

RICCARDO BASSO *, ANTONIO DELLA GIUSTA *, FULVIO MERLANTI **

STUDI SU ALCUNI GIACIMENTI A SOLFURI NELLE OFIOLITI DELLA LIGURIA ORIENTALE

RIASSUNTO. — Vengono presentati i primi risultati di una campagna di rilevamento dei potenziali spontanei nell'area di tre giacimenti di minerali cupriferi nella Liguria Orientale, coltivati in passato: Pian delle Cascine (Reppia), Gallinaria (Bargone) e Monte Bardeneto (Statale). La tecnica usata, risultata particolarmente adatta alle condizioni topografiche e geologiche delle zone studiate, ha fornito prospettive incoraggianti per la prosecuzione — anche con altri metodi di indagine — della ricerca di concentrazioni coltivabili di minerali cupriferi.

ABSTRACT. — The results of a SP survey in the area of three abandoned copper sulphide mines — Pian delle Cascine (Reppia), Gallinaria (Bargone) and Monte Bardeneto (Statale) — in Eastern Liguria (Italy) ophiolites are given. The topographical and geological features of the investigated areas are most suitable for the application of this prospecting method. In our opinion detailed structural surveys and other geophysical and geochemical prospecting techniques along with the previous one could detect possible unexplored orebodies.

Introduzione

I giacimenti a solfuri delle ofioliti della Liguria Orientale sono stati coltivati intensamente a partire dal 1830 circa; dopo fasi produttive alterne sono stati tutti abbandonati. Al 17° congresso della Società Geologica Italiana, PELLOUX (1934 a) dopo aver fornito un chiaro e sintetico quadro geologico della zona in base alle conoscenze di allora, lamentava il modo sconsiderato in cui venivano intrapresi i lavori minerari, senza accurati studi preliminari che orientassero convenientemente le ricerche. Auspicava inoltre l'applicazione dei « nuovi metodi geofisici di indagine mineraria » allora in fase di grande espansione. BONATTI e TREVISAN (1941) studiarono l'alta Val Graveglia segnalando 31 affioramenti di minerali cupriferi e traendo conclusioni abbastanza ottimistiche sulla possibilità di ulteriori coltivazioni. Notarono in tutta la zona la scarsità o assenza di ganga steatitosa e la concentrazione delle mineralizzazioni « nelle parti più profonde della formazione diabasica ».

BERTOLANI (1952) studiò i giacimenti di Libiola, Bargone, Gallinaria e Monte Loreto, concludendo che le mineralizzazioni sono avvenute in due tempi successivi: una prima fase di alta temperatura con ambiente catatermale (pirrotina, pentlandite, valleriite, magnetite, ilmenite, pirite con ganghe cloritico-steatitose, sideritiche e calcitiche) ed una successiva fase mesotermale (calcopirite e blenda che sostituiscono tutti i minerali citati, abbondante quarzo).

* Istituto di Mineralogia dell'Università, Palazzo delle Scienze, Corso Europa, 16100 Genova.

** Istituto Geofisico e Geodetico dell'Università, Via Balbi 30, 16100 Genova.

L'intima associazione con valleriite (esclusivamente idrotermale di alta temperatura) fa escludere, secondo Bertolani, la genesi per segregazione magmatica di pirrotina e pentlandite.

FERRARIO (1973) ridescrive le paragenesi di Libiola, Gallinaria, M. Loreto, M. Bardeneto, Pian delle Cascine, Ripa della Fugaja e Casali evidenziando le analogie con i giacimenti cupriferi di Cipro: in entrambi i casi le mineralizzazioni « sono legate ad un magma basico che concluse il suo processo di differenziazione con termini effusivi in un ambiente sottomarino, di tipo neritico per i basalti ciprioti e pelagico profondo per i diabasi liguri ». Classifica i primi quattro giacimenti citati come corpi minerari a struttura massiccia con « giacitura generalmente subparallela alle superfici delle colate a pillows ».

BRIGO e FERRARIO (1974) distinguono mineralizzazioni a Cu-Fe-Ni-Cr-(P) nelle ultramafiti e nei metagabbri, a Fe-Cu-Zn-(Au) nei diabasi spilittici sovrastanti ed estendono questo quadro metallogenico al Gruppo di Voltri. A questi Autori si rimanda per la carta con la localizzazione dei giacimenti citati.

