

RAFAELE CABOI*, RANIERO MASSOLI-NOVELLI*, GIORGIO SANNA*

LA MINERALIZZAZIONE A MOLIBDENITE
DI P.TA DE SU SEINARGIU
(SARROCH - SARDEGNA MERIDIONALE)**

RIASSUNTO. — La mineralizzazione a molibdenite di P.ta de Su Seinargiu, benchè nota fin dal principio del secolo, non è mai stata oggetto di studio. La MoS_2 , risulta deposta entro il granito ercynico appena al di sotto della copertura ordoviciano-siluriana (?).

Sulla base di osservazioni aerofotogeologiche, rilievi in campagna ed in galleria, analisi microscopiche e chimiche, determinazioni di tenori di Mo, gli AA. riferiscono sui caratteri geogiacimentologici della mineralizzazione e prospettano una conseguente ipotesi di genesi per deposizione da un convoglio idrotermale di alta temperatura.

Il minerale si rinviene in una serie di piccoli filoni subverticali diretti N 40° W costituiti essenzialmente da quarzo e MoS_2 , cui si aggiunge molibdenite disseminata nel granito incassante. La paragenesi è povera: rara calcopirite e pirite con rarissima wolframite e scheelite. La mineralizzazione è stata indagata in particolare rilevando e campionando i circa 290 m di galleria esistenti.

La MoS_2 disseminata nel granito, analizzata sulla base di n.° 33 campioni è presente con tenori irrilevanti dal punto di vista economico, ma tuttavia la sua distribuzione ha fornito dati utili per la ricerca.

La mineralizzazione in venule è stata invece valutata in base alla misura della potenza ridotta; seppure indagato su un solo livello, il tenore risultante appare di notevole interesse (1,05%). Quindi, anche sulla base del rinvenimento di un importante filone a barite e per la presenza di altre mineralizzazioni nella zona, si prospettano ulteriori ricerche.

ABSTRACT. — The « P.ta de Su Seinargiu » molybdenite ore deposit, never before studied, is here described.

MoS_2 is placed between the ercynic granitic complex and the ordovician-silurian (?) rocks.

Aerial photographic observations, geological mapping of the area and of the existing galleries, optical and chemical analysis, the Mo-content determination, point out a possible hydrothermal high temperature genesis.

The ore is present in small subvertical veins N 40° W, compounded essentially from quartz + molybdenite, but disseminated MoS_2 was found in embedding granite also.

Paragenesis is scarce: rare chalcopyrite and pyrite, very rare wolframite and scheelite.

The two types of molybdenite have been studied separately.

The Mo content in the veins is interesting about 1.05 %, although estimated in only 96 m of existing galleries where veins are present .

The Mo content of disseminated MoS_2 was analyzed in n.° 33 samples of granitic rock and resulted low; anyway its distribution shows some interesting features, useful for future prospecting.

During the geological mapping, after the aerial photographic studies, some other indications of ore, particularly an important vein with prevailing barite, were identified.

* Istituto di Mineralogia e Petrografia dell'Università, Via Trentino 51, 09100 Cagliari.

** Lavoro eseguito con il contributo del C.N.R. n.° 7300067.

Premessa

In questa nota vengono riportati e discussi i risultati di uno studio geominerario inerente la mineralizzazione a molibdenite di P.ta de Su Seinargiu, nei pressi di Sarroch (Cagliari), compresa nel foglio 234 della Carta d'Italia, tav. Pula III SW.

Conosciuta almeno fin dal principio del secolo, questa mineralizzazione è stata già oggetto di ricerche minerarie: tuttavia, sia i criteri con cui tale ricerca è stata impostata, sia la mancanza di uno studio geologico e giacimentologico, la caratterizzano come poco conosciuta.

Ai fini quindi di una maggiore sua definizione, e nell'ambito del prosieguo delle ricerche sulle mineralizzazioni a molibdenite della Sardegna, già iniziate da due degli autori (CABOI e MASSOLI-NOVELLI, 1970) sono state eseguite le seguenti indagini:

- a) studio aerofotogeologico preliminare;
- b) rilevamento geologico in scala 1:5.000 di un'area di 600 ha circostante la mineralizzazione;
- c) rilevamento geominerario di dettaglio in scala 1:400 delle gallerie interessanti la mineralizzazione;
- d) esecuzione di una campionatura in esterno sui tipi litoidi costituenti l'incassamento;
- e) misure della potenza nella mineralizzazione in venule;
- f) campionatura della MoS_2 disseminata nel granito, all'interno delle gallerie esistenti;
- g) studio al microscopio, in luce trasmessa e riflessa, dei campioni prelevati;
- h) analisi di Mo per fluorescenza X sui campioni prelevati in interno;
- i) elaborazione dei dati;
- l) valutazione della convenienza di ulteriori e definitive indagini sulle risorse minerarie della zona esaminata.

Documentazione

Come già accennato manca uno studio specifico sulla mineralizzazione a molibdeno di P.ta de Su Seinargiu. Qualche sporadica informazione la si può ricavare da dati sintetici e brani di relazioni dei vari concessionari di permessi di ricerca nella zona. Tali dati risultano in due schede esistenti presso il Centro Documentazione dell'Ente Minerario Sardo, Cagliari (scheda concessione Su Seinargiu, scheda concessione Su Sperrimu). Secondo tali dati le gallerie oggi esistenti a Su Seinargiu sarebbero state eseguite tra il 1934 ed il 1953.

La molibdenite viene ancora segnalata nelle adiacenti zone di Flumini Binu e di Guardia Is Biancus (probabilmente nell'ultimo caso ci si riferisce a P.ta de Su Seinargiu), da un ANONIMO (1921), da SOTGIA (1921), da CAVINATO (1952) e da SALVADORI (1959). Molibdenite in lamelle e pagliuzze è pure segnalata a Laccuneddas,

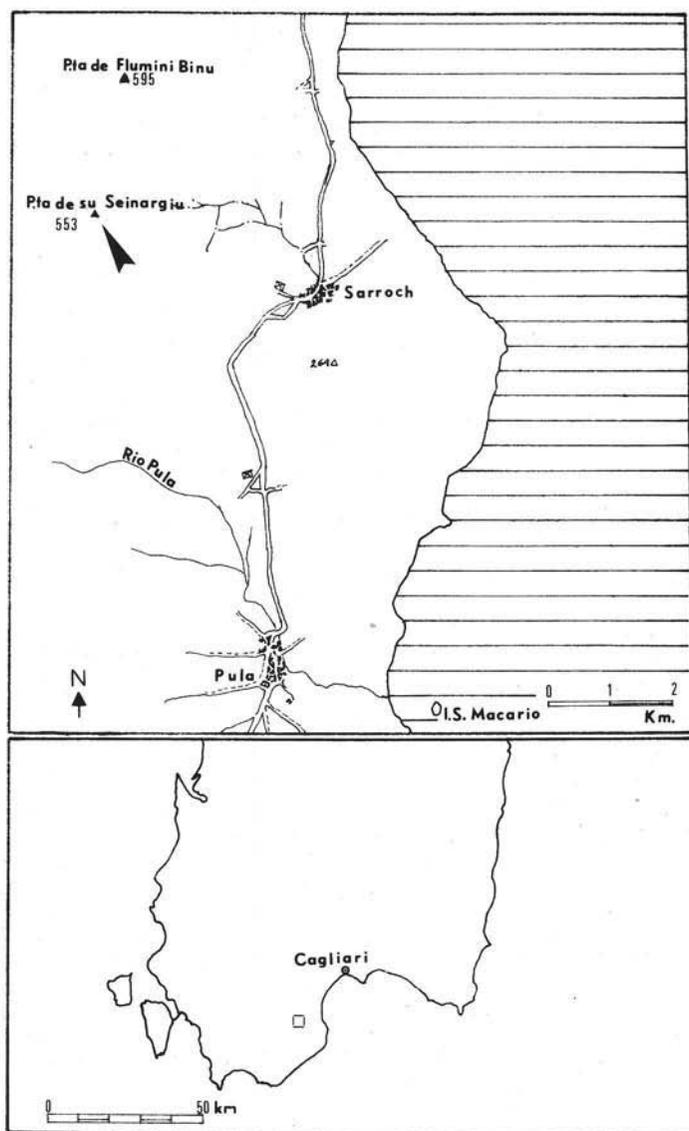


Fig. 1. — Ubicazione della zona in studio.

poco più a Nord, in un filone di quarzo orientato E-W incassato nella stretta fascia di granito che affiora tra gli scisti, ma è ritenuta di scarso interesse (dati dell'Ente Minerario Sardo, scheda concessione Laccuneddas).

