



Le sorgenti minerali
di Levico - Vetriolo e Roncegno

Le sorgenti minerali di Levico-Vetriolo e Roncegno

di Maria Franca Brigatti - Giulio Detomaso - Giuliano Perna - Luciano Poppi

1. Premessa

Le acque minerali arsenicali sono rare in natura: in Francia sono famose per la cura dell'asma *La Bourboule* e *Mont-Dore* nel Massiccio Centrale, in Germania la *Bad Dürkheim*, ambedue alcaline, mentre è acida la sorgente di *Srebenica* nella Bosnia Erzegovina. Il complesso di Levico-Vetriolo e Roncegno, con le sue acque arsenicali, è pertanto di eccezionale importanza, non solo per le proprietà curative, ma anche per gli aspetti scientifici connessi alla loro genesi ⁽¹⁾.

Le sorgenti di Vetriolo sono note da secoli e sono citate per la prima volta dal cronista Michelangelo Mariani, che nel 1673 scriveva: « *Su'l tener tra Levico e Pergine, per una qualche miniera di ferro che ci sta, sgorga una acqua scoperta anni or sono, che ha del calibe. Riesce perciò un'acidula purgante e stomacale, come aluni han provato* ».

Un secolo dopo, con i primi studi dovuti a TALANDINI e TONELLI, si incominciò a conoscere la azione terapeutica delle acque.

Nel 1816 la scoperta dell'arsenico nell'acqua forte, dovuta al PINALI, fece proibire i bagni, ripresi più tardi.

Il primo stabilimento fu eretto a Vetriolo già nel 1814, ma solo nel 1860 le acque minerali furono condotte a Levico, con una canalizzazione in legno, da parte della prima vera e propria azienda per lo sfruttamento delle acque.

Nel 1860 infatti fu costituita, tra elementi locali, cittadini di Levico e di Trento, la così detta « Società Balneare », avente per scopo lo sfruttamento a scopo terapeutico e la valorizzazione delle acque arsenicali-ferruginose di Vetriolo. La concessione venne accordata per un periodo di 40 anni; nel 1897

subentrò una società tedesca, la « Società Berlinese », che diede grande impulso alle terme, costruendo stabilimenti termali, realizzando acquedotti ed uno stabilimento di imbottigliamento presso la stazione ferroviaria.

Al termine della prima guerra mondiale il complesso fu rilevato dal Comune di Levico, che dovette passarlo al Demanio per difficoltà finanziarie. L'azienda fu data in esercizio alla « S.p.A. Terme di Levico e Vetriolo » e nel 1952, a seguito dello Statuto di Autonomia, fu trasferito alla Regione Trentino-Alto Adige ed infine, all'inizio del 1973, alla Provincia Autonoma di Trento.

La letteratura sulle sorgenti minerali di Vetriolo è molto vasta e tocca i molteplici interessi destati: composizione chimica, genesi delle acque, cure termali, ecc. Questo nuovo studio è stato promosso dall'Azienda Termale di Levico-Vetriolo e Roncegno in funzione di un potenziamento delle sorgenti, necessario per l'enorme sviluppo che hanno avuto negli ultimi anni le cure termali.

Gli AA ringraziano il dott. Alcide Saltori per le notizie fornite, il prof. Franco Defrancesco per le nuove analisi chimiche, il prof. Paolo Omenetto per la revisione della parte minerografica, ed il p.m. Giulio Agnoli per i rilievi topografici.

Per il presente lavoro sono stati utilizzati rapporti inediti ed una bella relazione, redatta dal grande geologo trentino GB. Trener nel 1950.

2. Geologia

Le acque minerali arsenicali-ferruginose di Vetriolo sgorgano sul versante meridionale della Panarotta (Monte Fronte) a NE dell'abitato, a quota 1582

00047.05.

⁽¹⁾ Le acque con maggior contenuto di arsenico sono quelle di S. Carlo in Vanzone (Val d'Ossola), che contengono 0,222 di anidride arseniosa per litro e che sgorgano, in connessione alla arsenopirite, dalle antiche miniere di oro, dette « Gallerie dei Cani ».

Dott. M. F. Brigatti, Istituto di Mineralogia dell'Università di Modena; dott. G. Detomaso, geologo; prof. ing. G. Perna, Istituto di Giacimenti Minerari dell'Università di Bologna; dott. L. Poppi, Istituto di Mineralogia e Petrografia dell'Università di Bologna.

Lavoro finanziato dal CNR, contratto di ricerca n. 73.

(*sorgente dell'Acqua forte*), e sotto l'abitato stesso, a quota 1437 circa (*sorgente dell'Acqua debole*). Di recente si è aggiunta al complesso la *sorgente oligominerale Cappuccio*, che nasce presso l'abitato a quota 1500.

Altre acque arsenicali ferruginose sono quelle di *S. Orsola* in Val dei Mocheni e di *Roncegno*, ambedue sfruttate in stabilimenti termali.

Le acque minerali traggono generalmente le sostanze che portano in soluzione dalle rocce che attraversano; molto raramente le acque sono juvenili, provengono cioè da grande profondità in connessione con fenomeni magmatici.

Per un'esatta comprensione della genesi delle acque si impone pertanto la conoscenza della geologia locale. In questo caso la zona è ben nota soprattutto per i recenti studi di D'Amico, cui faremo riferimento, con un breve cenno. Ci troviamo qui all'estremo lembo occidentale della così detta « isola cristallina di Cima d'Asta » nella quale affiorano gli scisti cristallini, derivanti da una serie di rocce sedimentarie e vulcaniche e di età Cambro-ordoviciane (500 ÷ 400 milioni di anni), che hanno subito un metamorfismo nel Carbonifero (300 M.a.). Nel Carbonifero superiore - Permiano inferiore (280 ÷ 270 M.a.) si sono avute le intrusioni granitiche di Cima d'Asta e la effusione delle vulcaniti della piattaforma atesina; queste ultime giacciono in discordanza sulle metamorfiti, con l'interposizione di un conglomerato che testimonia l'attività erosiva che ha prodotto la demolizione della catena ercinica.

Tutte queste rocce cristalline costituiscono il basamento sul quale poggiano le rocce sedimentarie, prevalentemente carbonatiche, che formano il complesso di quella meraviglia della natura che sono le Dolomiti.

Le rocce che affiorano in particolare nella zona di alimentazione delle sorgenti di Vetriolo sono filladi quarzifere-albitiche e filladi sericitiche, nelle quali i minerali costituenti sono rappresentati da quarzo, mica bianca, albite, cloriti. Queste rocce derivano da originarie rocce sedimentarie argillose; le rocce intrusive sono rappresentate da filoni di porfiriti verde scuro di composizione da granodioritica a quarzodioritica. Nel bacino di alimentazione delle sorgenti di Roncegno sono presenti anche ammassi granodioritici.

La copertura detritica è scarsa ed è costituita da sfaticcio delle filladi (roccia molto degradabile) e da una modesta copertura morenica. Tutta la zona è interessata da una miriade di mineralizzazioni, che possono essere raggruppate in tre famiglie ben distinte:

1) Giacimenti concordanti con la scistosità, nei quali i minerali fondamentali sono pirite, calcopirite e arsenopirite. Si tratta di originari banchi di solfuri

sedimentari metamorfosati assieme alla roccia incassante. Nei secoli scorsi, probabilmente nel 1600, questi giacimenti furono intensamente coltivati per estrarre la pirite, dalla quale si ricavava l'*acqua vetrioli* (acido solforico) ed in parte per il recupero del rame.

