

c.n.r. istituto di ricerca sulle acque

Metodi analitici

per le acque

notiziario

ISSN: 0392-1425

Anno 7 - N. 2

Aprile-Giugno 1987

- Determinazione dei nitrati in acqua potabile mediante spettrometria UV con controllo della forza ionica per rimuovere le interferenze (S. De Fulvio e L. Olori)
- Indice generale del manuale sui «Metodi analitici per le acque»
- Indice generale del manuale sui «Metodi di analisi per acque di mare»

- *Drinking water nitrate determination by UV spectrophotometry with an ionic strength control to remove the interference (S. De Fulvio and L. Olori)*
- *«Metodi Analitici per le Acque» (Handbook for Water Analysis). General Index.*
- *«Metodi di analisi per acque di mare» (Handbook for Seawater Analysis). General Index.*

La riproduzione è autorizzata a condizione che venga citata la fonte:
C.N.R. - ISTITUTO DI RICERCA SULLE ACQUE - ROMA

Con questo Notiziario trimestrale l'Istituto di Ricerca sulle Acque del CNR intende dare un contributo alla divulgazione ed al trasferimento dei risultati di studi relativi all'ammmodernamento ed aggiornamento dei metodi ufficiali di analisi degli inquinanti nelle acque, con riferimento allo sviluppo di nuove tecniche analitiche, alla determinazione di nuovi indici, alla definizione ed ai rimedi per nuove interferenze. In tal senso il Notiziario si rivolge ai laboratori di analisi e controllo pubblici e privati ed ai centri di ricerca specializzati nel settore dell'analisi delle acque ai quali intende fornire un utile strumento di lavoro. Le metodologie che vengono proposte per la determinazione di inquinanti non potranno, in ogni caso, essere considerati ufficiali finché non verranno recepite nel Manuale IRSA «Metodi Analitici per le acque».

NORME REDAZIONALI

1. Il Notiziario accoglie lavori originali, contributi e comunicazioni a carattere sperimentale e applicativo, reviews e informazioni su attività relative alle metodologie applicate all'analisi delle acque. Inoltre pubblica rubriche speciali dedicate a particolari argomenti di carattere ambientale ivi incluse normative nazionali e comunitarie. I lavori vengono sottoposti per l'approvazione al Comitato di Redazione che provvederà a comunicare agli autori il proprio parere in merito.
2. I testi dei lavori debbono pervenire in originale, dattiloscritti con interlinea due e debbono essere corredati da: 1) il titolo del lavoro; 2) i nomi completi degli Autori e dei rispettivi enti di appartenenza; 3) un breve riassunto (non più di 10 righe) in italiano e in inglese.
3. Il materiale illustrativo deve essere di ottima qualità e consistere in originali disegnati con inchiostro di china su carta non millimetrata, oppure copie eliografiche o fotografiche, oppure fotografie in bianco e nero, possibilmente su carta opaca. Figure (Fig.) e tabelle (Tab.) debbono avere la relativa didascalia, essere numerate progressivamente con numeri arabi e richiamate nel testo. È preferibile non appesantire le figure con scritte esplicative, che trovano migliore collocazione nella didascalia a piè pagina con numerazione di richiamo nella figura.
4. La Bibliografia sarà riportata alla fine del testo e dovrà essere ordinata alfabeticamente indicando, nel seguente ordine, il cognome e le iniziali del nome di tutti gli Autori, l'anno di pubblicazione, possibilmente il titolo dell'articolo, il titolo del periodico, il numero del volume, la prima e l'ultima pagina del lavoro.
La Bibliografia dovrà essere citata nel testo indicando il cognome degli Autori e l'anno di pubblicazione di ciascun lavoro. Per l'abbreviazione dei titoli dei periodici si prega di attenersi alle norme internazionali oppure si consiglia di citarli per esteso.

DETERMINAZIONE DEI NITRATI IN ACQUA POTABILE MEDIANTE SPETTROFOTOMETRIA UV. CON CONTROLLO DELLA FORZA IONICA PER RIMUOVERE LE INTERFERENZE.

S. De Fulvio e L. Olori

Istituto Superiore di Sanità, Roma

Riassunto

Allo scopo di dosare quantitativamente lo ione nitrico nelle acque, ai fini della tutela dell'ambiente, è stata studiata una tecnica analitica per spettrofotometria UV alla lunghezza d'onda di 210 nm.

Le interferenze da matrice sullo ione NO_3^- sono state eliminate operando a forza ionica controllata.

Il metodo rispetto alla tecnica per cromatografia ionica, usata come confronto, risulta sensibile, affidabile e di rapida esecuzione.

Abstract

Nitrate in waters is measured for environmental protection purposes by means of analytical techniques based on 210 nm UV spectrophotometry.

Matrix interferences on NO_3^- ion were overcome by acting at controlled ionic strength. Compared to ion chromatography, such techniques have proven to be more sensitive, reliable and rapid.

Introduzione

L'incremento della specie umana e la conseguente penuria di alimenti soprattutto nelle nazioni sottosviluppate, ha provocato l'esigenza di produrre quantità sempre maggiori di cibo attraverso l'uso massiccio di fertilizzanti, il cui ingrediente più importante è rappresentato dall'azoto nitrico (NO_3^-).

La quantità di azoto come fertilizzante è aumentata a ritmo crescente e nel 2000 l'industria produrrà ogni anno 100 milioni di tonnellate di fertilizzanti all'azoto.

La conseguenza di quest'uso indiscriminato di fertilizzanti è che l'uomo sta interferendo nel ciclo dell'azoto più di quanto non abbia fatto in qualsiasi altro ciclo.

L'uso di fertilizzanti e di acque di irrigazione su terreni agricoli produce acque di rifiuto che si immet-

tono nelle acque naturali e queste si fertilizzano con l'effetto di promuovere una sempre maggiore vegetazione acquatica, abitualmente costituita da alghe.

