

CALABRIA

dall'"Atlante Geografico degli Stati Italiani per servire di corredo alla Corografia fisica, storica e statistica dell'Italia". Vol. II, contenente le carte corografiche e topografiche dell'Italia inferiore, Firenze 1844.

Cartografia geochemica della Calabria *Calabria geochemical mapping*

DE VIVO B. (*), COSTABILE S. (*), LIMA A. (*)

RIASSUNTO – Negli anni '70 e '80 il Ministero dell'Industria, del Commercio e dell'Artigianato, in collaborazione con istituzioni minerarie di livello regionale (ad es. l'Ente Minerario Sardo, l'Ente Minerario Siciliano) ha condotto alcune campagne di prospezione geochemica in aree dotate di potenziale minerario come la Sardegna, la Calabria, la Sicilia e la Toscana.

I dati ottenuti dall'analisi dei campioni di sedimenti fluviali prelevati nel corso delle campagne di prospezione nelle aree suddette sono stati utilizzati, per la prima volta in Italia, per la compilazione di una cartografia geochemica di base finalizzata allo studio di problematiche ambientali.

La realizzazione di una cartografia geochemica di base mediante l'utilizzo dei sedimenti fluviali raccolti in tutte le altre regioni italiane costituirà il contributo italiano al FOREGS Task Group e allo stesso tempo servirà ad attirare l'attenzione delle istituzioni regionali e nazionali sull'esistenza e l'utilità di questi dati. Questo studio rappresenta il punto di partenza per un progetto mirato alla realizzazione di carte geochemiche di base multi-elementali che ricoprano l'intero territorio nazionale.

In questo capitolo vengono presentate le carte geochemiche ambientali realizzate per la Calabria. Un totale di 5.518 campioni, prelevati su un'area di circa 10.000 km², sono stati analizzati con lo scopo di mostrare la variabilità regionale di 12 elementi chimici selezionati (Cu, Pb, Zn, Hg, Fe, Mn, Ba, As, W, Mo, Sn e Be). In aggiunta alle carte di isoconcentrazione sono state realizzate anche carte che illustrano la variabilità regionale dei *factor scores* delle associazioni di elementi che risultano dall'analisi fattoriale in R-mode.

PAROLE CHIAVE: Geochemica, Cartografia, Ambiente, Calabria.

ABSTRACT – In Italy, stream sediment geochemical surveys aimed at mineral exploration have been carried out by the Ministero dell'Industria, del Commercio e dell'Artigianato in association with mining Institutions at regional level (e.g. Ente Minerario Sardo, Ente Minerario Siciliano) in the 70's and 80's in some specific areas with mineral potential, such as Sardinia, Calabria, Sicily and Tuscany.

We have used, for the first time in Italy, the stream sediment data of the above areas to compile geochemical baseline maps, because of the relevance that this type of data has to environmental issues. The compilation of multi-element baseline maps from stream sediments collected in all other Italian regions will represent the Italian contribution to the FOREGS Task Group and at the same time, draw to the attention of both regional and Italian Government, the availability and utility of these data. This study represents a starting point for a project aimed at the production of multi-element baseline geochemical maps covering the entire Italian territory.

In this chapter we present maps illustrating the regional variability of some selected elements in Calabria. A total of 5,518 samples, from about 10,000 km², were analyzed for 12 elements (Cu, Pb, Zn, Hg, Fe, Mn, Ba, As, W, Mo, Sn and Be). We present as well maps illustrating regional variability of factor scores of elemental associations resulting from R-mode factor analysis.

KEY WORDS: Geochemistry, Cartography, Environment, Calabria.

(*) Dipartimento di Geofisica e Vulcanologia - Università di Napoli Federico II - Via Mezzocannone, 8 - 80134 Napoli

1. - CAMPIONI E ANALISI CHIMICHE

I campioni dei sedimenti fluviali utilizzati in questo lavoro sono stati prelevati nel 1975 nel quadro dei programmi per la ricerca mineraria di base finanziati dal Ministero dell'Industria, del Commercio e dell'Artigianato. I campioni, per un totale di 6.999, sono stati prelevati da 3.218 siti, con una densità nominale di circa 7 campioni per 10 km² su circa 10.000 km² della Regione Calabria (Tav. 1 f.t.). Di questa campionatura in questo lavoro sono stati utilizzati 5.518 campioni. Per ogni sito sono stati raccolti 3 campioni, uno al centro del letto fluviale e uno lungo ciascuna riva del corso d'acqua. Sono stati campionati corsi d'acqua fino al terzo ordine e punti di sorgente dei bacini di raccolta. I sedimenti si presentavano tipicamente di colore grigio, con una struttura da calcareo-argillosa a sabbioso-argillosa; la presenza organica era abbastanza frequente.

Questa campionatura è stata integrata, per l'area di Bivongi - Ferdinanda, con una campionatura di suoli allo scopo di caratterizzare meglio le anomalie di Mo, che si trovano in corrispondenza delle mineralizzazioni a molibdenite nei graniti delle Serre. A questo scopo sono stati prelevati 760 campioni di suoli su di un'area di 39 km², con una densità di 19 campioni per km² (DE VIVO *et alii*, 1984).

I campioni sono stati seccati e setacciati, trattando per le determinazioni analitiche la frazione < 80 mesh. I campioni, per le procedure analitiche,

sono stati preparati attraverso attacco di metaborato di litio e nitrato di potassio, con fusione alla temperatura appropriata, seguita da diluizione con acqua deionizzata.

Nel quadro della Convenzione del Ministero dell'Industria, del Commercio e dell'Artigianato (RIMIN, 1975) i campioni sono stati analizzati tramite fluorescenza a raggi X per la determinazione di Cu, Mo, Pb, Zn e Hg. Nel quadro di una seconda Convenzione del Ministero dell'Industria, del Commercio e dell'Artigianato (RIMIN, 1981) i campioni sono stati analizzati tramite assorbimento atomico per la determinazione di Fe, Mn, Ba, As, Mo, Sn, Be, W, Cu, Pb, Zn, K e Au. La precisione analitica per queste determinazioni analitiche è del 5-10% per Ba, Sn, Pb, Fe, Mn e Zn e del 20-30% per Hg, Mo, W, Be e Cu (Tabella 1).

I risultati, ottenuti dall'elaborazione dei dati di questa campionatura, ai fini della ricerca mineraria, sono contenuti nella relazione finale prodotta dalla RIMIN (1981) e in un lavoro di DE VIVO *et al.* (1984).

1.1. - ANALISI STATISTICA

Nella costruzione della cartografia geochemica sono state utilizzate le stesse metodologie per la Calabria, i Monti Peloritani (Sicilia) e la Sardegna.

Le carte geochemiche sono corredate da istogrammi e cumulative di frequenza, con l'indicazione

TAB. 1 - *Parametri statistici dei campioni (5.518) di sedimenti fluviali della Calabria.*

- Statistical parameters of the geochemical data from the Calabria stream sediment samples (5.518).

Elementi	N° di Siti campionati	Media Aritm.	Mediana	Deviazione Standard	Campo di Variazione	Media Geom.
Fe %	1969	4,09	3,96	1,58	0,02 - 14,27	3,76
As ppm	1969	12	5	29,81	2,5 - 541	6
Ba ppm	1969	546	535	205,93	41 - 4663	518
Be ppm	1969	2,7	2,5	0,94	2,5 - 16	2,6
Cu ppm	3156	26	22	24,97	2 - 900	20
Hg ppm	3156	0,02	0,02	0,03	0,01 - 0,47	0,02
Mn ppm	1969	797	719	460,15	21 - 12184	715
Mo ppm	1969	2,7	2,5	1,91	2,5 - 76	2,6
Pb ppm	3156	26	23	17,34	3 - 360	23
Sn ppm	1969	4,2	2,5	4,48	2,5 - 72	3,4
W ppm	1969	8	8	3,04	1 - 49	7,4
Zn ppm	3156	81	75	58,57	4 - 1100	69

dei parametri statistici della distribuzione dei dati geochimici. Per ogni elemento è indicato il limite di rilevabilità strumentale, il valore minimo, massimo, mediano, medio, la deviazione standard derivati dalla distribuzione statistica dei dati ed i relativi istogrammi di frequenza mentre i percentili si riferiscono alla distribuzione dei *pixels*, utilizzati nell'elaborazione delle immagini geochimiche, attraverso l'utilizzo del programma Surfer per Windows. L'elaborazione statistica per singolo elemento è stata effettuata con il programma Probplot (STANLEY, 1987).

