

Szybka i dokładna analiza 28 pierwiastków w wodzie według procedury ISO 17294-2, z zastosowaniem metody ICP-MS

Spektrometr Agilent 7850 ICP-MS umożliwia kontrolę interferencji pochodzących od jonów wieloatomowych i podwójnie naładowanych, zapewniając długoterminowo dokładność i powtarzalność pomiarów w różnych matrycach wodnych.



Autorzy

Tetsuo Kubota
Agilent Technologies, Inc.

Wprowadzenie

Międzynarodowy standard ISO 17294 dotyczy analizy pierwiastkowej w próbkach z zastosowaniem techniki ICP-MS (1, 2). Część 1 (2004) zawiera ogólne wskazówki dotyczące wykorzystania ICP-MS. Natomiast część 2 (2016) opisuje oznaczanie pierwiastków śladowych i głównych w próbkach takich jak wody pitne, wody powierzchniowe, gruntowe oraz wody odpadowe i ścieki. Lista ponad 60 pierwiastków określonych w ISO 17294-2:2016 obejmuje wiele nowych zanieczyszczeń, takich jak pierwiastki ziem rzadkich (REE). REE są coraz częściej wykorzystywane w nowych procesach przemysłowych i produktach, co prowadzi do wzrostu zainteresowania ich rozmieszczeniem i obiegiem w środowisku.

Potencjalne źródła zanieczyszczenia REE obejmują zanieczyszczenia pochodzące z przemysłu wydobywczego, rafinerii, utylizacji urządzeń elektronicznych, transportu, rolnictwa i odpadów szpitalnych.

W rezultacie, wody powierzchniowe i gruntowe oraz inne próbki środowiskowe mogą zawierać coraz wyższe poziomy pierwiastków ziem rzadkich (REE).

Pierwiastki ziem rzadkich charakteryzują się niskim drugim potencjałem jonizacji, co oznacza, że stosunkowo łatwo jest im formować w plazmie jony podwójnie naładowane (M^{2+}).

W kwadropolowym spektrometrze ICP-MS jony są rozdzielane na podstawie ich stosunku masy do ładunku (m/z), więc jony REE^{2+} pojawiają się przy połowie ich prawdziwej masy, gdzie mogą powodować nakładanie się widm na As i Se (3).

Oprócz opracowywania metod w celu spełnienia nowych przepisów i zapewnienia jakości danych w zmiennych typach próbek, laboratoria zajmujące się badaniami środowiskowymi stają również przed wyzwaniem jakim jest zarządzanie przepływem pracy w testowaniu próbek. Laboratoria komercyjne często analizują codziennie setki próbek pod kątem różnych potencjalnych zanieczyszczeń, więc utrzymanie wysokiej przepustowości i wysokiej jakości danych ma kluczowe znaczenie dla sukcesu laboratorium.

Mogą one zatem skorzystać na skróceniu czasu potrzebnego na kluczowe etapy przepływu pracy analitycznej — od przygotowania wzorców i próbek do kalibracji, poprzez opracowanie metod, wykonywanie codziennych kontroli, przeglądanie danych po raportowanie wyników.

Spektrometr Agilent 7850 ICP-MS spełnia te wymagania dzięki łatwej w użyciu, znormalizowanej metodologii, która zapewnia szybkie, dokładne i powtarzalne wyniki dla pierwiastków śladowych i głównych, w różnych próbkach środowiskowych. W modelu 7850 wykorzystano technologię oktapolowej komory kolizyjno-reakcyjnej (ORS⁴), która jest zoptymalizowana dla trybu kolizyjnego (He) w celu usunięcia interferencji pochodzących od jonów wieloatomowych, które wpływają na oznaczenia wielu analitów w typowych, rutynowych zastosowaniach. Oprogramowanie sterujące przyrządem ICP-MS MassHunter zawiera łatwy w użyciu, automatyczny kreator metod, który ustawia parametry zbierania i analizy danych potrzebne do korekcji interferencji podwójnie naładowanych jonów. Korekcja M^{2+} gwarantuje, że nieznanne próbki, zawierające pierwiastki ziem rzadkich mogą być pomyślnie oznaczane bez potrzeby stosowania gazów reakcyjnych w komorze. Upraszcza to pomiar i poprawia wydajność analityczną metody.

