

ANNALI

DELLA FACOLTÀ DI AGRARIA DELL'UNIVERSITÀ

SASSARI

DIRETTORE: P. BULLITTA

COMITATO DI REDAZIONE: P. BRANDANO - P. BULLITTA - P. DEIDDA
M. GREPPI - L. IDDA - F. MARRAS - G. PALMIERI - A. VODRET

S.I.T.E.

Società Italiana di Ecologia

S.I.S.S.

Società Italiana della Scienza del Suolo

ATTI DEL CONVEGNO DI STUDI SUL

CICLO BIOGEOCHIMICO DEI METALLI NEL SUOLO

SASSARI 1 - 2 Aprile 1993 • Aula Magna - Facoltà di Agraria

Comitato organizzativo:

P. MELIS - Università di Sassari
P. NANNIPERI - Università di Firenze
G. SANESI - Università di Firenze

Segreteria organizzativa:

G. PILO - Dipartimento di Scienze Ambientali
Agrarie e Biotecnologie Agroalimentari
Viale Italia, 39 - 07100 SASSARI

studi sassaresi

ORGANO UFFICIALE
DELLA SOCIETÀ SASSARESE DI SCIENZE MEDICHE E NATURALI



**TRASPORTO DI METALLI VERSO I LAGHI
DEL SISTEMA FLUMENDOSA CAMPIDANO
IN CONSEGUENZA DELL'EROSIONE DEI SUOLI**

Sergio VACCA⁽¹⁾, Paolo BOTTI⁽¹⁾, Roberto CENCI⁽²⁾,
Michele BIANCHI⁽²⁾, Herbert W. MUNTAU⁽²⁾

RIASSUNTO

La meteorizzazione di residui minerari rappresenta una notevole sorgente di metalli in traccia nella Sardegna e l'accumulo dei metalli nei suoli delle zone mineralizzate ed il seguente trasporto dei suoli, via processi erosionali verso i serbatoi d'acqua dolce, costituisce un pericolo per la qualità delle acque potabili. Lo studio nel sistema Flumendosa-Campidano dimostra la presenza e la distribuzione dei metalli ed evidenzia l'importanza del controllo di certi metalli, soprattutto del cadmio.

Parole chiave: Erosione, Metalli, Laghi artificiali.

SUMMARY

Transport following to soil erosion (Flumendosa-Campidano system)

Weathering of mine tailings represents an important metal source in Sardinia. The accumulation of mobilized metals onto soil in the mineralized areas and the subsequent erosional transport of soil towards the freshwater reservoirs endangers the quality of drinking water.

The here described study on the Flumendosa-Campidano system shows the presence and spatial distribution of metals in the system and underlines the necessity to control the more mobile and dangerous metals, as for example cadmium.

Key words: Soil erosion, Metals, Artificial lakes.

⁽¹⁾ Ente Autonomo del Flumendosa, Settore Salvaguardia del Territorio, Viale Elmas, 116, 09122 CAGLIARI, Tel. 070-274699.

⁽²⁾ Centro Comune di Ricerca CEE, Istituto dell'Ambiente, 21020 ISPRA, Tel. 0332-789758.

INTRODUZIONE

Il comportamento chimico dei metalli nei sistemi di acqua dolce è stato soggetto di studio per alcuni decenni in seguito al noto caso della Minamata Bay, malattia che ha causato la morte di numerose persone in Giappone per avvelenamento da mercurio (4).

Rapidamente ci si è resi conto che l'estrazione crescente dei metalli e il loro successivo utilizzo ne portava ad una dispersione in vasta scala con un'inevitabile accumulo nei laghi (5) (6) compromettendo in alcuni casi il futuro uso di questi corpi idrici come fonte di acqua potabile.

La Sardegna è dotata di numerosi giacimenti metalliferi (Pb, Zn, Ag, Cu, Sb, Mo, etc.) e la lunga attività mineraria ha lasciato accumuli di residui di minerali in molte zone. Attraverso il trasporto, sia diretto, sia indiretto per mezzo di particelle di suolo contaminato trasportate ai laghi dalle precipitazioni, a volte violente, i metalli raggiungono i serbatoi di acqua da potabilizzare.