Sta diventando sempre più raro trovare acque esenti da nitrati.

Allo scopo di dosare quantitativamente l'azoto nitrico nelle acque, ai fini della tutela dell'ambiente, è stata studiata una tecnica analitica in grado di consentire di eliminare le interferenze da matrice sullo ione NO_3^- alla lunghezza d'onda di 210 nm per spettrofotometria UV.

Il metodo confrontato con la tecnica per cromatografia ionica risulta accurato, sensibile e di rapida esecuzione.

Parte sperimentale

Nella prima fase lo studio è stato indirizzato a valutare il campo di linearità assorbanza-concentrazione dello ione NO_3^- in matrici acquose ed acqueo-complesse con alto, medio e basso contenuto salino.

Nei diagrammi delle Figg. 1-4 sono riportati i campi di linearità dello ione nitrato rispettivamente in acqua distillata, in un'acqua mediamente mineralizzata confrontata con un'acqua solfurea ed in un'acqua con un alto contenuto salino anche questa confrontata con un'acqua solfurea.

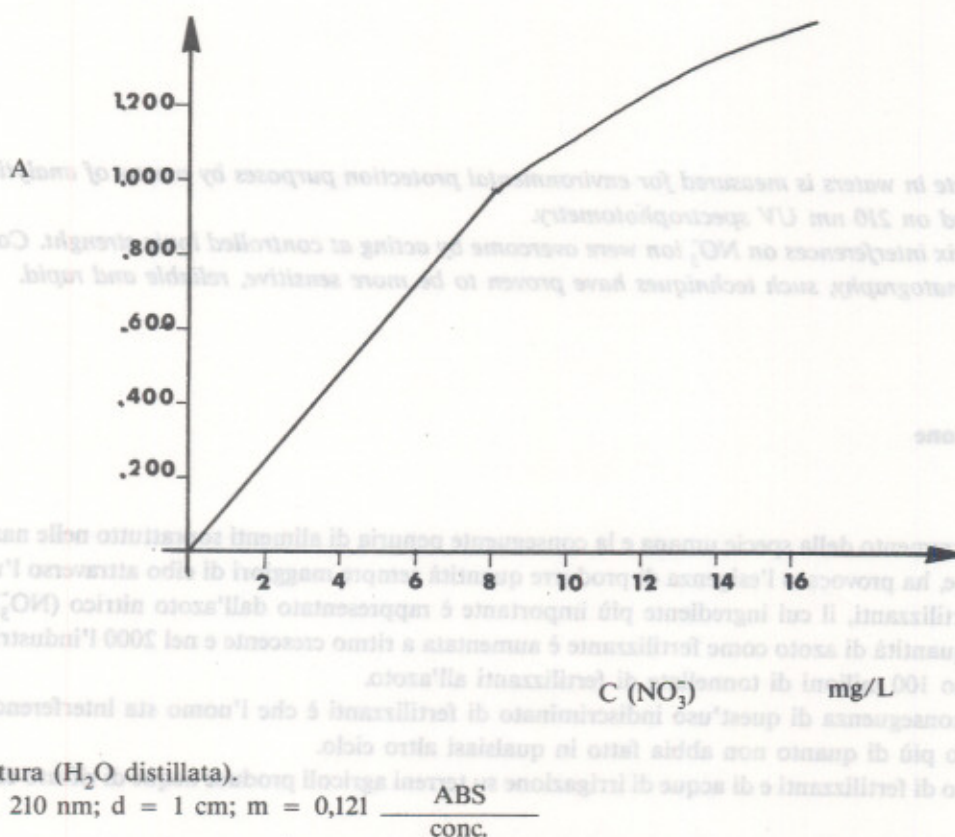
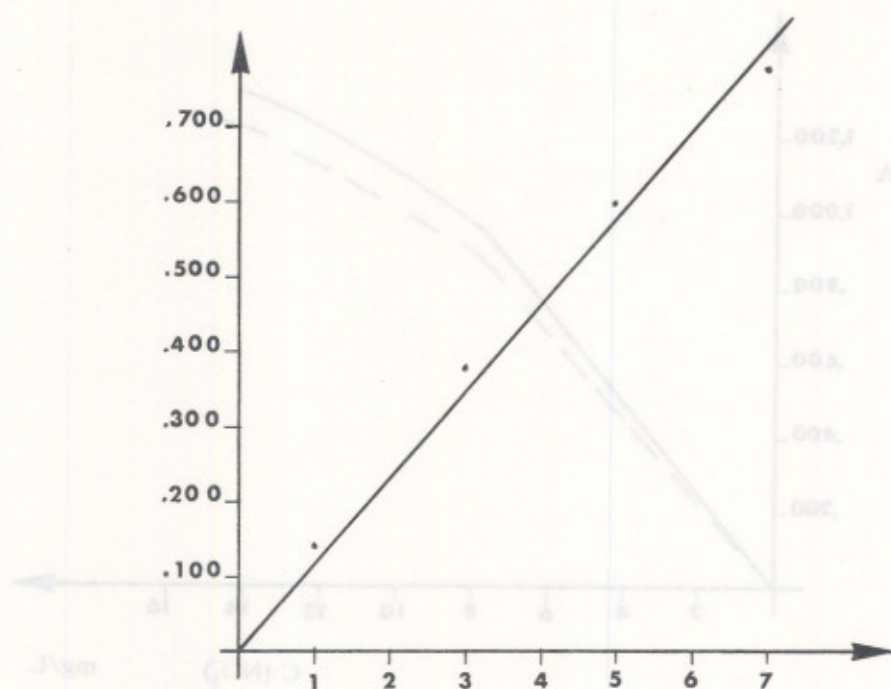
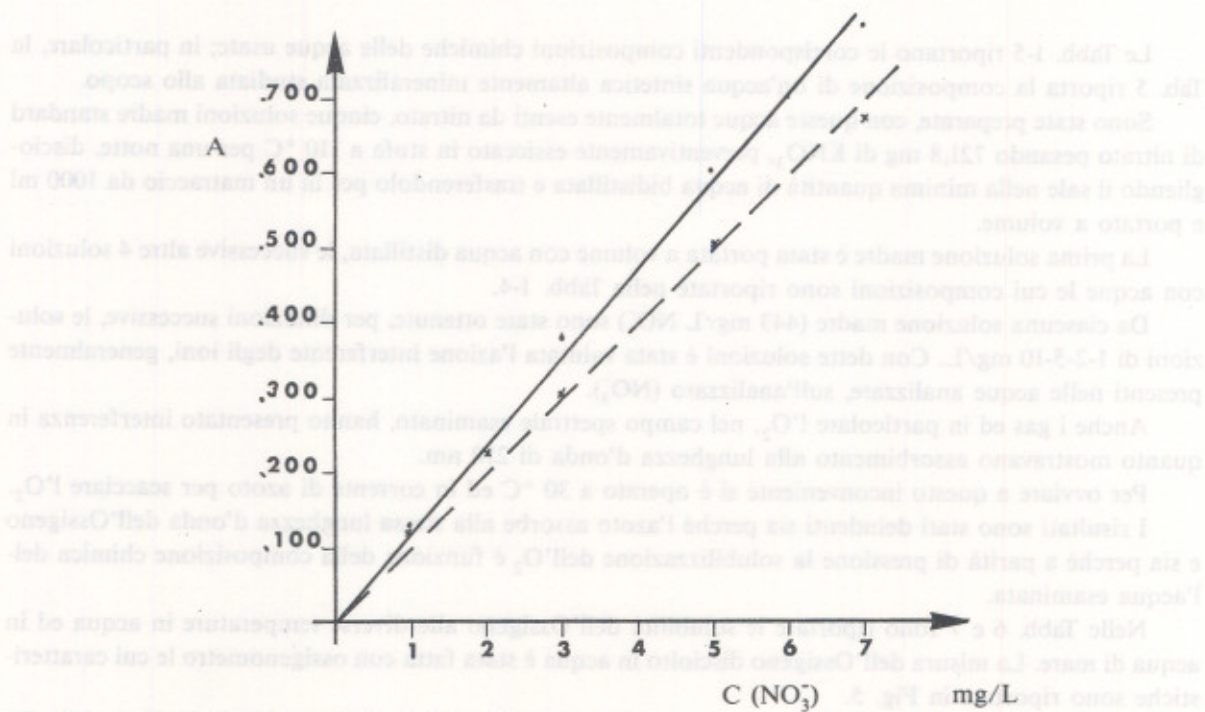


