Ionchromatografische spooranalyse van bromaat in drink- en oppervlaktewater met behulp van een macro-injectiesysteem

Samenvatting
Op basis van ionchromatografie kan met eenvoudige monstervoorbehandeling en geautomatiseerde macro-injectie in de zuiveringsprocessen van Gemeentewaterleidingen Amsterdam bromaat in water selectief en gevoelig bepaald worden. De onderste analysegrens bedraagt circa 0,2 μg BrO_3^-/l.; de bepaling duurt circa 30 minuten.

Inleiding

De behoefte aan een betrouwbare en gevoelige analyse van bromaat in drink- en oppervlaktewater is groot. Oorzaak hiervan is het feit, dat bromaat is geïdentificeerd als genotoxisch carcinogeen. Bovendien blijkt bromaat in oppervlakte- en drinkwater te kunnen voorkomen en bij gebruik van chemische desinfectiemiddelen, zoals ozon, gecombineerd ozon-peroxyde, e.d., tijdens de drinkwaterbereiding door oxydatie van bromide gevormd te kunnen worden [1].

C. BRUGGINK
Applicatielaboratorium
Dionex BV

W. J. M. VAN ROSSUM
Afd. WKB
Gemeentewaterleidingen
Amsterdam

J. G. M. M. SMEENK
Afd. WKB
Gemeentewaterleidingen
Amsterdam

Door het RIVM is een maximum gehalte van 0,5 μg BrO_3^-/l. geadviseerd. In het kader van de herziening van het waterleidingbesluit is dit advies overgenomen [2].
US EPA test methode 300.0 geeft een detectiegrens op van 20 μg BrO_3^-/l. [3]. Het RIVM heeft door modificatie van de US EPA methode de onderste analysegrens kunnen verlagen tot 6 μg BrO_3^-/l. [4]. Hautman [5] rapporteert een methode met een detectie limiet van 0,25 μg BrO_3^-/l. in een rivierwatermatrix.
Deze belangrijke stap voorwaarts vergt echter een analysetijd van ruim 4 uur per monster. Dionex Corp. Research kwam kort daarna uit met een intern vooronderzoekrapport [6] waarin een methode wordt beschreven, die belangrijk sneller is.
Bij toepassing van deze methode en de US EPA test methode 300.0 door Gemeentewaterleidingen Amsterdam (GWA), bleek echter dat selectiviteit en de onderste analysegrens onvoldoende waren.
Deze publikatie rapporteert over een modificatie van de methode van Dionex Corp. Research met een onderste analysegrens van 0,2 μg BrO_3^-/l., een analysetijd van 30 minuten per monster en verbeterde selectiviteit.

Methode

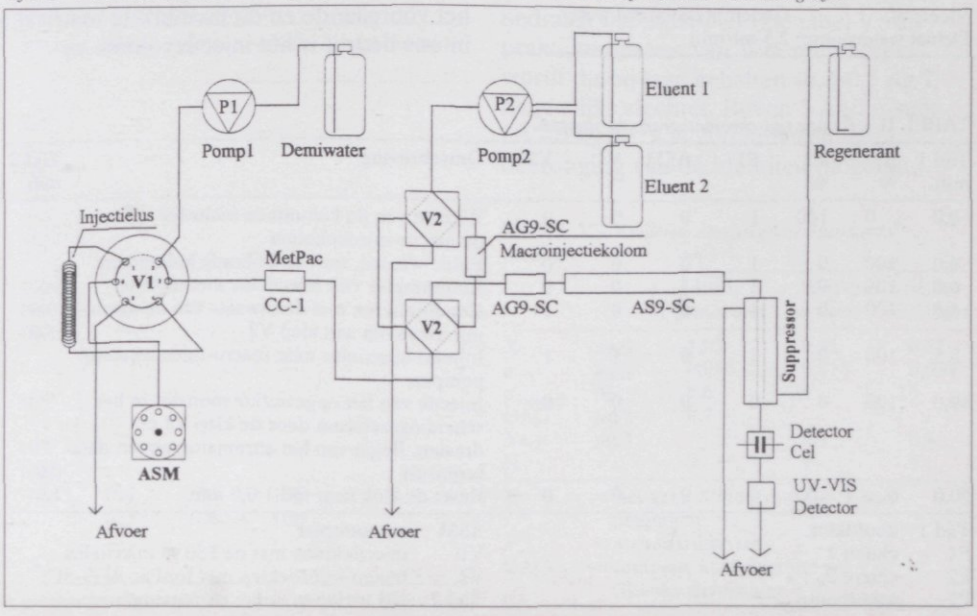
Instrumentele opbouw
In wezen is de opbouw van de chromatograaf gelijk aan die in het intern vooronderzoekrapport van Dionex [6]. Het gehele systeem bestaat uit een Dionex (Sunnyvale, CA, USA) DX-300 chromatografie systeem. De opbouw van de ionchromatograaf, voorzien van een macro-injectiesysteem, is weergegeven in afbeelding 1.