Il sistema idraulico Flumendosa-Campidano-Cixerri è stato realizzato negli anni '50 per servire le esigenze irrigue, potabili (di oltre 600 mila abitanti) ed industriali della Sardegna meridionale, attraverso l'utilizzo delle acque del bacino idrografico del Flumendosa. È stato, a tale scopo costruito un complesso di invasi della capacità totale nominale di 750 Mmc, che regola annualmente circa 400 Mmc e consente una disponibilità utile di circa 300 Mmc (9).

Dei diversi invasi del sistema, i più importanti sono quelli del Flumendosa e Mulargia, che da soli hanno una capacità d'accumulo di oltre 600 Mmc.

Annualmente 90 Mmc vengono potabilizzati, 155 Mmc utilizzati per l'irrigazione e 25 Mmc avviati all'uso industriale.

Alla fine di gennaio del 1985, le acque dei laghi Flumendosa e Mulargia assunsero un'intensa colorazione rosso-violacea, estesa su gran parte della superficie. Negli impianti di potabilizzazione si manifestarono, di conseguenza, rilevanti problemi dovuti alla presenza di materiali in sospensione visibili anche ad occhio nudo. Indagini prontamente avviate consentirono di verificare un'imponente fioritura di un'alga, la *Oscillatoria rubescens* D.C., caratterizzata da forme di tossicità ad azione cumulativa (8). Per risalire alle cause del fenomeno eutrofico e per progettare una credibile strategia di gestione delle risorse idriche, l'EAF ha predisposto un programma di ricerche.

Grande importanza è stata attribuita all'erosione del suolo ed ai fenomeni ad essa correlati di trasporto e sedimentazione, in funzione del relativo carico di nutrienti ed inquinanti metallici (10).

Una stima del trasporto solido e conseguente sedimentazione è stata effettuata attraverso una campagna di misure ed analisi degli affluenti ai laghi Flumendosa e Mulargia (fig. 1). Per il 1992 il trasporto misurato nelle sezioni di interesse in ingresso al lago Flumendosa ammonta a circa 11 mila tonnellate; a questa fa riscontro la misura dei sedimenti depositati in quasi 40 anni di esercizio del lago, che è stata stimata in 2 milioni di tonnellate (3).