W tym badaniu wykorzystano spektrometr 7850 ICP-MS do analizy 28 pierwiastków w różnych próbkach wody naturalnej, mineralnej i wodociągowej zgodnie z ISO 17294-2. Do dwóch certyfikowanych materiałów odniesienia dla wody naturalnej (CRM) dodano REE w celu oceny funkcji korekcji M^{2+} w oprogramowaniu MassHunter pod kątem dokładnej analizy As i Se.

Część doświadczalna

Oprzędkowanie

Do analiz wykorzystano spektrometr ICP-MS Agilent 7850, wyposażony w standardowy system Ultra High Matrix Introduction (UHMI) i komorę kolizyjno-reakcyjną ORS⁴.

Próbki były pobierane automatycznie za pomocą podajnika Agilent SPS 4. Zastosowano standardowy rozpylacz MicroMist, komorę mgielną typu Scott oraz jednoczęściowy palnik kwarcowy z rurką centralną o średnicy wewnętrznej 2,5 mm. Obszar separacji jonów składa się z niklowanego stożka próbkującego i zbierającego. Komora kolizyjno-reakcyjna ORS⁴ charakteryzuje się niewielką objętością dla optymalnej wydajności pracy w trybie kolizyjnym z He. Tryb pracy komory z helem zmniejsza transmisję wszystkich jonów wieloatomowych, minimalizując błędy spowodowane powszechnymi interferencjami wieloatomowymi, wynikającymi ze składu matrycy. Wzmocniony tryb He jest również dostępny do usuwania interferencji wynikających z nakładania się tła o wysokiej intensywności, pochodzącego od Ar_2 na Se przy m/z 78, N_2 na ^{28}Si i NO/NOH na ^{31}P . Nie ma zatem konieczności stosowania potencjalnie niebezpiecznych, reaktywnych gazów takich jak O_2 , H_2 lub NH_3 (4). Unikanie gazów reakcyjnych nie tylko upraszcza działanie, ale także gwarantuje, że w komorze nie powstają żadne nowe interferencje molekularne, poprawiając tym samym jakość uzyskanych danych. Szczególnie w przypadku metod wielopierwiastkowych i dla nieznanymi matrycy. W niniejszej pracy większość pierwiastków była mierzona w trybie He, podczas gdy Se mierzono w trybie „wzmocnionego” He. W celu uzyskania optymalnych granic wykrywalności Li, Be i B mierzono w trybie bez gazu. Jeśli szybkość analityczna ma wyższy priorytet niż osiągnięcie najniższych granic wykrywalności, pierwiastki te można również z powodzeniem mierzyć w trybie He. Aby szybko i łatwo stworzyć własną metodę analityczną, użytkownik może użyć kreatora metody ICP-MS w oprogramowaniu MassHunter. Kreator metod prowadzi użytkownika przez serię pytań w celu wybrania analitów i pierwiastków dla roztworu wzorca wewnętrznego (często przy użyciu wstępnie zdefiniowanych list). W niniejszej pracy wybrano wstępnie zdefiniowaną metodę „Ogólnego przeznaczenia”, która zapewnia odporne warunki plazmy (niski stosunek CeO^+/Ce^+). Wybór „Korekcji M^{2+} ” w Kreatorze metod, automatycznie ustawia wszystkie parametry potrzebne do korekty, dzięki czemu jest szybki w konfiguracji i łatwy w użyciu. Parametry te zawierają informacje, jakie masy należy zmierzyć, rozdzielczość pików (tryb wąskich pików) i równania korekcyjne. W tej metodzie zastosowano korekcję M^{2+} do pomiaru As i Se w celu skorygowania udziału jonów podwójnie naładowanych dla pierwiastków ziem rzadkich (REE^{2+} .) Parametry w zacieniowanych wierszach w Tabeli 1 zostały wstępnie zdefiniowane w ustalonej metodzie, a napięcia soczewek zostały automatycznie dostrojone.

Tabela 1. Warunki pracy 7850 ICP-MS.