Infine occorre ricordare la molibdenite in placche nei filetti quarzosi orientati N-S delle granuliti del cantiere Bersaglio della miniera di S. Leone, citato in un lavoro di Fois (1939).

Studi nella zona sono concentrati soprattutto sulla miniera di S. Leone in lavori

di MINUCCI (1934), del già citato FOIS (1939), di PIGA (1949), di COCCO (1950), di BURKHARDT e VERKAEREN (1970).

Particolare rilievo merita un recente lavoro di VERKAEREN (1974), sempre sul giacimento di S. Leone, ove, contrariamente a quanto riportato dalla Carta Geologica d'Italia, vengono definiti Ordoviciani-Siluriani (non più Cambrici) gli scisti della zona.

Lavori recenti sulle manifestazioni a molibdenite della Sardegna risultano il già citato studio di SALVADORI (1959), una nota preliminare di DERIU & ZERBI (1965) sul giacimento di Monte Mannu (Oschiri), uno studio di BACCOS (1968) sul giacimento di Perda Majori (Sarrabus orientale) ed uno studio sulla mineralizzazione di Monte S'Abbagana (Monti) di CABOI, CONDRÒ, MASSOLI-NOVELLI (1970).

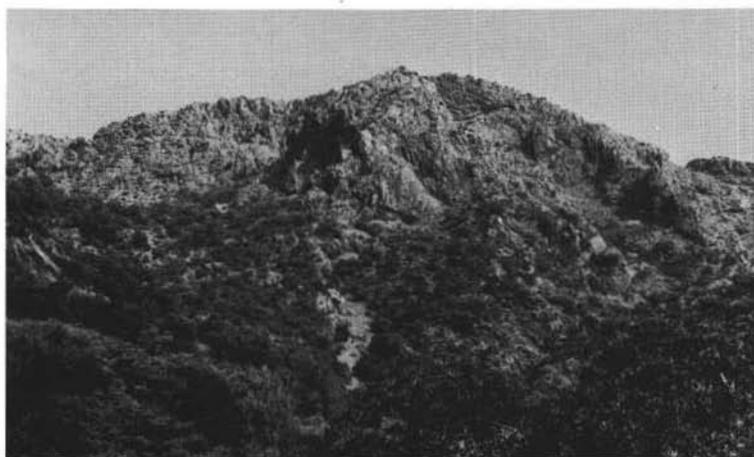


Fig. 2. — Panoramica da SE degli affioramenti di scisti ordoviciano-siluriani (?) in località S'Arcu de Antoni Zoppu.

Inquadramento morfologico, geopetrografico e tettonico

1 - Morfologia

La zona in studio (Fig. 1) è situata all'estremo Est del Sulcis Nord-Orientale; una chiara scarpata di faglia delimita il passaggio con le alluvioni quaternarie terrazzate, interrotte dai conetti andesitici collegati all'apparato vulcanico di Sarroch-Pula (MASSOLI-NOVELLI, 1965).

Il Nord-Est del Sulcis è una regione estremamente tormentata benchè l'altezza media non sia elevata; è un vero paesaggio montuoso caratterizzato da forti dislivelli, ripide pareti, valli profonde. Questo tipo di rilievo è stato determinato dalle orogenesi caledonica ed ercinica e dall'insediamento di un batolite granitico in sedimenti paleozoici che vennero quindi ancora sconvolti e talvolta metamorfosati.

A volte il granito costituisce topograficamente la parte alta, in altri casi accade il contrario.

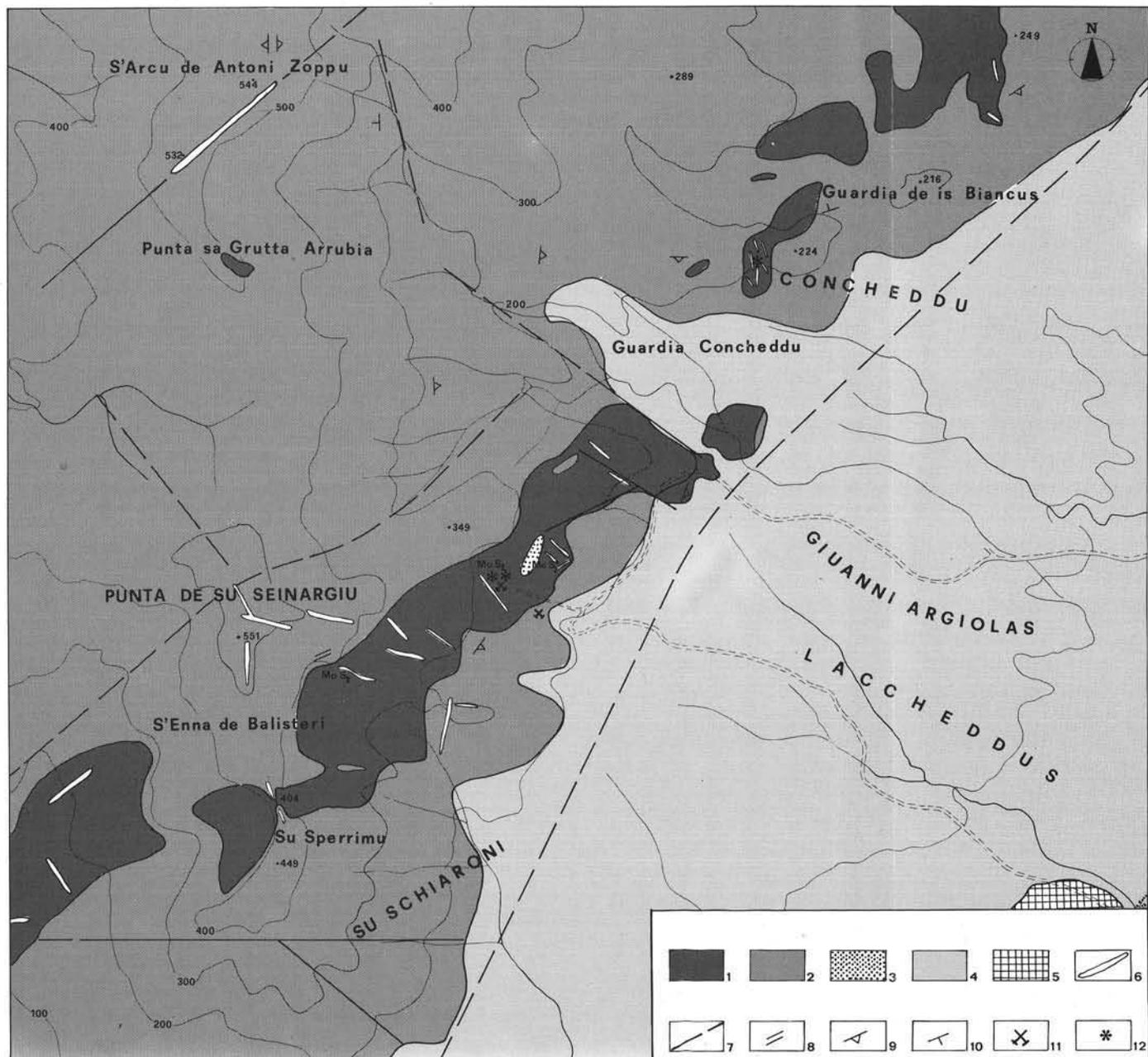


Fig. 3. — CARTINA GEOLOGICO-MINERARIA DELLA ZONA DI P.TA DE SU SEINARGIU (rilevatori R. Massoli-Novelli e G. Sanna) - Scala 1 : 10.000.
Legenda: 1. Graniti. 2. « Scisti » ordoviciano-siluriani (?). 3. Differenziati aplitici. 4. Alluvioni quaternarie. 5. Andesiti e conglomerati andesitici. 6. Filoni di quarzo talvolta mineralizzati. 7. Faglie evidenti o possibili. 8. Strati verticali. 9. Strati molto inclinati. 10. Strati poco inclinati. 11. Gallerie di ricerca. 12. Trincee di ricerca.