Nonostante il recente sviluppo degli studi geologico-strutturali sulle ofioliti, non ci risulta che siano stati pubblicati specifici lavori di prospezione mineraria, in particolare riguardanti indagini geochimiche e geofisiche, queste ultime auspicate da Pelloux 44 anni or sono. È per colmare questa lacuna che ci siamo proposti di svolgere una serie di studi atti all'individuazione di quelle situazioni che potrebbero perstarsi a nuove ricerche minerarie. In questo primo lavoro vengono presentati i risultati del rilevamento dei potenziali spontanei (o naturali) eseguito su tre aree già sede di coltivazioni: Pian delle Cascine (Reppia), Gallinaria (Bargone) e Monte Bardeneto (Statale).

BERTOLANI e RIVALENTI (1973) citano un'applicazione di questa tecnica di prospezione in analoghe situazioni geologiche alla miniera di Montecatini in Val di Cecina nel 1950.

Strumenti ed operazioni preliminari

L'attrezzatura da prospezione utilizzata ricopia lo schema classico per questo tipo di misure (elettrodi, millivoltmetro e cavi di collegamento): è estremamente semplice, costituita da elementi molto collaudati ed in grado di fornire ottime prestazioni in campagna. Gli elettrodi impolarizzabili sono del tipo di rame in soluzione sovrasatura di CuSO_4 , con setto poroso in legno. La confrontabilità degli elettrodi è perfetta nell'intervallo di 2 mV. Come strumento di misura si è adottato un millivoltmetro TEKELEC TA-305 (impedenza 1000 M Ohm, campo di utilizzazione 1-1999 mV), con potere risolutivo di 1 mV. L'impiego di cavi di collegamento in bobine di 500 metri ha evitato il moltiplicarsi dei collegamenti intermedi soggetti a falsi contatti (principalmente per ossidazione). Il rapporto di impedenza all'ingresso ottimale richiesto con elettrodi Cu-CuSO₄ è generalmente ritenuto di circa 50 K Ohm (LASFARGUES, 1957; KELLER e FRISCHKNECHT, 1970), quindi ampiamente soddisfatto dall'accoppiamento utilizzato. La mancanza di una cartografia a

grande scala e la necessità di rappresentazione per mappe di anomalie hanno imposto la realizzazione di un rilievo topografico celerimetrico per le aree studiate. Nelle figure vengono riportati solo gli elementi più importanti, per non appesantire la rappresentazione.

Giacimento di Pian delle Cascine

La mineralizzazione visibile in superficie è costituita da noduli spugnosi di quarzo e calcite con impregnazioni di solfuri in minuti aggregati. Questi noduli hanno forma ovoidale, con dimensioni massime fino a circa 20 cm, sono allineati



Fig. 1. — Vista generale del giacimento di Pian delle Cascine (Reppia). La faglia passante per la quota relativa 138,5 porta a contatto i termini ofiolitici mineralizzati con la sovrastante unità di M. Gottero. Per il significato dei simboli, vedere fig. 2.

entro una breccia tettonica di potenza variabile da 5 a 10 metri in corrispondenza di una faglia subverticale con direzione NNE (figg. 1 e 2). Questa faglia, in corrispondenza della quale si aprono tre gallerie a sviluppo prevalentemente orizzontale (fig. 2), si trova a poche decine di metri di distanza da quella, già riportata da BONATTI e TREVISAN (1941), che porta i termini ofiolitici a contatto con la sovrastante unità di M. Gottero. La situazione tettonica locale — che richiede uno studio petrografico-strutturale di dettaglio — è piuttosto complessa; lo prova il fatto che nonostante all'esterno sia presente solo un lembo di sedimentario di un paio di metri di dimensioni, sicuramente in posto, vicino alla quota 106,5 (relativa alla confluenza dei due torrenti), le gallerie con imbocchi alle quote relative 80,0 e 95,4 si sviluppano per vari metri entro bancate di calcare palombino.