Una lettura immediata dei parametri statistici dei dati chimici di partenza viene fornita a mezzo dei *box-plots*. Il *box-plot* è un rettangolo che consente di valutare, con un solo colpo d'occhio, il valore di tendenza centrale (mediana), la dispersione (data dall'altezza del rettangolo che corrisponde all'intervallo interquartile), lo scostamento dei valori estremi e l'eventuale presenza di valori anomali. Per la costruzione dei *box-plots* è stato utilizzato il programma Kaleidagraph. Il ricorso ai *box-plots* diventa ancora più interessante se si devono condurre confronti paralleli per gruppi di dati analoghi (CASTINO & ROLETTO, 1991).

Per l'analisi multivariata degli elementi è stata utilizzata l'analisi fattoriale in R-mode, la quale consente una valutazione quantitativa di diverse variabili in gioco e la loro reciproca influenza. Essa permette così di valutare le possibili correlazioni esistenti tra la distribuzione dei singoli elementi, caratteristiche litologiche, eventuali adunamenti minerali, fenomeni di arricchimento legati all'ambiente superficiale, inquinamento antropico ed altro (DE VIVO *et alii*, 1981).

Tale metodo consente di determinare le interrelazioni che esistono tra diverse variabili in un sistema di dati apparentemente complessi, raggruppando le variabili sotto forma di associazioni sulla base dei loro coefficienti di correlazione; questo tipo di analisi ci restituisce non una soluzione, ma una serie di soluzioni (modelli fattoriali).

La scelta della soluzione più consona è basata sul fatto che le associazioni prescelte sono quelle che presentano maggiore significato rispetto alle caratteristiche geologiche e all'ambiente superficiale (modello fattoriale significativo), poiché vi è una stretta dipendenza tra le associazioni di elementi, litologie, mineralizzazioni e fenomeni di precipitazione legati all'ambiente superficiale.

Attraverso la distribuzione dei *factor scores* è possibile calcolare l'incidenza di ogni associazione di elementi per ogni campione e quindi in ogni sito campionato. Per l'analisi fattoriale è stato utilizzato il programma G-RFAC (MIESCH, 1990).

1.2. – ELABORAZIONE DEI DATI PER LA COMPILAZIONE DELLE CARTE GEOCHIMICHE

La stesura delle carte geochimiche per elemento e per associazioni di elementi (*factor scores*) è stata eseguita usando il programma Surfer per Windows, il quale prevede diversi metodi per l'interpolazione dei dati spaziali salvati in un *file* dati.

L'area in esame viene analizzata costruendo una griglia che definisce un numero di celle (*pixels*), in funzione della densità di campionatura. Per la Calabria è stata utilizzata una griglia di 197×390 , in cui la singola cella copre un'area di $600 \text{ m} \times 600 \text{ m}$. L'interpolazione dei dati spaziali, per il computo delle concentrazioni nelle singole celle, è stata eseguita utilizzando il metodo dell'inverso della distanza al quadrato (*inverse weighted method*). Con questa procedura i valori associati ai singoli punti sono pesati durante l'interpolazione in modo che la loro influenza decresca con l'aumentare della distanza dal nodo, posizionato al centro della cella. I pesi assegnati ai punti considerati, in numero prefissato e scelti fra quelli più vicini al nodo stesso, sono delle frazioni la cui somma deve essere uguale a 1. Quando, ad esempio, un'osservazione coincide con il nodo della cella gli viene attribuito un peso uguale a 1, di conseguenza tutte le altre osservazioni considerate dovranno avere un peso uguale a 0 (DAVIS, 1986; FRANKE, 1982). Le concentrazioni ottenute con il suddetto metodo, per ogni singola cella, sono classificate sotto forma di percentili. Dalle griglie sono state sempre escluse le aree non campionate.

I colori che illustrano le carte di questa monografia sono diversificati in modo da riflettere gli intervalli di concentrazione scelti in corrispondenza dei percentili 5, 10, 15, 25, 50, 75, 90, 95, 99%. Un numero più basso di classi rappresenta gli elementi con un'elevata percentuale di dati al di sotto del limite di rilevabilità strumentale (Es. Mo e Be).

Per la digitalizzazione delle carte riportanti il reticolo idrografico, la geologia, le mineralizzazioni e la distribuzione dei campioni è stato utilizzato il programma Autocad 13.

1.3. – GEOLOGIA

L'Arco Calabro-Peloritano viene considerato nella sua totalità un edificio a falde alpino, in cui sono da distinguersi due settori, a Nord e Sud di una fascia allungata in direzione ENE-WSW tra Soverato Marina e la Valle del Mesima (BONARDI *et alii*, 1980) (Tav. 2 f.t.). Il settore settentrionale corrisponderebbe

ad un frammento di una catena alpina Cretacico-Paleogenica Europa-vergente, formato da elementi pennidici ed austroalpini. Esso sarebbe stato successivamente coinvolto, unitamente ad un elemento «insubrico», nel trasporto orogenico con vergenza africana, sovrascorrendo nel Miocene inferiore sulle più interne unità appenniniche, e seguendo poi passivamente le successive fasi di costruzione della catena appenninica (AMODIO MORELLI *et alii*, 1976).

Il settore meridionale deriverebbe dalla deformazione Eo-Oligocenica, con vergenza africana, dei domini austroalpino ed insubrico ed è caratterizzato da relativa quiete orogenica, con sedimentazione clastica, durante le principali fasi di trasporto con vergenza africana del settore settentrionale. L'elemento geometrico più alto del settore meridionale è dato dall'Unità di Stilo, di incerta collocazione paleogeografica, che si rinviene nel settore settentrionale solo come *klippen* di messa in posto tardiva.

I due settori si sarebbero differenziati nel corso della tetto-genesi, che avrebbe coinvolto in maniera differente domini paleogeografici originariamente unici, del margine meridionale di un'area oceanica, probabilmente ben definita solo in corrispondenza del settore settentrionale.

La distinzione tra i due settori (BONARDI *et alii*, 1992) è basata sui seguenti caratteri:

- solo nel settore settentrionale vi è la presenza di Unità ofiolitiche, di tracce di eventi metamorfici alpini di HP/LT, di mega e mesostrutture con vergenza contraria a quella appenninica. L'impilamento delle falde (ofioliti, rocce metasedimentarie, filliti di basso e alto grado metamorfico, paragneiss, granuliti, anfiboliti etc.) con vergenza europea si sarebbe verificato nel Cretacico-Paleogene (AMODIO MORELLI *et alii*, 1976);

- nel settore meridionale questi elementi caratterizzanti non sono riconosciuti, anche se talvolta vi sono delle analogie di carattere litologico (filliti, micascisti, anfiboliti, gneiss, graniti l.s.);

- solo nel settore meridionale, durante il Miocene, abbiamo lo sviluppo del bacino di Stilo-Capo d'Orlando e la presenza di una falda di «argille varicolori» messasi in posto nel Langhiano sulla formazione di Stilo-Capo d'Orlando o direttamente sul basamento;

- solo nel settore settentrionale l'Unità della Sila è l'elemento geometricamente più elevato; essa trova corrispondenza, per i caratteri della copertura sedimentaria e di parte del basamento, nell'elemento geometricamente più profondo del settore meridionale (Unità Longi-Taormina);

- si individuano due stili differenti nell'accavallamento; nell'Oligocene, nel settore settentrionale inizia la traslazione con destinazione africana, che porta nel Miocene inferiore a ricoprire più Unità derivate dalla piattaforma Campano-Lucana, mentre nel settore meridionale, il ricoprimento si presenta con entità più modeste, e l'edificio a falde si realizza, probabilmente solo con vergenza meridionale, tra l'Eocene medio-superiore e l'Oligocene;

- solo il settore meridionale sarebbe rimasto comunque indisturbato durante la tetto-genesi nord-vergente subendo una sedimentazione, mentre il settore settentrionale veniva interessato da una fase erosiva.

I due settori si sono quindi evoluti in maniera differente, soprattutto durante la compressione che veniva assorbita in maniera e momenti diversi da porzioni del margine continentale a differente orientazione (SCANDONE, 1979).