Tale situazione, come ben ha spiegato il PELLETIER (1960) quando ha descritto la zona, è dovuta a motivi di carattere strutturale, legati alle modalità di insediamento del batolite granitico, oltrechè alla presenza di facies particolarmente in-quarzate.

Laddove il batolite granitico, con le sue gibbosità ed apofisi, ha sollevato maggiormente la copertura scistosa, l'erosione ha agito più rapidamente, determinandone la venuta a giorno, come è avvenuto ad esempio a P.ta de Su Grutta Arrubia. In altri casi invece lo scisto in-quarzato oppure attraversato da filoni di quarzo che ne hanno irrobustito la struttura, si è conservato a formare vette e dorsali (P.ta de Su Seinargiu, Guardia de Is Biancus, ecc.).

Sempre la tettonica ha guidato l'idrografia, e lo dimostrano l'andamento rettilineo dei corsi d'acqua, il loro parallelismo secondo direzioni prestabilite (nella zona W-E) e l'allineamento degli spartiacque che ha guidato la formazione dei bacini di raccolta.

Per la prospezione geomineraria rivestono notevole importanza, come vedremo, tutte le creste e le dorsali per la pressochè costante e già citata presenza di filoni di quarzo, spesso della potenza di vari metri, non di rado portatori di minerali di interesse economico quali molibdenite, barite, fluorite, calcopirite, ecc.

Una prospezione di dettaglio della zona non potrà, dunque, non tener conto di queste importanti guide fisiografiche.

2 - *Aerofotogeologia*

In fotografia aerea la zona appare chiaramente suddivisa nelle quattro formazioni geologiche fondamentali. La rottura di pendio, le forme tondeggianti, l'erosione fluviale con valli ad U, le colture agricole, sviluppate solo in quest'area, permettono di riconoscere la formazione delle alluvioni quaternarie.

Il contatto con gli scisti, interrotto da un lembo di quaternario che si inoltra in essi, segue l'allineamento NE-SW. Unica anomalia topografica è il cono andesitico di Cuccuru S. Marco.

La formazione scistosa appare con toni grigi, molto aspra ed accidentata, con forti dislivelli, le valli incise a V. Al suo interno si notano parecchie strutture ed allineamenti.

Quello che sembra essere il principale allineamento è dato dalle creste che vanno da Su Sperrimu a S'Arcu de Antoni Zoppu in direzione circa N-S, con varie ondulazioni, interrotte circa a metà da una struttura semicircolare con la concavità diretta a W.

Una struttura WNW-ESE che parte da P.ta de Su Seinargiu, costituisce il ramo S dell'emiciclo.

Proseguendo verso N si nota una evidente, lunga frattura diretta NE-SW, di immediato interesse per la prospezione. Un potente filone infatti, in affioramento lungo circa 230 metri, che in fotografia aerea appare come un muro, viene messo in bella evidenza dalla erosione differenziale.

È importante notare come tale filone, riconosciuto mediante l'osservazione aereo-fotogeologica, si è rivelato successivamente, durante il rilevamento di campagna, come una mineralizzazione a barite prevalente in ganga quarzosa, di buone prospettive. Su tale filone gli autori hanno in corso uno studio di dettaglio.

Tra gli scisti, quasi parallelamente al contatto con il Quaternario affiora la già citata sottile lingua di granito, caratterizzata da toni grigi più chiari. I contatti non sono però in generale distinguibili, in quanto obliterati dai detriti e dalla vegetazione. Il colore chiaro non permette che risaltino i filoni quarzosi in esso presenti, tuttavia si può notare una struttura all'interno di essi, orientata anch'essa a NE, ma formante un piccolo angolo con la direzione principale.

Il drenaggio è di tipo rettangolare: questo fatto ben si accorda con le numerose strutture presenti e fa pensare che sia proprio la tettonica ad aver esercitato un controllo sul reticolo idrografico, per cui una buona parte dei corsi d'acqua che scendono dallo spartiacque N-S, caratteristici per il loro andamento rettilineo, sembrerebbero impostati su faglie o fratture.

3 - *Caratteri geopetrografici*

La zona interessata dalla mineralizzazione è costituita fondamentalmente da due complessi litoidi: gli « scisti » (ordoviciano-siluriani?) grigi, che costituiscono l'imbasamento ed il granito ercinico, che in questo settore si insinua come una lunga digitazione nella formazione precedente, con direzione SW-NE. Le altre due formazioni geologiche presenti nell'area in esame, ossia le vulcaniti oligo-mioceniche e le alluvioni quaternarie, non risultano in connessione con la messa in posto della mineralizzazione e verranno qui trascurate.

3.1 - *La formazione degli « scisti » (ordoviciani-siluriani?)*

Il tipo di argilloscisto presente nell'area in esame appare abbastanza omogeneo, almeno in relazione alle numerose varietà di facies petrografiche che caratterizzano le coltri a contatto dei batoliti granitici della Sardegna.

Nel caso in esame si tratta di una roccia di colore grigio nelle fratture fresche, tendente al marrone su quelle ossidate, piuttosto fratturata, debolmente scistosa.

Al microscopio mostra di essere composta da un finissimo aggregato di granuli di quarzo compresi in una matrice argilloso-sericitica di colore brunastro sempre con leggere tracce di tessitura scistosa. Si può quindi definire un argilloscisto. Mancano del tutto in questa zona le diverse varietà di rocce termometamorfiche di contatto che caratterizzano il vicino settore di S. Leone (CONTI, 1963; VERKAEREN, 1974).

La formazione degli « scisti » appare quindi definita, seppur rapidamente, nei suoi caratteri generali: occorre ora esaminare alcune particolarità. Nel fondovalle gli scisti si presentano compatti, di notevole durezza, ben stratificati in grandi bancate. Nei punti relativamente più elevati, ad esempio a Guardia de Is Biancus, possono comparire filoni quarzosi discordanti e ben evidenti a causa dell'erosione

selettiva. Tali filoni presentano salbande ancora silicee di colore rossastro talora inglobanti elementi di scisto; anche tale silice, talvolta a guisa di vero « crostone », preserva dall'erosione gli scisti circostanti.

Gli scisti si presentano spesso notevolmente silicizzati, in reticoli e venette, oppure con livelli silicei intercalati nella stratificazione. Si tratta con tutta probabilità di abbondante silice che si depositava nell'antico bacino in cui precipitavano le argille siltitiche poi trasformate in argilloscisti. Durante e dopo il processo diagenetico parte di tale silice è stata rimobilizzata, andando a riempire le miriadi di microfratture e diaclasi formatesi nella roccia.

Nella parte più alta dell'area in esame, in senso topografico, gli scisti grigi ora descritti vanno man mano sfumando verso una facies molto più scistosa, quasi fogliettata, di colore violaceo, che compare soprattutto sull'altopiano sovrastante l'area mineralizzata. Ancora nella parte alta, in senso stratigrafico, della formazione degli scisti, compaiono dei livelletti neri carboniosi di dubbia interpretazione.

Quanto all'età degli scisti in esame, esiste la datazione cambrica riportata dalla carta geologica d'Italia (1943) e da altri autori (MINUCCI, 1934), mentre il citato VERKAEREN li data ordoviciano-siluriani, peraltro sulla base di un solo reperto fossile. Nell'opinione degli autori di questa nota, il problema resta ancora aperto a necessari, nuovi dettagliati contributi di studio.

3.2 - Il granito

L'affioramento di granito nella zona in esame ha, come già citato, la forma di una digitazione orientata NE-SW, emergente a mezza costa tra gli scisti, chiaramente collegata all'intrusione del batolite principale del Sulcis, comunemente considerato di età ercinica (COCOZZA et al., 1974).

Macroscopicamente si presenta in due facies, una equigranulare a grana media, un'altra porfirica a grana grossa: sul terreno non è stato possibile distinguere giaciture che siano proprie dei due tipi.

La roccia tende ad apparire metasomatizzata a contatto con i filoni a quarzo e a quarzo + molibdenite già descritti, assumendo un aspetto biancastro, minore compattezza, per evidente trasformazione dei componenti soprattutto feldspatici.