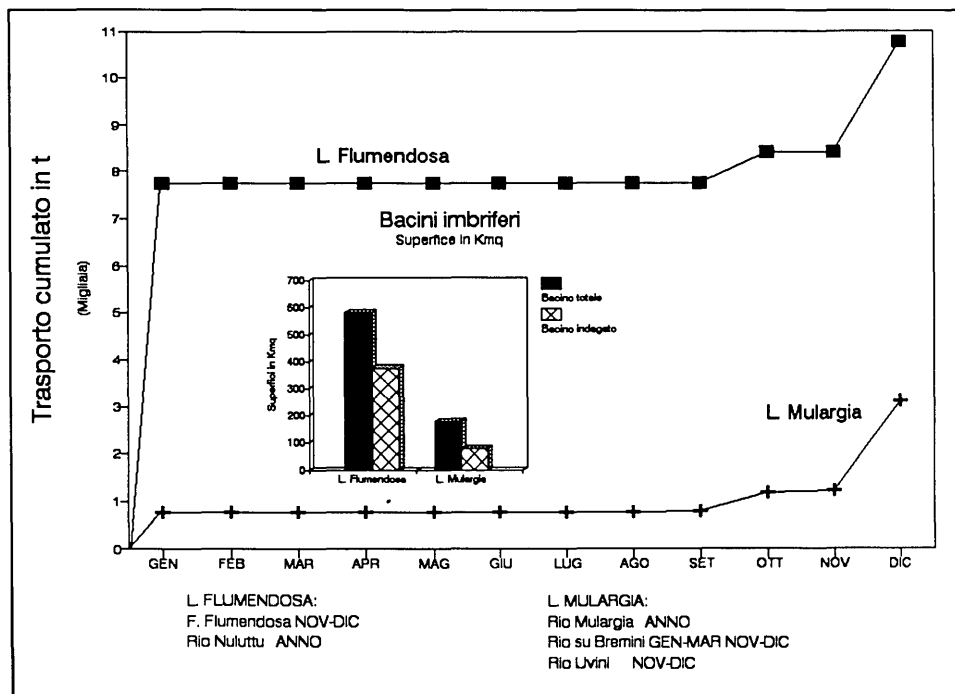


Fig. 1 - Laghi Flumendosa e Mulargia: trasporto solido nell'anno 1992.

Emerge chiaramente l'importanza che i sedimenti hanno dal punto di vista della ricerca ecologica, in quanto forniscono informazioni sulle caratteristiche del bacino di drenaggio.

Questa ricerca riguarda un'indagine di tipo sistematico sulla composizione chimica dei sedimenti dei principali laghi del sistema idraulico, realizzata attraverso la raccolta di un adeguato numero di campioni, la loro analisi per numerosi elementi e la realizzazione di mappe di distribuzione molto dettagliate.

Tra gli obiettivi di questa parte della ricerca, vi è in primo luogo, la correlazione tra la composizione chimica dei sedimenti e la geochimica dei bacini imbriferi, per evidenziare le eventuali variazioni dei cicli bio-geochimici, che possono essere ricondotte ad influenze di tipo antropico. Più in particolare si intende fornire un quadro generale della distribuzione spaziale dei metalli, dei macroelementi e dei nutrienti nei sedimenti dei laghi Flumendosa, Mulargia e Simbirizzi ed individuare, per quanto possibile, le principali fonti di inquinamento.

Per quel che riguarda i metalli, attenzione particolare è stata posta nella valutazione del cadmio, in quanto elemento a maggior rischio per gli usi potabili nel sistema Flumendosa-Campidano.

Tab. 1 - Sintesi dei risultati analitici per i sedimenti del Lago Flumendosa; tutti i risultati sono riferiti al peso secco.

		Min	Max	Media
Profondità	m	8.0	73.0	23.8
Si	%	18.2	30.6	26.5
Al	%	5.87	14.4	10.8
Ca	%	0.14	14.5	1.63
K	%	1.42	4.82	3.04
Fe	%	2.07	14.0	6.35
Mg	%	0.92	4.49	1.23
Ti	%	0.22	0.95	0.53
S	%	0.00	0.60	0.12
P	%	0.02	0.13	0.07
N	%	0.02	0.44	0.17
Corg	%	0.19	6.06	2.34
Ctot	%	0.18	6.19	2.40
Pb	mg/kg	9.00	761	233
Zn	mg/kg	83.5	1508	578
Cu	mg/kg	21.5	378	138
Ni	mg/kg	40.7	213	63.1
Mn	mg/kg	376	5364	1400
Cr	mg/kg	77.8	303	122
Cd	µg/kg	0.40	40.4	11.0
Hg	µg/kg	55.00	217	55.8
Sabbia grossa	%	0.02	8.3	31.0
Sabbia fine	%	6.00	60.4	22.9
Limo grosso	%	0.15	20.1	4.25
Limo fine	%	0.90	54.0	22.9
Argilla	%	0.05	53.5	19.0

MATERIALI E METODI

Campionamento

Relativamente ai materiali e metodi, l'unico aspetto che, per brevità, si intende richiamare è quello relativo al campionamento. Stabilito, infatti il numero minimo di campioni perché l'indagine possa risultare significativa; (Hakanson and Jansson, 1983) si è proceduto ad effettuare il prelievo (Aprile 1990) di n. 85 campioni nel lago Flumendosa, n. 46 campioni nel lago Mulargia e n. 31 campioni nel lago Simbirizzi.

