

c.n.r. istituto di ricerca sulle acque

Metodi analitici

per le acque

notiziario

ISSN: 0392-1425

Anno 11 - N. 4

Ottobre-Dicembre 1991

- **Approfondimento dei test di cessione: caratterizzazione analitica dell'estratto, interazioni fango terreno.** (M.C. Gennaro, A. Liberatori, B.M. Petronio, G. Petruzzelli, A. Vanni).
- **Indice generale del manuale sui «Metodi analitici per le acque»**
- **Indice generale del manuale sui «Metodi di analisi per acque di mare»**

- **Leaching tests: analytical characterization of leachate and soil-sludge interactions**(M.C. Gennaro, A. Liberatori, B.M. Petronio, G. Petruzzelli, A. Vanni)
- **«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

ISSN 0382-1521

1981 dicembre-ottobre

Anno 11 - N. 4

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.

APPROFONDIMENTO DEI TEST DI CESSIONE: CARATTERIZZAZIONE ANALITICA DELL'ESTRATTO, INTERAZIONI FANGO-TERRENO**M.C. Gennaro, A. Liberatori*, B.M. Petronio**, G. Petruzzelli***, A. Vanni***Dipartimento di Chimica Analitica, Università di Torino*** Istituto di Ricerca sulle Acque, C.N.R., Roma**** Dipartimento di Chimica - Università "La Sapienza", Roma***** Istituto di Chimica del Terreno, C.N.R., Pisa***Riassunto**

I risultati delle prove sperimentali oggetto di questa nota mostrano come i test di cessione, comunemente impiegati per valutare la frazione mobile dei metalli presenti nei fanghi, possono fornire utili informazioni sulle variazioni di capacità adsorbente di un terreno in seguito al dilavamento dei fanghi il cui percolato raggiunga il terreno stesso.

Summary

Leaching tests are commonly used for evaluating the mobile fraction of metals in sludges. Experimental results show that leaching tests may provide useful information about the variation of soil sorptive capacity when in contact with the leachate of a sludge.

INTRODUZIONE

Secondo le normative nazionali vigenti sullo smaltimento dei rifiuti, i fanghi derivanti da attività industriali e/o di depurazione possono trovare collocazione sul suolo e nel sottosuolo. L'utilizzo su suolo adibito ad uso agricolo è senz'altro quello che offrirebbe i maggiori vantaggi economici in quanto permetterebbe di recuperare le sostanze nutrienti ed ammendanti presenti nei fanghi prevalentemente organici. L'applicabilità di questa pratica risulta però limitata dalle caratteristiche di atossicità ed igienicità richieste ai fanghi. Inoltre, un ulteriore aspetto che condiziona l'uso di questa tipologia di smaltimento è rappresentato dai potenziali problemi di contaminazione ambientale che potrebbero insorgere, concernenti l'inquinamento di acque di falda anche profonde in seguito al percolamento da dreni superficiali. In pratica quindi, almeno nel nostro Paese, l'unico ricettore largamente utilizzato è il suolo non adibito ad uso agricolo.

Il deposito a discarica in un sistema ad interrimento controllato, se correttamente realizzato e gestito secondo le diverse procedure individuate nella Del. C.I. 27/7/84, risulta infatti l'unico mezzo che permette di avere un recapito certo e sempre disponibile.

Analogamente a quanto prima evidenziato per l'impiego su terreno agricolo, i problemi associati ad una discarica controllata riguardano comunque e soprattutto la possibilità di inquinamento delle acque

sotterranee e superficiali a causa del percolato e del dilavamento da acque meteoriche sui fanghi.

Tra gli inquinanti di particolare rilievo che possono essere presenti nel percolato vanno annoverati i metalli pesanti. Va quindi sottolineato che, per questi elementi, le quantità totali presenti nei fanghi non sono tanto importanti quanto le loro frazioni più mobili, le cui forme dipendono da numerose condizioni quali la natura dei fanghi stessi (pH, composizione della sostanza organica, potenziale di ossidoriduzione, ecc.) e del terreno su cui verranno depositati. Sotto questo aspetto un ruolo di primaria importanza è senz'altro da imputarsi alla composizione della sostanza organica presente nel fango che, oltre a presentare di per se stessa, in alcuni casi, un certo grado di tossicità, può interagire mediante reazioni di chelazione e complessazione con gli eventuali elementi metallici tossici, rendendoli più o meno disponibili al processo di eluizione.