Parametr ICP-MS	Tryb bez gazu	Tryb pracy z He
Tryb plazmy	Do zastosowań ogólnych	
Moc RF (W)	1550	
Temp. komory mgielnej (°C)	2	
Głębokość próbkowania (mm)	10	
Przepływ gazu rozpylającego (L/min)	1,09	
Przepływ gazu rozcieńczającego (L/min)	0,0	
Strojenie soczewek	Automatyczne	
Przepływ gazu w komorze (mL/min)	0,0	4., (10*)
Dyskryminacja energii (V)	5,0	5,0 (7,0*)
Ilość pierwiastków	3 analizy, 1 wzorzec wewnętrzny	25 analizów, 5 pierwiastków wzorca wewnętrznego

Zacienione parametry są definiowane automatycznie przez wstępnie ustawione warunki plazmy.

*Ustawienia trybu „Enhanced He” używane dla Se

Przygotowanie wzorców i próbek

Wzorce do kalibracji i próbki przygotowano w matrycy kwaśnej zawierającej 1% HNO₃ i 0,5% HCl. Dodanie HCl zapewnia długoterminową stabilność pierwiastków takich jak Hg, Ag, Sn, Sb i Mo. Wzorce do kalibracji dla większości pierwiastków zostały przygotowane przy użyciu wielopierwiastkowego roztworu podstawowego Agilent Environmental Calibration Standard (numer części 5183-4688).

Wzorce jednopierwiastkowe zastosowano dla Li, B i Hg (Kanto Chemicals, Japonia) i P (SPEX CertiPrep, Metuchen, NJ, USA). Kalibracje sześciopunktowe, w tym ślepe próbki kalibracyjną, przygotowano w następujących zakresach stężeń: 0,1 do 100 ppb dla pierwiastków śladowych; 10 do 10 000 ppb dla Na, Mg, K, Ca i Fe; 1 do 1000 ppb dla P; 0,01 do 2 ppb dla Hg. Jako ślepe próbki kalibracji ciągłej (CCB) zastosowano 1% HNO₃ i 0,5% HCl.

Jako próbkę kontroli jakości (QC) użyto wzorca kalibracyjnego o średnim stężeniu z pierwiastkami śladowymi przy 50 ppb, pierwiastkami mineralnymi przy 5000 ppb, P przy 500 ppb i Hg przy 1 ppb. Sprawdzenie CCB i QC powtarzano okresowo w całej sekwencji.

Roztwór wzorca wewnętrznego (ISTD) zawierający 1 ppm Sc, Ge, Rh, In, Ir i Bi dodano automatycznie przy użyciu standardowego złącza mieszającego ISTD. Natężenie przepływu ISTD było około 15 razy mniejsze niż szybkość przepływu próbki, z uwagi na zastosowanie wężyków pompy o różnej średnicy wewnętrznej.

W analizach wykorzystano certyfikowane materiały odniesienia (CRM): NIST 1640a Natural Water (NIST, Gaithersburg MD) i SLRS-6 River Water CRM dla metali śladowych i innych składników (National Research Council of Canada, Ottawa, Kanada). Każdy CRM został przygotowany jako nierozcieńczony i rozcieńczony 2x.

Test odzysku wzorca przeprowadzono zgodnie z metodą ISO 17294-2. Próbki przygotowano przez dodanie do dwóch 2-krotnie rozcieńczonych CRM pierwiastków śladowych przy stężeniu 10 ppb, pierwiastków mineralnych o stężeniu 1000 ppb, P o znanym stężeniu 100 ppb i Hg o stężeniu 0,2 ppb. Aby przetestować funkcję korekcji M²⁺ w oprogramowaniu MassHunter ICP-MS, do nierozcieńczonej próbki SRM 1640a dodano po 100 ppb Nd i Sm oraz 10 ppb Gd i Dy. W tym badaniu przeanalizowano również dwie marki wody butelkowanej (próbka A i próbka B) oraz wodę z kranu (próbka C). Próbki analizowano wielokrotnie z okresowym wprowadzaniem standardu QC i CCB po każdym 10 próbkach.

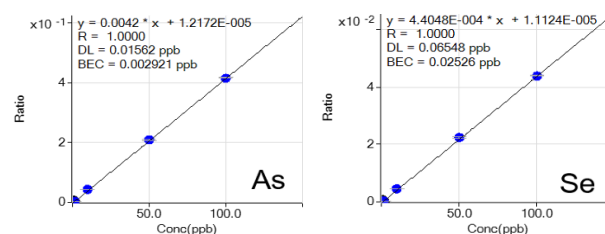
Wyniki i dyskusja

Granice oznaczalności dla metody

Wszystkie analizy zostały zmierzone z zastosowaniem parametrów zbierania danych wymienionych w Tabeli 1. Granice wykrywalności dla metody (MDL) i granice oznaczalności (LOQ) obliczono z 10 pomiarów dla ślepej próby (Tabela 2).