Secondo BRIGO e FERRARIO (1974) questo giacimento presenta, assieme a quelli di Libiola e della Gallinaria, sia la paragenesi a pirite, calcopirite e blenda dei giaci-

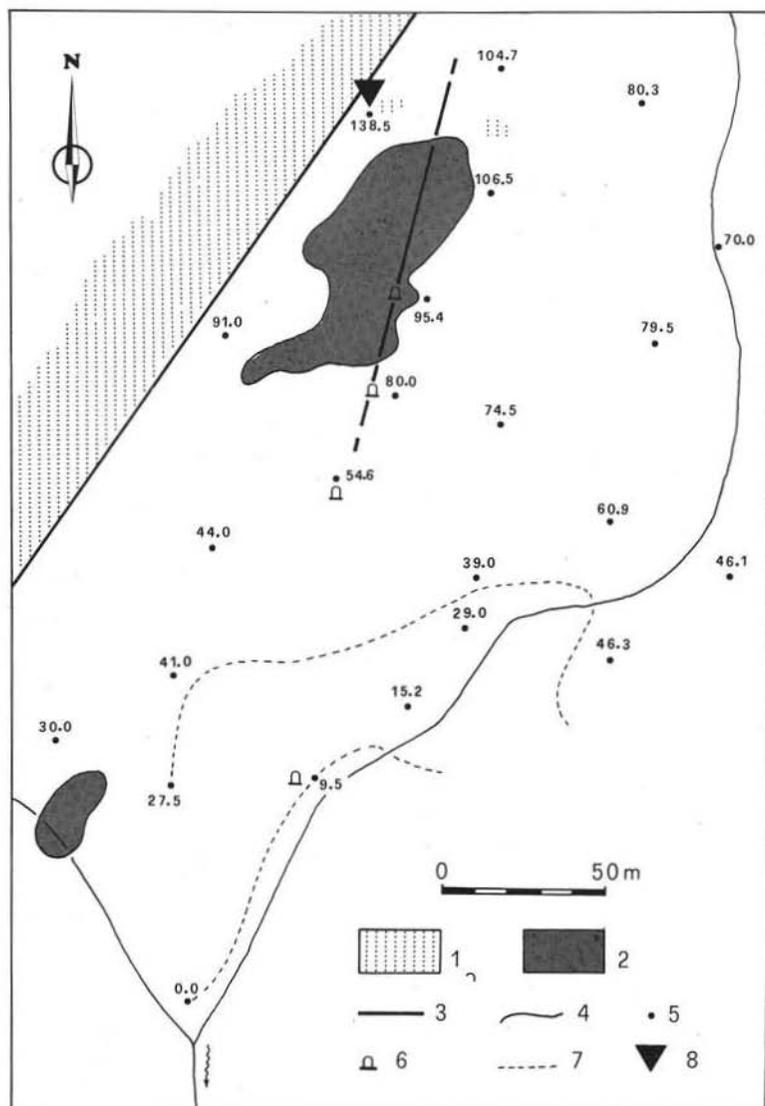


Fig. 2. — Mappa del giacimento di Pian delle Cascine, rilevamento celerimetrico. 1 - Sedimentario (principalmente Unità di M. Gottero), 2 - Zone di anomalia negativa maggiore di -50 mV, 3 - Faglie subverticali, 4 - Equipotenziale -50 mV, 5 - Quote relative alla confluenza dei due torrenti, 6 - Imbocchi di gallerie, 7 - Sentieri, 8 - Punto di riferimento per le figg. 1 e 3.

menti « nei diabasi » che quella a calcopirite, calcite e covellina tipica dei giacimenti « del basamento ». L'analisi diffrattometrica eseguita sul minerale prelevato da venti campionamenti effettuati sia in superficie che nelle gallerie, ha indicato solo la presenza di calcopirite e molto subordinatamente pirite. I tenori massimi di calcopirite sono risultati del 7% in peso. Il quarzo è presente in vene: la più estesa, vicino alla quota relativa 138,5, raggiunge i venti cm di potenza.

I potenziali spontanei sono stati rilevati con una maglia di misure di 10 metri di lato, estesa a tutto il giacimento nell'area compresa tra la faglia ed i due torrenti (fig. 2).