- 2) Giacimenti idrotermali discordanti a quarzo, fluorite, barite, galena, blenda e calcopirite. Sono mineralizzazioni che furono coltivate in modo saltuario nei secoli scorsi per estrarre il rame e l'argento (associato alla galena) e, ai nostri giorni, soprattutto la fluorite.
- 3) I filoni di porfiriti, alcuni dei quali sono associati ai giacimenti fluoritici, hanno spesso una mineralizzazione diffusa a pirite, calcopirite ed arsenopirite, priva tuttavia di interesse industriale in passato furono fatte modeste ricerche per rame.

Dato così uno sguardo rapidissimo alla geologia della zona, vediamo quali siano le origini delle acque minerali.

Sia l'*acqua forte* che l'*acqua debole* di Vetriolo fuoriescono dalle vecchie gallerie delle miniere di pirite di Vetriolo e traggono la mineralizzazione prevalentemente dal banco stesso, molto fratturato, e dalle vecchie ripiene, ove la circolazione idrica è facilitata dalla permeabilità in grande.

L'alterazione della pirite avviene con una serie di reazioni di ossidazione che liberano acido solforico e gli elementi metallici accessori del banco.

L'acido solforico agisce inoltre sulla roccia filladica, portando in soluzione altri ioni.

L'acqua oligominerale della *sorgente Cappuccio* nasce invece dalle filladi e non attraversa il banco metallifero. Essendo tali rocce costituite da quarzo e silicati ben poco solubili, essa risulta povera di mineralizzazione (0,0601 g/l di residuo fisso a 180°).

Le acque drenate dalle miniere nelle quali si coltivano attualmente i filoni fluoritici non hanno alcuna particolarità e sono anche molto scarse; dalla pirite ed arsenopirite associate alle porfiriti trae invece la mineralizzazione l'acqua delle sorgenti di Roncegno.

Dato così un rapido sguardo alla genesi delle acque minerali, ci soffermeremo ad approfondire lo studio della mineralizzazione primaria, dei minerali secondari che rivestono le gallerie delle vecchie miniere e della composizione chimica delle acque sia di Vetriolo che di Roncegno.

3. Le miniere di Vetriolo

Nella zona di Vetriolo vi sono numerose testimonianze di antiche coltivazioni del banco di pirite, che trova il proseguimento dall'altra parte della Val-

sugana, a Calceranica, ove era in attività sino a pochi anni fa un'importante miniera.

Presso Vetriolo si notano un po' dovunque antiche discariche e qualche cunicolo ancora aperto. Fra questi ricorderemo le gallerie da cui fuoriescono le acque minerali e che sono denominate « Grotta dell'Ocra » e « Grotta del Vetriolo », da cui nascono rispettivamente l'*acqua debole* e l'*acqua forte*.

La prima prende il nome dalle ocre (idrossidi di ferro) che formano spessi depositi sulle pareti e soprattutto sul pavimento della galleria. La grotta del Vetriolo deve il suo nome all'elevato contenuto di H_2SO_4 delle acque.

Il rinvenimento di attrezzi in porfido per la macinazione del minerale testimonia una attività preistorica (PREUSCHEN, 1973); il più antico documento di queste miniere risale al 1636 ed è un atto di concessione del giacimento al Conte di Castelbarco, il quale sarebbe stato preceduto da una società ebraica che dovette abbandonarla in seguito a persecuzioni razziali. Le mineralizzazioni furono scoperte per la presenza di acque di cementazione affioranti, che già nel 17° secolo furono usate per produrre rame.

Dai Castelbarco la miniera passò ad una società veneziana che la mantenne in attività fino al 1780, quando fu chiusa a causa della scarsità di legname. Oltre che la pirite sembra si cavasse anche il ferro: secondo il SORDEAU, 1893, vi sarebbe stata anche siderite ma più probabilmente si trattava di limonite.

Sotto la grotta dell'Ocra si trova infatti una discarica di minerale limonitico che deriva verosimilmente dall'alterazione di pirite. Si può pensare che si tratti di pirite proveniente da lavori più recenti (e vi sono in miniera segni dell'uso di esplosivo) e alterata dagli agenti atmosferici, oppure di minerale superficiale alterato in posto e scartato dai vecchi minatori, cui interessava la pirite. In ambedue i casi si ha l'evidenza della profonda alterazione cui è soggetta la pirite.

Nel complesso i lavori di coltivazione della pirite dovevano aver raggiunto una estensione notevole, soprattutto se rapportati ai mezzi tecnici di allora.

All'opposto le coltivazioni dei minerali metalliferi di Pb, Cu, Ag dei giacimenti filoniani idrotermali hanno avuta scarsissima consistenza nei secoli scorsi; ciò perché il tenore in metalli è molto basso. Nella miniera di Vignola, nel ribasso, sono stati incontrati infatti solo modesti lavori minerari medioevali; lavori più consistenti si trovano invece in Val dei Mocheni, a Nogare (rame), a Centopozzi (piombo ed argento), sulle pendici del Fravort ed in Valsugana a Cinquevalli sopra Roncegno, tutti però posti fuori delle zone che ci interessano.

L'unica galleria nella quale è possibile rendersi conto delle caratteristiche del giacimento è la Grotta

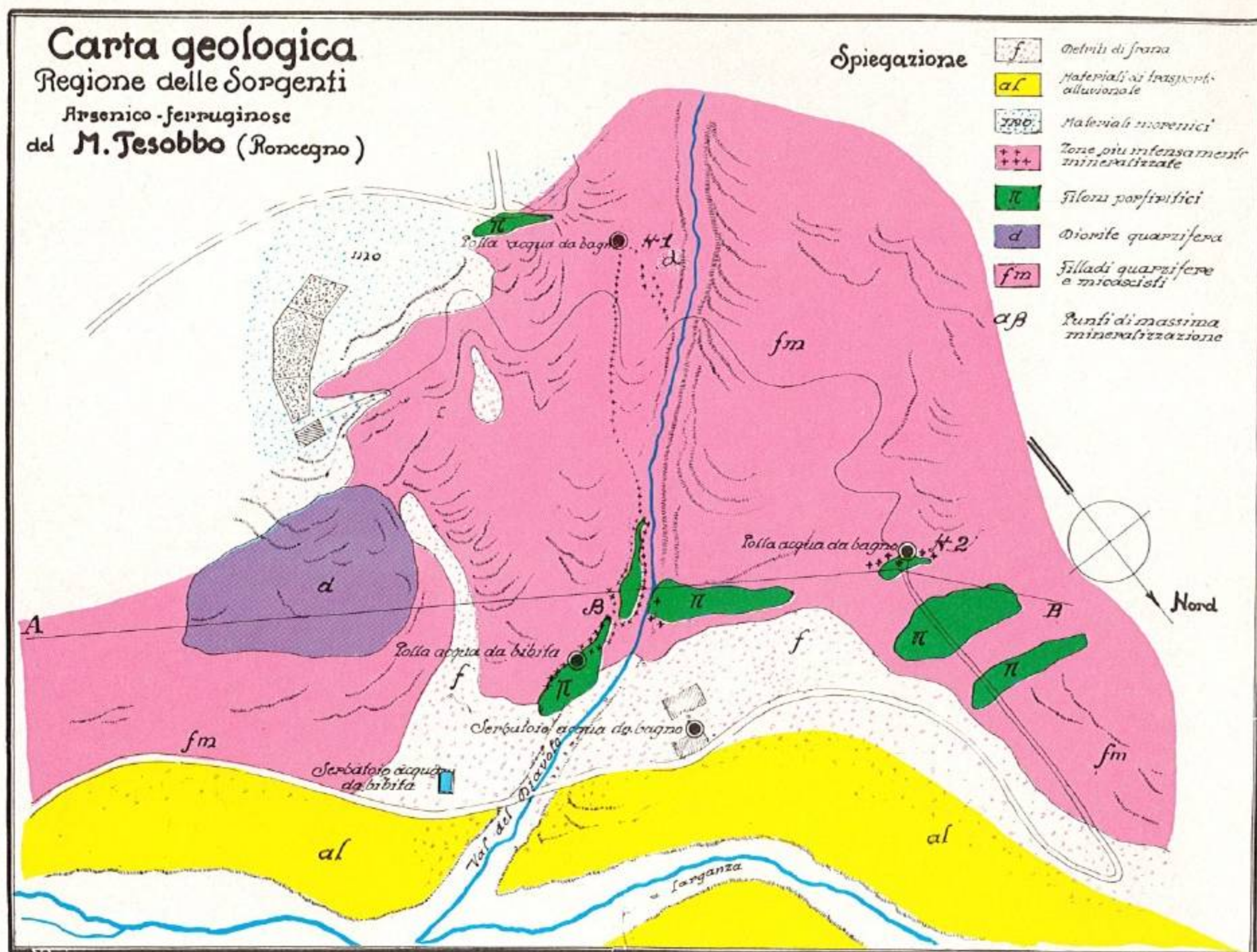
del Vetriolo, traverso-banco che raggiunge le vecchie coltivazioni, in parte ancora accessibili.