In sezione sottile si è osservato che il microclino compare soltanto nella facies porfirica. La composizione fondamentale risulta dunque data in ordine decrescente di abbondanza da quarzo, ortoclasio, microclino, biotite.

La muscovite compare soltanto nelle poche sezioni delle rare aureole metasomatiche che abbiano consentito buone osservazioni. Accessori comuni magnetite e rutilo, raro lo zircone. Frequenti nel quarzo le microfratture e le inclusioni soprattutto liquido-gassose.

Non di rado anche nel granito fresco compaiono piccoli nidi o stelline di molibdenite; non sembra che tale molibdenite di impregnazione, e neanche d'altra parte quella insediata nei filoncelli quarzosi, siano legate in modo preferenziale ad una delle due facies del granito, poichè sia il granito a grana grossa sia quello a grana media risultano interessati dalla mineralizzazione.

TABELLA I

Analisi chimica di due leucograniti di P.ta de Su Seinargiu

	Media 18 analisi di leucograniti sardi ^(°)	Camp. "N4" (equigran.)	Camp. "2A" (inequigr.)
SiO ₂	75,48	74,25	74,47
TiO ₂	0,12	0,20	0,21
Al ₂ O ₃	13,10	13,42	13,36
Fe ₂ O ₃	0,33	0,24	0,45
FeO	0,93	0,96	0,86
MnO	0,06	0,09	0,11
MgO	0,24	0,64	0,52
CaO	1,03	0,85	0,66
Na ₂ O	3,36	3,98	3,35
K ₂ O	4,71	4,82	4,60
P ₂ O ₅	0,06	tr.	tr.
P.C.	0,58	0,96	0,77
		100,41	99,36

(°) Da DI SIMPLICIO et al., 1974.

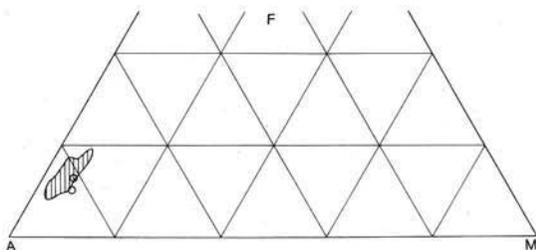


Fig. 4. — Diagramma A-F-M: i punti relativi ai due tipi di graniti rinvenuti nell'area in esame cadono entro od appena al limite dell'area relativa ai 18 leucograniti sardi analizzati da DI SIMPLICIO et al., 1974.

Sono state eseguite le analisi chimiche di due campioni («N4» e «2A») rappresentanti le due facies principali, ora sinteticamente descritte, riportate in Tab. 1 per confronto con la media delle analisi di 18 leucograniti sardi calcolata da DI SIMPLICIO et al., 1974.

In tale nota viene infatti attribuito un chimismo leucogranitico a gran parte del batolite del Sulcis-Iglesiente: le due analisi riportate nel presente lavoro sembrano confermare, almeno per il settore in esame, tale interpretazione. Eventuali leggere differenze (in particolare il TiO₂) dovrebbero essere ascritte alla diversa metodica analitica, senza tuttavia inficiare la sostanziale analogia.

Tale analogia viene confermata anche dal diagramma A(Na₂O+K₂O), F(Fe_{tot.} come FeO), M(MgO), riportato in Fig. 3, dove i punti relativi ai due graniti di P.ta de Su Seinargiu cadono entro l'area relativa ai 18 leucograniti citati oppure appena al limite di essa.

4 - Tettonica

L'orogenesi ercinica ha definito i lineamenti tettonici della zona. Su scala regionale questa orogenesi si è manifestata con un sistema plicativo ad assi variamente orientati (in particolare: NW-SE; N-S; E-W; NE-SW).

Nel Sulcis-Iglesiente l'orogenesi ercinica ha avuto effetti di tipo compressivo, con pieghe serrate o piani assiali variamente inclinati fino a subverticali.

Nella zona in esame è da imputare con tutta probabilità a questa orogenesi la grande piega anticlinale con asse diretto originariamente N-S ben visibile a S'Arcu de Antoni Zoppu.

A tale piega è probabilmente associata una faglia, di cui sembra di poter individuare il piano (sia pure mascherato dall'erosione e dal notevolissimo detrito) nella stessa direzione.

Tale faglia, impostatasi dopo l'intrusione del batolite granitico, sembra essere dovuta al fatto di trovarsi in zona di collasso tettonico (lembo estremo della fossa del Campidano).

L'intrusione granitica, avvenuta nelle ultime fasi dell'orogenesi, avrebbe determinato:

- a) il sollevamento in blocchi dell'anticlinale (P.ta de Su Seinargiu - S'Enna de Balistreri - Sa Grutta Arrubia);
- b) faglie, fratture e pieghe in genere NW-SE, NE-SW, provocando l'ondulazione dell'allineamento N-S.

Successivamente, la tettonica disgiuntiva avutasi in Sardegna in connessione con l'orogenesi alpina, potrebbe avere ripreso tali vecchie faglie.

L'allineamento del contatto Paleozoico-Quaternario secondo la direzione NE-SW, unitamente alla struttura presentata dalla digitazione di granito contenente la mineralizzazione in esame, sono da ricollegare a tali eventi tettonici. La tettonica ha avuto quindi un ruolo fondamentale nel controllo delle mineralizzazioni della zona, prevalentemente a carattere filoniano, insediate in fratture aventi direzioni corrispondenti a quelle sopra citate.

La mineralizzazione

1 - Descrizione

La mineralizzazione di Punta de Su Seinargiu, è ubicata a quota circa 260, a mezza costa delle pendici del rilievo da cui prende nome, in una valle debolmente incisa.

Si tratta, per quanto è possibile vedere sul terreno e nelle gallerie (Fig. 5) che verranno poi descritte, di tre sistemi di piccole fratture subparallele, orientati

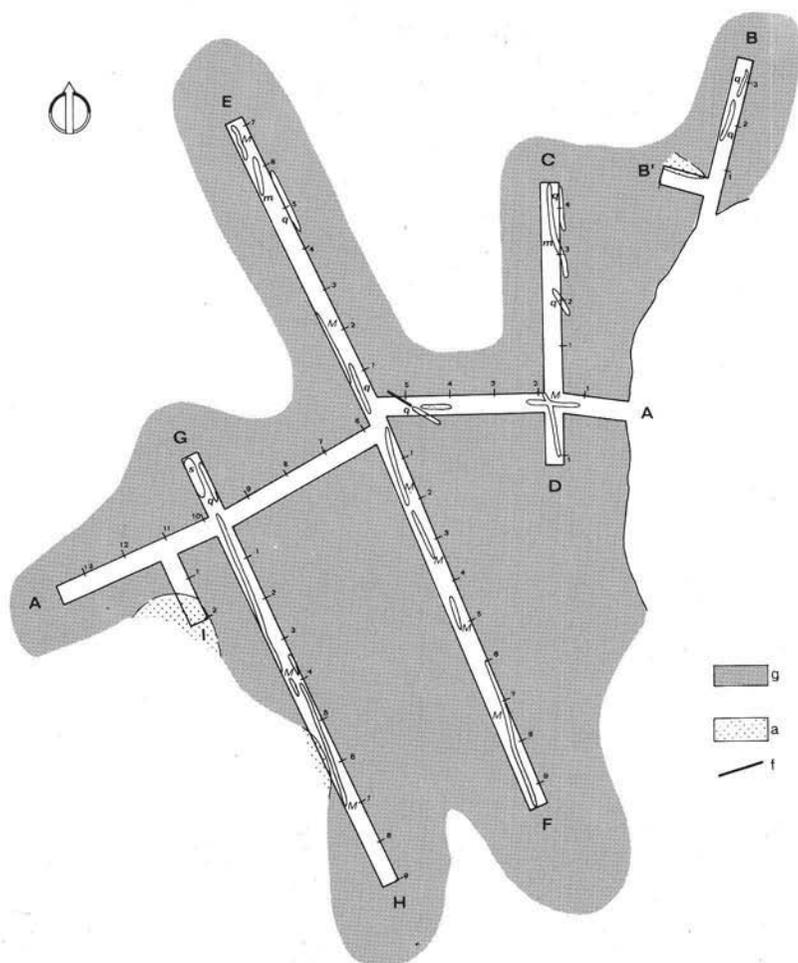


Fig. 5. — Piano di miniera della mineralizzazione a MoS_2 di P.ta de Su Seinargiu, scala 1:400. La galleria A risulta un traversobanco mentre le tre gallerie C-D, E-F, G-H, seguono altrettante direzioni preferenziali della mineralizzazione. La MoS_2 impregna localmente anche il granito incassante.