Het chromatografie systeem bestaat uit een EDM-2 eluent ontgassingsmodule, een AGP-1 (P2 in afb. 1) quaternaire gradientpomp, een PED-2 pulserende elektrochemische detector (voorzien van geleidbaarheidscel), een VDM-2 UV-VIS detector met variabele golflengte, een DQP 1-plunjerpomp (P1 in afb. 1) om het gedemineraliseerd water te verpompen en een LCM-3 chromatografiemodule, die een Rheodyne (Cotati, CA, USA) Model 9126 injectiekraan met 750 μl injectielus (V1 in afb. 1) en een kolomselectieklep (V2 in afb. 1) bevat. Om het geheel te automatiseren en data-acquisitie uit te voeren is de DX-300 uitgerust met een Dionex ASM-2 autosampler en een Dionex AI-450 Model-2, een onder Microsoft© Windows (Redmond, WA, USA) werkend integratie- en automatiseringspakket.

Monstervoorbehandeling
Het chloridegehalte in het monster wordt gereduceerd naar een laag niveau (< 400 μg Cl^-/l), door het monster voor te behandelen met een Dionex OnGuard™ Ag patroon.

Chromatografie
Het monster wordt geïnjecteerd in een 750 μl injectielus. Vervolgens wordt de injectieklep V1 (afb. 1) omgezet en wordt het monster uit de injectielus met gedemineraliseerd water door een Dionex MetPac™ CC-1 chelating kolom (50 mm x 4 mm ID) gespoeld, om zilverionen afkomstig van de monstervoorbehandeling te verwijderen. Vervolgens worden de anionen uit het monster via klep V2 (afb. 1) geconcentreerd op een 'macro-injectiekolom' type Dionex IonPac© AG9-SC (50 mm x 4 mm ID). Deze kolom wordt nagewassen met gedemineraliseerd water om de restmatrix, die niet aan de stationaire fase gebonden is, te verwijderen. Dan wordt de klep V2 omgeschakeld, zodat de macro-injectiekolom, die anionen van het monster bevat, wordt doorstroomd met het eluent. Hierdoor wordt het monster naar de analytische kolommen geleid, waar de scheiding plaatsvindt. Voor de scheiding wordt gebruik gemaakt van een Dionex IonPac AS9-SC kolom (250 mm x 4 mm ID),

Afb. 1 - Flowschema ionchromatograaf. Zie voor bijzonderheden de tekst bij methode-chromatografie.



vooraf gegaan door een Dionex IonPac AG9-SC, als beschermende kolom. De detectie wordt uitgevoerd door chemisch gesuppresseerde geleidbaarheidsmeting [7]. De membraansuppressor, Dionex ASRS, wordt continue geregenereerd met verdund zwavelzuur, aangevoerd vanuit een vat onder luchtdruk. Het eluaat van de analytische kolom stroomt dan door de cel van de PED-2 detector, die is ingesteld in de geleidbaarheidsmode. De chromatografische condities staan in tabel I. In het begin worden alle kolommen gewassen met eluent 2. Daarna worden alle kolommen geëquilibreerd met eluent 1 en kan de procedure starten, zoals hiervoor al is beschreven. De verschillende analysestappen verlopen automatisch volgens een programma dat in tabel II is weergegeven. Aangezien de procedure gericht is op de bepaling van bromaat, wordt de chromatografische scheiding na 11 minuten beëindigd.

Systeembeperkingen

De macro-injectiekolom IonPac AG9-SC, aan de klep V2 (zie afb. 1), heeft een beperkte belaadbaarheid (6-7 μeq.). De anionmatrix, bij GWA max. 8 meq/l (zie tabel III), is hierdoor de beperkende factor op het te injecteren monstervolume en daarmee bepalend voor de onderste analysegrens. Door het sterk reduceren van het chloride gehalte in het monster, wordt hierin een belangrijke verbetering aangebracht. Een ander belangrijk facet van de reductie van het chloridegehalte is dat de scheiding van bromaat en chloride, sterk verbetert (zie afb. 2). De hiervoor gebruikte voorbehandeling heeft ook beperkingen. Zo kan bijvoorbeeld in dezelfde analysegang geen bromide bepaald worden. Rekening houdend met het voorgaande en de moeilijkste matrices in ons bedrijf is het injectievolume geoptimaliseerd op 750 μl voor goede bromaat recoveries. Monsters met een lagere anionsterkte kunnen wellicht met een groter volume worden geïnjecteerd en afhankelijk van andere in de matrix voorkomende componenten een dienovereenkomstig lagere onderste analysegrens voor de methode geven.