Essa per buona parte è rivestita con muratura a secco, completata nel 1871, dopo 18 mesi di lavoro di ben 40 minatori. Nel 1973 furono segnalati cedimenti in alcuni punti del sotterraneo, per cui l'Azienda provinciale per le terme si rivolse al Distretto minerario di Trento per uno studio dei lavori di ripristino delle gallerie e di armamento delle camere di coltivazione, con impiego di tecniche e materiali dell'epoca. Gli interventi, completati nell'autunno 1974, consentono ora una visita, in condizioni di sicurezza, di una tipica miniera di qualche secolo fa. L'effettiva estensione del sotterraneo deve essere stata molto maggiore, con collegamenti alle gallerie di quota 1600 e 1615 (descritte più avanti). Il rilievo allegato alla relazione TRENER del 1950 riporta qualche brevissimo tratto non più accessibile; il rilievo riportato più avanti riproduce la situazione attuale, dopo i lavori del 1974.

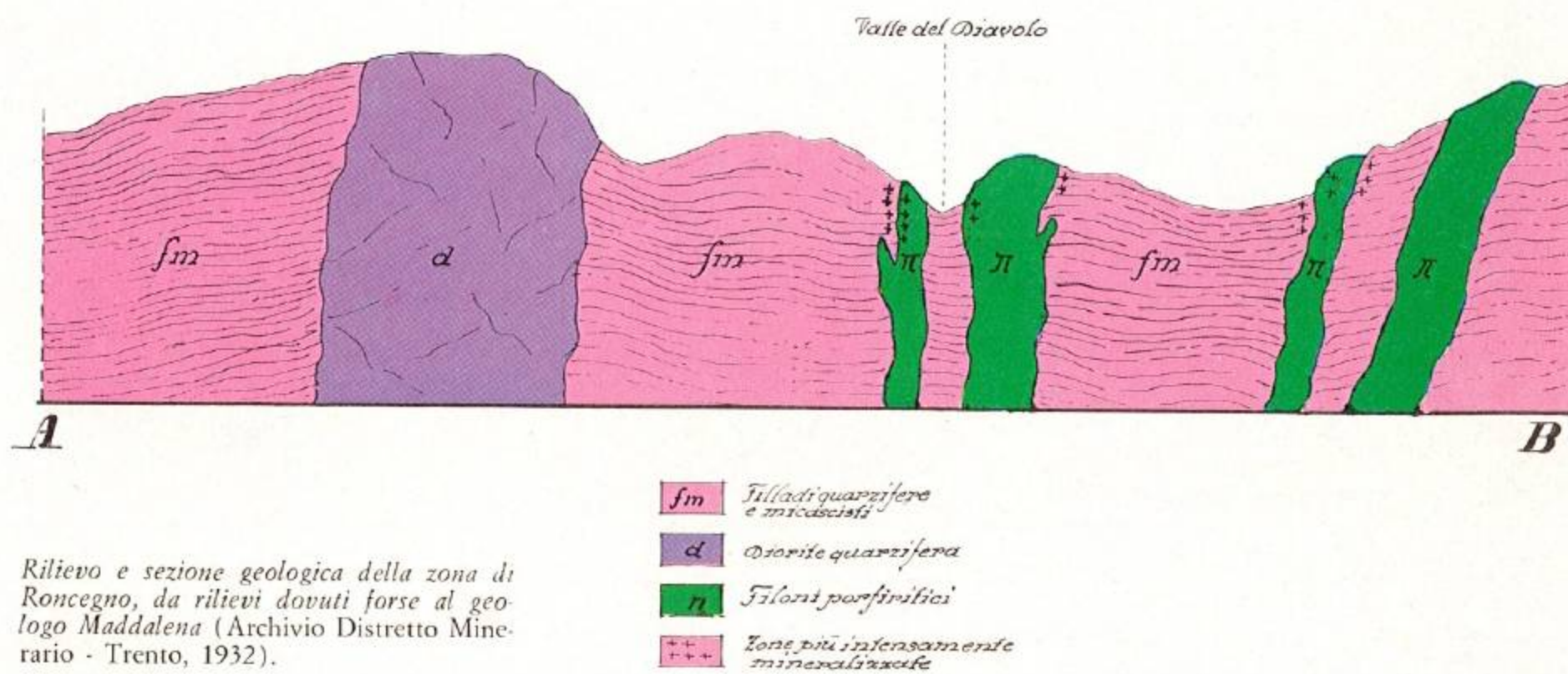
Solo in alcuni punti del sotterraneo sono visibili le filladi quarzifere nelle quali è incassato il giacimento, concordante con la scistosità, con andamento generale N 20° E, immersione di $12 \div 30^\circ$ a NW. Sia sulla destra che sulla sinistra si incontrano delle brevi diramazioni, nelle quali è visibile il banco mineralizzato.

In particolare il banco si può studiare nei seguenti punti:

- in corrispondenza del caposaldo N, nella camera D1, entro le filladi si riconosce il banco mineralizzato con una potenza che si aggira sui 50 cm;
- fra P e Q, circa 2 m prima della camera D3, sulla destra in basso, il banco affiora per 80 cm e per un'altezza di 25 cm;
- in D3, sul lato sinistro della camera;
- circa 2 m prima di R, sulla sinistra in basso, vi è un affioramento di circa 1 m²;
- circa 1 m prima di R, sulla destra in basso, l'affioramento è di m $1,30 \times 1,20$ circa;
- nella camera S2 la mineralizzazione è presente con potenza di circa 1 m;
- quasi a metà tra R ed S, sulla sinistra in basso, vi è un piccolo affioramento della potenza di circa 60 cm;
- nella camera S3 affiora infine il banco sulla sinistra in basso. Questa camera è in realtà un fornello che sale per $5 \div 6$ m. Secondo i vecchi piani, da qui iniziavano altre coltivazioni ad un livello più alto;
- nella soprastante camera S4, cui si accede dalla S3, affiora il banco, per una faglia che lo riporta in alto di qualche metro;

