

ENZO LOCARDI \*

## L'AMBIENTE METALLOGENICO DEL LAZIO SETTENTRIONALE

**RIASSUNTO.** — L'inquadramento minerogenetico delle manifestazioni minerali del Lazio settentrionale viene inserito nell'ambito della evoluzione tettonica regionale.

Ai movimenti distensivi recenti che caratterizzano questo settore affiorante del bacino tirrenico, con il magmatismo ed il vulcanismo ad essi associato, va riferito il potenziale di mobilizzazione e di rimobilizzazione che può portare ad adunamenti minerali.

Le diverse mineralizzazioni, ad U, F, Sb e Hg, si possono associare a ben precise tappe di evoluzione della tettonica distensiva. Viene valutata inoltre l'influenza dei processi supergenici e di quelli ipogenici nella costituzione dei singoli giacimenti.

**ABSTRACT.** — The genesis of the ore deposits in Northern Latium is examined in the frame of the structural evolution of the region.

The mobilization and the remobilization capacity that led to ore deposition, has been referred to the recent distensive movements which characterize this outcropping part of the Tyrrhenian basin. Volcanic activity related to the distensive tectonics is of great importance in the formation and distribution of ore deposits, because of the peculiar metallogenic character of the magma and of the geothermal perturbances that it brings to the surface.

It is possible to correlate the principal types of mineralizations (U, F, Sb, Hg) to distinct phases of the tectonic evolution during the Quaternary. The influence of supergene and of hypogene processes in the constitution of the different deposits is discussed.

### 1. - Introduzione

Uno degli aspetti più interessanti delle mineralizzazioni del Lazio, almeno per le informazioni scientifiche che se ne possono trarre, consiste nell'età molto recente della loro formazione. In parte, i processi minerogenetici sono tutt'ora in atto, ed il ricercatore ha la possibilità di rilevare, selezionare e valutare i processi fondamentali che intervengono nella costituzione di un deposito minerario. Gli ingredienti sono a disposizione e la verifica di eventuali modelli è possibile poichè alcuni bilanci geochimici sono ancora quantizzabili.

Una ricerca di questo tipo è stata eseguita riguardo i depositi uraniferi nelle vulcaniti alcalino-potassiche del Lazio settentrionale, ed è stata oggetto di alcune memorie alle quali rimando (LOCARDI, 1973; LOCARDI e MOLIN, 1974; LOCARDI e

---

\* Dipartimento Ciclo del Combustibile del CNEN, CSN Casaccia, 00060 S. Maria di Galeria, Roma.

MOLIN, 1975). Nell'esempio delle mineralizzazioni uranifere è stata delineata la serie di rapporti che intercorrono tra tettonica, magmatogenesi, vulcanismo con la minerogenesi. È difficile ritenere che lo stesso tipo di approccio di ricerca non sia valido anche per le altre mineralizzazioni recenti che compaiono nell'area, anche fuori dal dominio vulcanico, ma nell'ambiente che ha subito una analoga evoluzione geologica. Si tratta in particolare dei giacimenti di fluorite, di stibina e di cinabro. Pur non avendo compiuto degli studi specifici su questi giacimenti, tenterò di inquadrarne la genesi sulla base dell'interpretazione della geologia regionale. Da questa analisi orientativa potrebbero scaturire alcuni criteri utili a chi affronta il problema della prospezione mineraria.

Dalle premesse, risulta opportuno ricordare le tappe evolutive principali della geologia del Neogene e del Quaternario nell'area considerata.

## 2. - Geologia

Le mineralizzazioni nel Lazio e nella Toscana meridionale sono legate, direttamente o indirettamente, al vulcanismo pliocenico e quaternario. La messa in posto di tale vulcanismo è a sua volta legata alle diverse fasi di tettonica distensiva che hanno investito l'area a partire dal Miocene superiore.

Le prime ingressioni marine risalgono al Messiniano, ma nel Pliocene inferiore si definiscono più nettamente sistemi di Graben di direzione appenninica delimitati da faglie dirette, la cui attività era in gran parte contemporanea alla sedimentazione. Lo sviluppo longitudinale dei Graben è di alcune centinaia di km; lo spessore massimo dei sedimenti argillo-sabbiosi in essi depositati è di 2000 m circa.

Nell'area in esame (fig. 1) è riconoscibile un settore del Graben che, a partire dalla Val d'Arno, attraverso Siena, Radicofani prosegue a Sud della copertura vulcanica laziale, nella Pianura Pontina. Tale Graben è diviso in due bacini secondari da una stretta dorsale costituita da sedimenti mesozoici e paleogenici (dorsale M. del Chianti-M. Cetona), il cui prolungamento sotto parte dell'area vulcanica è segnalato da limitati affioramenti.