In corrispondenza delle anomalie si è provveduto ad un infittimento delle misure con passo 5 metri. Complessivamente sono state realizzate più di 400 misure, comprese quelle ripetute necessariamente per il riacciamento delle maglie. Lo zero di riferimento è stato fatto su una zona a pillows, priva di tracce di mineralizzazione, sita poco ad Est della quota relativa 106,5; questa scelta è stata resa possibile

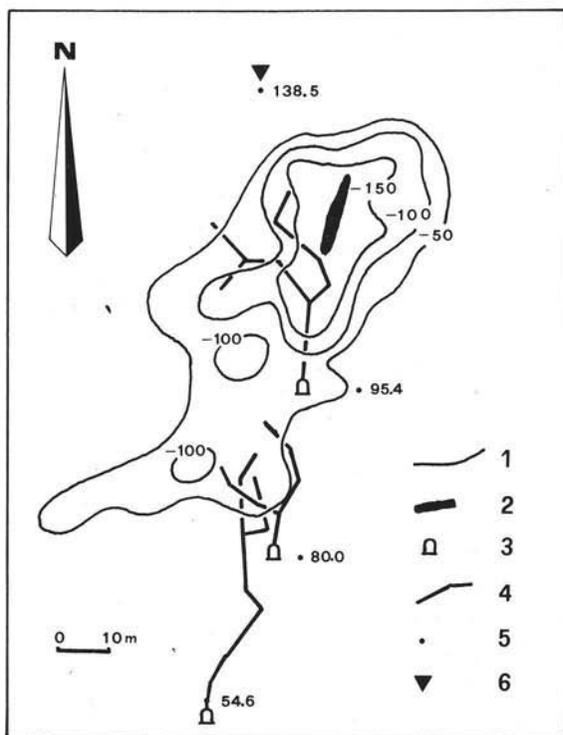


Fig. 3. — *Pian delle Cascine*. L'anomalia principale con la mineralizzazione a vista. 1 - Equipotenziali ad intervalli di 50 mV, 2 - Affioramento di noduli mineralizzati, 3 - Imbocchi di gallerie, 4 - Tracciato delle gallerie, 5 - Quote relative, 6 - Riferimento per le figg. 1 e 2.

dalla pressochè perfetta equivalenza, verificata con i potenziali spontanei, dei terreni ad Ovest della faglia principale. In corrispondenza della zona in cui si aprono le tre gallerie alle quote relative 54,6, 80,0, 95,4 abbiamo potuto delimitare nettamente l'equipotenziale -50 mV (figg. 2 e 3) che racchiude un'area di circa 200 m^2 , all'interno della quale è stato misurato un minimo assoluto di -250 mV a ridosso della massima concentrazione di noduli. Una seconda anomalia con minimo inferiore a -200 mV, molto più limitata arealmente, è stata individuata a SW della precedente. Forma e disposizione relativa delle due anomalie confermano la localizzazione delle mineralizzazioni secondo linee di faglia NE-SW. Grazie alle tre citate

gallerie, ora quasi totalmente sterili, è stato possibile estendere le misure di potenziale anche nel sottosuolo dell'area interessata all'anomalia maggiore; il valore minimo è risultato -30 mV, circa sulla verticale e a 15 metri di profondità rispetto al minimo assoluto superficiale. Da un punto di vista pratico-sperimentale l'entità di questa anomalia è tale da escludere la presenza di una concentrazione sfruttabile di solfuri. Per rispetto della teoria bisogna però rilevare che le misure sono riferite ad un livello che non si può definire strettamente di ossidazione: infatti l'acqua

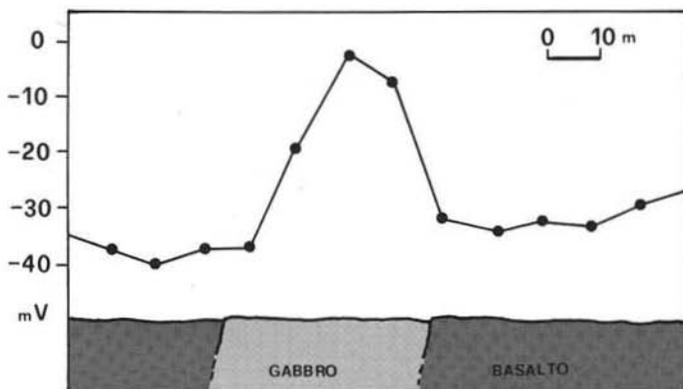


Fig. 4. — *Gallinaria*. Profilo di potenziali spontanei attraverso un contatto tra un filone di gabbro sterile e basalto debolmente mineralizzato, lungo la carrozzabile per Bargone.

ristagna per lunghi periodi in questa porzione del giacimento, provocando dei depositi che inibiscono il fenomeno « galvanico » che sta alla base dei potenziali spontanei associati ai giacimenti di solfuri.