N 40° W, tutti contenuti nel granito. Le singole fratture, subverticali, risultano riempite essenzialmente di quarzo + molibdenite, cui si aggiunge altra molibdenite disseminata nel granito incassante. La distanza tra un fascio e l'altro è di circa venti metri.

È quindi importante notare che:

- i filoncelli che compongono i singoli sistemi di fratture non sempre hanno continuità ma tendono alternativamente a chiudersi ed a riaprirsi, e talvolta procedono in due, paralleli, alla distanza di 50-100 cm uno dall'altro; la lunghezza oscilla tra i 5 ed i 15 m e la potenza tra 3 e 15 cm;
- la molibdenite, sia macroscopica che microscopica, permea il granito incassante anche laddove non esiste il filoncello quarzoso.

La paragenesi risulta decisamente povera. Calcopirite in mosche e pirite in mosche e cristallini cubici accompagnano talvolta la molibdenite sia nei filoncelli quarzosi sia nell'incassamento. Presenti alcuni rari individui di wolframite, osservati in sezione lucida. La presenza di scheelite è stata indagata mediante la lampada di Wood, ma è risultata anch'essa praticamente assente.

In galleria si rinvencono talvolta in parete estese patine grigio-nere, opache, risultate ad un'analisi diffrattometrica composte prevalentemente da goethite. Associata alla molibdenite, come forma di alterazione, si trova assai frequentemente la molibdite, dal tipico colore giallastro, a cui è imputabile la pigmentazione gialla presente nella patina pulverulenta che in altre zone della galleria ricopre la roccia granitica.



Fig. 6. — Vena di molibdenite nel quarzo a sua volta incassato nel granito, qui leggermente alterato e con patine di ossidazione per l'azione dei fluidi connessi con la deposizione del minerale.

Il carattere peculiare di questa mineralizzazione appare dunque l'estrema povertà della sua paragenesi, costituita, eccetto qualche traccia di pirite, calcopirite e wolframite, solamente da quarzo e molibdenite.

Questo carattere ricorda in qualche modo la mineralizzazione di Perda Lada (M.te Linas), descritta da SALVADORI (1959); tale manifestazione è però collegata ad un ambiente geopetrologico ben diverso, quale il greisen che la incassa.

Diversa e ben più ricca appare invece la paragenesi di un altro deposito a MoS_2 della Sardegna meridionale, il giacimento di Perda Majori, ubicato nel Sarrabus orientale e quindi al di là del « graben » campidanese. Tale giacimento, descritto da BACCOS (1968), appare caratterizzato in particolare dalla presenza di abbondante wolframite.

La ganga, come si è detto, nella mineralizzazione di P.ta de Su Seinargiu,

appare costituita esclusivamente da quarzo. Macroscopicamente questo quarzo è di aspetto vitreo, criptocristallino. Nelle geodi, molto frequenti, si possono rinvenire spesso bei cristalli perfettamente formati con dimensioni di alcuni centimetri ed abito ditrigonale (prisma piramidato).

Le venule di molibdenite seguono costantemente le fratture del quarzo, mostrando sempre la loro posteriorità genetica, come evidenza assai bene l'osservazione in sezione lucida (Fig. 6).

Tre gallerie che si diramano da un traverso banco seguono più o meno in direzione i tre filoni. Un largo ed irregolare fornello interrotto dopo circa sei metri mostra la continuità della mineralizzazione verso l'alto. 16 metri più in alto, una galleria in direzione conferma tale continuità: tuttavia si può notare un impoverimento nella mineralizzazione che in affioramento diventa decisamente netto ed appare visibile solo qualche mosca e tutto al più qualche vena.

Questo livello superiore è di particolare interesse, perchè se il filone principale presente al coronamento diventa più esile verso l'alto, sembra che acquistino maggiore importanza alcuni filoni incrociatori.

Nella salbanda SW del filone, infatti, l'incassamento mostra un'estesa patina di molibdenite che si concentra in particolar modo in due fratture. Mettendo a nudo la roccia si notano due filoncelli abbastanza esili, ma piuttosto ricchi in molibdenite.

A pochi metri della mineralizzazione principale ora descritta esiste una fascia di filoncelli di quarzo orientati NW-SE, parzialmente esplorati da una trincea in direzione, di sette metri di lunghezza, mineralizzata a molibdenite con poca calcopirite. La tessitura della mineralizzazione è identica a quella della fascia filoniana principale, con molibdenite geodica, e frequenti spalmature di molibdenite. Da segnalare la presenza di una pigmentazione verdastra sulla superficie di alcuni filoncelli quarzosi dovuta con tutta probabilità alla presenza della calcopirite. L'indagine con la lampada di Wood, eseguita quando si è ricercata la scheelite nelle gallerie prima descritte, ha mostrato infatti che non si trattava di spalmature uranifere.

Altre trincee di ricerca nei dintorni, verso il rio Concheddu e a Guardia is Biancus, non hanno dato risultati apprezzabili. Alle falde di Su Sperrimu un potente filone di quarzo diretto N-S presenta in vari punti le stesse patine verdastre di minerali di ossidazione del rame precedentemente segnalate.

Un indizio di mineralizzazione a MoS_2 lo si può riscontrare a N della fascia filoniana principale in esame, in un isolato filoncetto quarzoso di circa 20 cm di potenza, incassato in un granito biancastro per il solito incipiente processo metasomatico, con minute lamelle di molibdenite incluse nel quarzo del granito stesso.

Di particolare interesse risulta infine il potente filone di barite in ganga quarzosa, rinvenuto a P.ta Su Seinargiu, diretto NE-SW e lungo almeno 230 m.

Un altro indizio di mineralizzazione a MoS_2 è visibile alle falde di Punta de Su Seinargiu in una fascia, di circa 2 metri di potenza, di filoni di quarzo diretti N 70° W, con qualche lamella di molibdenite.

Ricerche sommarie nei tanti filoni di quarzo, ad eccezione di quelli segnalati, sia negli scisti che nei graniti, hanno dato esito negativo.

È da notare, tuttavia, che non si esclude nè che gli indizi di cui sopra possano rivelare mineralizzazioni interessanti, nè che anche i filoni « sterili », più in profondità possano essere mineralizzati. Ciò è spiegabile sia con il fatto, già accennato, dell'impoverimento del filone verso la superficie, sia con la scarsa resistenza della molibdenite all'erosione. Per cui, tenuto conto che mai la mineralizzazione è continua per lunghi tratti, ma vi sono frequenti e a volte lunghe soluzioni di continuità, è relativamente difficile poterla osservare in affioramento. Quanto alla « ocra del molibdeno » essa appare solo in galleria o nelle trincee, ma non è mai accaduto di vederne in superficie.

2 - *Ipotesi genetiche*

L'origine idrotermale delle mineralizzazioni a molibdenite è piuttosto discussa. Gli autori americani l'attribuiscono, ad es., ai giacimenti a molibdenite di Climax-Urad in Colorado, ma c'è da dire che essi negano la possibilità stessa dall'esistenza dei giacimenti pneumatolitici (MASSOLI-NOVELLI, 1973).

In Europa e quindi in Sardegna, come si è già detto al capitolo 2, la gran parte dei giacimenti a MoS_2 viene riferita alla genesi pegmatitico-pneumatolitica. Tuttavia il giacimento di P.ta Su Seinargiu non sembra possa rientrare in tale schema. Si tratta infatti di un giacimento parzialmente filoniano e parzialmente di impregnazione, ove mancano fenomenologie francamente pneumatolitiche, con greisenizzazione dell'incassamento e intenso metamorfismo di contatto con la copertura scistosa (non si rinvengono ad es. cornubianiti). Tutt'al più è presente un fenomeno di muscovitizzazione appena accennato, con presenza di muscovite nelle fratture del granito, nel quarzo filoniano, nelle salbande e nell'ortose, fenomenologia collegata ad alcuni isolati esempi di caolinizzazione che sembra legata ad azioni metasomatiche (P.ta Perdu Mulas, Guardia is Biancus). Manca invece qualsiasi tipo di tormalinizzazione.