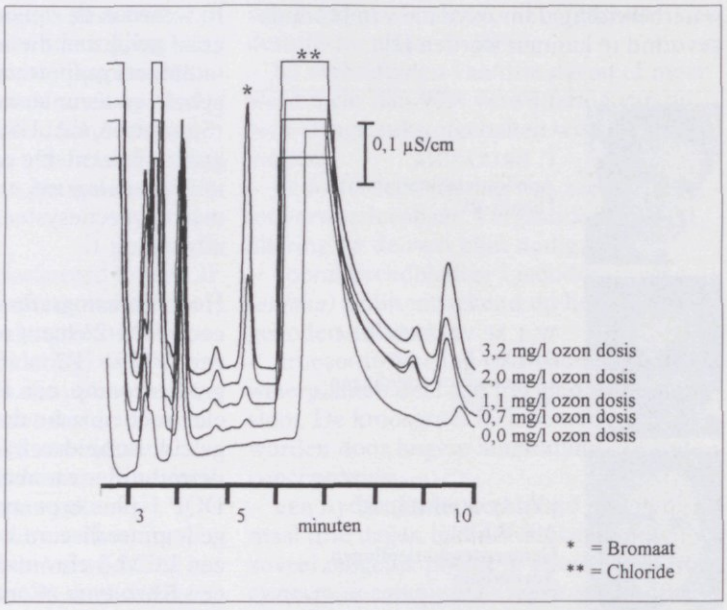
TABEL I – *Chromatografische condities.*

Kolommen	IonPac AG9-SC, IonPac AS9-SC
Efluent 1:	0,7 mmol $NaHCO_3$/l
Eluent 2:	10 mmol $NaHCO_3$ en 10 mmol Na_2CO_3/l
Debiet:	2,0 ml/min
Injectievolume:	750 μl
Suppressor:	ASRS of AMMS-2
Regenerant:	12,5 mmol H_2SO_4/l
Regenerant debiet:	2-3 ml/min
	Macro-injectie condities
Kolommen:	MetPac CC-1, IonPac AG9-SC
Vloeistof:	Gedemineraliseerd water
Debiet waterpomp:	2,5 ml/min

TABEL III – *Matrices van de diverse monsters (jaargemiddelde 1992).*

Monster/parameter	Cl^-	HCO_3^-	CO_3^-	NO_3^-	SO_4^-	Br^-	DOC
Weesperkarspel							
- ruwwater	64	223	< 1		10	0,10	6,2
- reinwater	77	187	< 1	6	10	0,11	3,5
Leiduin							
- ruwwater vóór infiltratie	151	156		17	67	0,23	3,0
- reinwater	143	131	2	6	62	0,21	1,8

Alle concentraties in mg/l
DOC = opgelost organisch koolstof



Afb. 2 - Chromatogrammen van Leiduin ruwwater vóór infiltratie met variërende ozon doses. Bromaatvorming in relatie tot ozon dosis.

TABEL II – *Relatie tijd-chromatografische stappen.*

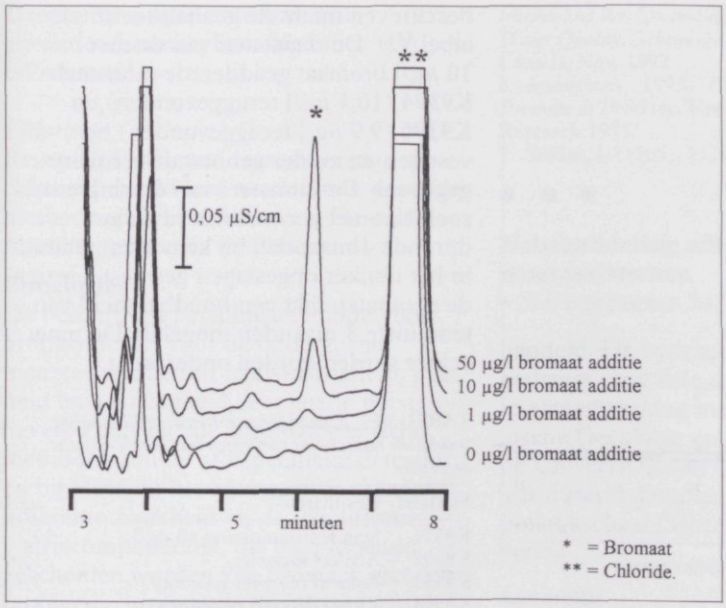
Tijd 1 min.	E1 %	E2 %	P1	ASM	V1	V2	Omschrijving	Tijd 2 min.
0,0	0	100	1	0	0	0	Wassen van de kolommen inclusief de macro-injectiekolom	–
4,0	100	0	1	0	0	0	Einde wassen, start equilibratie kolommen	–
6,0	100	0	1	1	0	0	Autosampler vult injectielus met monster	–
6,5	100	0	1	0	0	1	Conditioneren met demiwater van de macro-injectiekolom aan klep V2	
8,5	100	0	1	0	1	1	Inhoud injectielus naar macro-injectiekolom pompen	–
19,0	100	0	0	0	0	0	Injectie van het opgewerkte monster in het scheidingssysteem door de klep V2 te draaien. Begin van het chromatogram en data-acquisitie	0,0
30,0	0	100	0	0	0	0	Reset de klok naar tijd 1:0,0 min.	11,0