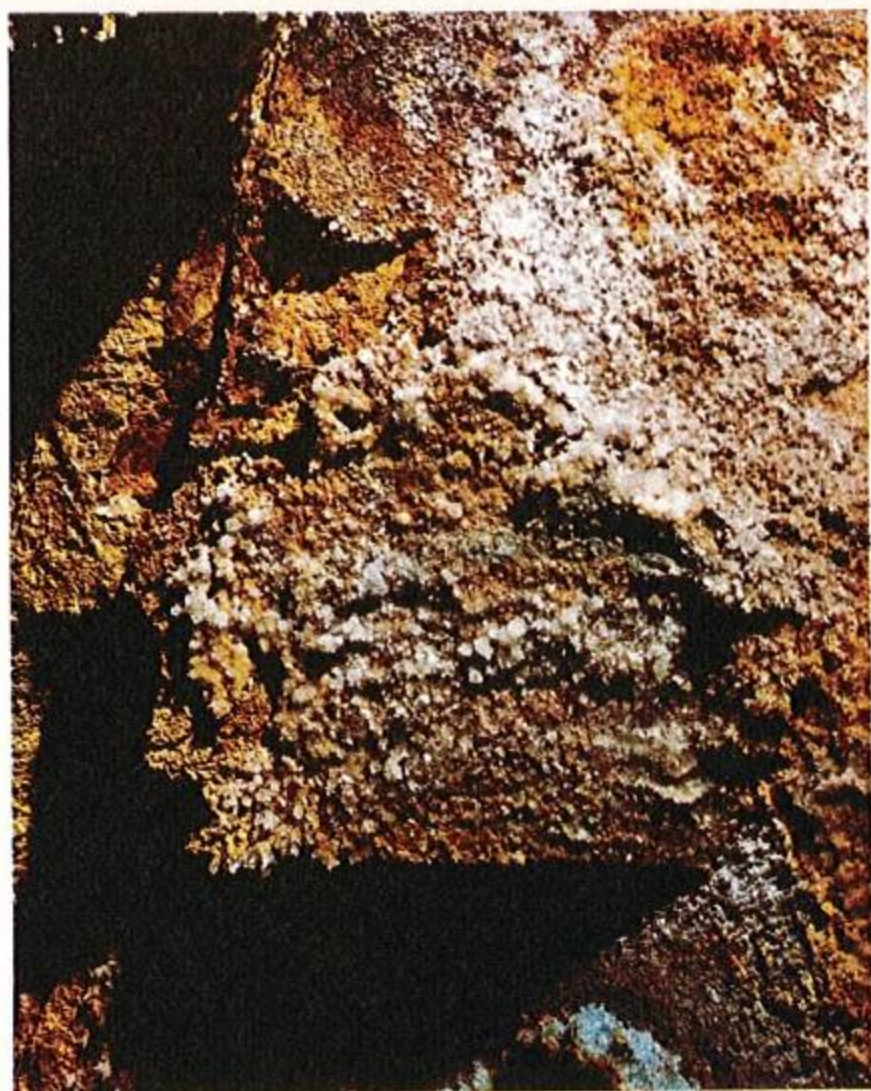


Sezione attraverso la regione delle sorgenti arsenico-ferruginose del M. Tesobbo





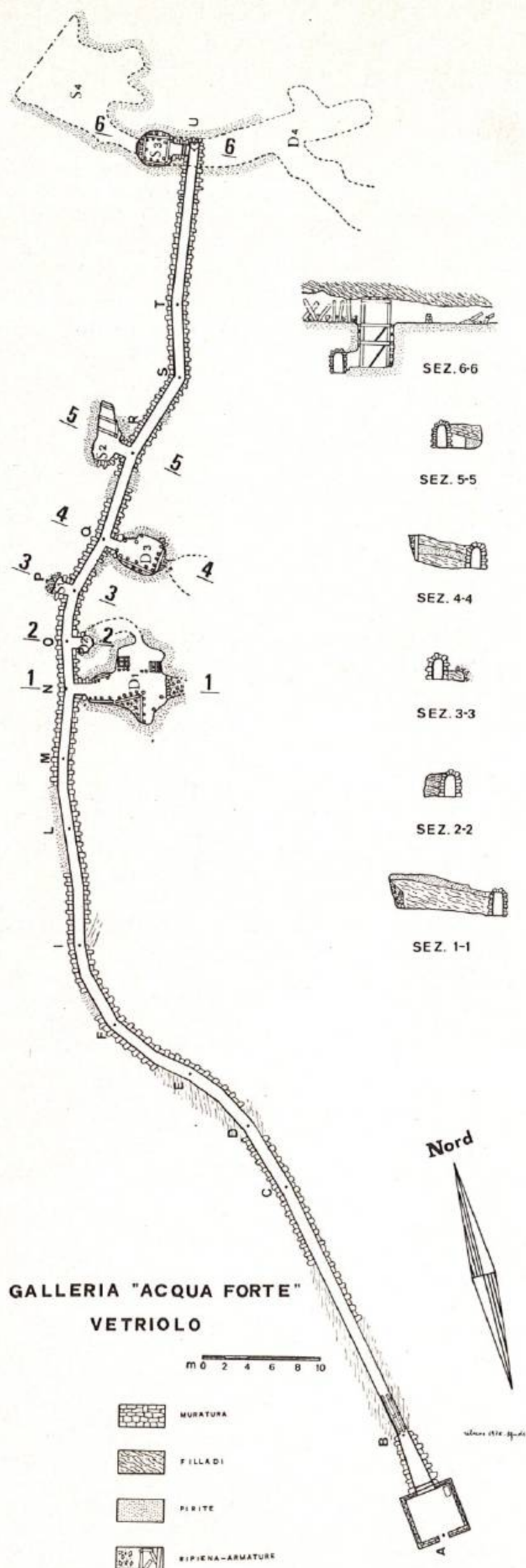
Grotta del Vetriolo, galleria principale, tratto T-U: minerali di gruppo della epsomite sul muro a secco (1/3 gr. nat. circa).



Grotta del Vetriolo; al centro, gesso bianco trasparente in aggregati globulari, idromica gialla; il minerale in basso è del gruppo bieberite-melanterite (1/3 gr. nat. circa).



Grotta del Vetriolo, camera D2: patine di minerali di alterazione del rame ed idrossidi di ferro (1/8 gr. nat. circa).



Pianta e sezioni della Grotta del Vetriolo.

— la camera D4 è allo stesso livello della S4, è parzialmente franata e si intravedono coltivazioni in minerale.

Dato l'andamento del traverso-banco e della mineralizzazione, risulta evidente la presenza di una serie di piccole faglie che rigettano la mineralizzazione a gradinata, da N a S.

Altra piccola galleria è ubicata a quota 1600 circa, 20 m sopra quella dell'acqua forte, 10 m ad E dalla verticale, ed in parte è ostruita. La roccia incassante è rappresentata sempre da filladi, con fratturazione subverticale (senza rigetto), mineralizzata ed alterata.

La direzione di scistosità è N 10° E, immersione $38 \div 45^\circ$ a NW; il banco mineralizzato è chiaramente riconoscibile sulla destra dell'imbocco ed, in parte, anche all'interno della galleria. Al tetto il contatto è netto, mentre il letto non è visibile. Il banco ha direzione N 15° 20' E, inclinazione da 15° (all'esterno) a 25° (all'interno), immersione a NW: appare quindi evidente che qui esiste una leggera discordanza tra banco mineralizzato e la scistosità delle filladi.

La mineralizzazione non è regolare nel banco: è più ricca verso l'alto, mentre in basso si riduce ad una serie di intercalari subparalleli (dello spessore massimo di 5 mm) separati da roccia sterile. Lungo le superfici di fratturazione sono frequenti le impregnazioni di minerali di alterazione. Talora la mineralizzazione si riduce a mosche diffuse nella roccia.

Da questa quota (m 1600) si può seguire verso NNE e con debole pendenza la prosecuzione del banco mineralizzato: non mancano però i punti dove esso si assottiglia oppure dove esso appare spostato (al massimo di un paio di metri verso il basso) pur conservando la stessa giacitura. Tale continuazione raggiunge q. 1615 (circa) dove vi è una breve galleria di una quindicina di metri (un'altra è stata completamente chiusa con un muro a secco). In corrispondenza dell'affioramento subverticale di filladi il banco mineralizzato appare scarsamente definibile: è abbastanza frequente una mineralizzazione a mosche di minerale, altre volte ad impregnazione, oppure in sottili letti subparalleli (analogamente alla parte inferiore del banco a q. 1600). Soltanto alla base della parete rocciosa è riconoscibile una mineralizzazione di una certa consistenza ma di potenza sicuramente inferiore al metro. Forse un altro banco è presente a circa 1 metro sopra la galleria (potenza sui 30 ÷ 40 centimetri).