Fig. 1.- Taratura (H_2O distillata).

$$\lambda = 210 \text{ nm}; d = 1 \text{ cm}; m = 0,121 \frac{\text{ABS}}{\text{conc.}}$$

Fig. 2 - Taratura (H_2O minerale).

$$\lambda = 210 \text{ nm}; d = 1 \text{ cm}; m = 0,114 \frac{\text{ABS}}{\text{conc.}}$$

Fig. 3 - Taratura (H_2O minerale - M_2O solfurea).

$$\lambda = 210 \text{ nm}; d = 1 \text{ cm}; m = 0,116 \frac{\text{ABS}}{\text{conc.}}$$

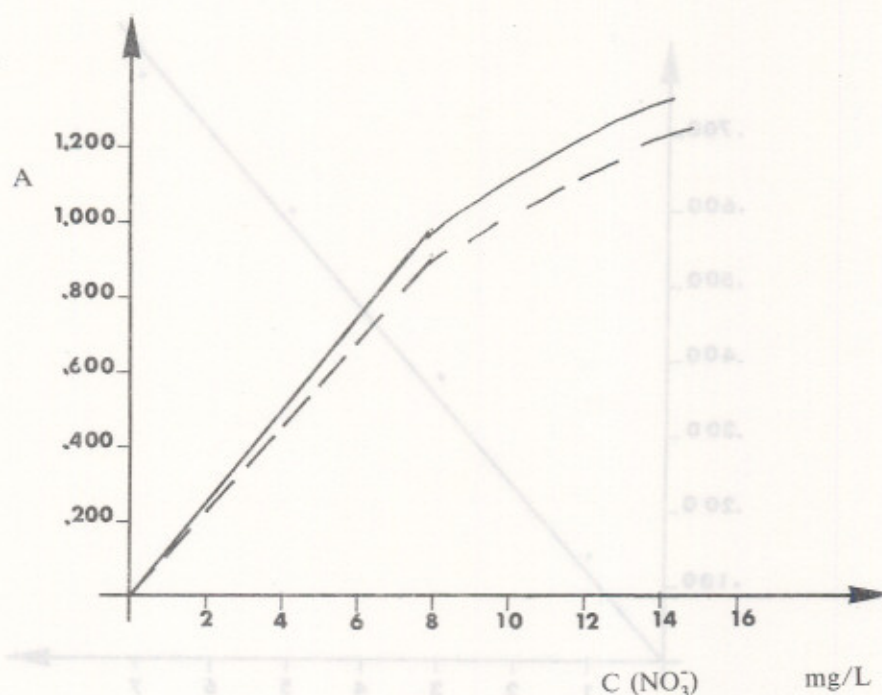


Fig. 4 - Taratura (H₂O minerale —) (H₂O sulfurea ---).
 $\lambda = 210 \text{ nm}$; $d = 1 \text{ cm}$.

Le Tab. 1-5 riportano le corrispondenti composizioni chimiche delle acque usate; in particolare, la Tab. 5 riporta la composizione di un'acqua sintetica altamente mineralizzata studiata allo scopo.