Nelle Tabelle 2 e 3 riportiamo le Unità stratigrafico-strutturali dell'Arco Calabro-Peloritano, per il settore settentrionale e meridionale, con l'indicazione delle mineralizzazioni ricadenti all'interno di ogni Unità (BONARDI *et alii*, 1982).

1.4. – MINERALIZZAZIONI

Le mineralizzazioni dell'Arco Calabro-Peloritano sono state distinte (BONARDI *et alii*, 1982; DE VIVO, 1982) in: pre-alpine, in metamorfiti, *stratabound* e filoniane, e in magmatiti; alpine, per lo più *stratabound*, in metamorfiti e rocce sedimentarie; recenti, di tipo alluvionale, nonchè attuali legate all'attività dell'Arco delle Eolie. Il dettaglio della distribuzione delle mineralizzazioni nelle Unità stratigrafico-strutturali è indicato nelle Tabelle 2 e 3 e nella Tavola 2 f.t.

Le mineralizzazioni pre-alpine *stratabound* a solfuri (pirite, calcopirite, galena, blenda, arsenopirite, pirrotina), magnetite ed a grafite sono presenti nelle metamorfiti delle Unità di Bagni, della Sila, di Stilo, dell'Aspromonte, di Mandanici, di Fondachelli e di Longi-Taormina, mentre quelle filoniane prevalentemente a solfuri (arsenopirite, pirite, calcopirite, blenda e pirrotina), ed a quarzo-feldspato-muscovite, nonchè a tormalina e torio, interessano le Unità di Stilo, dell'Aspromonte e della Sila.

Le mineralizzazioni pre-alpine in magmatiti, per lo più a solfuri (molibdenite, blenda, galena, pirite, calcopirite, pirrotina, arsenopirite), e subordinatamente a barite, fluorite, quarzo-feldspato, nonchè ad uranio, presenti nelle Unità della Sila, di Stilo e dell'Aspromonte, sono quelle più importanti. Per esse è stata ipotizzata la possibilità che si tratti di minera-

TAB. 2 – *Unità stratigrafico-strutturali e mineralizzazioni dell'Arco Calabro-Peloritano: settore settentrionale*
 – Structural-stratigraphic Units and mineralizations of the Calabro-Peloritano Arc: northern sector

UNITÀ AUSTRALPINE	UNITÀ OFIOLITICHE	CATENA APPENINICA
<p style="text-align: center;">Unità della Sila</p> <p><i>LITOLOGIA</i> Basamento: granuliti basiche e acide, gneiss anfibolici, anfiboliti, paragneiss, marmi, micascisti, metareniti, filladi, porfiroidi, graniti (Precambrico? - Cambri-co-Ordoviciano - Carbonifero inferiore?). Copertura: arenarie, marne rosse, conglomerati (Oligocene inferiore - Paleocene); Grovacche, marne, calcari pelagici, calcari neritici, arenarie e conglomerati di tipo Verrucano (Cretacico - Liassico inferiore).</p> <p><i>METAMORFISMO</i> Pre-alpino: polifascico, di alto grado, in facies granulitica e anfibolitica. Alpino: di grado molto basso, in facies pumpellyite-actinolite.</p> <p><i>MINERALIZZAZIONI</i> Pre-alpine: a) stratabound, a grafite e solfuri misti in straterelli o banchi in metamorfiti; b) in filoni aplitici e pegmatitici a zircone e monazite altamente toriferi in metamorfiti; c) in filoni pegmatitici a quarzo, feldspato e muscovite in metamorfiti e magmatiti; d) filoniane, a solfuri di Zn, Pb, Cu, Fe, As, spesso associate, e subordinatamente a molibdenite e fluorite in plutoniti.</p>	<p style="text-align: center;">Unità di Malvito</p> <p><i>LITOLOGIA</i>: calcari a calpionella, radiolariti, metaialoclastiti, metaporfiriti, metabasalti a pillow. Età: Cretacico inferiore - Giurassico.</p> <p><i>METAMORFISMO</i> Alpino: polifascico, di grado molto basso, in facies lawsonite-albite e prehnite-pumpellyite.</p> <p><i>MINERALIZZAZIONI</i> Alpino: stratabound, disseminate ed associate a pirite e calcopirite nelle metabasiti.</p> <p style="text-align: center;">Unità di Gimigiano</p> <p><i>LITOLOGIA</i>: filladi, scisti policromi, metapsammiti, metacalcari, metabasalti, serpentiniti. Età: Giurassico inferiore - Giurassico.</p> <p><i>METAMORFISMO</i> Alpine: polifascico, di grado da molto basso a basso, in facies degli scisti a lawsonite e glaucofane.</p> <p><i>MINERALIZZAZIONI</i> Alpine: stratabound, disseminate ed occasionali, a pirite e calcopirite nelle metabasiti.</p>	<p style="text-align: center;">Unità di Verbicaro</p> <p><i>LITOLOGIA</i>: argille, arenarie, breccie e calcareniti, marne, calcari con selce, calcari, dolomie. Età: Miocene inferiore - Trias superiore.</p> <p><i>METAMORFISMO</i> Alpino: di grado variabile, dall'anchizona alla facies greenschist.</p> <p><i>MINERALIZZAZIONI</i>: non segnalate.</p> <p style="text-align: center;">Unità di S. Donato</p> <p><i>LITOLOGIA</i>: calcari, dolomie ed evaporiti, metabasiti, filladi. Età: Miocene inferiore - Trias medio.</p> <p><i>METAMORFISMO</i> Alpino: di basso grado, in facies greenschist.</p> <p><i>MINERALIZZAZIONI</i> Alpine: stratabound, a barite e subordinatamente a solfuri misti (galena) nei termini calcareo-dolomitici, ed a cinabro in vene e fratture nelle filladi.</p>
<p style="text-align: center;">Unità di Castagna</p> <p><i>LITOLOGIA</i>: micascisti, paragneiss, gneiss occhiate, anfiboliti.</p> <p><i>METAMORFISMO</i> Pre-alpino: di grado da basso a medio, in facies anfibolitica e greenschist. Alpino: polifascico, di basso grado, in facies greenschist e con effetti di HP/LT localizzati alla base dell'unità.</p> <p><i>MINERALIZZAZIONI</i>: non segnalate.</p>	<p style="text-align: center;">Unità di Diamante - Terranova</p> <p><i>LITOLOGIA</i>: quarziti, filladi, calcescisti, metaialoclastiti, metabasalti a pillow, metaultrabasiti. Età: Cretacico inferiore - Giurassico.</p> <p><i>METAMORFISMO</i> Alpino: polifascico, di grado da molto basso a basso, in facies degli scisti a glaucofane, lawsonite-albite e greenschist.</p> <p><i>MINERALIZZAZIONI</i> Alpine: stratabound, disseminate ed occasionali, a pirite e calcopirite nelle metabasiti.</p>	
<p style="text-align: center;">Unità di Bagni</p> <p><i>LITOLOGIA</i> Basamento: filladi, metareniti, scisti porfirici, porfiroidi, metabasiti. Copertura: calcari pelagici, arenarie e conglomerati di tipo «Verrucano». Età: Cretacico (?) - Trias (?).</p> <p><i>METAMORFISMO</i> Pre-alpino: di basso grado, in facies greenschist. Alpino: polifascico, di basso grado, in facies greenschist e con effetti di HP/LT.</p> <p><i>MINERALIZZAZIONI</i> Pre-alpine: stratabound, a grafite e pirite, e subordinatamente a galena in filladi.</p>	<p style="text-align: center;">Unità di Frido</p> <p><i>LITOLOGIA</i>: argilloscisti, quarziti, metacalcari con inglobati metabasalti a pillow e metaultrabasiti. Età: Cretacico.</p> <p><i>METAMORFISMO</i> Alpino: di grado molto basso.</p> <p><i>MINERALIZZAZIONI</i> Alpine: stratabound, disseminate ed occasionali, a pirite e calcopirite nelle metabasiti.</p>	

TAB. 3 – *Unità stratigrafico-strutturali e mineralizzazioni dell'Arco Calabro-Peloritano: settore meridionale*
 – Structural-stratigraphic Units and mineralizations of the Calabro-Peloritano Arc: southern sector