A quota 1615 le filladi mineralizzate hanno direzione N 5° E, inclinazione $20 \div 25^\circ$ a NW e sono concordanti con il banco mineralizzato.

Anche qui sono presenti fratture con varia orientazione, prevalgono però quelle ad andamento sub-verticale o comunque molto inclinate. Nel complesso sembra che queste fratture siano dovute all'azione della gravità sul versante e siano quindi molto recenti.

4. La mineralizzazione primaria

Riportiamo qui in sintesi i risultati dello studio minerografico relativo a campioni prelevati dal banco e dal suolo della galleria dell' *acqua Forte*, nonché alla campionatura completa della mineralizzazione, potente circa 70 cm, affiorante presso la galleria di q. 1600.

La paragenesi risulta costituita in misura assolutamente predominante da pirite, e, in sottordine, da blenda, calcopirite, arsenopirite, galena; accessori: marcasite, pirrotina, cubanite, tetraedrite, calcopirrotina, mackinawite, oro nativo, boulangerite, limonite e covellina⁽²⁾.

Minerali di ganga sono i costituenti comuni delle filladi quarzifere incassanti.

La tessitura scistosa, appena intuibile macroscopicamente, è evidente all'osservazione microscopica: si ha una distribuzione in letti più o meno sottili che, nel quadro generale, appaiono paralleli alla scistosità, anche se non mancano lenticelle e venette discordanti e di dimensioni esigue, « impregnazioni » e mineralizzazioni massicce.

Le singole bande parallele possono essere monomineraliche (es. pirite o calcopirite), ma più spesso sono di tipo polimineralico. Fra i minerali che accompagnano la pirite non si è notata una distribuzione preferenziale entro il banco, né verso il letto, né verso il tetto. Così pure non si osserva una successione paragenetica a causa dei fenomeni di ricristallizzazione.

La pirite si presenta in cristalli idiomorfi quasi sempre ad abito cubico (dimensioni massime di 2 mm); non manca però qualche raro e piccolo individuo ad abito pentagonododecaedrico. Gli effetti di anisotropia piuttosto elevati trovano la loro più probabile giustificazione nella presenza di un certo contenuto in arsenico. I cristalli di dimensioni più piccole presentano rari fenomeni di cataclasi, quelli più grandi ne sono interessati in misura decisamente maggiore soprattutto nelle parti marginali; non mancano fitti sistemi di fratturazione che possono ridurre gli originari cristalli in aggregati granulari. Molto spesso si assiste a fenomeni di cementazione delle fratture da parte dei mi-

nerali più mobili, quali calcopirite, blenda e galena. Esempi molto significativi sono stati osservati frequentemente e, fra questi, ricordiamo quelli relativi a 2 campioni prelevati nella camera S2: la pirite risulta fratturata e ridotta ad un aggregato di elementi simili ad un mosaico, cementati nell'un caso da calcopirite, nell'altro da sottili ma estese pellicole di blenda.

Si osserva pure, come caratteristica frequente delle bande polimineraliche, calcopirite, blenda e galena che circondano granuli e cristalli di pirite con evidenti fenomeni di riassorbimento e arrotondamento dei bordi.

Frequentissime sono le inclusioni nella pirite, cosa che appare comune anche ad altri giacimenti piritoso-cupriferi delle Alpi quali Calceranica (Trentino), S. Valentino di Predoi (Alto Adige), Petit Monde (Valle d'Aosta), Alagna (Piemonte) ed altri.

Si tratta di solito di inclusioni di blenda, galena e calcopirite: forme, dimensioni e frequenza sono alquanto varie; le forme sono spesso rotondeggianti, talora ovoidali, più raramente allungate; la frequenza sembra inversamente proporzionale alle dimensioni degli inclusi. Ne deriva che i cristalloblasti di pirite presentano una « struttura bacata » analoga a quella descritta da OGNIBEN (1964) per il vicino giacimento di Calceranica.

Secondo gli studi più recenti relativi alle inclusioni nella pirite (BURTET, DAL PIAZ G. V., OMENETTO, 1971) dei giacimenti metamorfici, viene riconosciuta per esse l'origine metamorfica.

La blenda è, dopo la pirite, il minerale più abbondante. Interessanti sono, oltre ai rapporti paragenetici con la pirite, quelli con la calcopirite e la galena: si notano frequenti concrescimenti « a limiti reciproci » fra questi tre minerali che occupano, come già detto, posizioni interstiziali. La blenda contiene inclusi soprattutto di calcopirite; altre volte ne è del tutto priva. La loro distribuzione è per lo più casuale anche se non mancano inclusi orientati secondo le direzioni cristallografiche. C'è da aggiungere, inoltre, che il colore di riflessione non subisce iscurimenti nelle plaghe prive di inclusioni, contrariamente a quanto è stato osservato per altre mineralizzazioni del Perginese (OMENETTO, DETOMASO, 1970).

Anche la calcopirite presenta talvolta inclusi di blenda, spesso di forma rotondeggianti. Sono state osservate anche « stelline » di blenda, a 3 ma soprattutto a 4 braccia, sempre delle dimensioni di pochi micron. La loro presenza è riscontrabile soltanto nelle plaghe più grandi e, nel complesso, risulta scarsa.

(2) Pirite: FeS_2 ; blenda: ZnS ; calcopirite: CuFeS_2 ; arsenopirite: FeAsS ; galena: PbS ; marcasite: FeS_2 ; pirrotina: $\text{Fe}_{n-1}\text{S}_n$; cubanite: CuFe_2S_3 ; tetraedrite: Cu_3SbS_4 ; oppure Cu_3SbS_4 ; calcopirrotina: cristalli misti di CuFeS_2 e FeS in