La sedimentazione marina si interrompe all'inizio del Pliocene medio, e riprende nel Pliocene superiore e nel Pleistocene, ma limitatamente alle parti marginali dell'originario Graben (fig. 2). La zona centrale infatti è soggetta a sollevamento che si traduce in una dorsale allungata in direzione appenninica dalla Toscana meridionale al Lazio.

Il sollevamento massimo di tale dorsale sembra coincidere con l'effusione delle vulcaniti acide anattetiche della provincia magmatica tosco-laziale. La distribuzione nel tempo di tali sollevamenti, come per le aree precedentemente soggette a tettonica compressiva, e successivamente interessate da tettonica distensiva, è differenziale e procede lungo fasce da W verso E. In questo senso vanno forse interpretate le età dei gruppi vulcanici acidi ubicati presso le coste tirreniche (Tolfetano-Cerite, Rocca-

strada), che corrispondono in media a 2,5 M.A., rispetto le età degli analoghi vulcani che sono situati in posizione più interna (Cimino, Radicofani, M. Amiata), la cui età media è di circa 1 M.A..

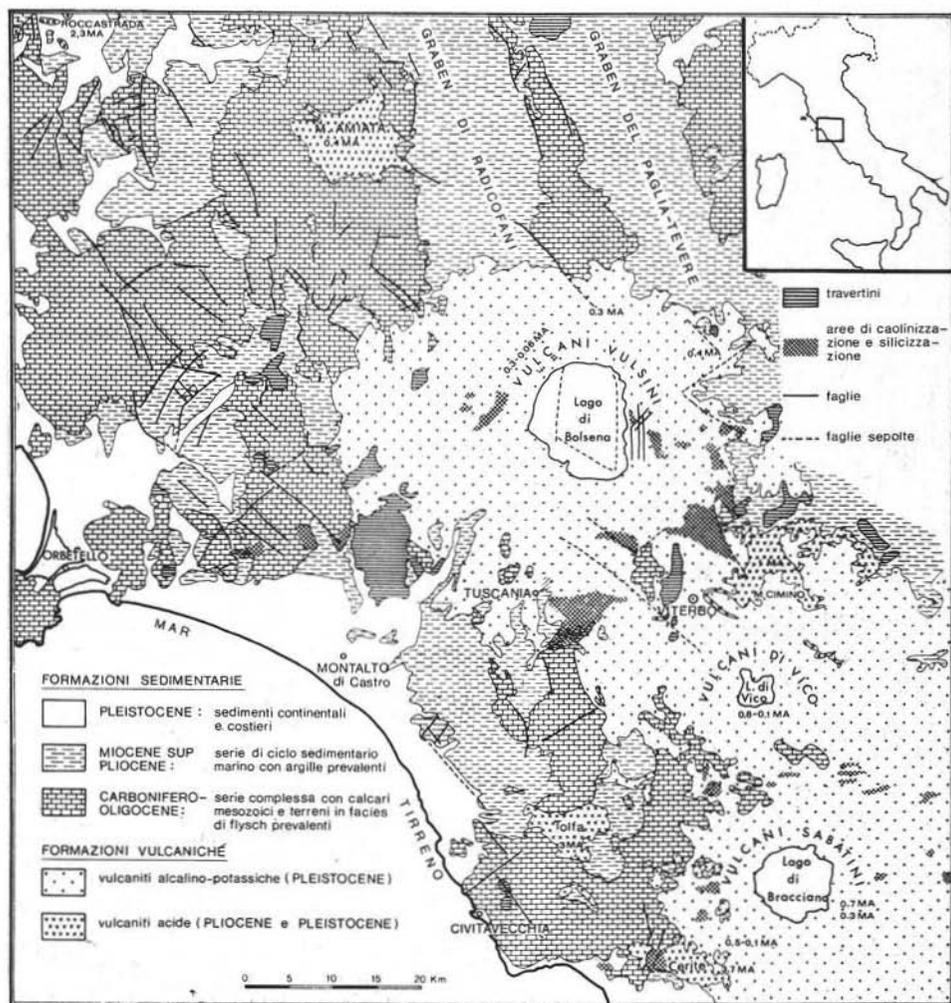


Fig. 1. — Distribuzione dei terreni del basamento pre-neogenico, dei sedimenti neogenici e delle vulcaniti. (Da LOCARDI e MOLIN, 1975).