Tijd 1 hoofdklok
E1 eluent 1
E2 eluent 2
P1 waterpomp
ASM autosampler
V1 injectiekraan met de 750 μl injectielus
V2 macro-injectieklep met IonPac AG9-SC
Tijd 2 tijd verlopen in het chromatogram

Resultaten en discussie

Selectiviteit in diverse matrices

Om voldoende selectiviteit te verkrijgen voor het meten van bromaat in de diverse matrices van de monsters, zoals die bij GWA ter analyse worden aangeboden, bleek het in [6] toegepaste eluent, 40 mmol H_3BO_3/ 20 mmol NaOH per liter, onvoldoende. Er zijn aanwijzingen dat de hoge gehaltes HCO_3^- in de monsters, in combinatie met het boraat eluent, een slechte recovery voor bromaat opleveren. Het eluent moet enerzijds voldoende zwak zijn om een goede resolutie voor bromaat en chloride te verkrijgen, terwijl anderzijds de piekverbreding van bromaat laag moet blijven voor een voldoende lage onderste analysegrens. Naar aanleiding hiervan, zijn de mogelijkheden van natriumwaterstofcarbonaat als eluent, met goed resultaat, onderzocht. De chromatogrammen in de afbeeldingen 2 en 3 in samenhang met



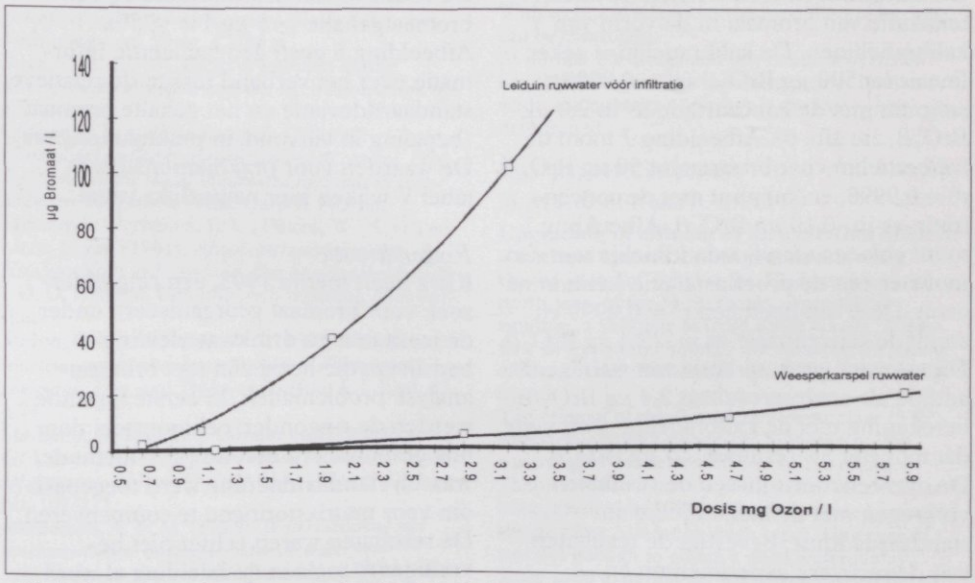
Afb. 3 - Chromatogrammen van Weesperkarspel zuiveringsbedrijf na ozon (1,5 mg/l), met verschillende hoeveelheden bromaat geaddeerd.

tabel III tonen de mogelijkheden duidelijk aan. Vergelijking van afbeelding 3 met eerdere gepubliceerde resultaten voor een vergelijkbaar watertype [4] toont de verbetering in gevoeligheid en scheiding van chloride en bromaat eveneens duidelijk. Naast de macro-injectie en de monstervoorbehandeling speelt het hier gebruikte zwakke eluent een rol. De stabiliteit van de absolute retentietijd van bromaat blijkt soms een probleem te zijn. De oorzaak is zeer waarschijnlijk gelegen in een onvoldoende stabiele omgevingstemperatuur. Na enige maatregelen ter zake zijn problemen van deze aard niet meer waargenomen. De relatieve retentietijd ten opzichte van chloride is echter stabiel (Relatieve standaarddeviatie 0,1-0,4%).

Analytische specificaties

Door standaardadditie is een onderzoek gedaan naar de recovery van bromaat in diverse typen monsters van de zuiveringsbedrijven en proefinstallaties van GWA. De resultaten hiervan zijn terug te vinden in tabel IV. De daar vermelde waarden geven het gemiddeld teruggevonden percentage van een reeks verschillende addities (bepaling in vijfvoud). Interessante waarden zijn die van de laagste additie (1 μg BrO_3^-/L) te weten 93-128%. Opmerkelijk is dat de recovery percentages ook bij hogere ozondoseringen goed blijven, ondanks een grotere kans op vorming van storende stoffen. Voor de proefinstallatie van Leiduin moesten voor de hogere ozondoseringen, door de grotere bromaatvorming, hogere addities worden uitgevoerd.

Uit afbeelding 3 krijgt men een indruk van de gevoeligheid van de methode. De onderste analysegrens (demiwater) bedraagt 0,2 μgBrO_3^-/l (zie tabel V). In praktijkmonsters van Weesperkarspel wordt dit bij lage gehalten (0,2-0,5 μg/l) nauwelijks slechter. Boven 5 μg/l is met UV-detectie (λ = 200 nm) een extra bevestiging van de identiteit mogelijk.