Limitatamente al problema dei metalli, due sono le determinazioni analitiche a cui vanno sottoposti i fanghi prima della loro collocazione su suolo: determinazione del contenuto di metalli totale, da effettuarsi mediante spettrometria di assorbimento atomico, dopo disgregazione della sostanza organica e mineralizzazione della frazione inorganica con attacco acido a caldo, e prove di cessione simulanti il comportamento di un rifiuto sottoposto all'azione lisciviante delle acque meteoriche.

E proprio il test di cessione è l'oggetto di questa nota. Infatti, come illustreranno in seguito le prove sperimentali, mediante test di cessione non solo è possibile determinare le concentrazioni dei metalli labili, ma si può anche evidenziare la porzione di sostanze organiche solubili in acqua che, adsorbite su terreno, possono essere responsabili della formazione di nuovi siti di adsorbimento e quindi dell'aumentata capacità di trattenimento di cationi metallici da parte del suolo.

PARTE SPERIMENTALE

Apparecchiature

- Apparecchio per analisi elementare Carlo Erba, modello 240-B
- Termobilancia Perkin-Elmer, modello TGA7
- Spettrofotometro FTIR Philips, modello PU 9800
- Spettrofotometro NMR Varian, modello XL 300
- Spettrofotometro per assorbimento atomico Varian, modello Spectr AA 10.

Materiali

- Fango urbano proveniente dalle vasche di ossidazione finale dell'impianto di depurazione delle acque reflue di Torino "Po-Sangone". Il contenuto totale di alcuni metalli pesanti è raccolto in Tab. 1.

Tab. 1 - Concentrazione (mg/Kg) dei metalli nel fango

zinco	2919 ± 90 mg/Kg
manganese	819 ± 61
nicel	720 ± 29
cromo	694 ± 25
rame	278 ± 18
piombo	229 ± 6
cadmio	tracce

- Terreno prelevato a Larciano (Pistoia) le cui caratteristiche principali sono raccolte in Tab. 2.
- Ni e Cd nitrato di purezza analitica.

Tab. 2 - Caratteristiche principali del terreno

argilla < 2 μm (%)	10
limo 2 - 200 μm (%)	14.1
sabbia 200 μm - 2 mm (%)	75.9
sostanza organica (%)	0.9
pH (H_2O)	5.8
CEC (meq/100 g)	13.4

Metodi

— Prove di cessione

Il fango è stato dibattuto per sei ore con una soluzione acquosa saturata di CO_2 , rapporto fango-soluzione 1:4, secondo quanto descritto nella Gazzetta Ufficiale della Repubblica Italiana (1) e nei Metodi Analitici per i Fanghi dell'Istituto di Ricerca sulle Acque del CNR (2). Dopo filtrazione, su una porzione della soluzione sono stati determinati i metalli mediante spettrometria di assorbimento atomico; una seconda porzione è stata utilizzata per le prove di adsorbimento di nichel e cadmio su terreno; una terza, portata a secco, è stata caratterizzata impiegando tecniche strumentali quali termogravimetria, spettrofotometria (infrarosso e risonanza magnetica nucleare), ed analisi elementare. Una quarta porzione infine è stata prima dibattuta con terreno, quindi filtrata, portata a secco ed analizzata con le tecniche strumentali sopra citate.

— Prove di adsorbimento

Da 0.25 a 1.0 g di terreno sono stati dibattuti per 24 ore a temperatura controllata (20 ± 1) $^\circ\text{C}$ con 20 ml di soluzione acquosa contenente da 0 a 500 $\mu\text{g/l}$ di ciascuno dei metalli considerati. Sulla fase liquida, dopo separazione per centrifugazione a 15.000 giri, è stata determinata, mediante assorbimento atomico, la quantità residua di metallo. La quantità adsorbita sul terreno si è ottenuta per differenza.

In parallelo è stata effettuata una seconda serie di prove con i metalli disciolti non più in acqua, ma nella soluzione acquosa saturata con CO_2 e dibattuta con il fango.

RISULTATI E DISCUSSIONE

Prove di cessione

Nella soluzione acquosa saturata con CO_2 sono presenti alcuni metalli, i cui valori di concentrazione sono raccolti in Tab. 3.