Nel Pleistocene, la parte meridionale di questa dorsale sollevata sprofonda. La zona di sprofondamento, sempre in direzione appenninica, comincia bruscamente in corrispondenza del margine settentrionale dei Vulcani Vulsini, e si estende verso SSE in forma di Graben, il quale ricalca, sia pure con dimensioni minori, il Graben del Pliocene inferiore successivamente sollevato a dorsale.

Nella nuova zona di collassamento si sviluppa il vulcanismo alcalino potassico della Provincia Romana attraverso quattro centri principali: il Vulsino, il Vico, il Sabatino, i Colli Albani i cui prodotti occupano con continuità una fascia lunga 160 km e larga 50 km circa. Il vulcanesimo si è impostato pertanto in una situazione tettonica di Rift Valley, chiaramente post-orogenetica.

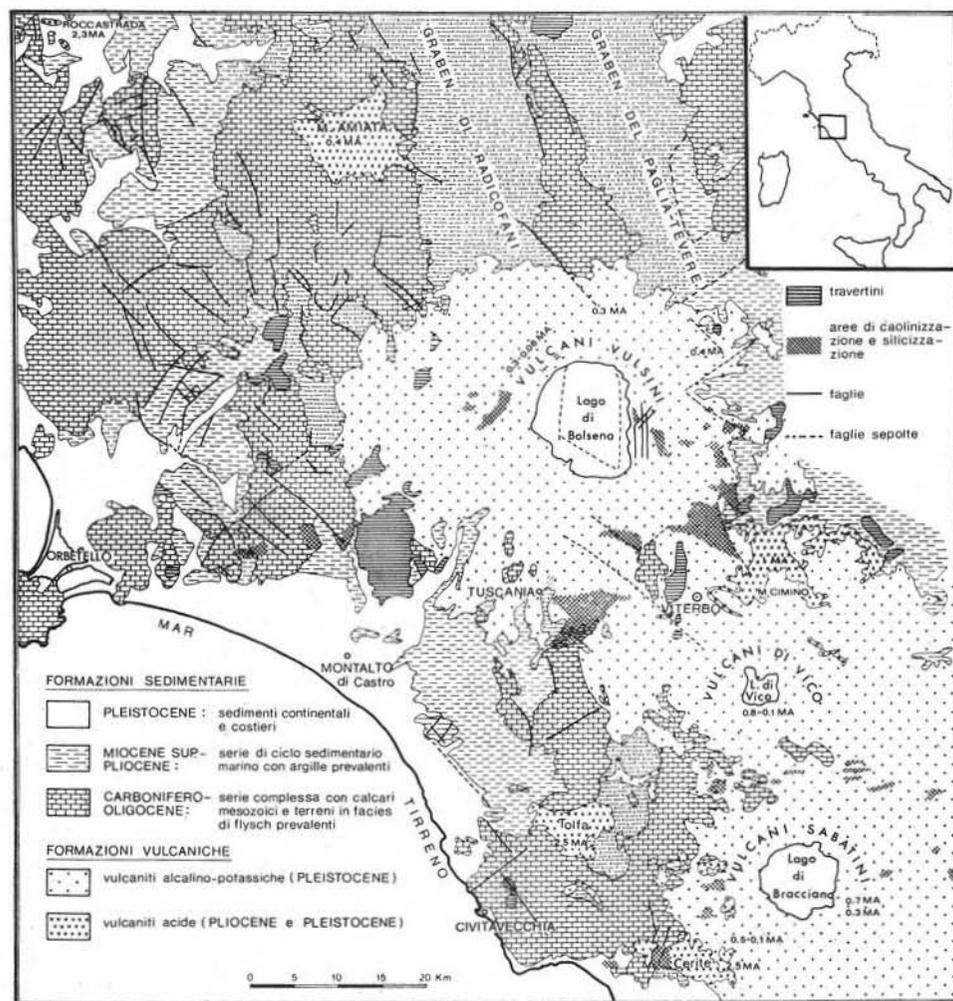


Fig. 2. — Il puntinato sovrapposto al simbolo dei sedimenti neogenici indica i settori dei Graben costituenti una dorsale emersa a partire dal Pliocene medio. (Da LOCARDI e MOLIN, 1975).

Ad un primo esame sembra molto contraddittorio il fatto che nel Lazio settentrionale si abbia la sovrapposizione, nello spazio e nel tempo, di due tipi di vulcanismo molto diversi: l'uno orogenetico, anattetico acido, l'altro post-orogenetico,

sottosaturo, basico, alcalino. È da considerare però più da vicino il fatto che l'emergenza dei fusi è connessa, oltre che alla zona e all'età della loro formazione, anche all'ubicazione delle aree soggette ad una tettonica distensiva di entità sufficiente a favorirne la fuoriuscita.