Giacimento della Gallinaria (Bargone)

In questa zona le litologie ofiolitiche sono rappresentate da gabbri, serpentiniti con relitti di originarie ultramafiti e basalti, sia in corpi massicci variamente brecciati, sia in vere e proprie breccie con parziali rielaborazioni sedimentarie (GALBIATI et al., 1976).

Le rocce basaltiche si presentano sotto forma di pillows e colate massicce, a volte anche come filoni all'interno delle rocce gabbriche. Le mineralizzazioni sono generalmente localizzate lungo i contatti tra rocce gabbriche e basaltiche, interessando di preferenza queste ultime. Il minerale coltivato (calcopirite con poca bornite e calcosina) era concentrato in « colonne » descritte da PELLOUX (1934b) come « zone mineralizzate, di decine di metri di lunghezza, che discendono in profondità secondo la loro massima pendenza », situazione classica di giacimento rilevabile con i potenziali spontanei. La particolare topografia e l'impraticabilità del terreno hanno sconsigliato la realizzazione di misure disposte a reticolo: si sono quindi realizzati profili di misure con entrambi gli elettrodi mobili, con passi variabili da 5 a 15 metri. Le misure così ottenute sono meno accurate, dato che le successive addizioni tendono ad accumulare gli errori delle singole misure di ddp. In totale sono