Granice oznaczalności uzyskane dla kluczowych pierwiastków śladowych były znacznie poniżej specyfikacji w ISO 17294-2, potwierdzając wysoką czułość i dobrą kontrolę nakładających się jonów wieloatomowych. Granica oznaczalności (LOQ) dla potasu była nieco wyższa niż określona w ISO 17294-2 z powodu zanieczyszczenia ślepej próby.

As i Se zmierzono w trybie He, z zastosowaniem korekcji M²⁺. Krzywe kalibracyjne przygotowano w 1% HNO₃ i 0,5% HCl przedstawiono na rysunku 1. Kalibracje potwierdzają liniowość, dobrą precyzję i skuteczną kontrolę interferencji wieloatomowych (niskie BEC) dla As i Se dla tej metody.



Rysunek 1. Krzywe kalibracji dla As i Se z zastosowaniem korekcji M²⁺

Tabela 2. Porównanie LOQ 10 sigma do wymagań wyspecyfikowanych w ISO 17294-2

Pierwiastek i liczba masowa	Tryb gazu	LOQ (ppb)	Specyfikacja metody ISO (ppb)
7 Li	Bez (No gas)	0,004	1
9 Be	Bez (No gas)	0,003	0,1
11 B	Bez (No gas)	0,088	1
23 Na	He	1,47	10
24 Mg	He	0,290	1
27 Al	He	0,313	1
31 P	He	0,573	5
39 K	He	3,867	5
44 Ca	He	8,972	50
51 V	He	0,028	0,1
52 Cr	He	0,030	0,1
55 Mn	He	0,035	0,1
56 Fe	He	0,103	5
59 Co	He	0,010	0,2
60 Ni	He	0,056	0,1
63 Cu	He	0,028	0,1
66 Zn	He	0,205	1
75 As	He	0,018	0,1
78 Se	He*	0,055	0,1
95 Mo	He	0,004	0,5
107 Ag	He	0,007	0,5
111 Cd	He	0,002	0,1
121 Sb	He	0,043	0,2
137 Ba	He	0,060	3
202 Hg	He	0,004	0,05
205 Tl	He	0,026	0,1
Pb**	He	0,007	0,1
238 U	He	0,0004	0,1

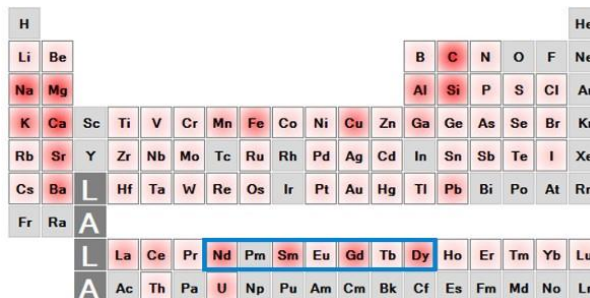
* Wzmocniony tryb He. **Pb zmierzono jako sumę trzech najobficiej występujących izotopów: 206, 207 i 208.

Korekcja interferencji M²⁺ na As i Se

Podwójnie naładowane jony M²⁺ pierwiastków ziem rzadkich (REE), takich jak neodym (Nd), samar (Sm), gadolin (Gd) i dysproz (Dy) pojawiają się między m/z 65 a 82, gdzie mogą nakładać się na pojedynczo naładowane jony As i Se.

Na przykład, 150Nd²⁺ i 150Sm²⁺ nałożyłyby się na 75As⁺, a 156Gd²⁺ i 156Dy²⁺ nałożyłyby się na 78Se⁺. Jeśli analityk nie jest świadomy obecności REE w próbce, interferencje M²⁺ mogą prowadzić do występowania fałszywie dodatnich wyników dla As i Se (3).