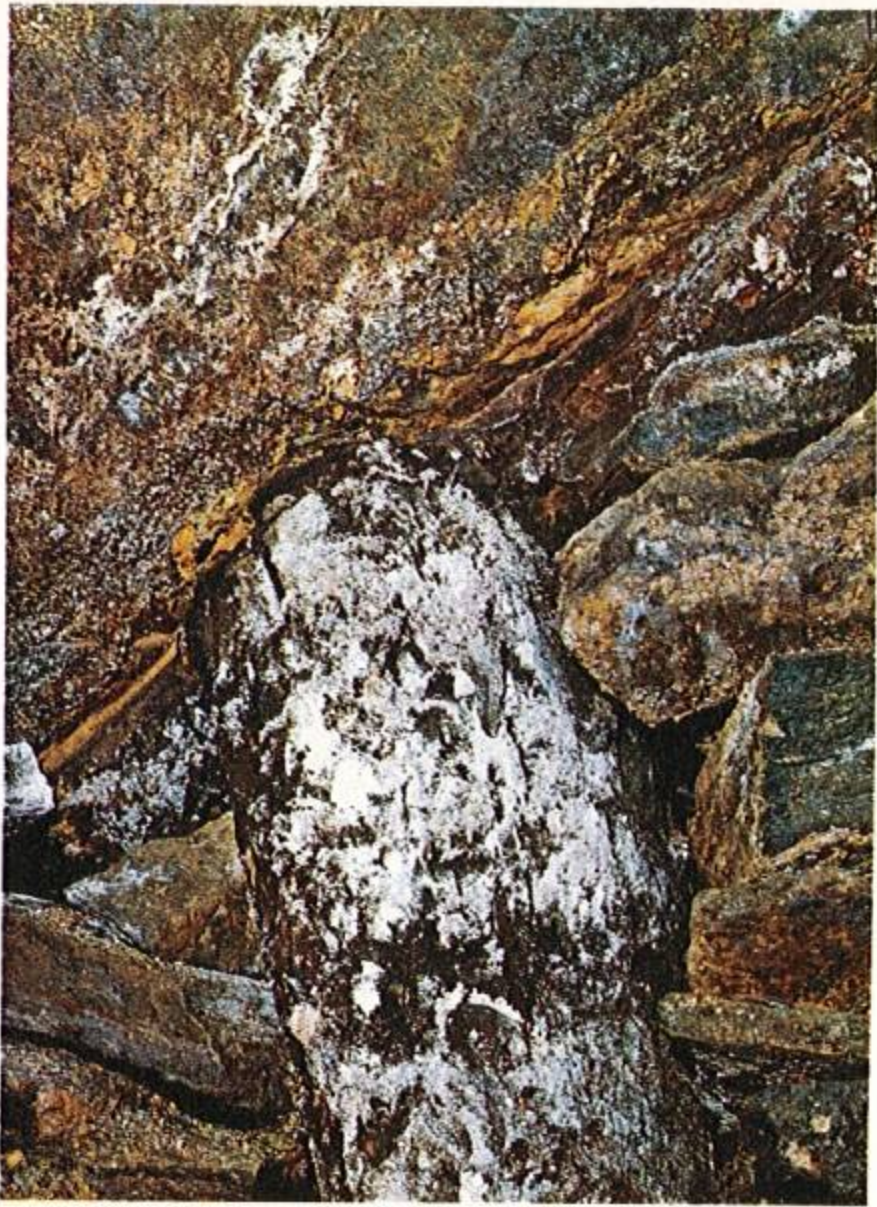
rapporto circa $1:1 \div 1:6$; mackinawite ($\text{Fe, Ni, Co} \dots$)S; oro nativo: Au ; boulangerite: $\text{Pb}_3\text{Sb}_4\text{S}_{11}$; limonite: idrossidi di ferro, principalmente goethite $\text{FeOOH}\alpha$ e lepidocrocite $\text{FeOOH}\gamma$; covellina: CuS .



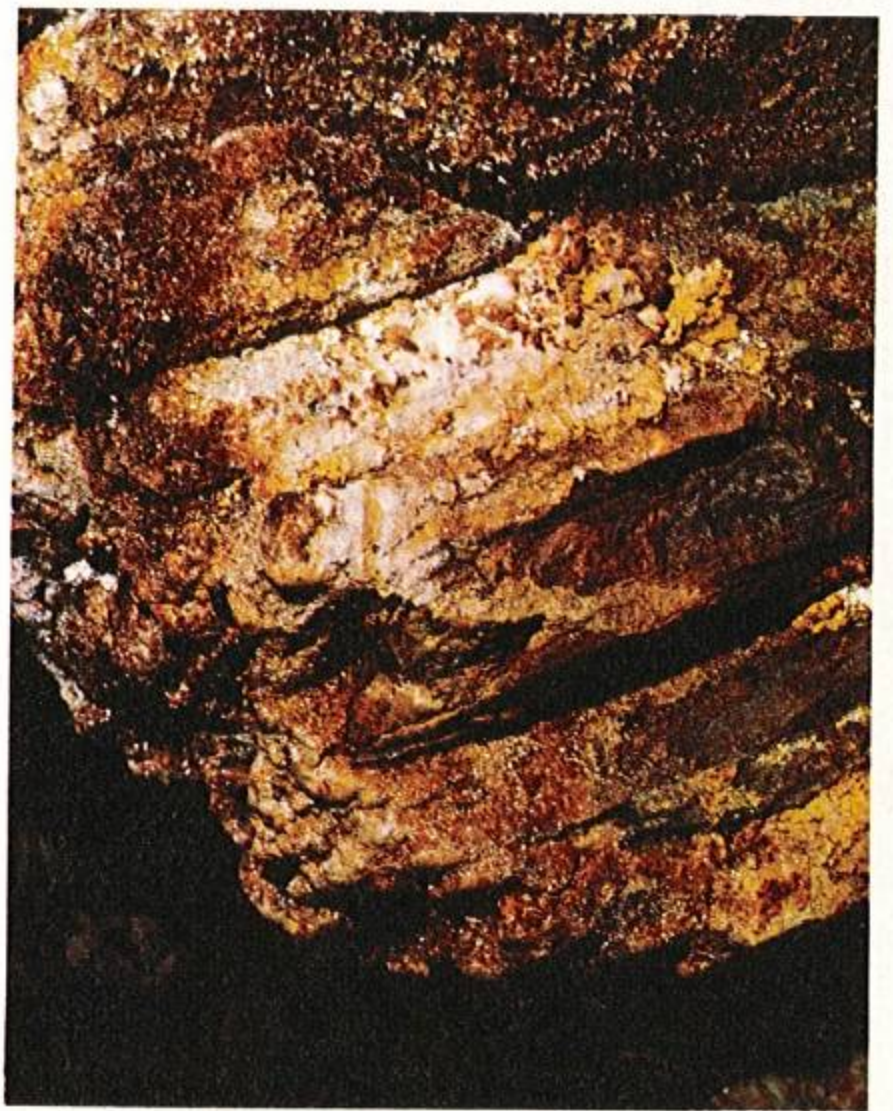
*Grotta del Vetriolo, camera S2: aggregati
raggiati aciculari di gesso variamente co-
lorato (1/5 gr. nat. circa).*



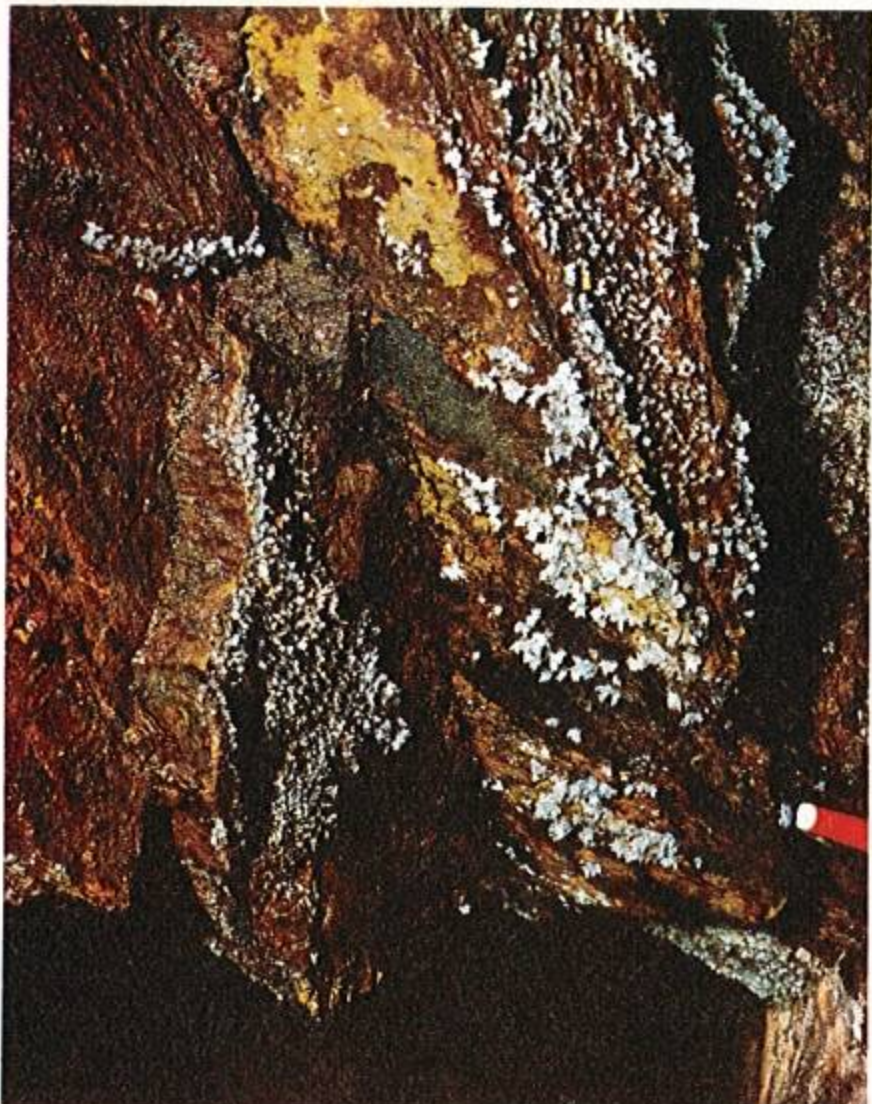
*Grotta del Vetriolo, camera D1: aggregati
raggiati aciculari di gesso (circa gr. nat.).*