RISULTATI E DISCUSSIONE

I risultati relativi alle analisi quantitative effettuate sui sedimenti dei tre laghi sono riassunti nelle tabelle (1, 2, 3); in generale, per tutti e tre gli ambienti, si può osservare come

Tab. 2 - Sintesi dei risultati analitici per i sedimenti del Lago Mulargia; tutti i risultati sono riferiti al peso secco.

		Min	Max	Media
Profondità	m	9.00	55.0	24.9
Si	%	25.7	32.3	29.0
Al	%	6.08	13.8	10.5
Ca	%	0.01	1.80	0.41
K	%	1.06	7.93	2.94
Fe	%	1.49	6.87	4.02
Mg	%	0.49	1.08	0.72
Ti	%	0.23	0.58	0.44
S	%	0.00	0.35	0.06
P	%	0.01	0.11	0.06
N	%	0.03	0.37	0.15
Corg	%	0.10	4.25	1.36
Ctot	%	0.11	4.34	1.40
Pb	mg/kg	2.29	105	35.6
Zn	mg/kg	48.2	297	138
Cu	mg/kg	18.5	78.0	40.5
Ni	mg/kg	52.8	195	81.9
Mn	mg/kg	33.4	3792	682
Cr	mg/kg	90.6	302	152
Cd	µg/kg	0.08	5.22	1.31
Hg	µg/kg	29.0	386	127
Sabbia grossa	%	0.02	89.4	29.6
Sabbia fine	%	4.50	45.8	22.7
Limo grosso	%	0.00	11.6	3.1
Limo fine	%	1.15	39.0	17.8
Argilla	%	2.35	68.1	26.3

i dati siano piuttosto dispersi, con un range di variazione particolarmente elevato per gli elementi metallici. Ciò, ovviamente, riflette la variabilità della sedimentazione nelle varie aree e l'eterogeneità degli apporti geochimici e/o antropici.

I dati relativi alla granulometria sottolineano la prevalenza delle frazioni di dimensioni maggiori, in particolare nel lago Flumendosa, chiaramente legate alla vivacità idrologica di quel bacino.

Come si può vedere nelle mappe di distribuzione elaborate (fig. 2, 3, 4), utilizzando il triangolo delle tessiture per riassumere la distribuzione delle particelle per classi dimensionali (7), nel caso del Flumendosa risulta praticamente assente la frazione argillosa, che assume invece un ruolo più importante nel Mulargia e nel Simbirizzi. Al contrario, in questi due laghi la frazione grossolana è meno rappresentata che nel primo serbatoio del sistema, mentre le combinazioni intermedie, prevalenti in tutti e tre i laghi, riflettono molto bene l'interazione tra l'idrologia e la morfologia della cuvetta lacustre.

La classazione delle particelle si riflette nella composizione chimica dei sedimenti nelle diverse aree. Ad esempio nel Simbirizzi i sedimenti si distinguono per la maggior con-