Sono state preparate, con queste acque totalmente esenti da nitrato, cinque soluzioni madre standard di nitrato pesando 721,8 mg di KNO₃, preventivamente essiccato in stufa a 110 °C per una notte, disciogliendo il sale nella minima quantità di acqua bidistillata e trasferendolo poi in un matraccio da 1000 ml e portato a volume.

La prima soluzione madre è stata portata a volume con acqua distillata, le successive altre 4 soluzioni con acque le cui composizioni sono riportate nelle Tab. 1-4.

Da ciascuna soluzione madre (443 mg/L NO₃⁻) sono state ottenute, per diluizioni successive, le soluzioni di 1-2-5-10 mg/L. Con dette soluzioni è stata valutata l'azione interferente degli ioni, generalmente presenti nelle acque analizzate, sull'analizzato (NO₃⁻).

Anche i gas ed in particolare l'O₂, nel campo spettrale esaminato, hanno presentato interferenza in quanto mostravano assorbimento alla lunghezza d'onda di 210 nm.

Per ovviare a questo inconveniente si è operato a 30 °C ed in corrente di azoto per scacciare l'O₂.

I risultati sono stati deludenti sia perché l'azoto assorbe alla stessa lunghezza d'onda dell'Ossigeno e sia perché a parità di pressione la solubilizzazione dell'O₂ è funzione della composizione chimica dell'acqua esaminata.

Nelle Tab. 6 e 7 sono riportate le solubilità dell'Ossigeno alle diverse temperature in acqua ed in acqua di mare. La misura dell'Ossigeno disciolto in acqua è stata fatta con ossigenometro le cui caratteristiche sono riportate in Fig. 5.

È stato infine esaminato il comportamento di alcuni dei sali generalmente presenti nelle acque alla lunghezza d'onda di 210 nm, determinato il valore del pH assunto da soluzioni sature (vedi Tab. 8) e valutata l'azione di ciascun sale interferente sullo ione NO₃⁻ (Tab. 9 e 10).

Tab. 1 - Composizione dell'acqua minerale a bassissimo contenuto di salinità

a) Determinazioni chimico fisiche		
pH		6.72
Conducibilità specifica a 18 °C	($\mu\text{S}/\text{cm}$)	81
Residuo filtrabile seccato a 180 °C	(mg/L)	61.4
b) Risultati analitici		
Sodio (Na)	(mg/L)	3.71
Calcio (Ca)	»	0.88
Potassio (k)	»	12.9
Magnesio (Mg)	»	2.93
Ferro (Fe)	»	0.26
Alluminio (Al)	»	0.42
Cloruri (Cl^-)	»	7.08
Solfati (SO_4^-)	»	2.05
Silice (SiO_2)	»	5.70

Tab. 2 - Composizione dell'acqua minerale a basso contenuto di salinità

a) Determinazioni chimico fisiche		
pH		7.98
Conducibilità specifica a 18 °C	($\mu\text{S}/\text{cm}$)	234.3
Residuo filtrabile seccato a 180 °C	(mg/L)	162.3
b) Risultati analitici		
Sodio (Na)	(mg/L)	1.1
Calcio (Ca)	»	35.6
Potassio (k)	»	0.4
Magnesio (Mg)	»	15.0
Litio (Li)	»	0.2
Stronzio (Sr)	»	0.2
Cloruri (Cl^-)	»	2.1
Solfati (SO_4^-)	»	20.8
Bicarbonati (HCO_3^-)	»	15.8
Fosfati (PO_4^{3-})	($\mu\text{g}/\text{L}$)	15.0
Silice (SiO_2)	(mg/L)	2.3

Tab. 3 - Composizione dell'acqua minerale a medio contenuto di salinità

a) Determinazioni chimico fisiche		
pH		6.8
Conducibilità specifica a 18 °C	($\mu\text{S}/\text{cm}$)	408
Residuo filtrabile seccato a 180 °C	(mg/L)	273.9
b) Risultati analitici		
Sodio (Na)	(mg/L)	29.7
Calcio (Ca)	»	46.9
Potassio (k)	»	7.9
Magnesio (Mg)	»	10.9
Ferro (Fe)	»	0.05
Cloruri (Cl^-)	»	31.6
Solfati (SO_4^{--})	»	36.6
Bicarbonati (HCO_3^-)	»	181.1
Nitrati (NO_3^-)	»	7.1
Silice (SiO_2)	»	8.1

Tab. 4 - Composizione dell'acqua minerale ad alto contenuto di salinità

a) Determinazioni chimico fisiche		
pH		7.96
Conducibilità specifica a 18 °C	($\mu\text{S}/\text{cm}$)	810
Residuo filtrabile seccato a 180 °C	(mg/L)	637
b) Risultati analitici		
Sodio (Na)	(mg/L)	45.0
Calcio (Ca)	»	94.5
Potassio (k)	»	53.0
Magnesio (Mg)	»	24.1
Strontio (Sr)	»	1.7
Cloruri (Cl^-)	»	31.5
Fluoruri (F^-)	»	1.4
Nitrati (NO_3^-)	»	21.2
Bicarbonati (HCO_3^-)	»	506.3
Solfati (SO_4^{--})	»	30.0
Silice (SiO_2)	»	86.5

Tab. 5 - Acqua sintetica (°)

Composto	Concentrazione mg/L
NaCl	4.5995
KCl	0.1576
LiCl	0.0253
NH ₄ Cl	0.0118
CaCl ₂	0.8501
NaBr	0.0037
SrCl ₂	0.0181
BaCl ₂ ·2H ₂ O	0.0020
MgCl ₃	0.1409
FeCl ₃ ·6H ₂ O	0.0022
MnCl ₂	0.0012
AlCl ₃	0.0005
Na ₂ SO ₄	0.1512
Na ₂ CO ₃	0.3079
Na ₂ SiO ₃	0.1037
HCl (30% d = 1.15)	ml 16.75
Na ₃ AsO ₄ ·12H ₂ O	0.0002
Na ₂ HPO ₄ ·12H ₂ O	0.0015

(°) La soluzione fu preparata con riferimento a 100 litri.