Unità di Stilo	<p><i>LITOLOGIA</i> Basamento: filladi, micascisti, paragneiss, metacalcari, anfiboliti, porfiroidi, graniti l.s. Copertura: calcari neritici, dolomie, arenarie e conglomerati di tipo «Verrucano». Età: Cretacico - Trias (?).</p> <p><i>METAMORFISMO</i> Pre-alpino: di basso grado in facies greenschist.</p> <p><i>MINERALIZZAZIONI</i> Pre-alpine: a) stratabound, a pirite, calcopirite e pirrotina in filladi (erciniche); b) stratabound, a pirite, arsenopirite, blenda e galena nei paragneiss (ercinici); c) filoniane, ad arsenopirite, pirite e calcopirite in metamorfiti (erciniche); d) filoniane, a molibdenite e calcopirite, a barite e fluorite, e ad U in plutoniti (erciniche); e) a quarzo, feldspato e muscovite in filoni pegmatitici in plutoniti (erciniche). Alpine: a limonite, goethite e ematite, e subordinatamente a pirite, calcopirite, blenda e galena nel paleosuolo alla base della copertura sedimentaria mesozoica.</p>
Unità dell'Aspromonte	<p><i>LITOLOGIA</i> Paragneiss, gneiss anfibolici, anfiboliti, marmi, gneiss occhiadini, graniti l.s.</p> <p><i>METAMORFISMO</i> Pre-alpino: di grado medio, alto, in facies anfibolitica.</p> <p><i>MINERALIZZAZIONI</i> Pre-alpine: a) stratabound, a magnetite e subordinatamente a pirrotina, con pirite, calcopirite, galena, blenda e talora molibdenite con accessori in metamorfiti; b) filoni pegmatitici ad U, tormalina, nonché a blenda, pirrotina, pirite e calcopirite in metamorfiti; c) filoniane, a solfuri misti di Fe e Cu in magmatiti (erciniche).</p>
Unità del Mela	<p><i>LITOLOGIA</i> Paragneiss, micascisti, metabasiti, marmi.</p> <p><i>METAMORFISMO</i> Pre-alpino: I evento eclogitico a granati, fortemente riequilibrati in quarzo, biotite e plagioclasio; II evento (ercinotipo), polifasico, che oblitera il I e che si sviluppa in 4 fasi deformative.</p> <p><i>MINERALIZZAZIONI</i> Pre-alpine: stratabound, a solfuri misti (pirite, calcopirite, galena, blenda) con accessori in metamorfiti.</p>
Unità di Mandanici	<p><i>LITOLOGIA</i> Filladi, micascisti, metabasiti, marmi.</p> <p><i>METAMORFISMO</i> Pre-alpino: di basso grado, in facies greenschist, seguito da un evento termico con blastesi di cloritoide, staurolite e granato.</p> <p><i>MINERALIZZAZIONI</i> Pre-alpine: stratabound, a magnetite, pirrotina e ossidi di Fe, e a solfuri di Pb, Zn, Cu, Sb, Fe, As e Ag e fluorite in metamorfiti.</p>
Unità di Ali	<p><i>LITOLOGIA</i> Calcari, radiolariti, dolomie e calcari dolomitici, evaporiti e corniole, conglomerati e arenarie tipo «Verrucano».</p> <p><i>METAMORFISMO</i> Alpino: di bassissimo grado.</p> <p><i>MINERALIZZAZIONI non segnalate.</i></p>
Unità di Fondachelli	<p><i>LITOLOGIA</i> Filladi, metareniti, metacalcari, quarziti, metabasiti.</p> <p><i>METAMORFISMO</i> Pre-alpino: di basso grado, in facies greenschist.</p> <p><i>MINERALIZZAZIONI</i> Pre-alpine: stratabound, sporadiche, prevalentemente a solfuri di Fe in livelli filladici carboniosi.</p>
Unità di Longi-Taormina	<p><i>LITOLOGIA</i> Basamento: filladi, metareniti, metacalcari, metabasiti, porfiroidi. Copertura: arenarie e siltiti, marne, calcari pelagici, calcari neritici, dolomie, arenarie e conglomerati tipo «Verrucano». Età: Eocene medio-superiore - Lias inferiore.</p> <p><i>METAMORFISMO</i> Pre-alpino: di basso grado, in facies greenschist.</p> <p><i>MINERALIZZAZIONI</i> Pre-alpine: stratabound, sporadiche, a solfuri di Pb, Zn, Cu, Sb, Fe in metamorfiti.</p>

lizzazioni legate ad un sistema tipo *porphyry copper-molybdenum* ercinico, smembrato durante la tettonica alpina. Indagini condotte con inclusioni fluide hanno comunque escluso la possibilità di esistenza di concentrazioni minerarie di valore economico (AYUSO *et alii*, 1994; DE VIVO *et alii*, 1991; 1992).

Le manifestazioni alpine (barite, cinabro, pirite, galena, calcopirite, nonché Th, Mn, S, NaCl e lignite), interessano le Unità ofiolitiche, di San Donato ed i sedimenti miocenici.

Le mineralizzazioni recenti ed attuali sono quelle radioattive di genesi secondaria esistenti nelle aree di Longobucco, Vibo Valentia e del fiume Marepotamo.

1.5. – DISTRIBUZIONE GEOCHIMICA DEGLI ELEMENTI

I parametri statistici di tutti gli elementi sono indicati nelle figure relative alla distribuzione delle concentrazioni dei singoli elementi e vengono sinteticamente rappresentati dal *box-plot* (Figura 1).

1.5.1. – Arsenico.

La distribuzione della concentrazione dell'arsenico, su gran parte della Calabria, presenta valori inferiori

a 25 ppm (percentile 90) (Tav. 3 f.t.). Le aree con valori inferiori a 7 ppm (percentile 50) ricadono in due vaste fasce, una, allungata in direzione NO-SE che si estende dalla Piana di Sibari a Crotona, interessa la Sila Grande e l'altra che va dal Golfo di Squillace a Gioia Tauro. Queste fasce sono interessate da affioramenti di rocce metamorfiche (Unità della Sila, Castagna, Bagni) e dai depositi clastici delle valli del Crati e del Mesima e della Piana di Sibari. Altri valori ($> 25,3$ ppm) si registrano nelle fasce, allungate in direzione NO-SE comprese fra Longobucco e Savelli (magmatiti e metamorfiti dell'Unità della Sila) e fra Amantea-area di Catanzaro (Unità ofiolitiche e metamorfiti di basso grado). Altre aree caratterizzate da un'alta concentrazione dell'arsenico (> 21 ppm) si registrano nelle ofioliti dell'Unità Diamante-Terranova e nelle rocce di basso grado metamorfico dell'Unità dell'Aspromonte.

Particolarmente rilevanti sono le concentrazioni (con picchi $> 93,2$ ppm = percentile 99) ricadenti nelle rocce pegmatitiche delle metamorfiti dell'Unità della Sila ad est di Catanzaro e nelle magmatiti e metamorfiti dell'Unità di Stilo, tra Monasterace, Cittanova e Locri. Questi picchi rispecchiano senz'altro mineralizzazioni ad arsenopirite e a solfuri di metalli base, diffusi in particolare nelle rocce dell'Unità di Stilo.