Afb. 4 - Bromaatvorming versus ozon dosering op twee typen waters.

TABEL IV - *Recovery studie (%) in diverse monsters (gemiddelde van bepaling in 5-voud).*

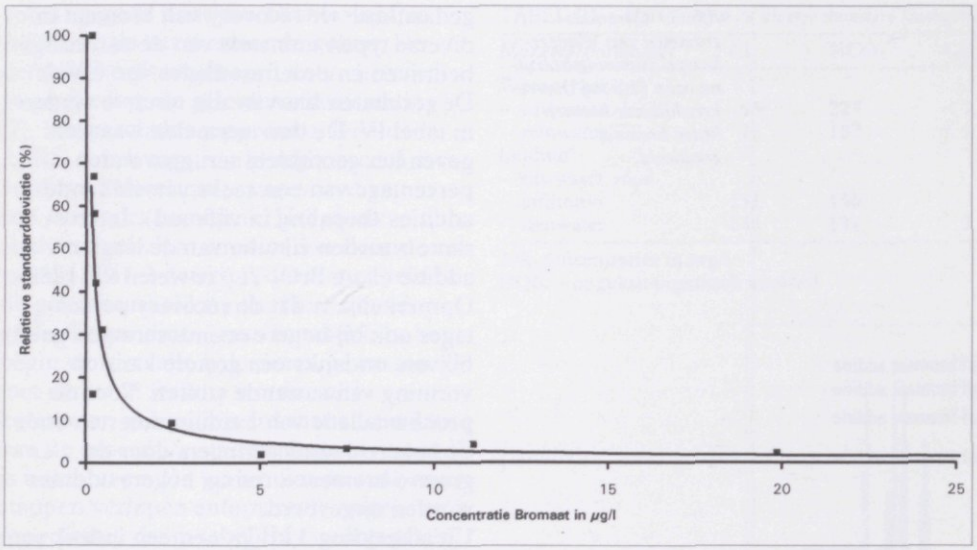
Monster/Additie	1	5	10	50	100	250	500	µg bromaat/l
Weesperkaspel								
- ruwwater		105	96	106				
- proefinstallatie na ozon*								
dosis 1,2 mg/l		100		101				
dosis 2,9 mg/l		91	95	97				
dosis 4, 7 mg/l		92		115				
dosis 5,9 mg/l		85	99	101				
- zuiveringsbedrijf								
na ozon (1,5 mg/l)	128	100	95	100				
na koolfiltratie	119	99	97	100				
reinwater	108	100	102	100				
Leiduin								
- ruwwater vóór infiltratie	93	103	97	109				
- proefinstallatie na ozon*								
dosis 0,7 mg/l		103	102	103				
dosis 1,1 mg/l		95	90	103				
dosis 2,0 mg/l					104	98	106	
dosis 3,2 mg/l					103	100	106	
- zuiveringsbedrijf								
reinwater	101		101	92				

* Ozonisatie van ruwwater respectievelijk ruwwater vóór infiltratie.

TABEL V - *Onderste analysegrens, standaarddeviaties.*

		1 μg BrO_3^-/l in demiwater	Weesperkarspel na ozon	reinwater
X	µg/l	1,03	0,51	0,21
σ	µg/l	0,058	0,118	0,034
$\sigma_{relatief}$	%	5,6	23	16
OAG	µg/l	0,2		
3 x σ	µg/l		0,4	0,1
N		9	9	9

X = het gemiddelde van N = 9 waarnemingen
σ = standaarddeviatie
OAG = onderste analysegrens = 3 x σ
(Blanko demiwater = 0)



Afb. 5 - Relatieve standaarddeviatie versus bromaatgehalte (bepaling in vijfvoud in praktijkmonsters).

De afbeeldingen 6 en 7 tonen de lineariteitstudie van bromaat in de vorm van kalibratielijnen. De kalibratielijn is zeker lineair tot 500 μg BrO_3^-/l ($r^2 = 0{,}9998$); snijpunt met de concentratie-as in 2,0 μg BrO_3^-/l; zie afb. 6). Afbeelding 7 toont de kalibratielijn voor bromaat tot 50 μg BrO_3^-/l, $r^2 = 0{,}9998$, en snijpunt met de concentratie-as in -0,10 μg BrO_3^-/l. Afbeelding 7 toont ook een standaardadditielijn van een monster van de proefinstallatie Leiduin na ozon. Deze lijn heeft een $r^2 = 0{,}9999$ en snijdt de concentratie-as in - 2,4 μg BrO_3^-/l. Dit monster geeft op basis van standaardadditie als analyseresultaat 2,4 μg BrO_3^-/l; berekening met de kalibratielijn geeft voor dat monster als resultaat 2,5 μg BrO_3^-/l. De overeenkomst tussen de resultaten verkregen met de kalibratielijn en standaardadditie, bevestigt de resultaten van de recovery experimenten en illustreert de afwezigheid van matrix-invloeden.