Tab. 6 - Solubilità dell'ossigeno in acqua alla pressione atmosferica

Temperatura (°C)	C (mg/L)	Temperatura (°C)	C (mg/L)
0	14,6	16	10,0
1	14,2	17	9,7
2	13,8	18	9,5
3	13,5	19	9,4
4	13,1	20	9,2
5	12,8	21	9,0
6	12,5	22	8,8
7	12,2	23	8,7
8	11,9	24	8,5
9	11,6	25	8,4
10	11,3	26	8,2
11	11,1	27	8,1
12	10,8	28	7,9
13	10,6	29	7,8
14	10,4	30	7,6
15	10,2		

Tab. 7 - Solubilità dell'ossigeno in acqua di mare alla pressione atmosferica

Temperatura (°C)	C (mg/L)	Temperatura (°C)	C (mg/L)
0	11,3	16	8,0
1	11,0	17	7,8
2	10,8	18	7,7
3	10,5	19	7,6
4	10,3	20	7,4
5	10,0	21	7,3
6	9,8	22	7,1
7	9,6	23	7,0
8	9,4	24	6,9
9	9,2	25	6,7
10	9,0	26	6,6
11	8,8	27	6,5
12	8,6	28	6,4
13	8,5	29	6,3
14	8,3	30	6,1
15	8,1		

Tab. 8 - Valori di pH e assorbanza della soluzione satura e 210 nm

Soluzione satura di	pH	μ nm	Assorbanza
NaCl	6.81	210	0.583
KCl	6.71	»	1.161
Na ₂ SO ₃	9.35	»	1.360
CaSO ₄	7.33	»	0.099
Ca(HCO ₃) ₂	--	»	0.308
MgSO ₄	4.29	»	0.199
MgCl ₂	--	»	3.377
SrCl ₂	5.70	»	0.406
SiO ₂	7.29	»	0.139
Al ₂ (SO ₄) ₃	3.28	»	0.479
CaCO ₃	9.36	»	0.406

Tab. 9 - Effetto delle interferenze alla lunghezza d'onda di 210 nm

Standard	Concentrazioni determinate mg/L	Lunghezza d'onda nm	Assorbanza
NO_3^-	2	210	0.235
Sale interferente	Concentrazioni mg/L	Lunghezza d'onda nm	Assorbanza
KCl	2	210	1.396
NaCl	2	»	0.789
CaCO_3	2	»	0.406
CaSO_4	2	»	0.447
MgSO_4	2	»	0.110
SrCl_2	2	»	0.012
$\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$	2	»	1.435
SiO_2	2	»	1.787
Acqua di mare diluita 1:5	2	»	1.734

Tab. 10 - Effetto delle interferenze alla lunghezza d'onda di 210 nm

Standard	Concentrazioni determinate mg/L	Lunghezza d'onda nm	Assorbanza
NO_3^-	5	210	0.585
Sale interferente	Concentrazioni determinante mg/L	Lunghezza d'onda nm	Assorbanza
KCl	5	210	1.595
NaCl	5	»	1.099
CaCO_3	5	»	1.158
CaSO_4	5	»	0.560
MgSO_4	5	»	0.652
SrCl_2	5	»	0.080
$\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$	5	»	n.d.
SiO_2	5	»	n.d.
Acqua di mare diluita 1:5	5	»	n.d.

Il problema è stato successivamente affrontato da un punto di vista chimico-fisico: le interazioni solvente-soluto influenzano non solo l'assorbimento dell'energia raggiante ma le stesse sono in gran parte responsabili degli spostamenti spettrali, dell'allargamento delle bande e quindi delle deviazioni dalla legge di Lambert-Beer.

Un approfondimento di indagine, dal punto di vista chimico-fisico, ha messo in evidenza l'effetto del solvente sullo ione nitrato: l'acqua è caratterizzata da una elevata permittività relativa tale da consentire di ridurre l'interazione ionica di due ordini di grandezza; cui effettuando un'opportuna diluizione del campione con acqua bidistillata, non solo è possibile ridurre gli effetti spettrali di banda ma è possibile, operando in condizioni di forza ionica bilanciata tra bianco e campione, eliminare ogni interferenza da matrice. Nella Tab. 11 sono riportate le caratteristiche polari e non polari di alcuni solventi e le rispettive permittività relative.