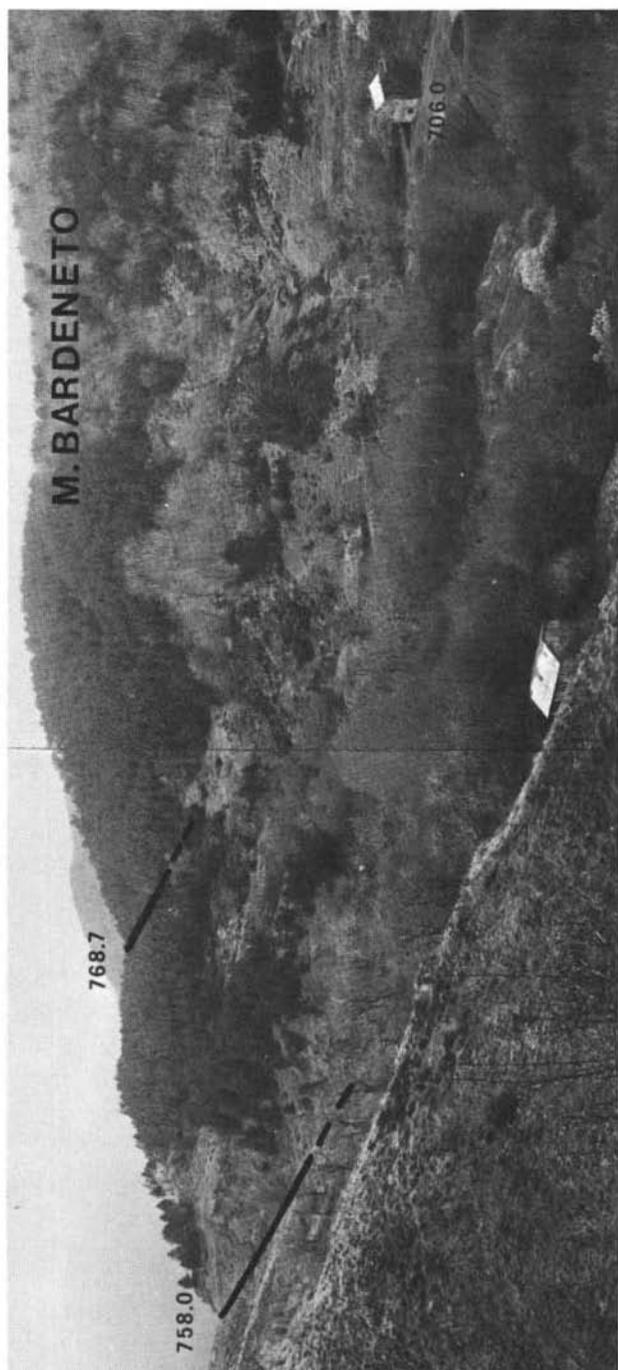


Fig. 5. — Vista generale del giacimento di Monte Bardeneto (Statale) dalle pendici occidentali di Monte Capra. Le due selle alle quote 758,0 e 768,7 sono impostate su due faglie subverticali con direzione N-S. Gli imbocchi delle gallerie e gli assaggi sono localizzati nella parte centrale della figura, approssimativamente tra la sella a quota 768,7 e la costruzione a quota 706. Il minimo assoluto di -800 mV è stato misurato in corrispondenza dei lavori di coltivazione visibili al centro della figura, dove è presente la principale mineralizzazione a vista: i campioni prelevati in questa zona contengono solamente pirite. La faglia sulla quale è impostata la sella a quota 758,0 mette il giacimento a contatto con le breccie di Monte Capra, ricche di magnetite contenuta nei ferrogabbri, visibili in primo piano in basso a sinistra: i tentativi fatti per stabilire il potenziale di riferimento in questa zona non hanno dato risultati soddisfacenti. Analogò risultato si è ottenuto sul versante orientale di Monte Bardeneto visibile in alto a sinistra nella figura, costituito da diaspri nella sua parte più elevata. Questo è l'unico dei giacimenti esaminati che merita un approfondimento delle indagini.

state effettuate circa 400 misure distribuite su circa 3 chilometri lineari. I valori ottenuti, pur condizionati da percorsi quasi obbligati, hanno dimostrato che non esistono notevoli anomalie; la massima variabilità si ha sempre al passaggio tra litotipi diversi. In fig. 4 è riportato l'esempio più significativo: un filone di gabbro attraversante dei basalti con deboli manifestazioni di solfuri genera una anomalia di circa 40 mV.

Le zone sicuramente sterili ed in particolare le serpentiniti, pur con il loro contenuto in magnetite, hanno dato solo oscillazioni contenute entro ± 10 mV. L'assenza di anomalie di rilievo è da collegare alla totale asportazione delle masse mineralizzate; nel periodo 1860-1910 furono estratte circa 23.000 tonn. di minerale, esaurendo le principali « colonne », delle quali fu inutilmente cercata una prosecuzione in profondità con una galleria di ribasso lunga circa 1 km (PELLOUX, 1934 b).

Giacimento di Monte Bardeneto (Statale)

Secondo BRIGO e FERRARIO (1974) questo giacimento, assieme a quelli di Ripa della Fugaja, Casali e M. Loreto, presenta la paragenesi delle mineralizzazioni « nei diabasi ».

L'analisi diffrattometrica eseguita su sei campioni prelevati nella principale mineralizzazione a vista ha indicato la presenza di sola pirite. Negli anni immediatamente precedenti la seconda guerra mondiale, in questa miniera è stato coltivato un filone di cuprite pura, presto esaurito. Notevole rispetto ai casi precedenti è il fatto che in questo giacimento la mineralizzazione si mostra concordante con l'andamento della topografia locale. Si può osservare infatti (fig. 5) che gli imbocchi delle principali gallerie ed assaggi sono allineati secondo una discontinuità strutturale di natura tettonica che segue il declivio principale. Questa situazione può avere un'importanza fondamentale nell'interpretazione delle misure. La mappa dei potenziali spontanei (fig. 6) è stata costruita a partire da una maglia di misure di 20 metri di lato, con locali infittimenti in corrispondenza delle anomalie principali. Le curve equipotenziali sono tracciate ad intervalli di 50 mV, da +50 a -100 mV. Alcuni dubbi esistono sulla bontà della scelta del potenziale di riferimento in questa zona a causa della diffusione dei ferrogabbri, che con il loro contenuto in magnetite provocano dei potenziali naturali non troppo elevati ma sufficienti a provocare, nel caso peggiore, una correzione di circa -80 mV ai valori cartografati. Nelle parti Nord e Sud della mappa i valori si mantengono positivi, senza però superare i 50 mV: questo fatto tende a confermare la necessità di sostituire il potenziale di riferimento. Fino ad ora i tentativi di trasportare lo zero, risalendo le pendici del Monte Capra, sono falliti per la forte dispersione delle misure. La mappa dei potenziali spontanei, anche se da ritenersi provvisoria per quanto riguarda i valori assoluti, è molto significativa.