Grotta del Vetriolo, camera D1: epsomite (le cristallizzazioni più chiare) su vecchie armature.



Grotta del Vetriolo, camera D3: nella parte centrale della foto, aggregati sferoidali di alunite e, sul bordo della roccia in basso a sinistra, kokaite (1/5 gr. nat. circa).



Grotta del Vetriolo, camera D1: aggregati raggiati di gesso bianco. Il segmento rosso in basso a destra è un pennarello.

La calcopirite, che a Nicol incrociati può presentare lamelle di geminazione polisintetica, oltre che in associazione con gli altri solfuri e solfosali, compare anche in piccole plaghe orientate, sfrangiate e prive di inclusi entro la roccia incassante. È presente anche nelle lenticelle quarzose, frammiste alla mineralizzazione, che per il resto risultano del tutto sterili.

Sporadiche e limitate trasformazioni in covellina si osservano in prossimità di grosse fratture.

La galena non è molto abbondante ed assume una tipica posizione interstiziale; inoltre appare spesso inclusa negli altri minerali.

L'arsenopirite, complessivamente piuttosto scarsa, presenta le caratteristiche ottiche abituali; è nettamente idiomorfa, in cristalli con belle sezioni a losanga o prismatico-allungate e di dimensioni minori di quelle della pirite adiacente. A Nicol incrociati rivela talora una geminazione a chiazze (« geminazione mimetica » di RAMDOHR). I metacristalli sono talora fratturati secondo linee sottili, ricurve o parallele. Si possono osservare, in quest'ultima circostanza, fenomeni di sostituzione per penetrazione guidata della calcopirite lungo le fratture. Altre volte i cristalli si conservano quasi intatti nella parte centrale e le fratturine si addensano verso i bordi oppure ad una distanza costante da essi in modo da sottolinearne il contorno. In altri casi la fratturazione ha ridotto lo originario cristallo in un aggregato di granuli più o meno arrotondati e talora cementati. Contiene saltuariamente « relitti » scheletrici di galena e plaghette di blenda e di calcopirite.

Marcasite, cubanite, pirrotina, calcopirrotina e mackinawite sono presenti in quantità del tutto accessorie; sono contenute quasi esclusivamente entro calcopirite, a sua volta inclusa o a diretto contatto con la pirite.

La marcasite è presente anche nella pirite, soprattutto in posizione centrale. La tetraedrite è in plaghette allotriomorfe al contatto fra blenda e calcopirite oppure entro calcopirite. In qualche raro caso si è riscontrata la presenza di aggregati ricristallizzati di boulangerite contenenti plaghette di calcopirite.

L'oro nativo è stato riconosciuto soltanto in due granuletti (di pochi micron di diametro) associati a calcopirite e pirite.

5. La Grotta dell'Ocra

La galleria dell'*acqua debole* è ubicata, come si è detto, sotto l'abitato di Vetriolo, è lunga circa 25 m con rivestimento parziale in muratura. È anche questa una galleria in traverso-banco ma non incontra la mineralizzazione, che dovrebbe essere presente poco più oltre. Infatti il banco affiora poco sopra l'imbocco ed ha immersione a franappoggio.

6. I minerali secondari della grotta del Vetriolo

La « grotta del Vetriolo » è caratterizzata da una ricca mineralizzazione secondaria che interessa le pareti, il tetto e gli stessi manufatti di sostegno. Specialmente le camere laterali presentano un aspetto quanto mai suggestivo sia per la ricca paragenesi valutabile già da una sommaria osservazione di insieme, sia per la grande varietà delle tonalità di colore ⁽³⁾.

Nel 1956 fu fatto uno studio chimico e mineralogico sulle acque di Levico-Vetriolo (BRAGAGNOLO G., FACCI M., TOMASI L.). Scopo di quel lavoro non era tanto l'osservazione della mineralizzazione secondaria della grotta, quanto lo studio delle fasi mineralogiche presenti nel residuo solido (ottenuto in diverse condizioni di ambiente chimico e fisico) delle acque che interessano queste zone.

Nel 1973, durante una visita alla miniera si è effettuata una ricca raccolta di campioni con l'intento di identificare le varie fasi mineralogiche presenti.

Da un primo sommario esame si è osservato che i minerali presenti sono, per la quasi totalità, dei solfati idrati, come era, del resto, lecito supporre data la natura chimica della soluzione circolante. Per la natura dei minerali, per la loro paragenesi, per i problemi geochimici coinvolti, lo studio si è rivelato complesso e variamente articolato. Trattandosi prevalentemente di mineralizzazioni microcristalline, per lo più in associazioni complesse, ci si è limitati, per il momento, alla presentazione delle fasi più tipiche individuate per via roentgenografica e microscopica, riservandoci di completarne in seguito lo studio. È necessario infatti adattare le correnti metodologie di studio mineralogico alla particolare tendenza di questi minerali a disidratarsi o ad ossidarsi durante la loro manipolazione e una volta che siano allontanati dal loro ambiente genetico. Anche uno studio chimico più approfondito delle singole specie, certamente di notevole interesse e spesso indispensabile in quanto il fenomeno dell'isotopia è alquanto diffuso nella classe dei solfati, ha dovuto essere rimandato a singoli lavori particolareggiati, sia per la complessità di tali lavori, ma anche, soprattutto, per le difficoltà incontrate a purificare sufficientemente le singole fasi. Tutte queste considerazioni vengono qui fatte per prevenire il rilievo di superficialità che ci può essere mossa liquidando con poche parole un materiale così ricco e scientificamente interessante quale la mineralizzazione secondaria della « grotta del Vetriolo ».

La raccolta dei campioni, per quanto accurata, è stata fatta in base a considerazioni sulle variazioni

⁽³⁾ I lavori del 1974 hanno in parte danneggiato le mineralizzazioni secondarie, che dovrebbero tuttavia ricostituirsi in breve tempo. La descrizione si riferisce alla situazione di prima dei lavori.

delle proprietà fisiche del materiale che via via si incontrava. La grande diffusione, che è più o meno continua, della mineralizzazione, le piccole variazioni delle caratteristiche macroscopiche che per lo più differenziano minerali molto simili, non permettono di escludere la possibilità che qualche fase mineralogica presente nella mineralizzazione sia sfuggita all'esame.

I minerali individuati sono stati classificati secondo la sistematica mineralogica proposta da STRUNZ.