È ormai dimostrato (GIGLIA, 1973) che la tettonica distensiva recente si fa attiva a partire dalla Val d'Arno e con un forte gradiente verso Sud. Questa situazione è riflessa bene dalla distribuzione delle vulcaniti.

Diversa è la situazione generale del vulcanismo alcalino. È cominciato pressochè contemporaneamente dal Lazio alla Campania (fino a Roccamonfina), ed in situazioni di fossa. Tale fossa si imposta lungo l'asse di una dorsale di recente sollevamento. Sono proprio queste le condizioni strutturali che precedono ed accompagnano il vulcanismo continentale di tipo Rift Valley (Kenya e Birunga). La stessa successione vulcanica ed il chimismo dei prodotti non è fundamentalmente diversa nel Lazio rispetto ad altri esempi classici di vulcanismo alcalino in alcune aree cratoniche.

Il vulcanismo alcalino nel Lazio è stato preceduto da un evento tettonico molto importante. Questo è segnalato non solo dallo sprofondamento dell'area, ma anche dalla quantità di magma emessa in poco tempo. Nell'ultimo milione di anni è stata eruttata una quantità di materiale 100 volte superiore a quello emesso precedentemente in un intervallo di circa 8 M.A. (ALVAREZ, 1972). Il brusco cambiamento dello stesso carattere chimico ha evidentemente le sue implicazioni in processi geodinamici di rilevanza.

Non è possibile approfondire in questa sede il tema della petrogenesi delle vulcaniti emesse. È però opportuno ricordare che la successione dei principali prodotti emessi dai centri vulcanici alcalini, trova una spiegazione solo parziale in termini di differenziazione da un determinato magma capostipite. Al contrario, diventa coerente ammettendo l'evoluzione vulcanica in funzione di progressive e più intense fasi di tettonica distensiva, nel corso delle quali venivano emunti fusi da porzioni diverse e sempre più profonde di un bacino magmatico anatettico crustale. Questo inquadramento potrebbe essere significativo anche all'interpretazione della distribuzione e del tipo di giacimenti minerali associati alle vulcaniti.

Il vulcanismo alcalino si è impostato in fosse tettoniche, e nel corso della sua prima fase di evoluzione i movimenti di collasso sono continuati. I prodotti di disfaccimento delle vulcaniti hanno pertanto potuto accumularsi ai margini dei centri vulcanici stessi contro i rilievi del substrato che limitano tettonicamente l'area vulcanica. Si spiegano così le potenti serie vulcano-sedimentarie nelle quali, in alternanza alle vulcaniti ed alle epivulcaniti, si depongono sedimenti lacustri e fluviali. Tale fase è compresa tra 1 e 0,5 M.A. fa circa.

Successivamente, le serie vulcano-sedimentarie sono state ricoperte da estese coltri di colate piroclastiche e laviche e, a parte i collassamenti locali conseguenti alle principali manifestazioni effusive, l'area vulcanica è stata soggetta a sollevamento.

Va menzionata un'altra importante fase vulcano-tettonica che si è manifestata

in tutta l'area, dai Colli Albani ai Vulcani Vulsini, negli ultimi 300.000 anni. Tale fase è caratterizzata dalla ripresa di movimenti distensivi, localmente così attivi da determinare traslazioni laterali di zolle tettoniche (LOCARDI e SOMMAVILLA, 1976). Il vulcanismo freatico finale dei Colli Albani, dei Sabatini, di Latera è più recente di 0,1 M.A. ed è legato a tale tettonica distensiva.

### 3. - Le mineralizzazioni

Concentrazioni uranifere sono state rinvenute solo in associazione alle rocce vulcaniche alcaline, ed in particolare nelle serie vulcano-sedimentarie che si accumulano ai margini dei gruppi vulcanici, contro i pilastri tettonici di sbarramento. La frazione sedimentaria della serie, sabbie e pomici rimaneggiate, depositi lacustri, è mineralizzata in forma di livelli peneconcordanti di rocce caolinizzate nelle quali si disseminano ossidi di uranio e solfuri di ferro.

Nelle aree mineralizzate si rilevano esalazioni gassose fredde di  $\text{CO}_2$  con limitate quantità di  $\text{H}_2\text{S}$ . Oltre all'uranio, al torio ed al ferro, solo il vanadio si rinviene in tenori anomali. L'uranio compare in genere in forma disseminata, probabilmente come ossido. Come minerali secondari, sono stati identificati autunite e soprattutto carnotite, la quale si associa a depositi diatomiferi.