Possiamo rilevare che le aree di minimo (almeno -100 mV) sono abbastanza estese (circa 4.000 m²). Su un'area di poche decine di metri quadrati, in corrispondenza dell'affioramento a quota 720,7 (fig. 6), sono stati rilevati potenziali fino a

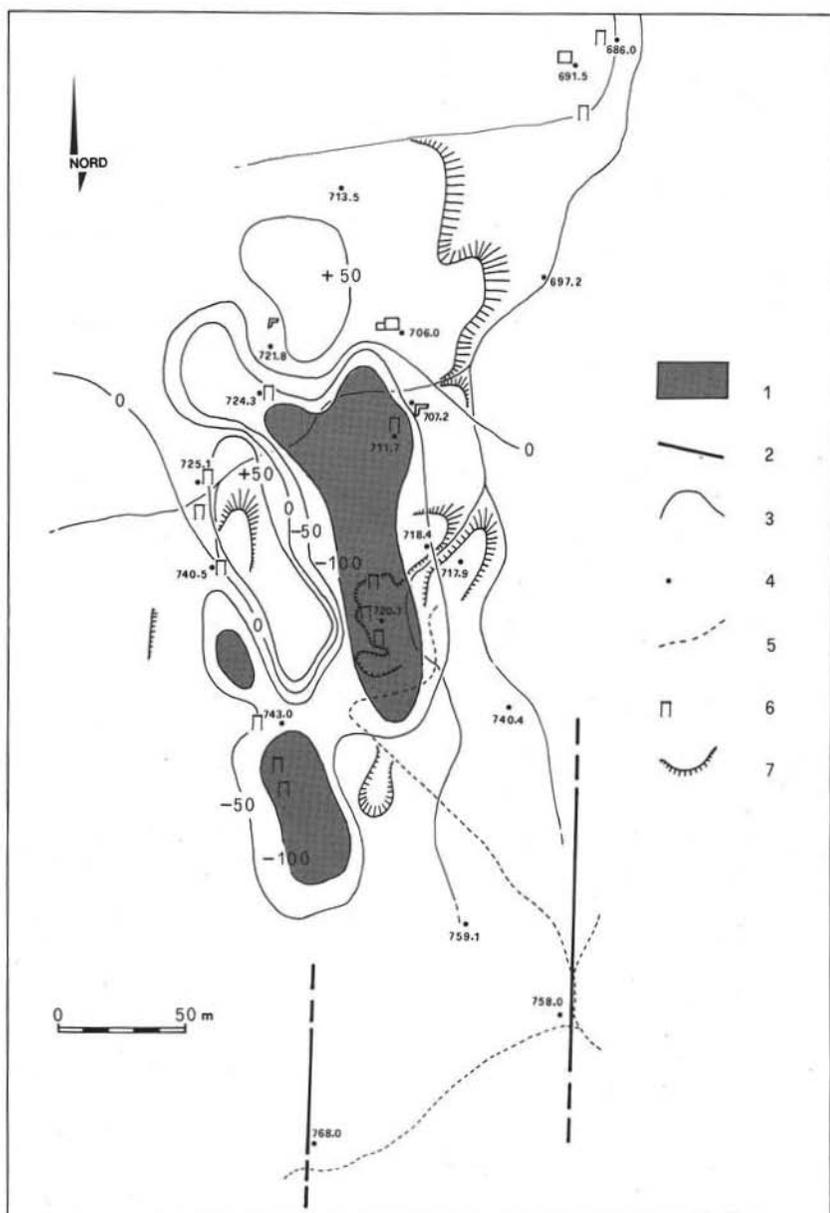


Fig. 6. — Mappa del giacimento di M. Bardeneto, rilevamento clerimetrico. 1 - Zone di anomalia negativa maggiore di -100 mV, 2 - Faglie, 3 - Equipotenziali ad intervalli di 50 mV, 4 - Sentieri, 5 - Quote assolute, 6 - Imbocchi di gallerie o lavori di assaggio.