Tutto ciò significa che la presenza di volatili doveva essere assai scarsa, e gli accenni di muscovitizzazione dovrebbero essere imputabili ad un ambiente chimico-fisico tipico di una fase tardiva del processo pneumatolitico.

In particolare la mineralizzazione di P.ta Su Seinargiu si può far rientrare nel noto schema di FERSMAN (1934) della zonalità « normale » o periplutonica (perimagmatica), applicato da SCHNEIDERHOHN (1941) ai giacimenti di rame e stagno della Cornovaglia e confermato nella più recente revisione del ROUTHIER (1963). La fase di transizione pneumatolitica-ipotermale è caratteristica per la presenza di calcopirite, arsenopirite e pirite, mentre la wolframite e soprattutto la scheelite, la bismutinite, la cassiterite e la tormalina tendono a scomparire.

In rapporto al giacimento di P.ta Su Seinargiu si spiegano facilmente l'associazione pirite, calcopirite, molibdenite e la scarsità di wolframite e scheelite.

Quanto alle due forme di giacitura della molibdenite, è evidente che nella transizione tra due fasi, parte dei fenomeni caratteristici dell'una e dell'altra fase

possono coesistere e quindi si ha la molibdenite disseminata nel granito quale deposito a livello di fenomenologia pneumatolitica e la la molibdenite a riempire piccole fratture, insieme al quarzo, quale deposito ipotermale.

È da ritenersi quindi che tutte le manifestazioni a molibdenite nella zona, che appaiono collegate all'apofisi di granito in esame, appartengano ad un evento metallizzante di fase pneumatolitico-ipotermale, avvenuto con successione quarzo-molibdenite; infatti la molibdenite riempie le fratture e i vacuoli del quarzo, come già descritto e come è ben visibile anche nelle microfotografie eseguite a luce riflessa.

Quanto alla molibdenite rinvenuta nel vicino giacimento di S. Leone, tale presenza può essere spiegata o con la rimobilizzazione di molibdeno già contenuto nei sedimenti (CABOI, CONDRÒ, MASSOLI-NOVELLI, 1970) e quindi concentrato, o con fenomenologie pneumatolitiche che, in questo caso, come è noto, hanno interessato profondamente l'incassamento (VERKAEREN, 1974).

In ogni caso tutta l'area è da ritenersi anomala in molibdeno e quindi degna di rilievo per una prospezione di dettaglio.

Stima del giacimento

1 - *Lavori minerari preesistenti*

Nel tentativo di dare una stima del giacimento in questione che pur non essendo rigorosamente quantitativa, risulti idonea dare delle informazioni sulla convenienza di proseguire le ricerche e sulle sue caratteristiche, è stata eseguita una campionatura.

Nel campionare mineralizzazioni con vecchi lavori minerari abbandonati, a meno che non si vogliano sviluppare nuove ricerche, si è necessariamente legati all'impostazione di essi.

Nel giacimento in esame i lavori di ricerca sono stati condotti in passato nel seguente modo (vedi il piano della miniera in Fig. 4):

Una galleria in traversobanco (galleria A) con sezione di metri 1,82 (larghezza media) \times 1,92 (altezza media) e lunga 69,5 m da cui si dipartono le gallerie in direzione:

$$C-D = 1,68 \times 2,08 \times 29,5 \text{ (in metri)}$$

$$E-F = 1,66 \times 2,46 \times 85,5 \text{ (} \gg \text{)}$$

$$G-H = 2,04 \times 2,04 \times 52,4 \text{ (} \gg \text{)}$$

A questi lavori occorre aggiungere la piccola traversa I, in direzione (1,82 \times 1,82 \times 8), il livello superiore L-M (1,90 \times 3,87 \times 25) 16 metri più in alto e la galleria B (1,66 \times 1,80 \times 18) alla stessa quota della A ma spostata di 50 metri circa e diretta N 15° E, con la sua traversa B' (1,66 \times 1,80 \times 5).

Nell'impostare la campionatura si è deciso di tenere conto solo dei lavori in galleria, in quanto in affioramento le caratteristiche della mineralizzazione non erano visibili ed evidenti.

Si avevano a disposizione, come già detto, un totale di 290 m di gallerie, tutti

nella formazione granitica. Un primo rilevamento a vista delle gallerie aveva mostrato la presenza di molibdenite sia lungo i tre allineamenti preferenziali (venule di quarzo + MoS_2) orientati NW-SE, sia in singoli nidi od individui nel granito incassante.

2 - La mineralizzazione in venule

La valutazione della molibdenite presente nelle venule dei tre allineamenti preferenziali è stata effettuata mediante la misura della potenza ridotta (Pr), eseguita ogni due metri nelle gallerie ove i filoncelli di quarzo presentavano una discreta continuità (gallerie D, F, H).

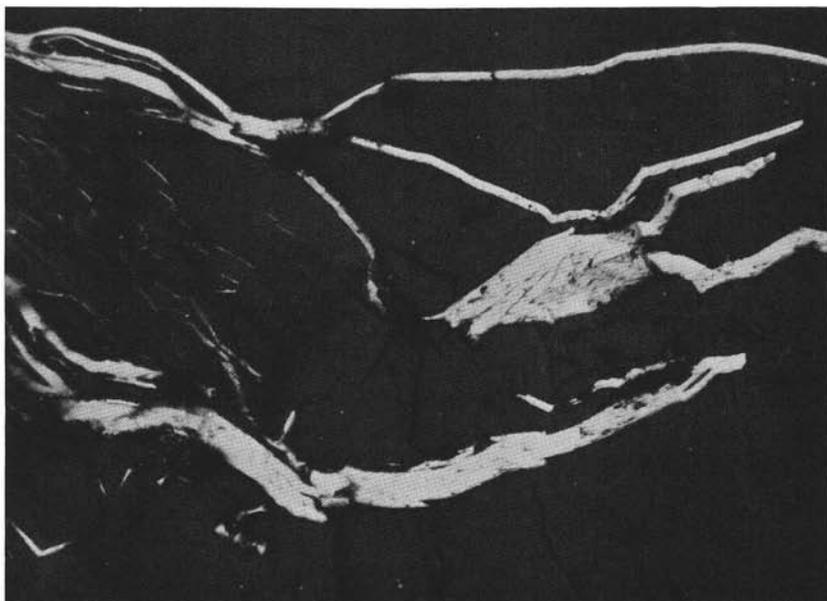


Fig. 7. — Microfoto di sezione lucida di quarzo + molibdenite. Il solfuro, di cui si può notare la tipica anisotropia, risulta chiaramente posteriore al quarzo, occupandone buona parte delle microfratture. Nicols X, 40 x.

Occorre tuttavia precisare che a nostro avviso le gallerie a suo tempo eseguite non sono sempre state impostate secondo il reale andamento delle venute. Così ad esempio nella galleria D il filoncello molto ben mineralizzato ivi presente si perde in parete; mentre la galleria E, tracciata in sterile, parrebbe per vari indizi aver camminato parallelamente ad una venula rimasta entro la parete SW.

Si è potuto adottare il metodo della misura della Pr sia a causa del notevole risalto visivo che la molibdenite presenta quasi sempre nei confronti del quarzo (a parte l'approssimazione insita nel metodo stesso), sia per il fatto di aver precedentemente evidenziato al microscopio a luce riflessa la pressochè costante purezza del minerale.

La media aritmetica delle misure della Pr nei 96 metri di gallerie indagate risulta di cm 2,04 di molibdenite, così suddivisi nei singoli allineamenti:

$$\text{gall. D} = \text{cm } 2,75; \quad \text{gall. F} = \text{cm } 3,03; \quad \text{gall. H} = \text{cm } 0,94.$$

Dato il basso numero di campioni, dovuto al limitato sviluppo dei lavori, non si è ritenuto opportuno operare un vero e proprio trattamento statistico dei dati; d'altra parte la media aritmetica ha significato considerando che le varie venule a MoS_2 appartengono ad unico evento mineralizzante.