Prove di adsorbimento

In Fig. 1 sono riportati gli andamenti delle isoterme di adsorbimento del nichel sia in assenza (Fig. 1a) che in presenza (Fig. 1b) dell'estratto di fango, mentre in Fig. 2 è graficato il valore del coefficiente

Tab. 3 - Concentrazione dei metalli (mg/kg) nell'eluato

zinco	2777 ± 65 mg/Kg
manganese	776 ± 26
nicel	642 ± 30
cromo	288 ± 18
rame	15 ± 9
piombo	16 ± 2
cadmio	assente

di distribuzione (rapporto tra la concentrazione del metallo nella fase solida e quella in soluzione) in funzione della concentrazione iniziale del metallo.

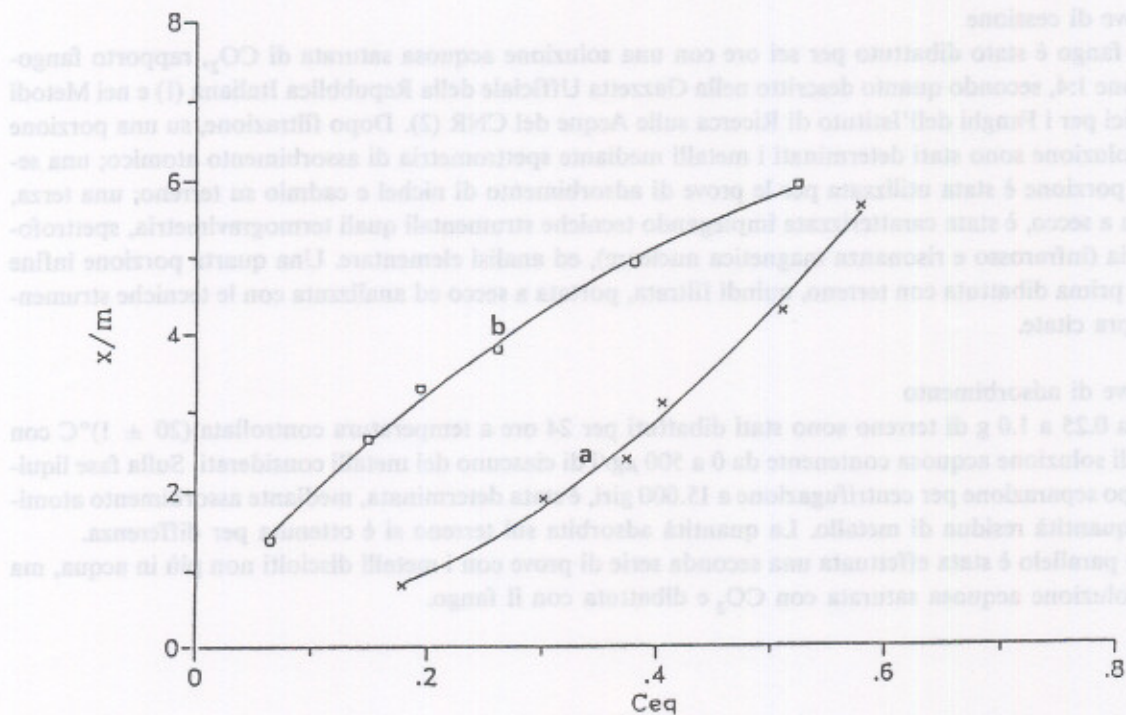


Fig. 1 - Isotherme di adsorbimento del nichel in assenza (a) ed in presenza (b) dello eluato da fango. x/m = concentrazione del metallo adsorbito ($\mu\text{mol/g}$), C_{eq} concentrazione all'equilibrio ($\mu\text{mol/cm}^3$).

Come si può vedere (Fig. 1), l'estratto del fango influenza considerevolmente il processo di adsorbimento del metallo sul suolo e le modificazioni che si determinano si ripercuotono sia sulla quantità di metallo che viene trattenuta (maggiore in presenza dell'estratto) che sull'andamento del processo stesso. Infatti, in assenza dell'estratto da fango il processo di adsorbimento è descritto da un'isoterma di tipo "S" (affinità nei confronti del metallo minore a basse concentrazioni di metallo) mentre, in presenza

di questo, esso cambia radicalmente ed è descrivibile mediante un'isoterma di tipo L "Langmuir" (affinità del terreno elevata specialmente alle basse concentrazioni). Il fatto che, nelle due situazioni sperimentali descritte, le isoterme di adsorbimento abbiano un andamento diverso, evidenzia come nei due casi il processo di adsorbimento non sia lo stesso.