-800 mV. I massimi rilevati, racchiusi nella parte centrale della mappa dalla linea di 0 mV e dalla linea $+50$ mV nella parte inferiore, possono essere giustificati in due modi: o con processi di elettrofiltrazione collegati allo scarso grado di alterazione della copertura nelle due zone, o con la particolare disposizione della mine-

realizzazione già segnalata, che comporta uno scarso collegamento con le aree profonde riducenti del giacimento. Una maggiore certezza potrà essere ottenuta solo quando la casistica sarà arricchita da campagne di misura su altri giacimenti; in ogni caso, fra i tre esaminati, il giacimento di M. Bardeneto è quello che presenta le maggiori possibilità di essere ancora economicamente produttivo.

Conclusioni

La diffusa presenza di minerali magnetitici nei termini ofiolitici contenenti le mineralizzazioni a solfuri, la tettonica intensa, che porta in relazioni sovente complesse i diversi litotipi, e la topografia piuttosto accidentata escludono di fatto i metodi geofisici di prospezione magnetica e gravimetrica. Fra i rimanenti quelli che maggiormente si prestano sono quelli elettrici, e tra questi quello dei potenziali spontanei. In situazioni come quella rilevata a Pian delle Cascine, con strutture verticali, la polarizzazione si manifesta armonicamente secondo le lineazioni fondamentali, anche se il grado di mineralizzazione non è molto intenso. Alla Galinaria l'intensa coltivazione ha esteso grandemente la zona di ossidazione, alla quale non corrisponde un'equivalente zona riducente; l'eventuale campo elettrico naturale risulterebbe notevolmente indebolito, anche se relativamente più esteso. In base alle considerazioni svolte i dati rilevati inducono a ritenere molto improbabile una ripresa produttiva in questa zona.

Il giacimento di M. Bardeneto, per la sua particolare disposizione morfologica, suggerisce la realizzazione di sondaggi elettrici verticali che possano confermare il supposto assetto strutturale. In questo caso le indicazioni ottenute con il metodo dei potenziali spontanei assumerebbero un significato notevole, tale almeno da far annoverare il giacimento tra quelli potenzialmente ancora coltivabili.

BIBLIOGRAFIA

- BERTOLANI M. (1952) - *I giacimenti cupriferi nelle ofioliti di Sestri Levante*. Per. di Min., 21, 149-170.
- BERTOLANI M., RIVALENTI G. (1973) - *Le mineralizzazioni metallifere della miniera di Montecatini in Val di Cecina (Pisa)*. Boll. Soc. Geol. It., 92, 635-648.
- BONATTI S., TREVISAN L. (1941) - *Notizie preliminari sul giacimento cuprifero di Reppia (Chiavari)*. Rend. Soc. Min. It., 29, 3, 87-97.
- BRIGO L., FERRARIO A. (1974) - *Le mineralizzazioni nelle ofioliti della Liguria Orientale*. Rend. Soc. It. di Min. Petrol., 30, 305-316.
- FERRARIO A. (1973) - *I giacimenti cupriferi nelle pillow-lavas della Liguria Orientale*. Rend. Soc. It. di Min. Petrol., 29, 485-495.
- GALBIATI G., GIANELLI G., PRINCIPI G. (1976) - *Nuovi dati sulle ofioliti del Bargonasco e tentativo di una loro ricostruzione paleogeografica*. Ofioliti, 1, 3, 391-406.
- KELLER G. V., FRISCHNECHT F. C. (1970) - *Electrical Methods in Geophysical Prospecting*. Pergamon Press, London, p. 517.
- LASFARGUES P. (1957) - *Prospection Electrique par Courants Continus*. Manson e C., Paris, p. 282.
- PELLOUX A. (1934 a) - *Sulla geologia ed i giacimenti di minerali e materiali litoidi delle regioni di Sestri Levante e Chiavari*. Boll. Soc. Geol. It., 53, LVIII-LXIII.
- PELLOUX A. (1934 b) - *Itinerari geo-mineralogici per le escursioni nei dintorni di Sestri Levante e Chiavari*. Boll. Soc. Geol. It., 53, XXXIX-LV.