Sono stati indagati parzialmente i depositi uraniferi lungo i margini orientali e meridionali del Gruppo Vulsino. In figura 3 vengono indicati i settori del bacino dove la serie vulcano-sedimentaria supera i 100 m di spessore. I bordi del bacino delineano il sistema di faglie lungo le quali è avvenuto lo sprofondamento. La copertura vulcanica nasconde la serie mineralizzata, ma una fortunata interpretazione dei pochi affioramenti e del loro tipo di alterazione ha suggerito l'esistenza di mineralizzazioni stratoidi continue ed estese che si svilupperebbero all'interno del bacino. Una serie di sondaggi ha confermato tale ipotesi (LOCARDI e MOLIN, 1975).

Nell'area mineralizzata, l'uranio si concentra soprattutto a monte dei punti di intersezione dei sistemi di faglie che delimitano il bacino. Nelle stesse zone si ha la massima erosione delle sponde di contenimento del bacino, e la formazione di punti di drenaggio dell'acquifero. È interessante notare che i letti uraniferi cominciano a formarsi a partire da un paio di metri al di sopra della quota della locale soglia di erosione, e che la successione dei livelli uraniferi è sempre contenuta nella parte mobile dell'attuale sistema freatico. La giacitura dei livelli mineralizzati è inoltre conforme alla disposizione del pelo libero delle acque sotterranee, piuttosto che alla giacitura delle rocce incassanti.

La presenza di concentrazioni uranifere dipende pertanto dalla distribuzione del sistema idologico sotterraneo attuale; l'apporto dell'uranio all'acquifero è stato facilmente verificato tramite un bilancio geochimico nell'ambiente supergenico; l'agente precipitante dell'uranio è stato identificato nell'idrogeno solforato apportato da sistemi di fessure entro i bacini vulcano-sedimentari.