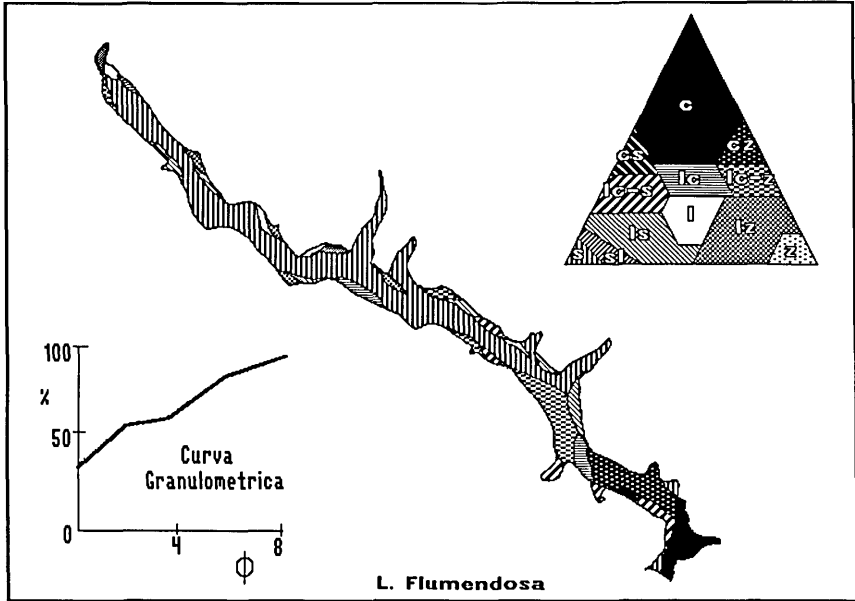


Fig. 2 - Distribuzione granulometrica dei sedimenti del L. Flumendosa e curva granulometrica dei valori medi.

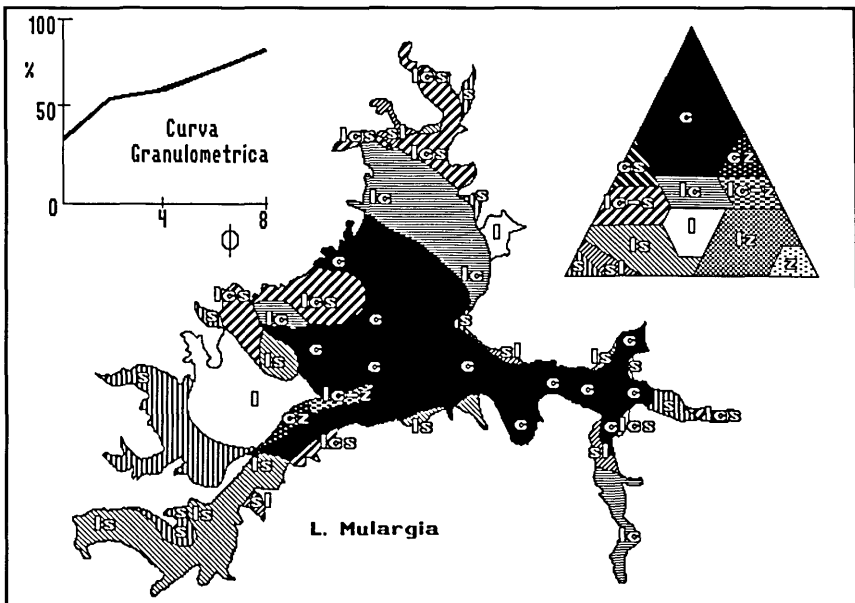


Fig. 3 - Distribuzione granulometrica dei sedimenti del L. Mulargia e curva granulometrica dei valori medi.