De relatieve standaarddeviatie bij een bromaatgehalte ≥ 5 μg/l is $\leq 5\%$. Afbeelding 5 geeft gedetailleerde informatie over het verband tussen de relatieve standaarddeviatie en het gehalte bromaat (bepaling in vijfvoud, in praktijkmonsters). De waarden voor praktijkmonsters in tabel V wijken hier nauwelijks vanaf.

Ringonderzoek

Kiwa heeft medio 1993, een ringonderzoek voor bromaat georganiseerd onder de instituten en drinkwaterleidingbedrijven, die bezig zijn met bromaatanalyse problematiek. In eerste instantie werden de ringonderzoekmonsters door ons geanalyseerd met de EPA-methode, waarbij standaardadditie werd toegepast om voor matrixstoringen te compenseren. De resultaten waren echter niet bevredigend, zoals in de inleiding al werd genoemd. Naderhand zijn de monsters uit dit ringonderzoek met de in dit artikel beschreven methode geanalyseerd (zie tabel VI). De resultaten van de met 10 μg/l bromaat geaddeerde monsters K9394 (10,1 μg/l teruggevonden) en K9396 (9,9 μg/l teruggevonden) bevestigen de eerder genoemde recovery-gegevens. De monsters van dit ringonderzoek zijn niet geconserveerd en gedurende 4 maanden bij kamertemperatuur in het donker opgeslagen geweest. Gezien de resultaten lijkt een houdbaarheid van tenminste 3 maanden mogelijk. Dit moet echter verder worden onderzocht.

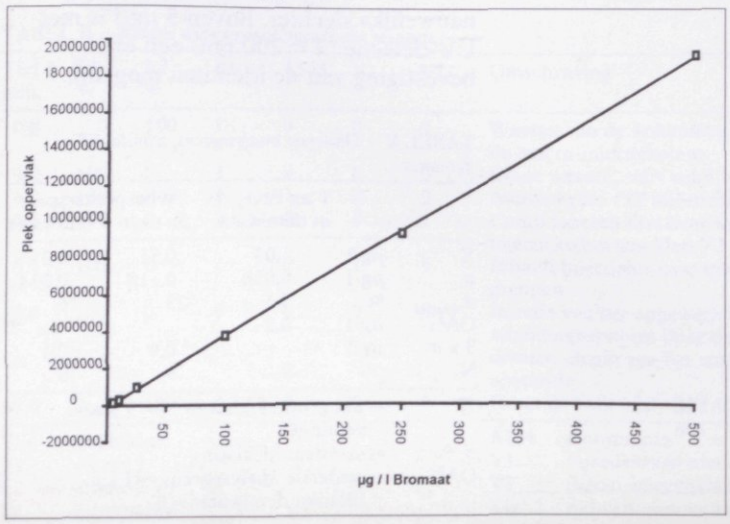
TABEL VI - *Ringonderzoek Kiwa 1993, analyse resultaten naderhand verkregen met macro-injectie methode.*

Monster	Resultaten	μg/l
K9391	Standaardoplossing 40 μg/l	39,2
K9392	Actueel monster	1,40
K9393	Actueel monster na ozon	7,9
K9394	K9393 10 μg/l geaddeerd	18,0
K9395	Actueel monster na koolfiltratie	1,50
K9396	K9395 10 μg/l geaddeerd	11,4

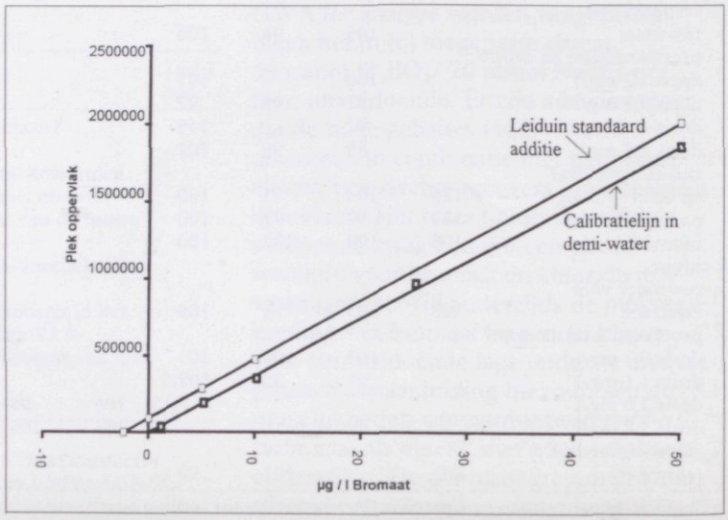
Bromaatvorming

Afbeelding 4 geeft een overzicht van de bromaatvorming in relatie tot de ozondosis op beide produktielokaties Weesperkarspel en Leiduin. Het verschil is opmerkelijk en kan verklaard worden uit het lagere bromidegehalte (circa een factor 2) en het hogere DOC-gehalte (circa een factor 2) van het Weesperkarspel water (zie tabel III). In het Weesperkarspel water wordt daardoor relatief minder ozon verbruikt voor de oxydatie van bromide naar bromaat. De in Leiduin gevonden bromaatgehaltes bedragen bij circa 3 mg O_3/l, 50-60% van de theoretisch mogelijke bromaatniveaus, uitgaande van de gevonden bromideverlagingen door ozon. Het gevonden beeld is zeer plausibel en bevestigt de gevonden resultaten en daarmee de analysemethode.