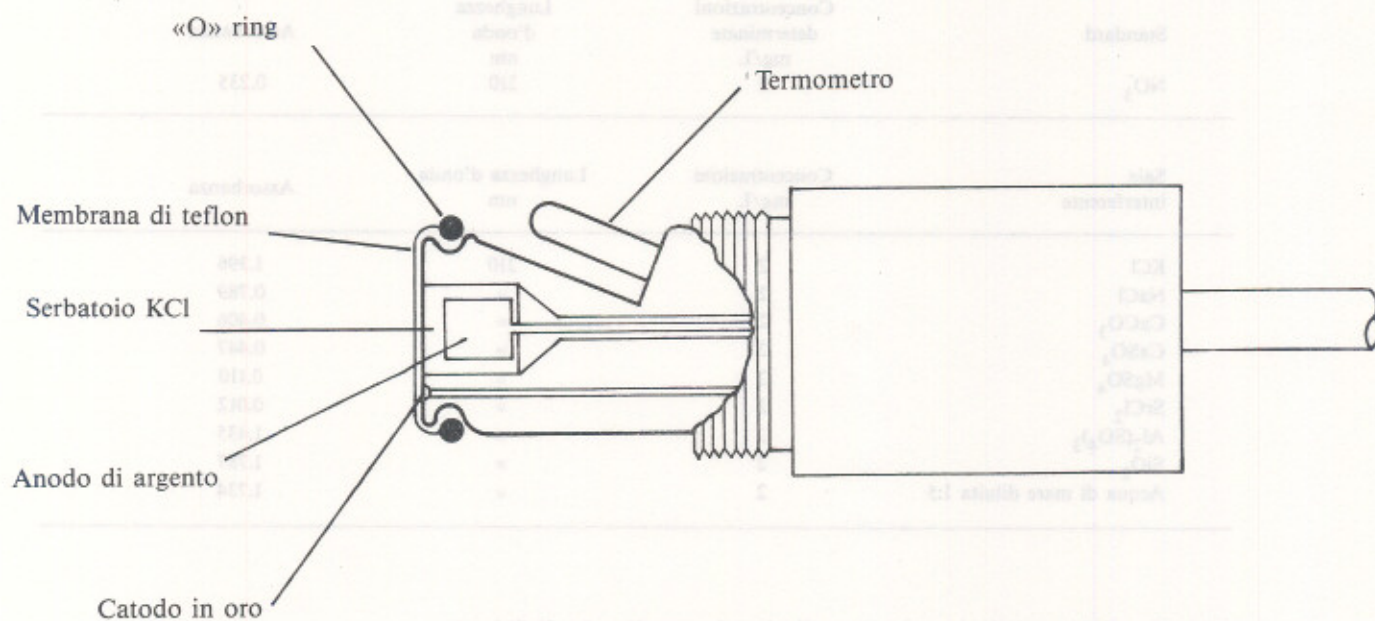


Fig. 5 - Misuratore di ossigeno

Tab. 11 - Confronto fra metodo spettrofotometrico e cromatografico

Campione	Metodo spettrofotometrico (UV, 210 nm) NO ₃ mg/L	Metodo di cromatografia ionica NO ₃ mg/L
N. 1	1.05	1.03
N. 2	2.38	2.27
N. 3	5.02	4.97
N. 4	10.06	9.85
N. 5	20.10	20.20
N. 6	10.10	10.15
N. 7	13.00	13.03
N. 8	8.45	8.40
N. 9	7.28	7.26
N.10	2.03	2.13
N.11	18.10	18.14
N.12	1.14	1.00
N.13	3.52	3.03

Procedimento

Per determinare il contenuto di nitrati nell'acqua si procede come segue: si misura a 25 °C la conducibilità elettrica specifica del campione d'acqua da analizzare.

Si calcola il residuo salino moltiplicando il valore della conducibilità elettrica specifica espressa in $\mu\text{S}/\text{cm}$ per il fattore di Kohlrausch (vedi Tab. 12) e si ottiene il residuo salino espresso in mg/L equivalente di Cl^- .

Nota il valore del residuo salino si calcola la forza ionica con la relazione:

$$\mu = 0,5 \sum_i^n C_i Z_i^2$$

dove:

C_i = concentrazione del residuo calcolato attraverso la misura di conducibilità a 25 °C.

Z_i = carica dello ione valutata statisticamente: per l'anione 1,5 e 1,6 per il catione (valore medio = 2).

Calcolato il valore di μ si effettua la determinazione dello ione nitrato contro un bianco che abbia la stessa forza ionica.

Nel caso in cui il campione in esame abbia un elevato contenuto salino, cioè ricada nella gamma delle acque fortemente mineralizzate, si diluisce opportunamente il campione con acqua distillata (diluizione 1:10; 1:100; 1:1000) allo scopo di operare a forza ionica controllata per effetto della elevata permittività relativa dell'acqua.

Fra i vari sali sottoposti ad indagine per valutare quello più idoneo per la preparazione del bianco, è risultato il CaSO_4 quello più rispondente probabilmente per il fatto che la mobilità del catione Ca^{++} e quella dell'anione SO_4^{--} sono pressoché uguali (vedi Tab. 12).

Un rilevante numero di campioni d'acqua a diversa concentrazione in NO_3^- hanno messo in evidenza che tra il metodo spettrofotometrico all'UV ed il metodo per cromatografia ionica non esistono sostanziali differenze come è ben evidenziato dai risultati ottenuti e riportati in Tab. 13.

Per chiarezza si riporta di seguito un esempio di calcolo per la determinazione dello ione NO_3^- .

Tab. 12 - Calcolo della mineralizzazione mediante misure di conducibilità specifica

Conducibilità specifica ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	Mineralizzazione (mg/L)
< 50	1.365079 x specifica conducibilità 20° C
50-166	0.947658 x specifica conducibilità 20° C
166-333	0.769574 x specifica conducibilità 20° C
> 833-10,000	0.850432 x specifica conducibilità 20° C

Tab. 13 - Valori di pH, conducibilità specifica e forza ionica

			ph	$k_{18} \mu\text{S/cm}$	u_+	u_-
NO_3^- (1 mg/L) + KCl	soluzione satura		7.038	176,200	150	145
» NaCl	»		6.338	139,000	126	»
» CaSO_4	»		6.880	1710	140	»
» MgSO_4	»		4.395	41400	133	»
» SeCl_2	»		5.244	122,700	211	»

Esempio**Campione A**

Un campione A di acqua di mare ha una conducibilità elettrica specifica a 25 °C di

$$K_{25} = 54.600 \mu\text{S/cm}$$

Per calcolare la salinità del bianco contro cui va letto il campione A si procede come segue:

Il campione A viene diluito con acqua bidistillata di 100 volte. Si determinano la conducibilità elettrica specifica del campione A diluito 1:100, essa è di:

$$K_{25} 3 790 \mu\text{S/cm}$$

Il fattore di Kohlrausch (F_K) a questa conducibilità è di 0,715920 (vedi Tab. 12).

