 'Kwaliteitsveranderingen van oppervlaktewater bij kunstmatige infiltratie in de Nederlandse kustduinen: Macroparameters', bij 5 deelrapporten (KIWA-SWE 366 t/m 370), KIWA-Mededeeling 82, 336 p.
- Stuyfzand, P. J. (1987). *Hydrochemische onderzoeksmethoden ter analyse van grondwaterstroming*. Voordracht van 4 november 1987 voor de cursus 'Grondwaterwinning en kunstmatige aanvulling van grondwater' van Stichting

Postacademiale Vorming gezondheidstechniek.

H₂O in druk.

Stuyfzand, P. J. (1987). *Hydrologie en waterkwaliteitsaspecten van Rijnsoevergrondwater in Nederland*.

Voordracht van 11 november 1987 voor de cursus 'Grondwaterwinning en kunstmatige aanvulling van grondwater' van Stichting Postacademiale Vorming gezondheidstechniek.

Stuyfzand, P. J. en Moberts, F. M. L. (1987). *Hydrochemie en hydrologie van drie soorten (vern)nat duinterrein langs Hollands kust*. KIWA SWE-86.006, 218 p.

Tuffery, G. et Verneaux, J. (1968). *Méthode de détermination de la qualité biologique des eaux courantes*. Rap. Section technique 'Pêche et pisciculture', Paris, Cerafer.



Congresboek 'Riolering en Waterkwaliteit' nog beschikbaar

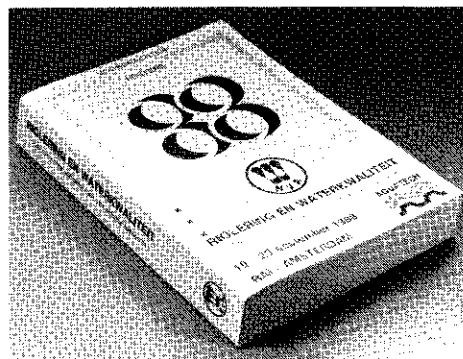
De lezingen die tijdens het NVA-congres 'Riolering en Waterkwaliteit; van een onfris verleden naar een schone toekomst' zijn gehouden, zijn opgenomen in een congresboek. Dit boek is uitgereikt aan de ca. 500 deelnemers aan dit congres. Er is nog een aantal exemplaren beschikbaar voor belangstellenden.

Tijdens het NVA-rioleringscongres dat van 19 t/m 23 september 1988 gedurende Aquatech werd georganiseerd, werd in ca. 45 lezingen, verdeeld over 7 thema's, een beeld gegeven van de riolering in Nederland. De thema's luiden:

- bestuurlijke, organisatorische en wettelijke aspecten;
- nieuwe ontwikkelingen bij inzameling afvalwater;
- relatie riolering en waterkwaliteit;
- inzameling en transport industrieel afvalwater;
- nieuwe beheerstechnieken;
- beheerstechnieken in de praktijk;
- presentatie onderzoeksinstellingen.

Het congresboek omvat bijna 700 pagina's. Er is nog een aantal exemplaren verkrijgbaar voor de prijs van f 75,- voor niet NVA-leden en f 37,50 voor NVA-leden, excl. de verzendkosten van f 8,-.

Bestelling kan geschieden door overmaking van f 83,- resp. f 45,50 op girorekeningnr. 10.08.472 of bankrekeningnr. 51.71.10.334 ten name van de NVA te Rijswijk onder vermelding van 'congresboek'. Toezending geschiedt in volgorde van binnenkomst.



Provinciale besturen stellen regels aan verkeersborden ten behoeve van de grondwaterbescherming

In het kader van de Wet bodembescherming zijn de provincies op dit moment bezig met het opstellen van de zogenaamde grondwaterbeschermingsverordeningen.

Deze verordeningen geven regels met betrekking tot wat wel en niet mag in grondwaterbeschermingsgebieden. Dit zijn gebieden die door de provincies zijn aangewezen ten behoeve van de bescherming van de kwaliteit van het grondwater dat door de waterleidingbedrijven wordt onttrokken voor de productie van drinkwater.

In de verordeningen is onder andere aangegeven op welke wijze de grondwaterbeschermingsgebieden moeten worden aangeduid.