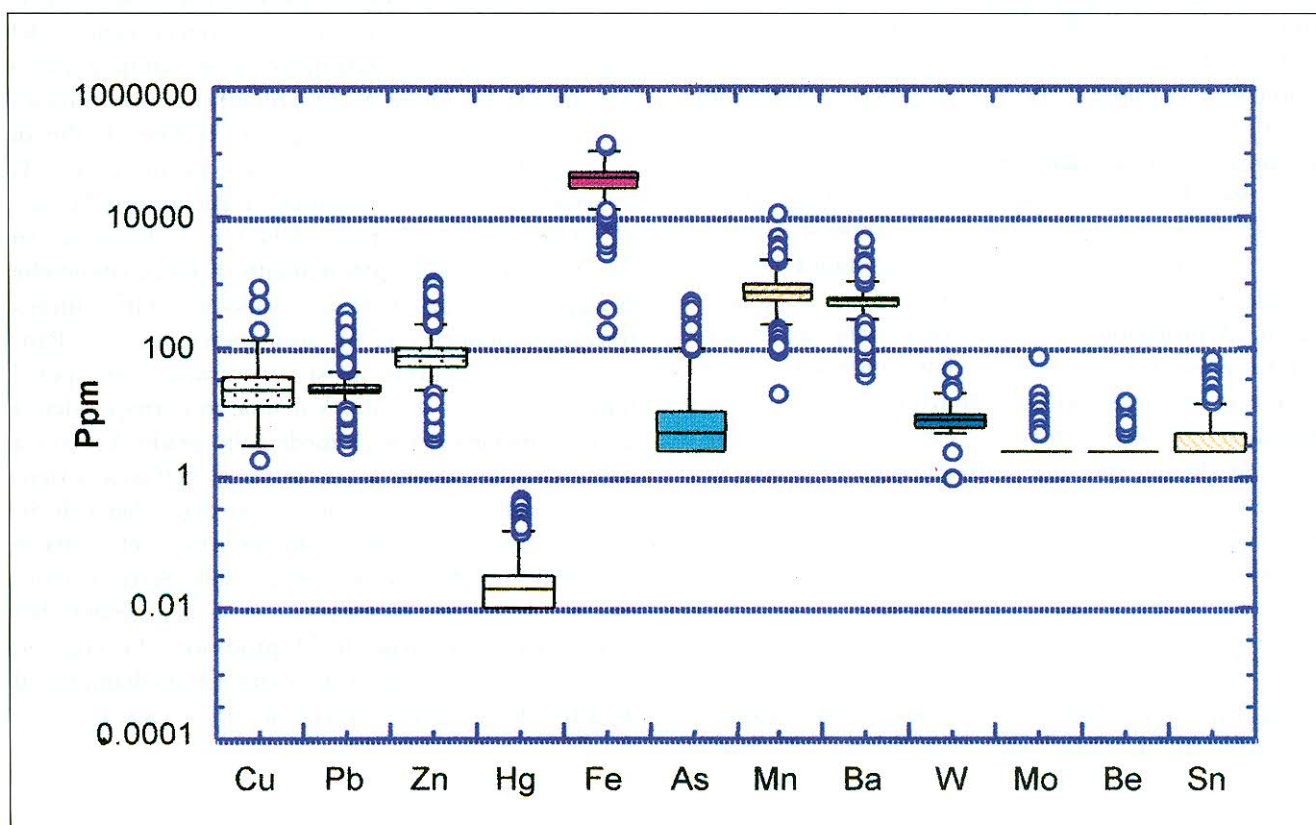


Fig. 1. – *Box plots* dei parametri statistici dei dati geochimici dei campioni di sedimenti fluviali della Calabria.

– *Box plots of the geochemical data statistical parameters from the Calabria stream sediment samples.*

1.5.2. – *Bario*

La Tav. 4 f.t. mostra la distribuzione delle concentrazioni del bario. I valori inferiori a 452 ppm (percentile 25) ricadono in terreni interessati da affioramenti di rocce carbonatiche e dolomitiche (Unità di Verbicaro e S. Donato), di rocce delle Unità ofiolitiche e di sequenze flyschoidi nel settore settentrionale della Calabria. Le stesse distribuzioni dei valori si ritrovano nei graniti dell'Unità della Sila, intorno a Longobucco, nelle ofioliti tra i fiumi Savuto e Amato, nei graniti ad est della valle del Mesima e nelle rocce di medio e alto grado metamorfico dell'Unità dell'Aspromonte.

I valori superiori a 603 ppm (percentile 75) si ritrovano sparsi in quasi tutta la Calabria, in ristrette aree. Valori superiori a 667 ppm (percentile 90) sono presenti in rocce metamorfiche di basso, medio e alto grado ad est di Paola, nei graniti dell'Unità della Sila nell'area a nord e sud di Savelli, nelle pegmatiti dei granitoidi e delle metamorfite a nord di Catanzaro, in metamorfite di medio alto grado ad ovest di Soverato e nei graniti ad ovest di Locri.

1.5.3. – *Berillio*

La maggior parte dei dati del berillio sono al di sotto del limite di rilevabilità strumentale. La Tav. 5 f.t. mostra una distribuzione omogenea delle concentrazioni comprese tra 0 e 2,7 ppm (percentile 0 e 90) su tutta la Calabria. Ciò è dovuto al fatto che la maggior parte dei campioni presenta concentrazioni al di sotto del limite di rilevabilità strumentale. Aree ben delimitate con concentrazioni comprese fra 2,7 e 5,7 sono individuate nella fascia granitica che si estende da Longobucco a Rossano, ad est di Amantea, in Aspromonte, e ad est di Cittanova. L'area a nord-ovest di Catanzaro presenta anomalie molto più estese in corrispondenza di affioramenti di corpi pegmatitici in rocce granitiche e rocce di basso, medio e alto grado metamorfico appartenenti alle Unità di Castagna e di Bagni. In quest'area si evidenziano picchi con concentrazioni $> 5,7$ ppm (percentile 99), fino ad un massimo di 10 ppm.

1.5.4. – *Ferro*

La Tav. 6 f.t. mostra che gran parte della Calabria è caratterizzata da concentrazioni di Fe $< 3,7\%$ (percentile 50). Alte concentrazioni ($> 4,6\%$ - percentile 90) sono presenti in una fascia SE-NO, lungo la direttrice Golfo di Squillace-Cosenza, caratterizzata da graniti e metamorfite dell'Unità della Sila. Altre

aree di alti valori sono localizzate lungo la Catena Costiera, fra Paola e Cetraro, in corrispondenza di metamorfite di basso e medio grado e rocce delle Unità ofiolitiche. Parimenti, in rocce di medio-alto grado metamorfico, sono localizzate le alte concentrazioni ad ovest di Rossano e a nord-est di Vibo Valentia e in Aspromonte.

1.5.5. – *Mercurio*

La Tav. f.t. 7 mostra che la distribuzione del mercurio in tutta la Calabria si mantiene al di sotto di 0,04 ppm (percentile 90). Le aree con concentrazioni al di sopra di 0,04 ppm (percentile 90) sono ben individuate nella fascia compresa fra Cetraro e sud-ovest di Castrovillari, interessata da affioramenti di rocce delle Unità ofiolitiche e di rocce di basso grado metamorfico dell'Unità di S. Donato, dove sono note mineralizzazioni a cinabro e a solfuri. Parimenti associate a rocce delle Unità ofiolitiche sono le alte concentrazioni presenti fra Lametia Terme e Amantea. Un'altra piccola area anomala si riscontra in prossimità di Gioia Tauro.

1.5.6. – *Manganese*

Come si può osservare dal confronto delle Tavv. 6 e 8 f.t., la distribuzione delle concentrazioni del manganese segue un andamento molto simile a quello del ferro. La Tav. 8 f.t. mostra concentrazioni > 1.165 (percentile 90) lungo la direttrice Golfo di Squillace-Cosenza-Valle del Crati, caratterizzata da affioramenti di rocce granitiche e metamorfiche dell'Unità della Sila e di rocce delle Unità ofiolitiche. In corrispondenza degli affioramenti di rocce ofiolitiche si raggiungono, ad ovest della valle del Crati, concentrazioni superiori a 1.701 ppm (percentile 99). Parimenti alte concentrazioni si riscontrano, come per il ferro, a nord-est di Vibo Valentia, in corrispondenza di rocce metamorfiche di medio-alto grado. Viceversa basse concentrazioni si riscontrano nell'area settentrionale della Calabria (nord-ovest della Piana di Sibari-terreni di basso grado metamorfico dell'Unità di S. Donato), nelle aree della Sila e delle Serre (caratterizzate in modo prevalente da rocce granitiche) e nell'area meridionale dell'Aspromonte. Le concentrazioni in queste aree si mantengono mediamente al di sotto di 725 ppm (percentile 50).

1.5.7. – *Molibdeno*

Il molibdeno presenta un'alta percentuale di dati al di sotto del limite di rilevabilità strumentale. La

Tav. 9 f.t. mostra che la quasi totalità delle concentrazioni del molibdeno sono $< 3,7$ ppm (percentile 95). Ciò è dovuto al fatto che circa il 94% dei dati sono al di sotto del limite di rilevabilità strumentale. Le aree che presentano picchi al di sopra del percentile 99, corrispondente a 5,3 ppm, sono in numero e di estensioni ridotte e distribuite su tutta l'area in esame. Le alte concentrazioni ricadenti nell'area a nord di Savelli ricadono entro i graniti dell'Unità della Sila, dove sono presenti sparse mineralizzazioni a solfuri di metalli base e di molibdeno (DE VIVO *et alii*, 1984). Altre aree anomale si riscontrano in Aspromonte, ad ovest della Valle del Crati e a nord di Rosarno. Di particolare rilievo è poi il picco (> 15 ppm) registrato, nelle Serre a ovest di Monasterace, entro le granodioriti dell'Unità di Stilo. Questo valore registra la presenza delle note mineralizzazioni di molibdenite dell'area di S. Todaro (DE VIVO, 1984).