Si moltiplica F_K per K_{25} e si ha:

$$F_K \cdot 0.715920 = 790 \cdot 0.715920 = 566 \text{ mg/L}$$

La forza ionica di questo campione d'acqua è quindi

$$\mu_A = \frac{1}{2} \left(\frac{566}{35.5} \cdot 2^2 \right) = 31.88 \text{ mM}$$

Bianco B

La salinità del bianco B contro cui andrà letto il campione A si determina:

$$\mu_{uA} = \mu_{uB} \quad \begin{array}{l} \mu_{uA} = \text{forza ionica del campione A} \\ \mu_{uB} = \text{forza ionica del campione B} \end{array}$$

$$31,88 = 1/2 (C_{Ca} \cdot 2^2 + C_{SO_4} \cdot 2^2)$$

$$31,88 = 1/2 C_{\text{sale}} \cdot 8$$

$$C_{\text{sale}} = \frac{31,88}{4} = 7,97 \text{ mM}$$

$$C_{\text{sale}} = 7,97 \cdot \text{PM}_{\text{CaSO}_4} = 7,97 \cdot 136 = 1083,92 = 1,08 \text{ g/L}$$

Si pesano 1,08 g di CaSO_4 e si portano a 1000 ml con acqua bidistillata. Il campione A viene letto contro il bianco B allo spettrofotometro alla lunghezza d'onda di 210 nm.

Limite di rivelabilità

Il limite di rivelabilità del metodo è di $30 \mu\text{g/l}$ espresso come NO_3^- .

Conclusioni

Lo studio delle interazioni tra gli ioni, nelle varie circostanze sperimentali, con soluzioni di elettroliti ad alta media e bassa concentrazione, ci ha permesso di valutarne gli effetti da un punto di vista chimico fisico.

Secondo l'impostazione moderna l'interazione tra gli ioni, che ha luogo a distanza elevata, li allontana dal comportamento ideale anche a bassissime concentrazioni sicché gli effetti di queste interazioni sono tali che le soluzioni ioniche reali si discostano, nel comportamento, dalle soluzioni ideali. Dette interazioni sono risultate la causa preminente delle interferenze riscontrate nella determinazione dello ione NO_3^- all'UV, non va sottovalutato l'effetto del solvente sulla forza ionica soprattutto quando questo è caratterizzato, come nel caso dell'acqua, da un'elevata permittività relativa.

L'acqua ha una permittività relativa di 78,5 in grado di provocare una riduzione di campo e quindi una riduzione di interazione tra ioni di circa due ordine di grandezza.

Sulla base di queste considerazioni ne deriva che cationi ed anioni, presenti in elevata concentrazione, non si distribuiscono uniformemente nel mezzo in cui vengono disciolti, bensì gli uni tendono ad addensarsi nelle vicinanze degli altri secondo l'equazione del potenziale coulombiano:

$$\phi_i = Z_i e / 4 \Pi \epsilon_0 \epsilon_r \frac{1}{r}$$

dove:

ϕ_i = potenziale coulombiano generato da uno ione isolato nel vuoto

r = distanza da uno ione di carica $Z_i e$

ϵ_r = permittività relativa

In conclusione è lecito ritenere che l'effetto della radiazione elettromagnetica sull'interazione ionica, nel campo dell'UV, è tale da indebolire la forza di legame provocando una diversa distribuzione ionica; da qui la necessità di operare in condizioni di forza ionica bilanciata tra bianco e soluzione da esaminare.

Ringraziamenti

Si ringraziano i periti chimici Paolo Morgia, Enrico Veschetti e Italo Gentilini per il contributo dato alla realizzazione del presente lavoro.

Bibliografia

- OLORI L., DE FULVIO S. & VESCHETTI E. (1986): «Esperienze su una nuova tecnica strumentale a flusso per una valutazione delle caratteristiche igieniche delle acque». *Bollettino dei Chimici Igienisti* - parte scientifica, Vol. 37, 67-88.
- BONDANINI M., DE FULVIO S., GIORGI F., MORGIA P., OLORI L. & VESCHETTI E. (1984): Determinazione dei cloruri, solfati e nitrati per cromatografia ionica nei fanghi di risulta da impianti di trattamento». *Bollettino dei Chimici Igienisti* - parte scientifica, Vol. 35, S4, 293-303.
- STRICKLAND J.D.H. & PARSONS J.R. (1972): *A practical handbook of seawater analysis* (Ottawa, Fisheries Research Board of Canada).
- APHA, AWWA, WPCF (1980): *Standard methods for the examination of water and wastewater*, 15 Edit. (Washington Apha).
- VEPREK SISKÁ J. et al. (1959): *Analyst*, 84, 119.
- ADDISON C.C., GAMLEN G.A. & THOMPSON R. (1952): *J. chem. Soc.*, 346.
- CORBET A.S. (1935): *J. Biochem.*, 29, 1086.
- THE INSTITUTE OF WATER ENGINEERS (1953): *Approved Methods for the physical and chemical examination of water*, Second edition, London.
- APHA (1955): *Standard Methods for the Examination of Water, Sewage and Industrial Wastes*, Tenth Edition (The American Public Health Association, New York).
- HOATHER R.C. (1953): *Proc. Soc. Wat. Treatm. Exam.*, 2, 9.
- SCHEIBE G. (1926): *Ber.*, 59, 1321.
- THRESH J.C. (1913): *The Examination of Waters and Water Supplies*, Second Edition, (J. and A. Churchill Ltd., London).