Il dato ottenuto dimostra che la mineralizzazione a molibdenite contenuta entro le venule di P.ta Su Seinargiu, seppure indagata per soli 96 m e su un solo livello, presenta un certo interesse. Per offrire un dato ancora più indicativo, ossia il tenore in peso del metallo relativo al tout-venant a suo tempo estratto dalle gallerie indagate, si è rapportato il peso della MoS_2 presente con quello del granito + quarzo, applicando la semplice formula:

$$Pt = l \cdot h \cdot Pr \cdot \gamma$$

dove Pt = peso in ton; l ed h = lunghezza ed altezza delle gallerie indagate; Pr = potenza ridotta; γ = peso specifico della molibdenite (4,5) oppure del granito (2,7); il tutto relativo ad una galleria di sezione schematizzata di $m \ 2 \times 2$, lunga m 96.

Dal rapporto percentualizzato tra i due Pt ottenuti si ottiene un tenore in $\text{MoS}_2 = 1,75 \%$, corrispondente ad un tenore in metallo = $1,05 \%$, relativo al materiale estratto (in parte attualmente visibile nelle discariche).

Non si hanno dati per valutare la mineralizzazione in profondità, mentre verso l'alto essa continua fino all'affioramento che si trova mediamente circa 20 m sopra il livello indagato. Tuttavia la facile erodibilità delle lamelle di molibdenite non ha consentito misure della Pr in superficie.

3 - La mineralizzazione disseminata

Con lo scopo di valutare in termini quantitativi anche il Mo-solfuro disseminato nel granito, è stata eseguita un'apposita campionatura. Sono stati prelevati campioni a mano nel traversobanco A e nelle gallerie ove non esisteva mineralizzazione in venule di quarzo, ad intervalli di 5 m, prelevando in ogni sezione un campione nella mezzeria della corona e due in parete a m 1,50 d'altezza. A seguito di una attenta cernita, sulla base dei caratteri macroscopici, dei campioni sicuramente non appartenenti alla popolazione della MoS_2 in venule e con successiva miscelazione in quantità eguali dei tre campioni previsti nelle dette posizioni di mezzeria e parete, sono stati scelti n.° 33 campioni, poi analizzati.

La determinazione del Mo è stata effettuata per fluorescenza X, utilizzando un'apparecchiatura Philips 1410 con tubo a tungsteno; si è utilizzata una curva di taratura costruita con le $I_{\text{MoK}\alpha}$ nette misurate su standard da noi preparati con una matrice di composizione simile a quella dei campioni.

La distribuzione delle frequenze dei dati ottenuti è riportata in Fig. 8. Tali istogrammi ipotizzano ancora la presenza di due popolazioni di concentrazioni in Mo nel campione esaminato. Una, corrispondente ai valori compresi nel primo intervallo tra 0 e 0,6 log Mo ppm (0-4 ppm), si può ben riferire all'elemento presente in tracce nei reticoli dei minerali fondamentali del granito, sia come ione vicariante sia come solfuro submicroscopico intrappolato nei difetti reticolari dei detti minerali. Tale modalità di presenza dell'elemento nel granito è già stata discussa da alcuni di noi per il molibdeno di M.te S'Abbagana, per il quale era stato trovato un massimo di frequenze a 3,3 ppm.

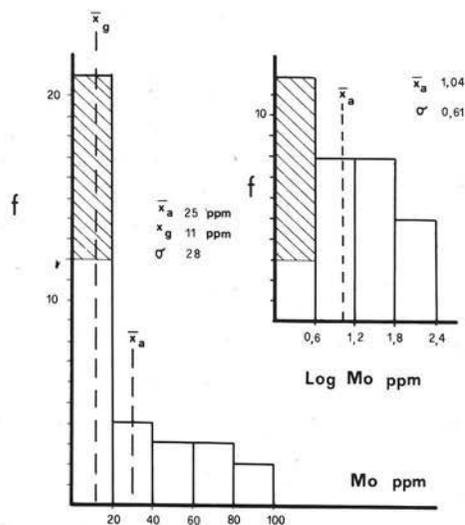


Fig. 8. — Distribuzione dei tenori di Mo disseminato nel granito. L'ampiezza dell'intervallo è stata scelta sulla base delle considerazioni di AHRENS, 1954. L'area tratteggiata corrisponde ai tenori di Mo ospite nei reticoli dei minerali costituenti la roccia (< 3 ppm).

L'altra popolazione, cui corrisponde un massimo di frequenze per log Mo ppm di 1,04 (11 ppm) è riferibile alla molibdenite disseminata nel granito ed appare una conseguenza, come verrà discusso tra poco, degli eventi mineralizzanti che originarono le venule prima descritte.

A meno degli effettivi relativi alla prima popolazione e nonostante il numero di campioni analizzato sia basso, si può affermare che la distribuzione di questi tenori tende alla log-normalità.

I dati evidenziano il non interesse minerario della molibdenite di tipo disseminato.

Inoltre dall'esame dell'andamento delle concentrazioni in funzione del punto di prelevamento dei campioni scaturiscono delle considerazioni significative per un eventuale sviluppo della ricerca mineraria in quest'area. Infatti i valori più elevati del traversobanco si riscontrano per lo più in prossimità degli allineamenti mineralizzati, ove evidentemente l'effetto di impregnazione è stato maggiore (galleria A di Fig. 4, camp. 6 = 80 ppm; camp. 7 = 34 ppm; camp. 10 = 14 ppm). I valori crescono anche in corrispondenza della traversa I (gall. A: camp. 12 = 14 ppm; camp. 13 = 86 ppm), tracciata in sterile; osservando il pianetto di miniera di Fig. 4, è possibile ipotizzare, sulla base dei dati ora citati, la presenza verso SW di un quarto allineamento mineralizzato, anche perchè appare evidente che la traversa I è stata tracciata a troppa poca distanza dalla galleria H.

Possibilità di ulteriori ricerche

Sulla base di quanto esposto circa la mineralizzazione a molibdenite in esame, degli indizi minerari rinvenuti nell'area rilevata ed in particolare riferendosi al filone di barite di P.ta Su Seinargiu, da noi rinvenuto, in considerazione della presenza nell'area di Sarroch di altre due interessanti mineralizzazioni, quella a MoS_2 di Flumini Binu a nord dell'area rilevata e quella di M.te Calcinaio, altro notevole filone a fluorite e barite prevalenti, a SW dell'area in esame, si ritiene che in futuro possa essere consigliabile un ulteriore approfondimento delle indagini sull'intero settore di Sarroch-Pula al fine di accertare definitivamente la consistenza delle risorse minerarie in quest'area della Sardegna.

Ausilio a tali eventuali indagini, sulla base delle osservazioni da noi effettuate durante il presente studio, potranno risultare le seguenti «guide» di ricerca:

- I) guida fisiografica: le zone topograficamente più elevate e le dorsali sono molto spesso sede di filoni di quarzo, talvolta mineralizzati a barite, con potenza di 1-5 m;
- II) guide tettoniche: le strutture orientate NW-SE e NE-SW risultano spesso sede di filoni quarzosi in cui talvolta si sono osservati indizi di MoS_2 ;
- III) guide litologiche: il rilevamento ha evidenziato che il granito «sbiancato» (leggermente metasomatico) risulta il tipo litoide che ospita più frequentemente i filoni mineralizzati;
- IV) guide mineralogiche: la molibdenite è stata rinvenuta sia macroscopicamente che in sede microscopica prevalentemente legata al quarzo filoniano, mentre scarsa importanza riveste quella legata alla giacitura di disseminazione nel granito.