1.5.8. – Piombo.

La Tav. 10 f.t. mostra la distribuzione delle concentrazioni < 7 ppm (percentile 75), lungo una fascia che si estende dalla Piana di Crotona fino alla Piana di Sibari, prevalentemente in corrispondenza di terreni metamorfici dell'Unità della Sila e lungo una fascia che dalla Valle del Mesima si estende fino all'Aspromonte, in corrispondenza di terreni metamorfici dell'Unità dell'Aspromonte. I valori > 32 ppm (percentile 90) cadono in corrispondenza di varie aree sparse per la Calabria. Di particolare rilievo risulta il picco ad ovest di Castrovillari (> 61 ppm - percentile 99), entro i terreni di basso grado metamorfico dell'Unità di S. Donato. Questo valore certamente riflette le mineralizzazioni di metalli base (Pb, Zn, Cu, Hg) presenti nell'area di S. Donato di Ninea-Timpone Scifariello (BARBIERI *et alii*, 1984; DE VIVO *et alii*, 1984). Il picco che si rileva a Gioia Tauro è sicuramente antropogenico, non riscontrandosi alcun motivo minerogenetico o geologico, che possa dar ragione delle alte concentrazioni riscontrate in tale area. Altri valori anomali si riscontrano a nord-ovest di Longobucco ed in altre delimitate aree della Calabria.

1.5.9. – Rame.

La Tav. 11 f.t., evidenzia come concentrazioni elevate $> 47,8$ ppm (percentile 90) ricadano lungo il versante tirrenico intorno ad Amantea e ad est di Cetraro, in corrispondenza di affioramenti di rocce ofiolitiche. In particolare, in queste due aree si registrano picchi fino ad un massimo di 900 ppm. Altre

aree di alte concentrazioni ricadono lungo il confine nord-est della Calabria ed a nord di Diamante, sempre in corrispondenza di terreni ofiolitici (Unità del Frido); a sud-est di Lametia Terme e in Aspromonte, in metamorfiti di medio-alto grado. Aree con concentrazioni < 32 ppm (percentile 75) interessano gran parte della Calabria; in particolare i Massicci della Sila, delle Serre e di Capo Vaticano, in cui affiorano prevalentemente rocce granitiche e metamorfiche delle Unità della Sila e di Stilo. Ugualmente basse concentrazioni si riscontrano intorno a Castrovillari, in corrispondenza di rocce di basso grado metamorfico dell'Unità di S. Donato.

1.5.10. – Stagno.

La Tav. 12 f.t., indica per lo stagno, come per il berillio, una distribuzione omogenea dei valori delle concentrazioni, comprese tra 0 e 6,4 ppm (percentile 0 e 90); ciò è dovuto al fatto che circa il 74% dei dati sono al di sotto della rilevabilità strumentale. Le aree con concentrazioni al di sopra di 6,4 ppm (percentile 90) sono limitate sia in numero che in estensione; di queste, alcune presentano valori fino a 18 ppm (percentile 98) ed altre fino a 72 ppm (percentile $> 99,5$). Le prime si ritrovano in rocce dell'Unità di S. Donato nei pressi di Cetraro, in rocce di basso grado metamorfico ad est della valle del Crati, nei terreni sedimentari del Tortoniano superiore e Pliocene inferiore intorno all'insediamento di Gioia Tauro e nelle rocce di medio e alto grado metamorfico e nei graniti alluminiferi dell'Unità dell'Aspromonte. Le seconde si posizionano in modo più marcato intorno a Savelli, nei graniti e rocce di basso grado metamorfico dell'Unità della Sila, dove sono presenti mineralizzazioni pre-alpine a solfuri e soprattutto nelle pegmatiti delle metamorfiti dell'Unità di Castagna, a nord ovest di Catanzaro.

1.5.11. – Wolframio.

La Tav. 13 f.t. mostra che gran parte della Calabria è caratterizzata da concentrazioni < 9 ppm (percentile 75). Le aree con concentrazioni > 9 ppm interessano rocce granitiche peralluminifere dell'Unità della Sila, intorno a Rossano, Longobucco e Savelli, rocce di basso grado metamorfico della Catena Costiera (aree di Amantea e Paola), rocce di basso grado metamorfico dell'Unità della Sila (est di Cosenza), metamorfiti dell'Unità di Stilo (est di Cittanova) e depositi sedimentari del Tortoniano superiore e Pliocene inferiore, comprese tra Locri e Stilo. Altre concentrazioni > 9 ppm ricadono nelle metamorfiti

dell'Unità dell'Aspromonte, a ridosso di Reggio Calabria. Di particolare interesse, è l'area a nord di Catanzaro, dove in rocce di basso-medio grado metamorfico, sono presenti valori delle concentrazioni superiori a 23 ppm (percentile 99,9). In quest'area sono presenti mineralizzazioni a Ba e a solfuri di metalli-base (BUCHANAN *et alii*, 1981).

1.5.12. - Zinco.

La Tav. 14 f.t. mostra che le aree con concentrazioni inferiori a 69 ppm (percentile 25) ricadono nelle rocce calcaree e dolomitiche nel settore settentrionale della Calabria, in prossimità di Longobucco (Unità della Sila) e nei graniti delle Serre e di Capo Vaticano. Le aree caratterizzate da valori superiori a 112 ppm (percentile 90) sono poche e di limitata estensione; le ritroviamo nelle rocce di basso grado metamorfico dell'Unità di S. Donato (ovest di Castrovillari) a testimonianza della presenza di mineralizzazioni a solfuri di metalli-base (BARBIERI *et alii*, 1984; DE VIVO *et alii*, 1984). La stessa situazione si manifesta nelle rocce di medio e alto grado metamorfico e nelle ofioliti ad ovest della valle del Crati; tra Rossano e Longobucco, in corrispondenza di graniti dell'Unità della Sila, dove è ben nota la presenza di mineralizzazioni a Pb e Zn (DE VIVO *et alii*, 1984); nelle ofioliti e nelle rocce di basso grado metamorfico nel bacino del fiume Savuto e infine nelle rocce di medio e alto grado metamorfico dell'Unità dell'Aspromonte a nord-est di Reggio Calabria. Altre aree con concentrazioni > 120 ppm (percentile 90) si ritrovano in prossimità di Catanzaro (dove sono note mineralizzazioni a Ba ed a solfuri di metalli-base); fra Monasterace e Cittanova, entro metamorfiti e graniti dell'Unità di Stilo (dove è anche nota la presenza di solfuri di metalli-base); e intorno all'insediamento di Gioia Tauro. Le alte concentrazioni riscontrate a Gioia Tauro, potrebbero essere di natura antropogenica, considerato che non vi sono motivazioni né geologiche né minerogenetiche, che spieghino gli alti valori rilevati.

1.6. - DISTRIBUZIONE DEI *FACTOR SCORES* DELLE ASSOCIAZIONI FATTORIALI.

La matrice delle componenti principali è stata ricavata da una matrice primitiva contenente 12 variabili per 1969 osservazioni. L'elaborazione è stata effettuata su dati log-trasformati. Questa trasformazione è quella normalmente usata per i dati geochimici (AHRENS, 1954).

Dalla matrice di correlazione è possibile ricavare l'esistenza di buone correlazioni tra Zn-Pb e Mn-Fe, discrete correlazioni tra Pb-Cu, Zn-Cu, Fe-Cu, Mn-Cu, Fe-Zn, Mn-Zn e Fe-Hg; le variabili con correlazione negativa presentano valori bassi in valore assoluto.

La tabella dei modelli fattoriali restituiti, tenendo conto dei litotipi e delle mineralizzazioni note dell'area in esame e dei processi fisico-chimici secondari dell'ambiente superficiale, fa ritenere, come rappresentativo il modello fattoriale 4 (Tabella 4), che è responsabile del 61,4% della variabilità totale dei dati.