INDICE GENERALE DEL MANUALE SUI "METODI ANALITICI PER LE ACQUE" (*)

Codice	Metodo	Anno di pubbl. su volume	Anno di pubbl. su scheda
Sezione A - (Parte generale)			
• A-001	Strutture, attrezzature e reattivi di laboratorio	1984	—
• A-002	Lineamenti di tecniche analitiche	1983	—
• A-003	Metodi di campionamento	1977	—
• A-004	Elaborazione dei risultati	1983	—
Sezione B - (Determinazione di parametri fisici e chimico fisici)			
B-001	pH	1972	1981
B-002	Temperatura	1972	1979
B-003	Colore	1972	1980
B-004	Materiali sedimentabili	—	1979
B-005	Materiali in sospensione	—	1979
B-006	Conducibilità	1972	—
B-007	Salinità	—	—
B-008	Odore	1972	—
B-009	Torbidità	1972	—
Sezione C - (Determinazione di metalli e di specie metalliche)			
C-001	Alluminio	1972	1981
C-002	Argento	1972	—
C-003	Arsenico	1972	1983
C-004	Bario	1972	1980
C-005	Berillio	1972	—
C-006	Boro	1972	1982
C-007	Cadmio	1972	1986
C-008	Calcio	1972	1986
C-009	Cromo (VI)	1972	1982
C-010	Cromo (III)	1972	1982
C-011	Ferro	1972	1980
C-012	Litio	1972	1986
C-013	Magnesio	1972	1986
C-014	Manganese	1972	1980
C-015	Mercurio	1972	1986
C-016	Molibdeno	—	—
C-017	Nichel	1972	1980
C-018	Piombo	1972	1979-1984
C-019	Potassio	1972	1986
C-020	Rame	1972	1980
C-021	Selenio	1972	1986
C-022	Sodio	1972	1986
C-023	Stagno	1972	1981
C-024	Zinco	1972	1980
C-025	Cromo totale	1972	1982

(segue)

(*) I metodi analitici sono in vendita presso il Consiglio Nazionale delle Ricerche - Ufficio Pubblicazioni - Servizio Vendite, Piazzale Aldo Moro, 7 - 00185 Roma (Tel. 4993255). La spedizione viene effettuata con pagamento contro assegno.

(*) I metodi indicati sono pubblicati in volume.

Segue: Indice generale sui «Metodi Analitici per le Acque»

Codice	Metodo	Anno di pubbl. su volume	Anno di pubbl. su scheda
Sezione D - (Determinazione di sostanze e parametri inorganici non metallici)			
D-001	Acidità e basicità	1972	
D-002	Azoto ammoniacale	1972	1981-1983
D-003	Azoto nitroso	1972	1981
D-004	Azoto nitrico	1972	1986
D-005	Biossido di carbonio	1972	
D-006	Solfuri	1972	1984
D-007	Cianuri	1972	1980
D-008	Cloro	1972	
D-009	Cloruri	1972	1979
D-010	Fluoruri	1972	1983
D-011	Fosforo	1972	1981
D-012	Ossigeno disciolto	1972	
D-013	Silice	1972	
D-014	Solfati	1972	1979
D-015	Solfiti	1972	1983
Sezione E - (Determinazione di sostanze e parametri organici)			
E-001	Azoto albuminoideo	1972	
E-002	Azoto organico	1972	
E-003	Sostanze oleose totali	1972	1984
E-004	Oli minerali	—	1984
E-005	Grassi e oli animali e vegetali	—	1984
E-006	Carbonio organico	1972	
E-007	Richiesta chimica di ossigeno (COD)	1972	1981
E-008	Richiesta biochimica di ossigeno (BOD)	1972	1982
• E-009	Pesticidi clorurati	1978	—
• E-010	Pesticidi fosforati	1982	—
• E-011	Policlorodifenili	1981	—
• E-012	Policloroterfenili	1981	—
E-013	Tensioattivi non ionici	1972	1979
E-014	Fenoli	1972	1979
E-015	Aldeidi	—	1978
E-016	Solventi aromatici	—	1984
E-017	Tensioattivi anionici	1972	1983
E-018	Solventi organici clorurati	—	1978
Sezione F - (Determinazione di parametri biologici e microbiologici)			
F-001	Saggio di tossicità	1972	
F-002	Coliformi totali	1972	
F-003	Coliformi fecali	1972	
F-004	Streptococchi fecali	1972	

(*) I metodi indicati sono pubblicati in volume.

INDICE GENERALE DEL MANUALE SUI «METODI DI ANALISI PER ACQUE DI MARE» (*)

Codice	Metodo	Anno di pubblicazione
—	Indicazioni generali	
—	Fattori di conversione e di calcolo	
—	Campionamento	
100	Caratteristiche chimico- fisiche	
110	Trasparenza	1984
120	Temperatura	
130	Colore	
140	Salinità	1983
150	Materiale in sospensione	1984
160	pH	
170	Ossigeno disciolto	
200	Specie metalliche	
210	Alluminio	
215	Argento	
220	Arsenico	
225	Cadmio	1983
230.3	Cromo	1984
235	Ferro	1983
240	Manganese	
245	Mercurio	
250	Nichel	1983
255	Piombo	1983
260	Rame	1983
265	Selenio	1983
270	Zinco	
300	Specie inorganiche non metalliche	
310	Azoto ammoniacale	1984
315	Azoto nitroso	
320	Azoto nitrico	
325	Azoto totale	
330	Fosforo ortofosfato solubile	1982
340	Fosforo totale	1982
350	Silice	1983
400	Composti organici	
410	Fenoli	
420	Oli minerali	1984
430	Tensioattivi anionici	
440	Composti organo-alogenati	
440.1	Pesticidi clorurati	1986
500	Saggi biologici e microbiologici	
510	Coliformi totali	1983
520	Coliformi fecali	1983
530	Streptococchi fecali	1983
540	Salmonelle	1984
550	Enterovirus	
600	Prove di tossicità	
610	Saggio di ittiotossicità	

(*) I metodi sono pubblicati a scheda e sono in vendita, con il relativo raccoglitore, presso il Consiglio Nazionale delle Ricerche - Ufficio Pubblicazioni - Servizio Vendite, Piazzale Aldo Moro, 7 - 00185 Roma (Tel. 4993.255). La spedizione viene effettuata con pagamento contro assegno.