Ne consegue che le mineralizzazioni uranifere derivano dall'accumulo entro

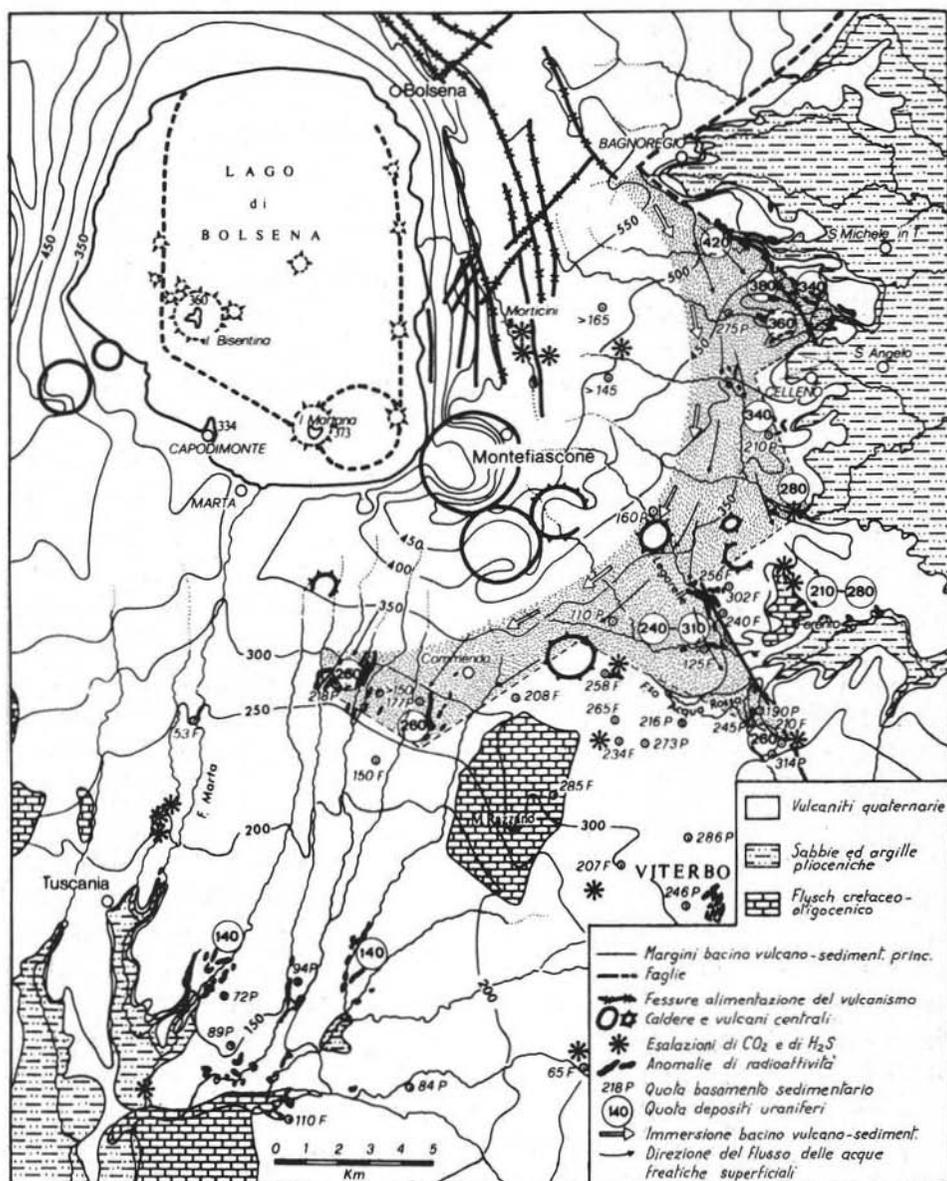


Fig. 3. — Il bacino uranifero di Bagnoregio-Commenda. (Da LOCARDI e MOLIN, 1975).

bacini di parte dell'uranio mobilizzato dalle rocce vulcaniche a monte, e dalla sua ridistribuzione e precipitazione per azione dell'idrogeno solforato che permea i bacini stessi.

Sia i contenuti di uranio che di zolfo sono da considerare come anomalie geo-chimiche regionali. L'uranio è comunemente disperso nella matrice vetrosa delle

vulcaniti, dalla quale può venir facilmente mobilizzato. Tenendo conto che sui bacini gravitano formazioni dal volume dell'ordine dei  $\text{km}^3$ , con un contenuto medio di 30 ppm U, soggette a devetrificazione ed a zeolitizzazione, si risolve il problema dell'alimentazione uranifera ai bacini di concentrazione. Le esalazioni gassose a idrogeno solforato caratterizzano buona parte del settore tra Appennino e Tirreno, vulcanico o no, con eccezionale frequenza.

I livelli mineralizzati a caolino, solfuri di ferro e ossidi di uranio, sono il risultato dell'attività chimica indotta dall'idrogeno solforato disciolto nelle acque freatiche, attività che è concentrata nella parte superiore, ossigenata, dell'acquifero. La rapida evoluzione tettonica ed idrologica dell'area, non ha permesso lunghi periodi di equilibrio, quali sono necessari alla formazione di depositi ad alta concentrazione minerale. Al contrario, continue rimobilizzazioni della mineralizzazione hanno portato alla dispersione secondo diversi livelli, ognuno della potenza di un metro circa, il cui contenuto medio raramente supera le 500 ppm U.

A conclusione possiamo dire che le mineralizzazioni uranifere sono il risultato della concomitanza di due fenomeni eccezionali:

- la grande quantità di uranio che può venir mobilizzato dalle rocce vulcaniche;
- l'attività della tettonica distensiva che ha accompagnato il vulcanismo; tettonica che è stata responsabile della formazione dei bacini di raccolta dell'uranio lisciviato, e che ha favorito su scala regionale il rilascio di quei gas che hanno determinato l'ambiente adatto alla precipitazione dell'uranio disciolto nell'acquifero.

Oltre a quelle uranifere, le uniche mineralizzazioni importanti nelle vulcaniti alcaline della Provincia Romana sono costituite dalla fluorite rinvenuta in bacini lacustri.

Mentre la formazione dei bacini vulcano-sedimentari uraniferi è legata alla prima fase vulcano-tettonica, i bacini lacustri fluoritiferi sono legati ad una fase vulcano-tettonica molto più recente. La prima fase è stata caratterizzata da una tettonica di collasso, mentre quella finale risentiva di sforzi tensionali che localmente hanno causato la traslazione laterale di blocchi. Il sistema di fessure che divide i blocchi principali interseca, in direzione NW-SE, i principali gruppi vulcanici, e tutte le manifestazioni a fluorite di un certo interesse e legate da una certa associazione paragenetica sono situate ad Ovest di tale sistema di fessure.

La fluorite con barite, apatite e calcite, si concentra in sedimenti lacustri, ma evidenze isotopiche e mineralogiche dimostrano che la formazione di tali minerali è legata ad una attività debolmente termale. La formazione dei bacini lacustri coincide con l'inizio dei movimenti tensionali, ed è precedente alle manifestazioni vulcaniche connesse allo sviluppo della tettonica traslativa. Le forze tensionali, come favoriscono la formazione di bacini subsidenti, favoriscono anche la circolazione di acque in profondità. Si sono così potuti formare dei fluidi termali e questi, con la loro capacità di lisciviazione e di scambio, ed eventualmente arricchiti dalle frazioni più volatili del magma, possono essere responsabili di mineralizzazioni interessanti.