TAB. 4 - *Modelli fattoriali risultanti dall'analisi fattoriale dei dati geochimici dei campioni di sedimenti fluviali della Calabria*
- Geochemical data factor models from the Calabria stream sediment samples

Elementi ppm	Fattori			
	1	2	3	4
Cu	0,609	0,560	- 0,160	- 0,036
Pb	0,261	0,711	0,000	0,092
Zn	0,521	0,621	0,226	0,084
Hg	0,152	0,519	- 0,286	0,203
Fe%	0,895	0,101	0,056	- 0,021
As	- 0,183	0,785	0,076	0,060
Mn	0,880	0,067	- 0,015	0,033
Ba	0,340	- 0,057	0,733	- 0,030
W	- 0,220	0,045	0,783	0,112
Mo	0,035	0,042	0,072	0,355
Sn	0,001	0,064	0,038	0,806
Be	- 0,060	0,060	- 0,116	0,739
Varianza% (totale dati)	27,27	13,90	11,16	9,05

Per la determinazione delle associazioni di elementi che fanno parte del modello fattoriale 4, si sono considerati come significativi i valori con *loadings* > 0.4. Le associazioni risultanti dal modello 4 sono: F1: Fe-Mn-Cu-Zn; F2: As-Pb-Zn-Cu-Hg; F3: W-Ba; F4: Sn-Be.

Anche per la rappresentazione della distribuzione dei valori dei *factor scores* delle singole associazioni fattoriali è stato utilizzato il metodo di interpolazione del reciproco della distanza alla potenza (*inverse weighted method*). La figura 2 mostra i *box-plots* dei *factor scores* delle quattro associazioni fattoriali prescelte.

1.6.1. - Associazione F1 (Fe-Mn-Cu-Zn).

L'associazione F1 (Tav. 15 f.t.), formata da Fe-Mn-Cu-Zn, responsabile del 27,3% della variabi-

lità totale dei dati, presenta *loadings* di 0,89, 0,88, 0,61 e 0,52 rispettivamente per Fe, Mn, Cu e Zn.

I valori più elevati di *factor scores* ($> 0,95$) si registrano, ad ovest della valle del Crati, dove affiorano rocce delle Unità ofiolitiche e rocce epimetamorfiche (filladi e metareniti) e di medio-alto grado metamorfico; a nord di Catanzaro, in una fascia allungata in direzione nord-ovest - sud-est, lungo la direttrice Golfo di Squillace-Cosenza. Questa fascia è caratterizzata da affioramenti di rocce granitiche e rocce di medio-alto grado metamorfico dell'Unità della Sila. Parimenti interessata da affioramenti di rocce metamorfiche di medio-alto grado è la fascia di alti *factor scores* fra Soverato Marina, Vibo Valentia e Lametia Terme. Altre aree con alti valori si riscontrano sparse sul territorio della Calabria. La distribuzione degli alti *factor scores* in tutta la Calabria è interpretabile, come una risposta a fenomeni di coprecipitazione, determinati dalla presenza di ferro e manganese.

Valori di *factor scores* negativi, si registrano nel settore settentrionale della Calabria, in corrispondenza di calcari e dolomie e di rocce di basso grado metamorfico (Unità di S. Donato), dei terreni granitici della Sila (Unità della Sila) e delle Serre (nord di Locri, Unità di Stilo).

1.6.2. - Associazione F2 (As-Pb-Zn-Cu-Hg).

L'associazione F2 (Tav. 16 f.t.) formata da As-Pb-Zn-Cu-Hg responsabile del 13,9% della variabilità totale dei dati, presenta *loadings* di 0,78, 0,71, 0,62, 0,56 e 0,52 rispettivamente per As, Pb, Zn, Cu e Hg.

La distribuzione degli alti *factor scores* ($> 0,88$) è in prevalenza spazialmente associata con corpi plutonici alquanto diffusi in tutta la Calabria. Alti valori si riscontrano nell'area compresa fra Savelli-Longobucco-Rossano (graniti dell'Unità della Sila) e nell'area compresa fra Locri, Cittanova e Monasterace (graniti dell'Unità di Stilo). I *factor scores* di queste due aree sono senza dubbio relazionati alle mineralizzazioni di solfuri di metalli-base associati ai corpi plutonici (DE VIVO, 1982). Alti *factor scores* si registrano inoltre nella fascia che si estende da Catanzaro, in direzione di Lametia Terme e Amantea, fino al Tirreno. Questi valori riflettono gli affioramenti di terreni ofiolitici compresi fra i fiumi Amato e Savuto. Gli alti valori intorno a Gioia Tauro sono, invece, senz'altro di natura antropogenica.

Le aree con *factor scores* negativi, sono piuttosto estese. La più rilevante è quella estesa in direzione nord-ovest - sud-est, e che va dalla Piana di Sibari

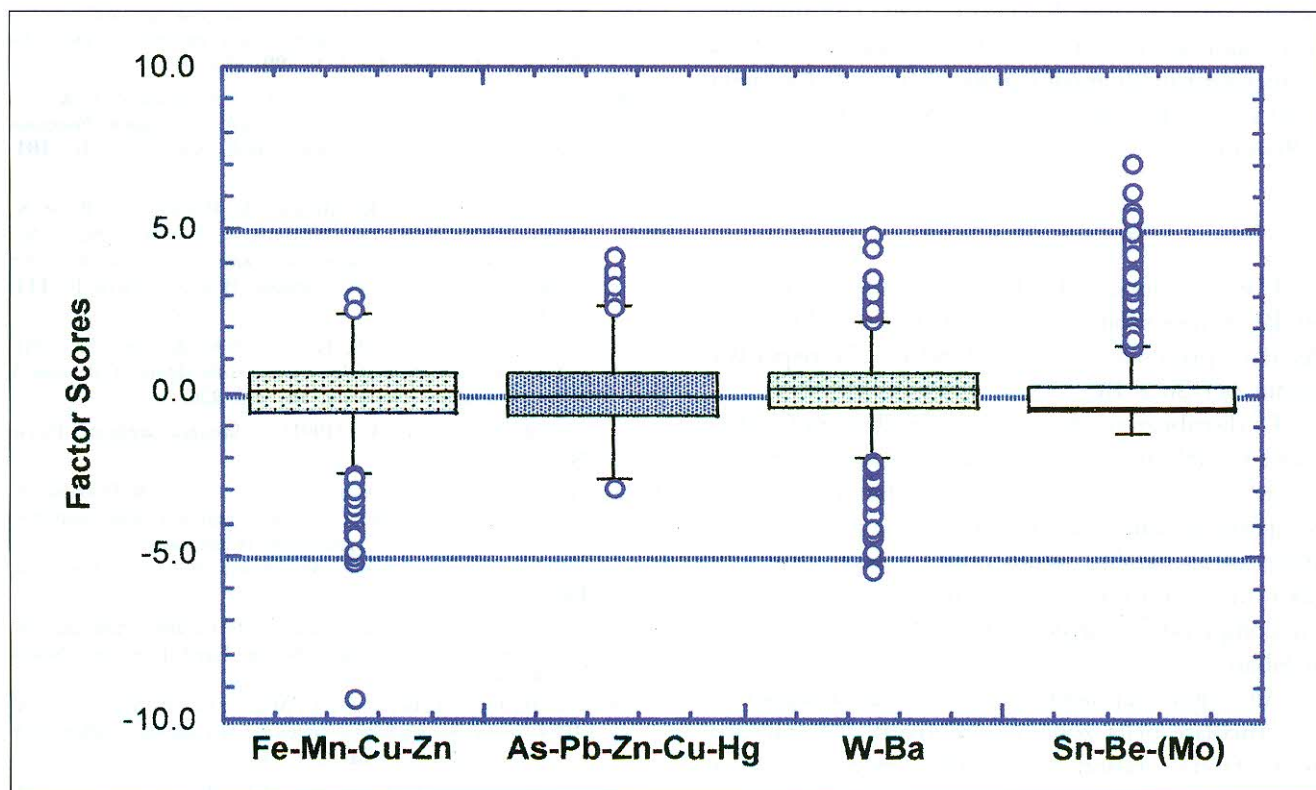


Fig. 2. - Box plots dei *factor scores* delle associazioni fattoriali risultanti dall'analisi fattoriale dei dati geochimici dei campioni di sedimenti fluviali della Calabria.
- Box plots of elemental associations the *factor scores* from the *factor analysis* of Calabria stream sediment samples geochemical data.

fino al Golfo di Squillace. Questa fascia è interessata da rocce granitiche e metamorfiche di medio-alto grado dell'Unità della Sila. Altre aree con valori negativi ricadono nei graniti dell'Unità di Stilo, fra Soverato e Monasterace, e di Capo Vaticano.