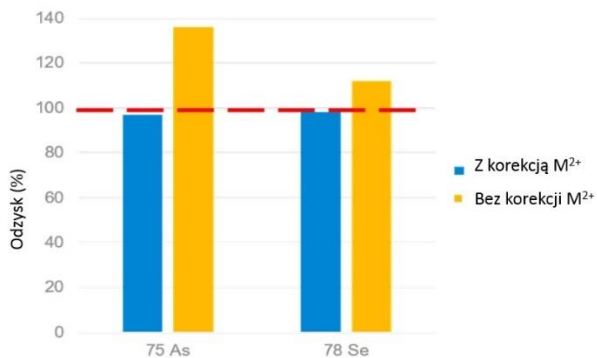
7850 ICP-MS- z korekcją M²⁺ i bez niej, został użyty do pomiaru As i Se w wodzie (NIST SRM 1640a) wzbogaconej REE. Ciemniejsze kolory dla Nd, Sm, Gd i Dy na „mapie cieplnej” IntelliQuant (bezwzorcowa analiza ilościowa) dla próbki wzbogaconej REE, pokazany na rysunku 2, wyraźnie wskazuje na obecność pierwiastków ziem rzadkich (REE).



Rysunek 2. Mapa cieplna IntelliQuant potwierdzająca obecność Nd, Sm, Gd, Dy w próbce SRM 1640a wzbogaconej o pierwiastki ziem rzadkich (REE).

Odzyski wartości certyfikowanych dla As w obecności 100 ppb Nd i Sm oraz Se w obecności 10 ppb Gd i Dy pokazano na rysunku 3. Bez korekcji M²⁺ nakładanie się sygnału pochodzącego od REE²⁺ prowadziło do uzyskania zawyżonych wyników dla As i Se. Dzięki zastosowaniu automatycznej korekcji M²⁺ dokładność pomiaru dla obu pierwiastków została znacznie poprawiona.

Uzyskano odzyski bliskie 100%, a odchylenie od wartości oczekiwanej było nieznaczne ($\pm 3\%$).



Rysunek 3. Odzysk ⁷⁵As i ⁷⁸Se w SRM 1640a wzbogaconym o REE, z korekcją M²⁺ (niebieskie słupki) i bez korekcji M²⁺ (żółte słupki).

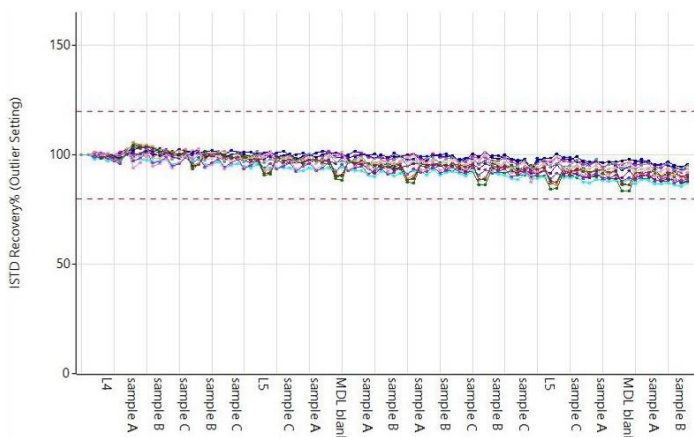
Odzysk wzorca wewnętrznego (%)

W ramach testu stabilności długoterminowej, dwie próbki wody butelkowanej i jedna próbka wody z kranu były wielokrotnie mierzone podczas sekwencji trwającej osiem godzin.

Wszystkie wartości dla pomiaru wzorca wewnętrznego (ISTD) mieściły się w zakresie stężeń dla niego deklarowanych $\pm 20\%$ w całej sekwencji, co wskazuje na solidność i stabilność metody (Rysunek 4). Stabilność ISTD pokazuje, że metoda pozwala uzyskać wiarygodne dane bez przestrajania lub ponownej kalibracji podczas typowej 8-godzinnej pracy.

Oprogramowanie Agilent ICP-MS MassHunter zawiera funkcję uruchamiania kontroli wydajności (strojenia) także na końcu sekwencji analitycznej. To sprawdzenie umożliwia analitykowi potwierdzenie stanu urządzenia przed rozpoczęciem pracy następnego dnia.