Afb. 6 - Kalibratielijn tot 500 µg/l Bromaat.



Afb. 7 - Kalibratielijnen in gedemineraliseerd water en in een monster van de proefinstallatie Leiduin na ozon.



Overigens is de identiteit van het gevonden bromaat bevestigd met UV-detectie.

Chloriet
Recentelijk is het onderzoek gestart of chloriet bepaald kan worden met dezelfde methode als hier beschreven. De eerste resultaten zijn zeer veelbelovend.

Conclusies
De beschreven bepalingsmethode voor bromaat levert voor de onderzochte matrices wat betreft nauwkeurigheid, juistheid en gevoeligheid zeer goede perspectieven. Zoals bij alle chromatografische methoden zonder stofspecifieke detectie, en bij HPIC in het bijzonder, is er echter inherente zwakheid bij de identificatie: matrixcomponenten, die onvoldoende gescheiden worden van bromaat, zijn een probleem. Succesvolle toepassing van de methode is sterk van de matrix afhankelijk. Daarom is bevestiging van gevonden gehalten met in serie geschakelde UV-detectie (mogelijk vanaf 5 μg/l BrO_3^-) zeer aan te bevelen. Hiermee moet echter nog meer ervaring worden opgedaan. De totale anionsterkte bepaalt het volume van het monster, dat in het chromatografisch systeem geïnjecteerd kan worden. De selectieve verwijdering van halogenen met een kationenwisselaar in de Ag-vorm draagt hier aanzienlijk in bij. Wellicht zal de onderste analysegrens nog verder kunnen worden verbeterd door het selectief verwijderen van sulfaat met een kationenwisselaar in de Ba-vorm. Het injectievolume kan dan immers verder worden vergroot. Deze voorbehandelingen brengen uiteraard beperkingen met zich mee voor de mogelijkheden om eventueel andere ionen in dezelfde analysegang te bepalen.
De analysetijd van een monster is slechts 30 minuten (tijd tussen op éénvolgende injecties; exclusief voorbehandeling met Ag-kolom).
Dank is verschuldigd aan de heer Ed Spijkerman voor zijn hulp bij het uitvoeren van de proefinstallatie-experimenten.

Literatuur
1. RIVM rapport 734301001. (1993) *Bromide en Bromaat in drink- en oppervlaktewater.* Juli 1993.
2. Kiwa rapport SWO 93.340. *Herziening normen waterleidingbesluit.*
3. Pfaff, J. D., Brockhoff, C. A. and O'Dell, J. W. (1989). *The Determination of Inorganic Anions in Water by Ion Chromatography US EPA Method 300.0.* Revised December 1989.
4. Neele, J., Cleven, R. F. M. J. en Hrubec, J. (1993). *Een ionchromatografische methode voor de simultane bepaling van diverse halogeniden en halogeenoxyden in drink- en oppervlaktewater. H_2O* (26) 1993, nr. 6, pag 161 e.v.
5. Hautman, D. P. (1992). *Analysis of Trace Bromate in Drinking Water Using Selective Anion Concentration and Ion Chromatography, presentation at the Water Quality Technology Conference Toronto,* Canada, Nov. 1992.
6. Anonymus. (1993). *PPB-Level Determination of Bromate in Drinking Water.* Intern rapport Dionex Research 1993.
7. Stillian, J. (1985). LC Magazin 3, 802 (1985)

● ● ●

Nabehandeling effluent in moerassystemen

• *Slot van pagina 342*

handeld. De hydraulische verblijftijd bedraagt circa drie dagen.
In samenwerking met de vakgroep Botanische Oecologie en Evolutiebiologie van de Universiteit van Utrecht wordt een vier jaar durend demonstratieproject op praktijkschaal [Schreijer *et al.,* 1994] voorbereid.