1.6.3. - Associazione F3 (W-Ba).

L'associazione F3 (Tav. 17 f.t.), formata da W-Ba, responsabile del 11,1% della variabilità totale dei dati, presenta *loadings* di 0,78 e 0,73 rispettivamente per W e Ba.

I valori marcatamente negativi dei *factor scores* si concentrano soprattutto nell'area settentrionale della Calabria, a nord della Piana di Sibari, ove affiorano terreni calcarei e dolomitici del Pollino, terreni metamorfici di basso grado (Unità di S. Donato) e terreni ofiolitici (Unità del Frido). Valori molto bassi e negativi si registrano su quasi tutto il resto della Calabria, ad eccezione di alcune specifiche aree contrassegnate da valori positivi.

Aree con *factor scores* elevati ($> 0,78$) sono abbastanza localizzate. Tali sono quelle fra Locri, Cittanova e Monasterace e a ridosso di Catanzaro. Gli alti valori di Catanzaro registrano sicuramente le mineralizzazioni a barite presenti nella Fiumarella di Catanzaro, mentre quelli ad est di Locri registrano le mineralizzazioni a barite di Passo Canelo (Antonimina). Altri valori positivi si riscontrano a ridosso di Paola, in metamorfiti di medio grado (Unità di Castagna) e nei graniti della Sila (sparsi fra Savelli, Longobucco e Rossano).

1.6.4. - Associazione F4 (Sn-Be).

L'associazione F4 (Tav. 18 f.t.) formata da Sn-Be, responsabile del 9,1% della variabilità totale dei dati, presenta *loadings* di 0,80 e 0,74 rispettivamente per Sn e Be.

La distribuzione dei *factor scores* nell'intera Calabria presenta un'omogeneità di valori bassi o negativi; questo perché la maggior parte dei dati analitici, che compongono questa associazione sono al di sotto del limite di rilevabilità strumentale. I *factor scores* con valori marcatamente negativi si registrano in una zona che comprende il massiccio del Pollino fino alla piana di Sibari.

Alti valori dei *factor scores* ($> 0,52$) si registrano in particolare nella zona a nord-ovest di Catanzaro, in una fascia caratterizzata da affioramenti di pegmatiti entro le metamorfiti di medio-alto grado dell'Unità di Castagna e dell'Unità della Sila; qui si registrano i valori più alti ($> 2,77$). Valori positivi ($> 0,52$)

si registrano anche nell'area compresa fra Savelli-Longobucco-Rossano, dove affiorano corpi intrusivi peralluminiferi all'interno del batolite della Sila (Unità della Sila). Altre aree con valori positivi dei *factor scores* sono di limitata entità e sparse in altre zone della Calabria (Aspromonte, est e ovest della Valle del Crati, Gioia Tauro).

BIBLIOGRAFIA

- AHRENS L. H. (1954) - *The lognormal distribution of the elements. A statistical law of geochemistry and subsidiary*. Geochim. Cosmoch. Acta, **5**: 49-73.
- AMODIO MORELLI L., BONARDI G., COLONNA V., DIETRICH D., GIUNTA G., IPPOLITO F., LIGUORI V., LORENZONI S., PAGLIONICO A., PERRONE V., PICCARRETA G., RUSSO M., SCANDONE P., ZANETTIN LORENZONI E. & ZUPPETTA A. (1976) - *L'arco Calabro-Peloritano nell'orogene appenninico - maghrebide*. Mem. Soc. Geol. It., **17**: 1-60.
- AYUSO R. A., MESSINA A., DE VIVO B., RUSSO S., WOODRUFF L., SUTTER J. & BELKIN H. E. (1994) - *Geochemistry and argon thermochronology of the Variscan Sila batholith, southern Italy: source rocks and magma evolution*. Contr. Mineral. Petrol., **117**: 87-109.
- BARBIERI M., DE VIVO B., PERRONE V. & TURCO E. (1984) - *Strontium geochemistry of the San Donato Unit barite mineralization (Calabria, Italy)*. Chem. Geol., **45**: 279-288.
- BONARDI G., GIUNTA G., PERRONE V., RUSSO M., ZUPPETTA A. & CIAMPO G. (1980) - *Osservazioni sull'evoluzione dell'Arco Calabro-Peloritano nel Miocene Inferiore: la Formazione di Stilo-Capo d'Orlando*. Boll. Soc. Geol. It., **99**: 365-393.
- BONARDI G., DE VIVO B., GIUNTA G., LIMA A., PERRONE V. & ZUPPETTA A. (1982) - *Mineralizzazioni dell'Arco Calabro-Peloritano. Ipotesi genetiche e quadro evolutivo*. Boll. Soc. Geol. It., **101**: 141-155.
- BONARDI G., COMPAGNONI R., MESSINA A., PERRONE V., RUSSO S., DE FRANCESCO A. M., DEL MORO A. & PLATT J. (1992) - *Sovraimpronta metamorfica Alpina nell'Unità dell'Aspromonte (settore meridionale dell'Arco Calabro-Peloritano)*. Boll. Soc. Geol. It., **111**: 81-108.
- BUCHANAN L. J., DE VIVO B., KRAMER A. K. & LIMA A. (1981) - *Fluid inclusion study of Fiumarella barite deposit (Catanzaro-S. Italy)*. Mineralium Deposita, **16**: 215-226.
- CASTINO M. & ROLETO E. (1991) - *Statistica applicata*. Piccin Nuova Libreria, Padova.
- DE VIVO B., LIMA A., MARIGLIANO RAMAGLIA V. & PERRONE V. (1981) - *L'uso dell'analisi fattoriale e regressiva nella prospezione geochimica: un esempio di applicazione su una campionatura di suoli del bacino del Rio Lugenda (Mozambico)*. Boll. Soc. Geol. It., **100**: 107-127.
- DE VIVO B. (1982) - *Mineral resources of the Calabria-Peloritani Arc: genetic aspects in the evolution of the Arc*. Earth Evolution Sciences, **3**: 187-196.
- DE VIVO B., CLOSS L. G., LIMA A., MARMOLINO R. & PERRONE V. (1984) - *Regional geochemical prospecting in Calabria, Southern Italy*. J. Geochem. Explor., **21**: 291-310.
- DE VIVO B., AYUSO R. A., BELKIN H. E., LIMA A., MESSINA A. & VISCARDI A. (1991) - *Rock chemistry and fluid inclusion studies as exploration tools for ore deposits in the Sila batholith, southern Italy*. J. Geochem. Explor., **40**: 291-310.

- DE VIVO B., AYUSO R. A., BELKIN H. E., LIMA A., MESSINA A., RUSSO S. & VISCARDI A. (1992) – *Whole-rock geochemistry and fluid inclusions as exploration tools for mineral deposits assessment in the Serre batholith, Calabria, southern Italy*. Eur. J. Miner., **4**: 1035-1051.
- DE VIVO B., COSTABILE S., LIMA A., SAVA A. & V. VILLANI. – *Regional geochemical baseline mapping in Calabria and Peloritani Mountains (Southern Italy)*. Giornale di Geologia. (In stampa).
- FRANKE R. (1982) – *Scattered data interpolation: tests of some methods*. Mathematics of Computations, **33**, (157): 181-200.
- MIESCH PROGRAMS (1990) – *G-REAC*. Grand Junction, CO, USA.
- RIMIN (1975) – *Breve nota sull'attività di ricerca della RIMIN S.p.A. in Calabria: situazione attuale e programmi futuri*. Rapporto interno RIMIN S.p.A., CLB, pp. 124.
- RIMIN (1981) – *Convenzione tra il Ministero dell'Industria, del Commercio e dell'Artigianato e l'Ente Nazionale Idrocarburi - ENI - per l'esecuzione di un programma di ricerche minerarie in Calabria*. Rapporto Finale.
- SCANDONE P. (1979) – *Origin of the Tyrrhenian Sea and Calabrian arc*. Boll. Soc. Geol. It., **98**: 27-34.
- STANLEY C. R. (1987) – *Probplot, an interactive computer program to fit mixtures of normal (or lognormal) distribution with maximum likelihood of optimization procedures*. Assoc. Explor. Geochem., spec. publ. n° **14**, pp. 39.