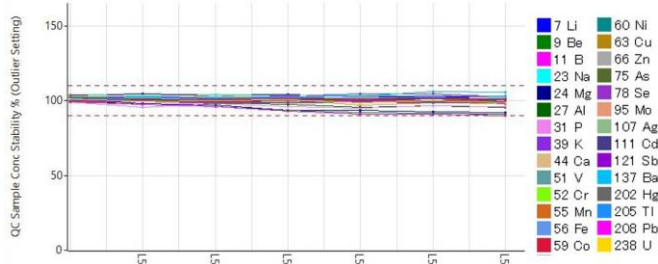
Minimalna utrata czułości dla wzorca wewnętrznego ISTD i kontrola strojenia po uruchomieniu wskaże, że nie będzie wymagana żadna konserwacja przed rozpoczęciem analizy następnego dnia.



Rysunek 4. Stabilność sygnałów ISTD w ciągu ośmiu godzin analizy różnych próbek wody. Odzyski ISTD zostały znormalizowane do ślepej próby kalibracyjnej dla wszystkich próbek. Nie wszystkie przykładowe nazwy są wyświetlane, ze względu na ograniczoną ilość miejsca.

Odzyski z próby kontrolnej (QC) %

Próbka kontrolna QC była sprawdzana po każdych 10 próbkach i zgodnie z metodą ISO granice odzysku ustalono na $\pm 10\%$. Jeżeli zmierzone stężenie wykracza poza limit, konieczna jest ponowna kalibracja. Wszystkie pierwiastki zmierzone w próbkach QC spełniły kryteria metody (rys. 5).



Rysunek 5. Odzyski QC w ciągu 8-godzinnej sekwencji analitycznej.

Dokładna analiza w nierozcieńczonych i wzbogaconych CRM

CRM SLRS-6, 1640a i 1640a wzbogacone pierwiastkami ziem rzadkich analizowano w stanie nierozcieńczonym. Każdą próbkę mierzono sześć razy w ciągu sekwencji, a średnie stężenia i odzyski obliczono dla każdego analitu (tabela 3). Nie wszystkie materiały odniesienia są certyfikowane dla wszystkich analizowanych pierwiastków, a puste pola wskazują na brak wartości certyfikowanej.

Doskonałe odzyski (89 do 108%) wartości certyfikowanych uzyskano dla wszystkich analitów, z wyjątkiem Cd w SLRS-6. Certyfikowane stężenie Cd w tej próbce (w $6,3 \pm 1,4$ ppt) jest poniżej LOQ wymaganego w ISO 17294-2. Dobre odzyski wszystkich pierwiastków w próbce 1640a wzbogaconej REE potwierdzają, że korekcja M²⁺ nie wpłynęła na dokładność analizy żadnego z pierwiastków.

Odzyski z matrycy wzbogaconej w 2-krotnie rozcieńczonych CRM-ach wodnych (Tabela 4) pokazują, że wartości te w dwóch CRM wynosiły od 91 do 105% dla wszystkich pierwiastków – w tym Cd, który był poniżej LOQ metody w próbce niewzbogaconej. Wyniki wskazują na dużą dokładność metody.

Tabela 3. Średnie zmierzone wartości i średnie odzyski dla certyfikowanych pierwiastków, w trzech nierozcieńczonych próbkach CRM.