Si può ipotizzare che, quando il terreno è trattato con l'estratto da fango, il metallo si adsorba non solo sul terreno ma anche sulle sostanze organiche provenienti dal fango e presenti nell'estratto perché solubili. Tali sostanze, preventivamente adsorbite sul terreno, danno luogo a nuovi siti adsorbenti con elevata affinità per i metalli. L'andamento dei grafici in Fig. 2 avvalorata tale ipotesi. A bassi valori di concentrazione il metallo viene in gran parte trattenuto dal terreno così modificato, ma, man, mano che i siti adsorbenti si vanno saturando, la distribuzione del metallo tra fase solida e soluzione torna ad essere quella del terreno non trattato.

Analogo comportamento (aumento della quantità di metallo trattenuta dal terreno, modifica del tipo di isoterma) si è osservato nel caso del cadmio.

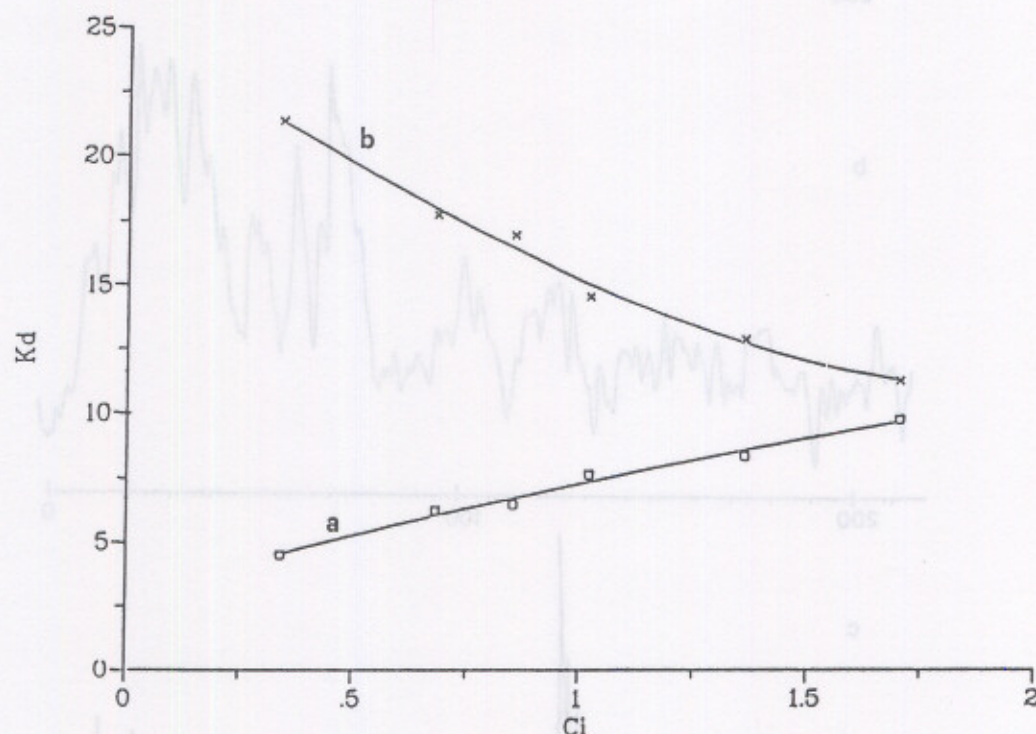


Fig. 2 - K_d in funzione della concentrazione iniziale C_i ($\mu\text{mol}/\text{cm}^3$) per il processo di adsorbimento in assenza (a) ed in presenza (b) dell'eluato da fango.

Analisi dell'estratto da fango

Nell'estratto da fango, oltre ai metalli pesanti, sono effettivamente presenti composti organici, come viene dimostrato dagli spettri IR e ^{13}C -NMR, nonché dai dati dell'analisi elementare relativi al residuo ottenuto portando a secco 100 mL di eluato (C = 25 mg, N = 4.5 mg, H = 3.3 mg, ceneri = 12 mg).

I composti organici che si solubilizzano, e che quindi sono passati nell'eluato, hanno carattere prevalentemente alifatico (zona 0-50 ppm nello spettro ^{13}C -NMR, Fig. 3b), con un contenuto in azoto abbastanza elevato, ricavabile dal valore del rapporto molare N/C che risulta essere pari a 0.15.

di questo, esso cambia radicalmente ed è descrivibile mediante un insieme di tipo J "Lagrange" (all'in-
 ti del terreno diventa spazialmente alle varie concentrazioni). Il fatto che nelle due situazioni sperimentali
 descritte, le isoterme di adsorbimento abbiano un andamento diverso, evidenzia come nei due casi il pro-
 cesso di adsorbimento non sia lo stesso.