Literatuur
Bavor, H. J. en Mitchell, D. S. (1994). *Wetland systems in water pollution control.* Water Science & Technology vol. 29 nr. 4. 336 p.
Boyd, C. E. (1970). *Losses of nutriënts during decomposition of Typha latifolia.* Arch.Hydrobiol. 66. p.511.
Cooper, P. F. and Findlater, B. C. (1990). *Constructed wetlands in water pollution control. Proc. Int. Conf. on the use of constructed wetlands in water pollution.* Pergamon Press, Oxford. 605 pp.
Gleichman-Verheijen, E. C., Putten, W. H. v/d en Liere, L. van (1991). *Afvalwaterzuivering met Helofytenfilters in Nederland. Een haalbaarheidsstudie.* I. O. O. Heteren, Limnologisch instituut, Nieuwersluis.
Mason, C. F. and Bryant, R. J. (1975). *Production, nutrient content and decomposition of Phragmites communis Trin, and Typha angustifolia L.* J. Ecol. 63. p.71.
Meinema, K, Kuij, R. J. van der en Houwelingen, G. A van (1994). *Effluentpolijsting bij oxydatiesloten tot Algemene Milieu Kwaliteit.* H_2O (27) nr. 4, blz. 107-111.
Meuleman, A. F. M. (1993). *Waterzuivering met moerassystemen: onderzoek naar de water- en stoffenbalansen van een rietinfiltratieveld.* RIZA-nota 94.011, 134 pp.
MILBOWA. (1990-1991). *Milieukwaliteitsdoelstellingen bodem en water, Derde Nota Waterhuishouding. Kamerstukken II, 1990-1991, 21990, nr. 1.* Tweede Kamer der Staten Generaal.
Schreijer, M. (1984). *Hydrobiologisch onderzoek op Texel, 1983.*
Hoogheemraadschap Uitwaterende Sluizen van Kennemerland en West-Friesland. Edam. 92p + 8 bijlagen.
Schreijer, M., Kampf, R., Verhoeven, J. T. A. en Meuleman, A. F. M. (1994). *Nabehandeling van effluent tot bruikbaar oppervlaktewater in een moerassysteem met helofyten en waterplanten. Voorstel voor een 4-jarig demonstratieproject op praktijkschaal op rwzi Everstekoog.* Hoogheemraadschap Uitwaterende Sluizen en Universiteit Utrecht.
Wetzel, R. G. (1983). *Limnology,* 2th ed. CBS coll pub. New York US.

● ● ●

Summaries

• *End of page 319*

like aluminium, zinc and nickel. Although the trend was similar, the results of this model were not completely in accordance with those of the column experiments.
With the results of the experiments a scheme of a treatment plant is recommended which in theory is able to reduce the nickel concentration and increase the bicarbonate concentration to the required values.

H_2O (28) 1995, nr. 11; 333

P. G. J. M. OOSTELBOS and P. J. VAN STAVEREN:

Experiences with UV-disinfection at the water treatment plant in Buren
The number of *Aeromonas* bacteria in the drinking water of the water treatment plant in Buren (island of Ameland) has increased steadily during the past to a level of more than 100 per 100 ml.
A Berson UV-disinfection apparatus has been installed to test the reduction of the number of *Aeromonas* bacteria (ADA 30 °C) and the colony counts (PCA 22 °C) in the drinking water.
A UV-dose of 43 mJ/cm^2 eliminates the *Aeromonas* bacteria and the colony counts (PCA 22 °C) completely. However after 5 metres the colony counts (PCA 22 °C) appear to be present again, possibly due to re-infection. An increase of the UV-dose does not lead to a reduction of the colony counts (PCA 22 °C). At too high UV-dose and wide UV-bandwidth, nitrites are formed from nitrates. With technical adaptions the formation of nitrites can be controlled.
At normal UV-doses and low concentrations of oxydizable organic compounds, such as humic acids, the quantity of nitrites is too low to be determined.

H_2O (28) 1995, nr. 11; 340

M. SCHREIJER and R. KAMPF:

Upgrading of effluent of an oxidation ditch in a wetland system - pilot plant scale tests
On the island of Texel in the Waddenzee, in the north-west of the Netherlands, especially in summer, a shortage of fresh water occurs. Therefore all freshwater sources are valuable, including effluent of the five sewage treatment plants on the island.
The effluent of the sewage treatment plant (STP) Everstekoog has a noticeable influence on the waterquality of the central part of the island. Therefore simultaneous phosphorus removal has been installed in 1980 on this low-loaded activated sludge plant (oxidation ditch type). However this was not enough to obtain a good waterquality. Since 1988 experiments have been carried out to assess the possibilities of polishing the effluent in a wetlandsystem, a combination of reedbed and lagoon. The hydraulic residence time (HRT) has been between one to ten days. At HRT's of 2-3 days a favourable oxygen regime and a high degree of removal of E. coli bacteria and suspended matter could be obtained. The alternation of low and high oxygen levels resulted in an extra nitrogen removal from the low levels of oxygen in the effluent of the STP. Phosphorus removal in the wetland system under these conditions was low, there fore chemical precipitation has to take place in the STP. The favourable results of the study have led to the construction of a full scale 3 ha wetland system for the treatment of in average 3500 m^3 effluent/day in 1994. The HRT is three days at dry weather flow.

H_2O (28) 1995, nr. 11; 343

C. BRUGGINK, W. J. M. VAN ROSSUM and J. G. M. M. SMEENK:

Method for the determination of bromate in water during treatment
A method for the determination of bromate in water during treatment (including ozonation) is described. The method is based on ion chromatography with macroinjection; the detection limit is 0.2 μg BrO_3^-/l and the method is free from matrix interferences for the samples investigated.