Pierwiastek	SLRS-6			1640a			1640a + REE	
	Średnie zmierzone stężenie (ppb)	Wartość certyfikowana (ppb)	Odzysk (%)	Średnie zmierzone stężenie (ppb)	Wartość certyfikowana (ppb)	Odzysk (%)	Średnie zmierzone stężenie (ppb)	Odzysk (%)
7 Li	0,481	-	-	0,399	0,4034 ± 0,0092	99	0,383	95
9 Be	0,006	0,0066 ± 0,0022	98	2,84	3,002 ± 0,027	95	2,82	94
11 B	6,07	-	-	278	300,7 ± 3,1	92	276	91
23 Na	2620	2770 ± 220	95	3040	3112 ± 31	98	2970	95
24 Mg	2060	2137 ± 58	97	1010	1050,2 ± 3,4	96	990	94
27 Al	31,0	33,8 ± 2,2	92	52,0	52,6 ± 1,8	98	50,4	95
31 P	2,23	-	-	4,38	-	-	4,57	-
39 K	607	651 ± 54	93	569	575,3 ± 2	99	555	96
44 Ca	8180	8770 ± 200	93	5840	5570 ± 16	105	5730	103
51 V	0,335	0,352 ± 0,006	95	14,1	14,93 ± 0,21	95	13,7	92
52 Cr	0,232	0,252 ± 0,012	92	38,0	40,22 ± 0,28	94	37,2	92
55 Mn	2,06	2,12 ± 0,1	97	38,9	40,07 ± 0,35	97	38,1	95
56 Fe	80,3	84,5 ± 3,6	95	36,6	36,5 ± 1,7	100	35,7	98
59 Co	0,057	0,053 ± 0,012	108	19,1	20,08 ± 0,24	95	18,6	93
60 Ni	0,551	0,617 ± 0,022	90	23,6	25,12 ± 0,12	94	23,1	92
63 Cu	24,3	24 ± 1,8	102	81,8	85,07 ± 0,48	96	79,8	94
66 Zn	1,71	1,76 ± 0,12	97	53,2	55,2 ± 0,32	96	52,1	94
75 As	0,536	0,57 ± 0,08	94	7,66	8,01 ± 0,067	96	7,78	97
78 Se	0,087	-	-	19,9	19,97 ± 0,16	100	19,4	97
95 Mo	0,192	0,215 ± 0,018	89	41,9	45,24 ± 0,59	93	41,6	92
107 Ag	<0,007	-	-	7,38	8,017 ± 0,042	92	7,29	91
111 Cd	0,008	0,0063 ± 0,0014	129	3,66	3,961 ± 0,072	92	3,62	91
121 Sb	0,316	0,3377 ± 0,0058	94	4,69	5,064 ± 0,045	93	4,62	91
137 Ba	13,3	14,3 ± 0,48	93	143	150,6 ± 0,74	95	142	94
202 Hg	<0,004	-	-	0,004	-	-	0,002	-
205 Tl	<0,026	-	-	1,58	1,606 ± 0,015	98	1,56	97
Pb**	0,164	0,17 ± 0,026	97	11,9	12,005 ± 0,04	99	11,8	98
238 U	0,065	0,0699 ± 0,0034	93	22,8	25,15 ± 0,26	90	22,5	89

Zacienione rzędy wskazują, że dane As i Se zostały określone przy użyciu korekcji M^{2+} . ** Pb zmierzono jako sumę trzech najobficiej występujących izotopów: 206, 207 i 208.

Tabela 4. Odzysk z matrycy (Matrix Spike) dla 2-krotnie rozcieńczonych SLRS-6 i 1640a.

Pierwiastek	SLRS-6			1640a		
	Średnie stężenie (ppb)	Średnie stężenie dodatku (ppb)	Odzysk (%)	Średnie stężenie (ppb)	Średnie stężenie dodatku (ppb)	Odzysk (%)
7 Li	0,275	10,5	102	0,19	10,1	99
9 Be	0,004	9,96	100	1,43	11,0	96
11 B	3,67	13,1	95	142	151	93
23 Na	1370	2400	103	1560	2530	97
24 Mg	1050	2060	101	504	1480	97
27 Al	16,4	26,2	98	25,4	34,6	92
31 P	0,539	9,87	93	2,42	11,7	93
39 K	309	1330	102	285	1260	97
44 Ca	4260	5280	102	2880	3850	97
51 V	0,166	10,2	100	7,04	16,4	94
52 Cr	0,118	10,2	100	19,0	28,3	94
55 Mn	1,04	11,1	100	19,2	28,9	97
56 Fe	41,9	1070	103	18,2	985	97
59 Co	0,033	10,2	101	9,58	19,0	95
60 Ni	0,186	10,4	101	11,8	21,1	93
63 Cu	12,8	23,0	102	41,0	50,1	91
66 Zn	0,765	11,1	103	26,6	35,9	93
75 As	0,288	10,4	101	3,73	13,4	97
78 Se	0,05	10,3	102	9,92	20,1	102
95 Mo	0,113	10,1	100	21,3	30,7	95
107 Ag	0,004	10,2	102	3,75	12,9	91
111 Cd	0,005	10,2	102	1,85	11,3	94
121 Sb	0,156	10,4	102	2,36	11,9	95
137 Ba	6,72	16,9	102	71,1	80,7	96
202 Hg	0,005	0,201	98	0,001	0,194	96
205 Tl	0,006	10,5	105	0,770	10,8	100
Pb**	0,089	10,6	105	5,86	15,7	98
238 U	0,035	10,4	103	11,3	20,7	94

Zacienione rzędy wskazują, że dane As i Se zostały określone przy użyciu korekcji M^{2+} . **Pb zmierzono jako sumę trzech najobficiej występujących izotopów: 206, 207 i 208.