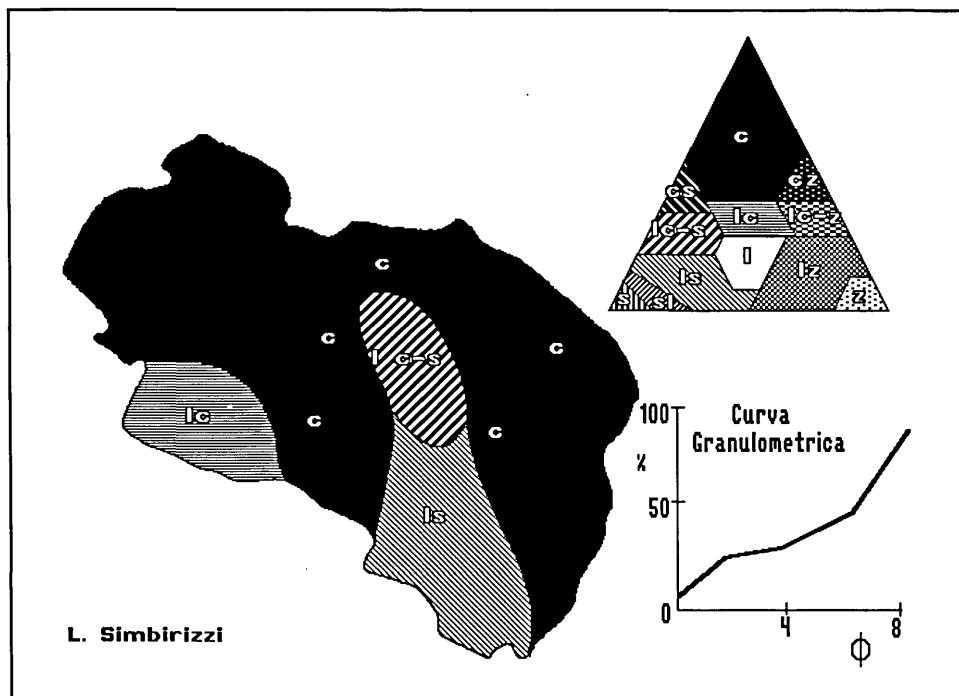


Fig. 4 - Distribuzione granulometrica dei sedimenti del L. Simbirizzi e curva granulometrica dei valori medi.

centrazione di zolfo e carbonati di calcio e Mg; inoltre la matrice di questo lago sembra essere caratterizzata da una corrispondente minor quantità di silicati ed allumino-silicati. Per quanto concerne gli elementi in traccia, il lago Simbirizzi si colloca sistematicamente nell'estremo inferiore della distribuzione, mentre i sedimenti del lago Flumendosa sono sicuramente più ricchi in Pb, Zn, Cu, Cd, e nel Mulargia abbondano invece Ni, Cr e Hg.

Esaminando più in dettaglio la distribuzione dei vari elementi si può generalmente osservare come, nei tre laghi esistano punti preferenziali di accumulo, spesso in corrispondenza delle aree a profondità più elevata, ed immissioni localizzate, coincidenti con lo sbocco di tributari drenanti bacini diversi.

Per quel che riguarda il bacino tributario del lago Flumendosa, va ricordata la presenza di alcune importanti aree minerarie (es. Funtana raminosa).

Per i laghi Flumendosa e Mulargia, un altro aspetto che pare interessante rimarcare è quello relativo alle differenze tra i valori medi di concentrazione per i sedimenti costantemente sommersi e quelli che, periodicamente, vanno in secca.

Il confronto statistico, effettuato per ciascun lago, mette in luce come la zona costantemente sommersa risulti sistematicamente arricchita per la maggior parte degli elementi, probabilmente a causa del dilavamento delle zone periodicamente esposte, che quindi si

Tab. 3 - Sintesi dei risultati analitici per i sedimenti del Lago Simbirizzi; tutti i risultati sono riferiti al peso secco.

		Min	Max	Media
Profondità	m	3.00	6.50	4.89
Si	%	22.3	25.9	23.2
Al	%	6.02	6.85	6.47
Ca	%	8.25	11.8	10.7
K	%	1.80	2.59	1.99
Fe	%	0.69	3.01	2.10
Mg	%	1.28	1.97	1.65
Ti	%	0.18	0.27	0.24
S	%	0.06	0.26	0.16
P	%	0.01	0.11	0.04
N	%	0.06	0.31	0.14
Corg	%	0.79	2.95	1.37
Ctot	%	2.24	5.02	3.94
Pb	mg/kg	10.8	26.4	17.9
Zn	mg/kg	62.3	133	91.9
Cu	mg/kg	19.5	38.3	26.5
Ni	mg/kg	38.2	84.8	56.0
Mn	mg/kg	190	1150	375
Cr	mg/kg	48.5	137	63.2
Cd	µg/kg	0.23	0.87	0.45
Hg	µg/kg	36.0	146	59.2
Sabbia grossa	%	0.00	17.2	4.67
Sabbia fine	%	9.55	58.6	27.8
Limo grosso	%	0.20	6.00	3.48
Limo fine	%	10.4	37.9	26.3
Argilla	%	15.5	52.6	37.7

impoveriscono degli elementi che invece possono essere conservati nei sedimenti sempre sommersi.