Si può ipotizzare che quando il terreno è trattato con l'estratto da fango, il metallo si adsorbe non
 solo sul terreno ma anche sulle sostanze organiche provenienti dal fango e presenti nell'estratto perché
 solubili. Tali sostanze, preventivamente adsorbite sul terreno, danno luogo a nuovi siti adsorbenti con ele-
 vata efficienza per i metalli. L'andamento dei grafici in Fig. 3 evidenzia tale ipotesi. A bassi valori di concen-
 trazione il metallo viene in gran parte adsorbito dal terreno con modificata, ma, meno che i siti
 adsorbenti a disposizione del metallo tra fase solida e soluzione forma ad essere quel-
 la del terreno. Analogamente, quando il terreno è trattato con l'estratto da fango, la distribuzione del metallo
 di adsorbimento è osservata nel caso del terreno.

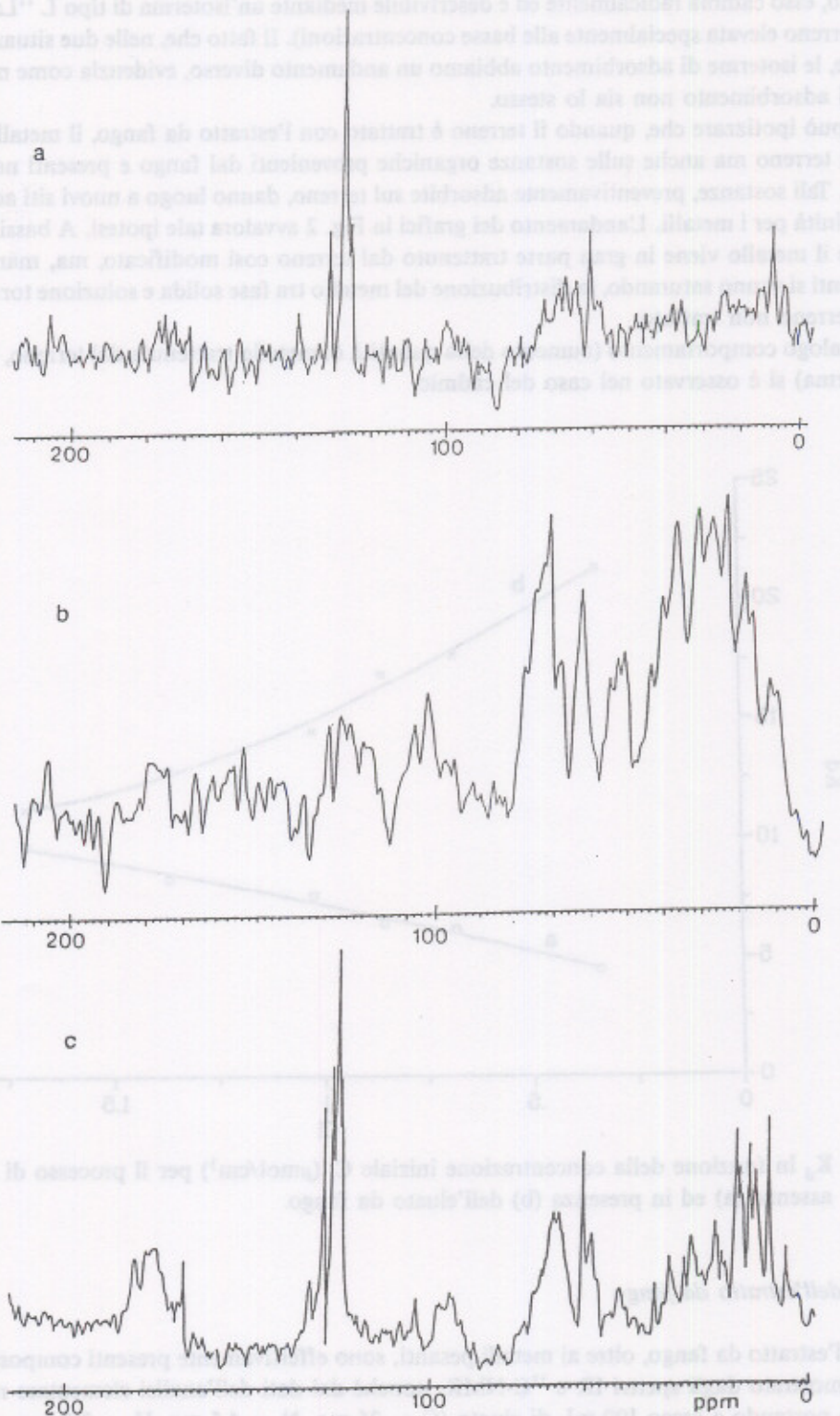


Fig. 3 - ^{13}C -NMR spettro dell'eluato da fango prima del passaggio su terreno (b) e dopo (c). Spettro del
 bianco (a).

Nell'estratto da fango, oltre ai metalli, sono presenti componenti organici, come
 viene dimostrato dalla presenza di picchi nel spettro ^{13}C -NMR relativi al carbonio
 ottenuto portando a secco 100 ml di estratto (C = 22 mg, H = 4.2 mg, O = 33 mg, cenere = 12 mg).
 I componenti organici che si solubilizzano, e che quindi sono presenti nell'eluato, hanno carattere preva-
 stamente elevato, ricavabile dal valore del rapporto metallo/C che risulta essere [

Analisi dell'estratto da fango dopo dibattimento con terreno

Quando l'estratto da fango viene dibattuto con il terreno, parte delle sostanze organiche presenti nell'eluato sono adsorbite sul terreno stesso, come evidenziano i dati dell'analisi elementare effettuati sul residuo di 100 mL di eluato (C = 17.1 mg, N = 0.8 mg, H = 1.9 mg, ceneri = 15.5 mg) e gli spettri ¹³C-NMR (Fig. 3c).

È interessante notare come gran parte (~ 73%) dei composti contenenti azoto venga fissata dal terreno (il valore del rapporto molare N/C si riduce a 0.04), il quale, a sua volta, rilascia alcuni composti organici, anche se in quantità assai modesta, come dimostrano i valori dell'analisi elementare effettuata su di un bianco (C = 8.7 mg, N = 0.32 mg, H = 0.8 mg), la cui natura risulta essere prevalentemente aromatica, come confermato dagli spettri ¹³C-NMR raccolti in Fig. 3a.