I depositi a fluorite costituiscono probabilmente uno degli esempi di possibili mineralizzazioni da acque di circolazione profonda legate ad una fase tettonica tensionale che precede il vulcanismo.

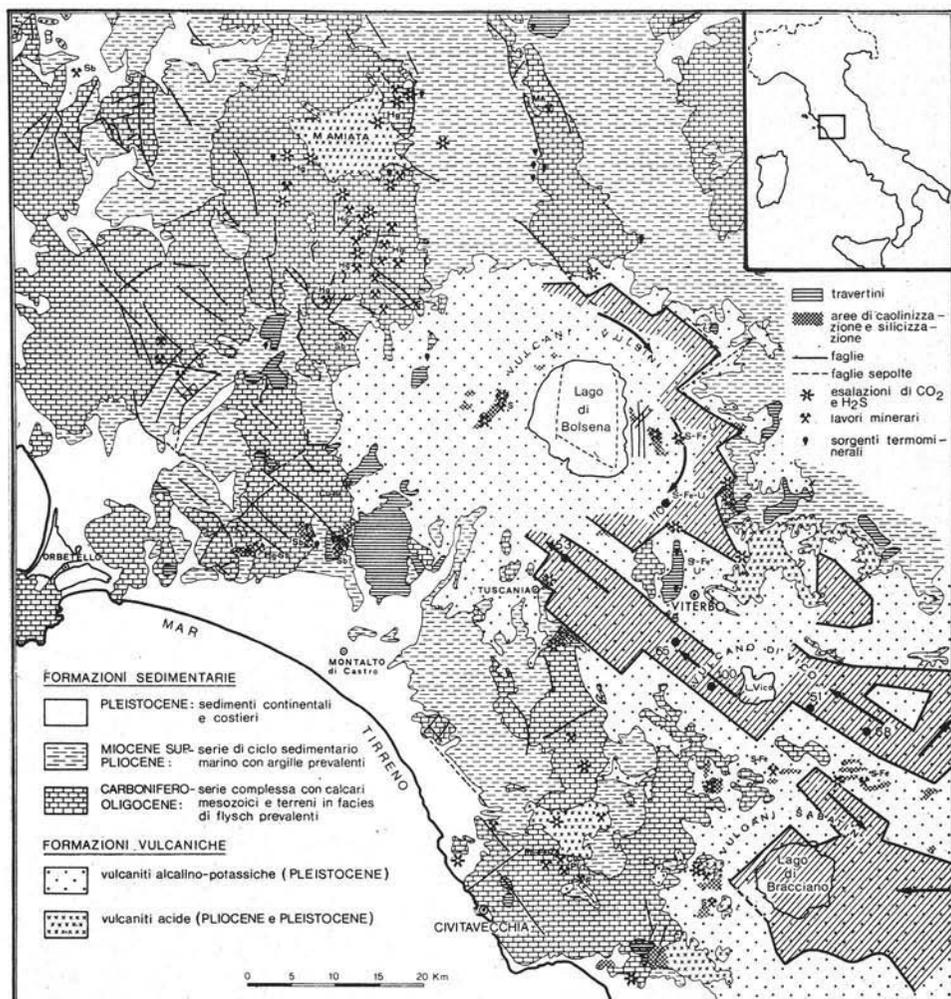


Fig. 4. — Distribuzione e giacitura dei principali bacini vulcano-sedimentari. (Da LOCARDI e MOLIN, 1975).

Fuori della provincia alcalino-potassica, ma nella stessa struttura pre-appenninica, compaiono altre mineralizzazioni: concentrazioni di cinabro e di stibina sono diffuse lungo una fascia che, dalla zona del M. Amiata va verso Sud, e che contiene la massima parte delle mineralizzazioni ad antimonio e mercurio della penisola (fig. 4).

Questo gruppo di mineralizzazioni è probabilmente connesso al complesso intru-

sivo-effusivo anatectico acido della Provincia Tosco-Laziale, come pure alle forti anomalie geotermiche o ai campi geotermici che vi si manifestano.

Si possono pertanto delineare due province metallogeniche. Le mineralizzazioni a uranio e fluoro nei prodotti vulcanici alcalino-potassici, le mineralizzazioni ad antimonio e mercurio disperse in gran parte entro rocce sedimentarie, ma in zone di vulcanismo acido anatectico.

Le mineralizzazioni di queste due province metallogeniche hanno tuttavia qualche carattere fondamentale in comune:

- l'età, che è molto recente;
- la presenza di esalazioni gassose attive, accompagnate da silicizzazioni e da depositi di solfuri di ferro;
- la presenza di sorgenti termali, accompagnate da depositi di travertino.