Wnioski

Spektrometr Agilent 7850 ICP-MS został użyty do pomiaru stężeń dla 28 pierwiastków w wodach środowiskowych, wodzie butelkowanej i wodzie z kranu, z łatwością spełniając potrzeby analityczne i wymagania QC określone w ISO 17294-2.

Zastosowanie Modelu 7850 eliminuje wiele typowych, czasochłonnych i nieproduktywnych czynności w codziennej pracy analitycznej. Kreator metody i automatyczne strojenie, które są zawarte w oprogramowaniu ICP-MS MassHunter, zostały wykorzystane do uproszczenia i przyspieszenia konfiguracji przyrządu i rozwoju metody.

Wydajne warunki plazmy (charakteryzujące się niskim stosunkiem CeO/Ce) dają gwarancję, że zmienne matryce próbek wody mogą być analizowane w sposób powtarzalny w długiej sekwencji, bez konieczności dopasowania matrycy dla roztworów kalibracyjnych. Pozwalają również utrzymać stabilną analizę przez cały dzień roboczy, bez konieczności przestrajania lub ponownej kalibracji w trakcie ośmiogodzinnej sekwencji. Dla laboratoriów o wysokiej przepustowości, funkcja kontroli parametrów po uruchomieniu urządzenia, pomaga w planowaniu niezbędnych konserwacji oraz zapewnia utrzymanie wysokiej wydajności przy jednoczesnym unikaniu niepotrzebnych przestoju w ciągu tygodnia.

Spójny tryb kolizyjny z helem w komorze ORS⁴ zapewnia niezawodne i skuteczne usuwanie nakładających się jonów wieloatomowych, zapewniając tym samym dokładny pomiar wszystkich analitów. Korekcja M²⁺ automatycznie stosuje wszystkie parametry zbierania danych metody i ustawienia analizy, wymagane do korekcji nakładających się podwójnie naładowanych jonów pierwiastków ziem rzadkich.

Połączenie trybu He i korekcji M²⁺ zapewnia wiarygodną analizę w standardowych warunkach, bez konieczności rozbudowanej, czasochłonnej konfiguracji metody specyficznej dla próbki lub użycia reaktywnych gazów komory kolizyjno-reakcyjnej. Korekcja M²⁺ skraca czas konfiguracji i poprawia dokładność pomiaru dla As i Se w obecności interferencji pochodzących z REE²⁺, bez negatywnego wpływu na pomiar pozostałych pierwiastków.

Bibliografia

1. ISO 17294-1:2004 Jakość wody — zastosowanie spektrometrii mas z plazmą sprzężoną indukcyjnie (ICP-MS) - Część 1: Ogólne wytyczne, dostęp we wrześniu 2020 r., <https://www.iso.org/standard/32957.html>
2. ISO 17294-2:2016 Jakość wody — zastosowanie spektrometrii mas z plazmą sprzężoną indukcyjnie (ICP-MS) - Część 2: Oznaczanie wybranych pierwiastków, w tym izotopów uranu, dostęp we wrześniu 2020 r., <https://www.iso.org/standard/62962.html>
3. Uproszczona korekcja interferencji podwójnie naładowanych jonów za pomocą Agilent ICP-MS MassHunter: Szybka, zautomatyzowana procedura korekcji M²⁺ poprawia dokładność danych dla Zn, As i Se, publikacja Agilent [5994-1435EN](#)
4. Zwiększona wydajność komory w trybie helowym dla lepszego usuwania interferencji w ICP-MS, publikacja Agilent, [5990-7573EN](#)



Trusted Answers

www.agilent.com/chem

DE.4416782407

Te informacje mogą ulec zmianie bez powiadomienia.

© Agilent Technologies, Inc. 2021
Wydrukowano w USA, Kwiecień 12, 2021
5994-2804EN (polskie tłumaczenie)

W celu uzyskania szczegółowych informacji prosimy o kontakt:



a member of Altium Group

Perlan Technologies Polska Sp. Z o.o.
Ul. Puławska 303
02-785 Warszawa
Tel.: +48 22 549 14 00
Fax.: +48 22 549 14 01
E-mail: spektroskopia@perlan.com.pl
www.perlan.com.pl



Authorized
Distributor