CONCLUSIONI

Come illustrato dalle prove sperimentali sopra riportate, i test di cessione, che vengono comunemente impiegati per valutare la frazione mobile dei metalli presenti nei fanghi, possono fornire utili informazioni anche nei riguardi di come possa variare la capacità adsorbente di un terreno in seguito al dilavamento di fanghi il cui percolato raggiunga il terreno stesso.

BIBLIOGRAFIA

- (1) GAZZETTA UFFICIALE DELLA REPUBBLICA ITALIANA (1986): "Modificazioni ed integrazioni alle disposizioni per la prima applicazione dell'art. 4 del D.P.R. 10 sett. 1982 concernente lo smaltimento dei rifiuti. Test di cessione con acqua satura di CO₂", **183**, 18-20.
- (2) IRSA (1983): "Metodi analitici per i fanghi", *Quad. Ist. Ric. Acque*, **64**.

(*) I metodi analitici sono in vendita presso il Consiglio Nazionale delle Ricerche - Ufficio Pubblicazioni - Servizio Editoriale, Via Manzoni, 122 - 00185 Roma (Tel. 06/475941). La spedizione viene effettuata con pagamento contro assegno.

(*) I metodi analitici sono pubblicati in italiano.

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	1991	—
• 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	1988
C-002	Argento	1972	—
C-003	Arsenico	1972	1983
C-004	Bario	1972	1980
C-005	Berillio	1972	1990
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	1987
C-021	Selenio	1972	1986
C-022	Sodio	1972	1986
C-023	Stagno	1972	1987
C-024	Zinco	1972	1980
C-025	Cromo totale	1972	1982
C-026	Tellurio	—	1991

(segue)

(*) I metodi analitici sono in vendita presso il Consiglio Nazionale delle Ricerche - Ufficio Pubblicazioni - Servizio Vendite, Via Nizza, 128 - 00198 Roma (Tel. 8413419). 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 albuminoide	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	
560	Adenosintrifosfato (ATP)	1988
570.1	Clorofilla	1990
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, Via Nizza, 128 - 00198 Roma (Tel. 8413419). La spedizione viene effettuata con pagamento contro assegno.