La distribuzione geografica di tali manifestazioni (cfr. fig. 4), che è indipendente dalla natura della roccia ospite e dalla distanza dall'uno o l'altro centro vulcanico, suggerisce che la loro genesi sia legata ad un processo geologico regionale i cui effetti si sovrappongono alla locale influenza del tipo e di età del vulcanismo, o del carattere metallogenico del vulcanismo stesso.

Tale processo geologico regionale si può di nuovo identificare nell'ultima fase tettonica distensiva la quale ha permesso la liberazione di gas accumulati sotto le coltri flyscioidi e sotto quelle argillose neogeniche, e la circolazione di acque in profondità in aree dove esistono corpi magmatici relativamente superficiali.

In questo caso il tipo di mineralizzazione dipenderà anche dai caratteri chimici e fisici delle rocce del basamento impregnate dai fluidi termali.

Un relitto fossile di tali fluidi è stato erogato a più di mille metri di profondità da un pozzo perforato, per conto del centro di ricerca geotermica dell'ENEL, presso Cesano, ad Est del lago di Bracciano.

Il fluido ha una salinità del 40 % circa, rappresentata da solfati e cloruri di Na, K, Rb, Li oltre a borati (CALAMAI et Al., 1975).

È stato rinvenuto entro la caldera di Baccano, in corrispondenza di un rilievo strutturale del substrato sedimentario pre-neogenico, ora sepolto a circa 1000 m di profondità, ma probabilmente affiorante prima della fase vulcanica finale del gruppo sabatino. Il vulcanesimo nella zona di Baccano è di tipo freatico e molto recente (di età più recente di 100.000 anni). Piccola parte delle acque che hanno determinato il vulcanismo freatico si è conservata, ed è rimasta isolata dal ciclo esterno dagli stessi sali che depositava, i quali hanno impermeabilizzato l'ambiente circostante.

I sali di incrostazione hanno una composizione simile a quella del fluido nella zona adiacente il serbatoio confinato. Nel bilancio geochimico del fluido originario vanno però compresi anche quegli elementi che hanno concorso alla spilitizzazione di una serie potente 750 m di breccie di diatrema, con deposizione di solfuri di

ferro, calcedonio, cloriti, epidoti, calcite, sericite ed albite (BALDI et Al., 1975; CALAMAI et Al., 1975).

Gli esempi qui riportati vogliono solo contribuire ad indicare una accessibile via di approccio all'identificazione di processi che intervengono nella formazione di giacimenti minerari. Tanto più attraente in quanto verificabile in termini di attualismo.

#### BIBLIOGRAFIA

- ALVAREZ W. (1972) - *Rotation of the Corsica-Sardinia Microplate*. « Nature Physical Sc. », 235, no. 58, february 7, 103-105.
- BALDI P., CAMELI G.M., LOCARDI E., MOUNTON J., SCANDELLARI F. (1975) - *Geology and Geophysics of the Cesano Geothermal Field*. « United Nations Symposium on Geothermal Energy », S. Francisco, California, june 1975. (In corso di stampa).
- CALAMAI A., CATALDI R., DALL'AGLIO M., FERRARA G.C. (1975) - *Preliminary report on the Cesano hot brine deposit (Northern Latium, Italy)*. « United Nations Symposium on Geothermal Energy », S. Francisco, California, june 1975. (In corso di stampa).
- GIGLIA G. (1973) - *L'insieme Corsica-Sardegna e i suoi rapporti con l'Appennino settentrionale: rassegna di dati cronologici e strutturali*, in *Paleogeografia del Terziario Sardo nell'ambito del Mediterraneo Occidentale*. « Rend. Sem. Fac. Sci. Univ. Cagliari », 245-275.
- LOCARDI E. (1973) - *Mineralizzazioni ad Uranio in Vulcaniti Quaternarie del Lazio*. « Boll. Soc. Geol. It. », 541-566.
- LOCARDI E., MOLIN D. (1974) - *Tettonica, Vulcanismo e Bacini uraniferi nel Lazio*, in *L'Italia nell'ambito dell'evoluzione del Mediterraneo*. 67° Congr. Soc. Geol. It., Parma, 30 pp..
- LOCARDI E., MOLIN D. (1975) - *Ricerche per Uranio nel Lazio Settentrionale*. « Serie CNEN rapporti » (in corso di stampa).
- LOCARDI E., SOMMAVILLA E. (1976) - *I Vulcani Sabatini nell'evoluzione della struttura regionale*. « Boll. Soc. Geol. It. » (in corso di stampa).