Conclusioni

In base agli studi effettuati ed alle considerazioni riportate circa la mineralizzazione a molibdenite di P.ta Su Seinargiu si giunge alle seguenti conclusioni:

- 1) il rilevamento geominerario in scala 1:5.000 ha consentito di evidenziare la presenza di una mineralizzazione a MoS_2 prevalente in ganga quarzosa, presente in tre fasci di fratture orientati N 40° W;
- 2) la mineralizzazione in esame risulta incassata in una lingua di granito diretta NE-SW affiorante da una copertura scistosa ritenuta probabilmente di età ordoviciana-siluriana. In affioramento la lingua di granito presenta una potenza media di 150-200 m;
- 3) la zona ha subito una forte tettonizzazione con direzioni prevalenti N-S, NW-SE, NE-SW. Le due ultime direzioni hanno esercitato un chiaro controllo tettonico sulla mineralizzazione della zona;
- 4) il corpo minerario in esame risulta costituito essenzialmente dalle tre citate strutture filoniane subverticali, esplorate in pratica su un solo livello. Oltre tali

strutture, la molibdenite si rinviene anche nel granito incassante con giacitura di tipo disseminato. Le analisi effettuate dimostrano però che i tenori di tale disseminazione sono nettamente subordinati a quelli della mineralizzazione legata ai filoncelli di quarzo;

- 5) sulla base delle osservazioni giacaturali e paragenetiche, si ritiene che la genesi della mineralizzazione sia da ricondurre alla deposizione da un convoglio idrotermale di alta temperatura, con locali deboli fenomenologie pneumatolitiche; sotto il profilo della posizione rispetto al batolite granitico, la mineralizzazione è chiaramente « perimagmatica »;
- 6) la mineralizzazione a MoS_2 legata alle venule di quarzo è stata valutata, seppure su un solo livello, per una lunghezza di 96 m mediante la misura della potenza ridotta (Pr); il tenore in metallo, calcolato dalla Pr e rapportato ad una sezione di $m \ 2 \times 2$, è risultato dell'1,05 %;
- 7) la molibdenite disseminata nel granito incassante, valutata in base alle analisi per fluorescenza X di n.° 33 campioni opportunamente prelevati, è risultata di nessun interesse economico. Le analisi effettuate hanno tuttavia mostrato l'esistenza, oltre alla già citata molibdenite in venule di quarzo, di altri due tipi di Mo: un tipo legato alla impregnazione provocata dai convogli che hanno riempito le fratture descritte ed un altro legato ai reticoli dei minerali fondamentali che compongono la roccia granitica. È di notevole interesse aver rilevato che l'andamento dei valori lungo il traverso banco suggerisce la presenza di un possibile quarto corpo mineralizzato;
- 8) nell'area in esame sono stati rinvenuti indizi di altre mineralizzazioni a molibdenite; inoltre è stato individuato un potente filone a barite in ganga quarzosa, a parte le più conosciute mineralizzazioni a Mo di Flumini Binu ed a Ba/F di M.te Calcinaio;
- 9) sulla base dei dati ottenuti e delle considerazioni su esposte si consiglia una prospezione geomineraria di dettaglio, volta ad approfondire ed estendere la conoscenza di tutta l'area indiziata ai fini di una stima generale delle mineralizzazioni già individuate e che si potranno individuare.

Ringraziamenti. — Gli AA. ringraziano il prof. IVO URAS, Direttore dell'Istituto di Giacimenti Minerari dell'Università di Cagliari, per i suggerimenti forniti e per la lettura critica del manoscritto.

BIBLIOGRAFIA

- ANONIMO (1921) - *Filone di molibdenite di Flumini Bino (Sarroch)*. Res. Ass. Min. Sarda, 26, VII, 25.
- AHRENS L. H. (1954) - *The lognormal distribution of the elements*. Geoch. et Cosmoch. Acta, 6, 121-131.
- BACCOS F. (1968) - *Osservazioni geologico-minerarie sul giacimento a molibdenite e wolframite di Perda Majori (Sardegna Sud-Orientale)*. Res. Ass. Min. Sarda, 72, VI, 5-66.

- BURKHARDT C. E., VERKAEREN J. (1970) - *Les skarns a magnétite de S. Leone, Sardaigne SW*. C.R. Acad. Sc. Paris, 270, 1.
- CABOI R., CONDRÒ A., MASSOLI-NOVELLI R. (1970) - *La mineralizzazione a molibdenite di Monte S. Abbagana*. Rend. Sem. Fac. Sc. Univ. Cagliari, 40, III-IV, 371-424.
- CAVINATO A. (1964) - *Giacimenti Minerari*. U.T.E.T., Torino, p. 103.
- COCCO G. (1950) - *Il giacimento di magnetite di S. Leone*. Rend. Sem. Fac. Univ. Cagliari, 20, 298-321.
- COCOZZA T., JACOBACCI A., NARDI R., SALVADORI I. (1974) - *Schema stratigrafico-strutturale del Massiccio Sardo-Corso e minerogenesi della Sardegna*. Mem. Soc. Geol. It., 13, 85-186.
- CONTI L. (1963) - *Lineamenti geopetrografici e giacimentologici delle mineralizzazioni uranifere nei dintorni di S. Leone (Cagliari)*. Per. Min., XXXII, 386-457.
- DERIU M., ZERBI M. (1965) - *Notizie preliminari sul rilevamento geopetrografico e sulle ambientazioni petrogenetiche relative al giacimento di Molibdenite di M.te Mannu (Oschiri)*. Symp. Probl. Geomin. Sardegna, Cagliari, pp. 381-393.
- DI SIMPLICIO P., FERRARA G., GHEZZO C., GUASPARRI G., RICCI C. A., RITA F., SABATINI G. (1974) - *Il metamorfismo e il magmatismo paleozoico nella Sardegna*. Rend. Soc. It. Min. Petr., 30, II, 979-1068.
- FERSMAN A. E. (1934) - *Geochimie*. Leningrado, p. 200.
- FOIS S. (1939) - *Minerali della miniera di S. Leone*. Res. Ass. Min. Sarda, 44, VI, 202-205.
- KINDL S. (1971) - *Metodo per la valutazione delle riserve dei giacimenti minerari*. Geologia tecnica, VI, 211-231.
- KOZLOV U. D., ROSHKUPKINA O. S. (1965) - *The distribution of molybdenum in the paleozoic granitoids of the Undino-Gazimur region*. Geochemistry International, 2, VI, 1066-1075. (Colorado). Res. Ass. Min. Sarda, VIII, pp. 10. Mem. Inst. Géol. Univ. de Louvain, 27, II.
- MARTELLI A. (1921) - *Ricerche di minerali di molibdeno e tungsteno in Sardegna*. Rass. Min. Met. Chim., Roma.
- MASSOLI-NOVELLI R. (1965) - *Studio geopetrografico della zona di Sarroch (Cagliari)*. Nota I: *Le andesiti*. La Ricerca Scientifica (IIA) ser. 2, 8, VI, 1577-1596.
- MASSOLI-NOVELLI R. (1972) - *Brevi note sul nuovo giacimento a Molibdenite di Henderson (Colorado)*. Res. Ass. Min. Sarda, VIII, pp. 10.
- MINUCCI E. (1934) - *Il giacimento ferifero di S. Leone, Cagliari*. Res. Ass. Min. Sarda, 39, VII-VIII, 15-33.
- MURARD R. (1960) - *Probabilité et Statistiques*. Revue de l'Industrie Minerale.
- PELLETIER J. (1960) - *Le relief de la Sardaigne*. Fascicule hors série de la Revue de Géographie de Lyon, pp 260-262.
- PIGA A. (1949) - *Note sul giacimento a magnetite di S. Leone*. Res. Ass. Min. Sarda, 54, II, 40-44.
- REPOSSI E. (1923) - *La wolframite in un giacimento di molibdenite sardo*. Rend. R. Acc. Naz. Lincei, Roma, ser. 5, 32, I, 44-47.
- ROUTHIER P. (1963) - *Les gisements métallifères*. Masson et C.ie, Paris, pp. 447-493.
- SALVADORI I. (1959) - *Segnalazione di una manifestazione a molibdenite nella zona di Villacidro*. Res. Ass. Min. Sarda, 63, V-VI, 5-27.
- SCHNEIDERHOHN (1941) - *Lehrbuch der Erzlagerstättenkunde*. Gustav Fischer Jena, p. 136.
- SOTGIA T. (1921) - *Alcune osservazioni sui minerali di molibdeno*. Rass. Min. Met. Chim., Roma, 55, II.
- VERKAEREN J. (1974) - *Les skarns a magnétite de Saint Leone, Sardaigne Sud-Occidentale*. Mem. Inst. Géol. Univ. de Louvain, 27, II.