Un discorso a parte merita il cadmio, per i riflessi negativi sulle acque potabili di tenori elevati di questo elemento. Se si osserva la mappa di distribuzione del Cd (Fig. 5) nei sedimenti del lago Flumendosa emerge che le concentrazioni massime assolute di Cd presenti nei sedimenti raggiungono i 40 mg/kg, che sono tra le più alte conosciute in Europa; si pensi, per un confronto, che le concentrazioni massime misurate nel lago Maggiore non hanno mai superato i 9 mg/kg (riferita al peso secco).

La presenza del Cd va correlata a rilevanti mineralizzazioni di Zn (sfalerite) a cui il Cd, per ragioni geochimiche, si accompagna, unitamente a minerali di Pb (galena) e di Cu (calcopirite).

Per quel che riguarda la storia recente della deposizione del Cd nel lago Flumendosa si nota, se si osserva il profilo C (Fig. 5), un forte arricchimento avvenuto in tempi recenti, in corrispondenza di uno dei tributari (Rio Nuluttu); negli ultimi 10/20 anni si è, infatti passati da un fondo di 2 mg/kg fino alle attuali concentrazioni di 12 mg/kg.

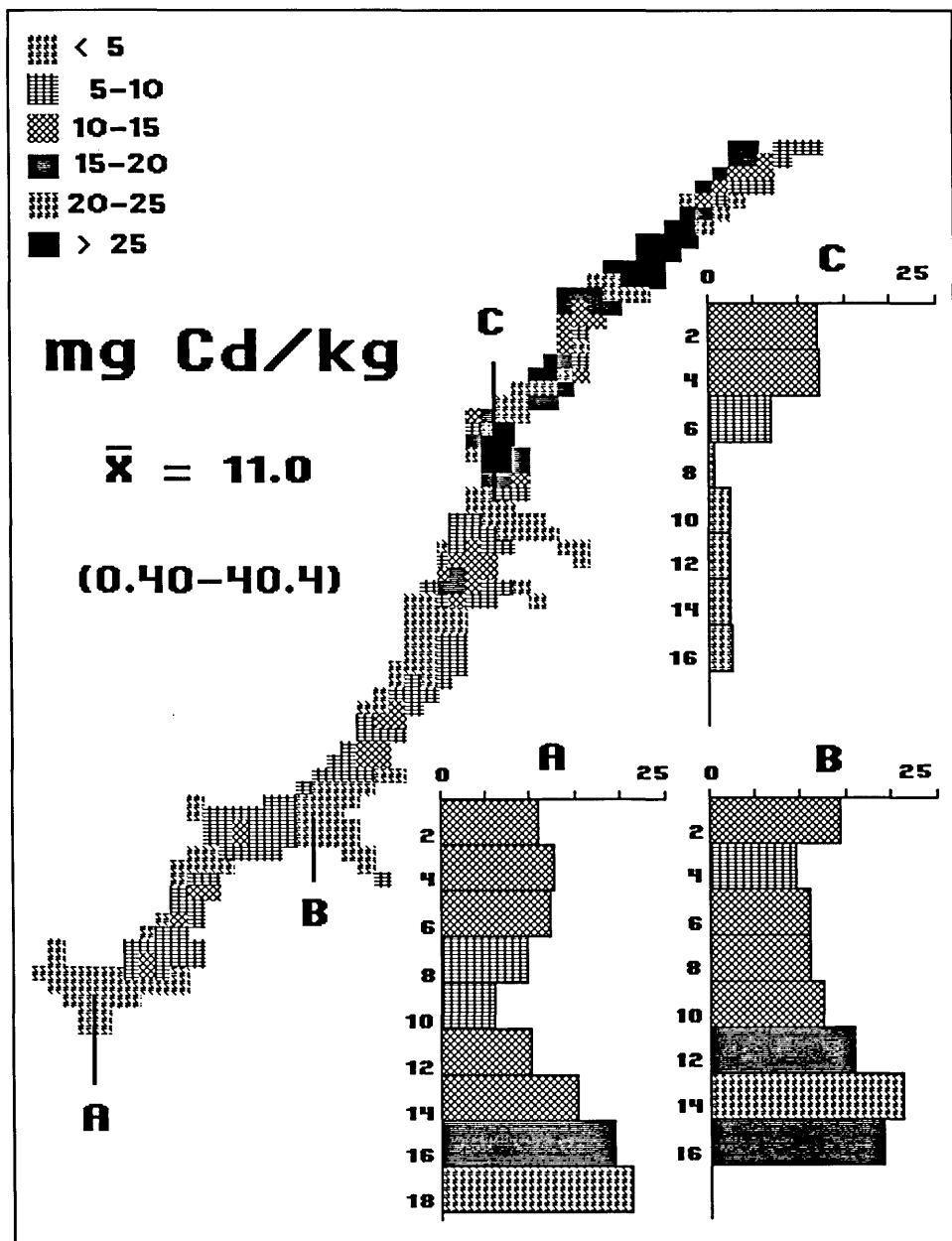


Fig. 5 - Lago Flumendosa.

CONCLUSIONI

In conclusione si può affermare che i processi erosivi, particolarmente attivi nelle sponde, hanno determinato in tempi recenti, come mostra l'andamento del Cd, ma anche del Pb, del Cu e dello Zn, un arricchimento di questi metalli negli strati superficiali dei sedimenti, ossia di quelli più attivi nell'interscambio tra sedimento e colonna d'acqua. Sussiste quindi il pericolo potenziale di compromissione della qualità dell'acqua destinata alla potabilizzazione per un elemento, il Cd che risulta essere tra i più critici sotto il profilo della mobilità e della tossicità.

BIBLIOGRAFIA

- 1) AA. VV. (1993). Lineamenti fisiografici del bacino del Flumendosa, Rapporto redatto per l'Ente Flumendosa (inedito).
- 2) AA. VV. (1993). Sistema Idraulico Flumendosa-Campidano: Indagine Conoscitiva sui Sedimenti. Rapporto Finale Contratto no. 4050/90/07, Ist. Ambiente Ispra, redatto per l'Ente Flumendosa (inedito).
- 3) BAZZOFFI P. (1993). Il rilievo dei sedimenti dei laghi Mulargia e Flumendosa, Rapporto redatto per l'Ente Flumendosa (inedito).
- 4) FUJIKI M. (1972). The transitional conditions of Minamata Bay and the neighbouring sea polluted by factors waste water containing mercury. 6th Int. Conf. Water Pollut. Res. Paper no. 12.
- 5) MUNTAU H. (1981-a). Heavy metal distribution in the aquatic ecosystem "Southern Lake Maggiore: I. Outlay of the project". Mem. Ist. Idrobiol. 38: 1-18.
- 6) MUNTAU H. (1981-b). Heavy metal distribution in the aquatic ecosystem "Southern Lake Maggiore: II. Evaluation and Trend Analysis". Mem. Ist. Idrobiol. 38: 505-533.
- 7) McRAE S.G. (1991). Pedologia pratica. Zanichelli, Bologna: 279 pp.
- 8) SECHI N. and VACCA S. (1992). Problemi, metodologie di studio e prospettiva di recupero degli invasi del sistema del Flumendosa (Sardegna Centro-Meridionale), Atti 9 Congr. AIOL, S. Margherita Ligure 20-23 nov. 1990, 421-431.
- 9) SECHI N. and VACCA S. (1993). The eutrophication of the reservoirs in the Flumendosa district (Sardinia, Italy). 5th Inst. Conf. on the Conservation and Management of Lakes, Stresa 17-21 May 1993, 184-187.
- 10) ZANCHI C. (1993). Valutazione quantitativa dell'erosione nei bacini del Flumendosa e Mulargia. Rapporto redatto per l'Ente Flumendosa (inedito).