SOLFATI

Gruppo della Melanterite

Bieberite: $\text{Co}(\text{SO}_4) \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ - È un materiale a colorazione verde intenso quando si trova in masse compatte; vitreo e trasparente quando lo si osserva al microscopio. A volte si notano variazioni nella tonalità del colore dovuti al fatto che in questo gruppo Fe, Co, Cu possono spesso essere vicarianti tra loro. La sua natura microcristallina appare anche all'esame microscopico in quanto non si notano evidenti forme di cristallizzazione. La macinazione abbastanza facile, dà una polvere biancastra tendente in modo più o meno marcato al grigio. I diffrattogrammi ottenuti da vari campioni diversi tra loro per le tonalità del colore, non mostrano sostanziali differenziazioni nella posizione dell'interferenza: in alcuni casi, però, i riflessi sono meno nitidi e meno numerosi, caratteristica tipica di un altro termine del gruppo: la *Melanterite* $[\text{Fe}(\text{SO}_4) \cdot 7\text{H}_2\text{O}]$. Il solo esame roentgenografico non permette però una sicura distinzione della bieberite dalla melanterite da una parte o la *Boothite* $[\text{Cu}(\text{SO}_4) \cdot 7\text{H}_2\text{O}]$ dall'altra. Non è quindi possibile escludere la presenza di questi due termini, come del resto non è possibile escludere la presenza della *Mallardite* $[\text{Mn}(\text{SO}_4) \cdot 7\text{H}_2\text{O}]$ se si tiene conto del fenomeno della isotopia molto frequente in questo gruppo e della presenza del ferro, del rame e del manganese nell'acqua minerale. A favore della presenza della melanterite si può notare infine che molto spesso questo materiale verdastro lo si incontra sulla parte del banco più ricco in pirite.

Gruppo dell'epsomite

Epsomite: $\text{Mg}(\text{SO}_4) \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ - Si presenta in croste di colore bianco latteo o, più raramente, giallo paglierino. I cristalli sono per lo più in associazione compatta, a druse di dimensioni variabili di solito poco sviluppati. In alcuni casi hanno un aspetto anormale: dalla matrice compatta si sviluppano lunghi cristalli molto esili e fragili, spesso intrecciati tra loro quasi a formare una specie di lanuggine. È uno dei

minerali che si incontra più facilmente e nel complesso abbastanza facile da individuare. La polvere, di colore bianco, molto soffice quasi talcosa, esaminata ai raggi X non ha lasciato dubbi sulla sua identificazione.

A volte si incontra un materiale bianco costituito da un'associazione di cristalli aciculari, molto fragili, un po' più trasparenti di quelli dell'epsomite e un po' meno allungati. La polvere esaminata ai raggi X ha fornito lo spettro della *Goslarite* $[\text{Zn}(\text{SO}_4) \cdot 7\text{H}_2\text{O}]$ che è leggermente diverso da quello della epsomite sia per la posizione delle interferenze che per le intensità relative.

In mezzo alle effluorescenze di epsomite, in qualche raro caso, si possono notare dei cristalli di un colore bianco, più opaco, meno trasparenti; più tozzi e consistenti dei precedenti: un esame roentgenografico ha permesso di identificarli come *Morenosite* $[\text{Ni}(\text{SO}_4) \cdot 7\text{H}_2\text{O}]$.

Gruppo della Halotrichite

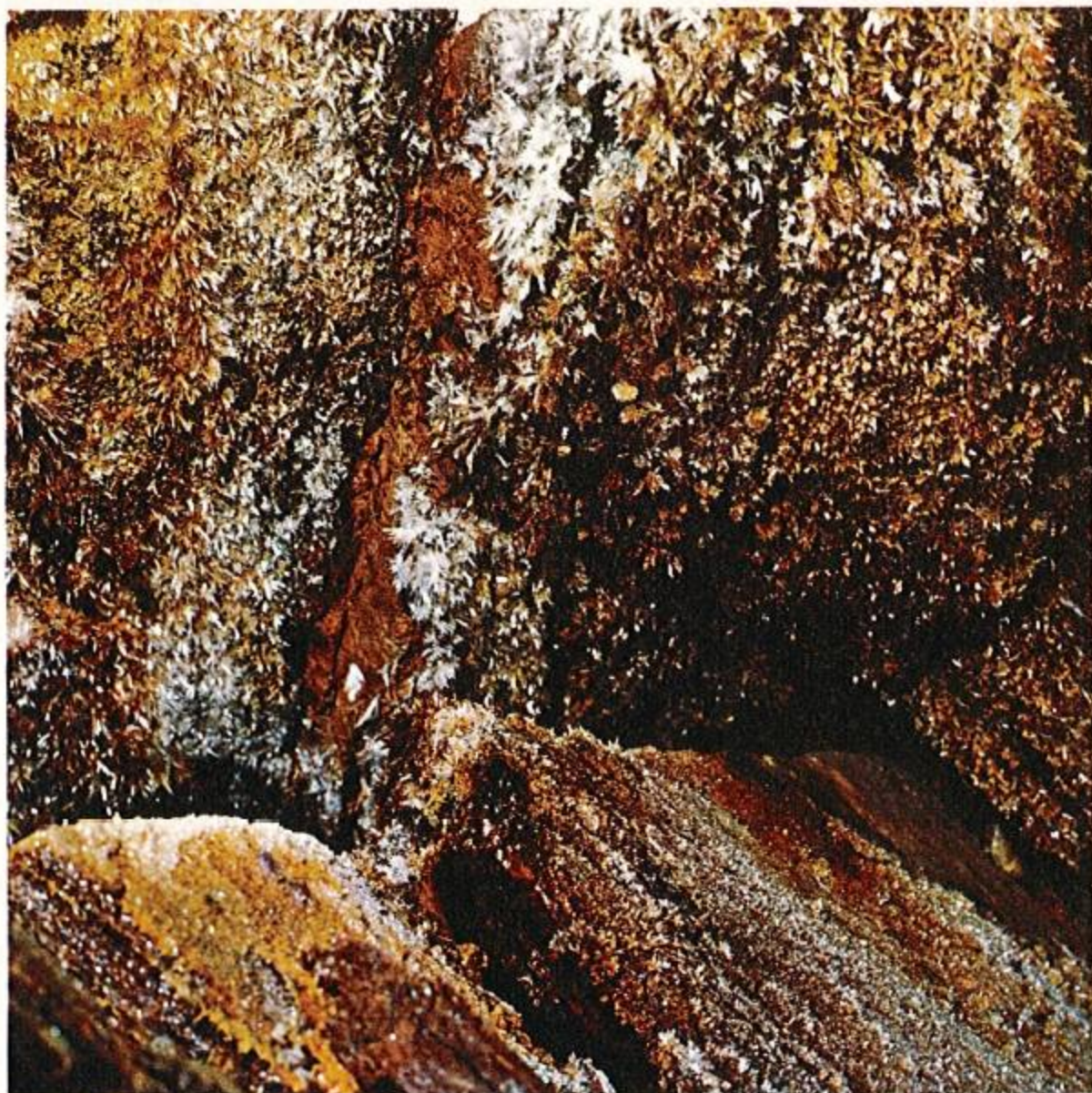
Halotrichite: $\text{FeAl}_2(\text{SO}_4)_4 \cdot 22\text{H}_2\text{O}$ - È un materiale compatto, in genere associato a pirite microcristallina, di colore non ben definito ma tendente al verde vitreo, a frattura prevalentemente concoide, molto fragile. In genere lo si trova in piccoli ammassi mammellonari. Al microscopio si nota un'associazione microcristallina di piccoli cristalli ialini, in genere di forma tozza: solo in alcuni casi è possibile individuare una ben precisa direzione di allungamento. Le proprietà fisiche, ottiche e roentgenografiche ne hanno permesso l'identificazione.

L'halotrichite è un minerale isomorfo della *Pickeringite*: $\text{MgAl}_2(\text{SO}_4)_4 \cdot 22\text{H}_2\text{O}$.

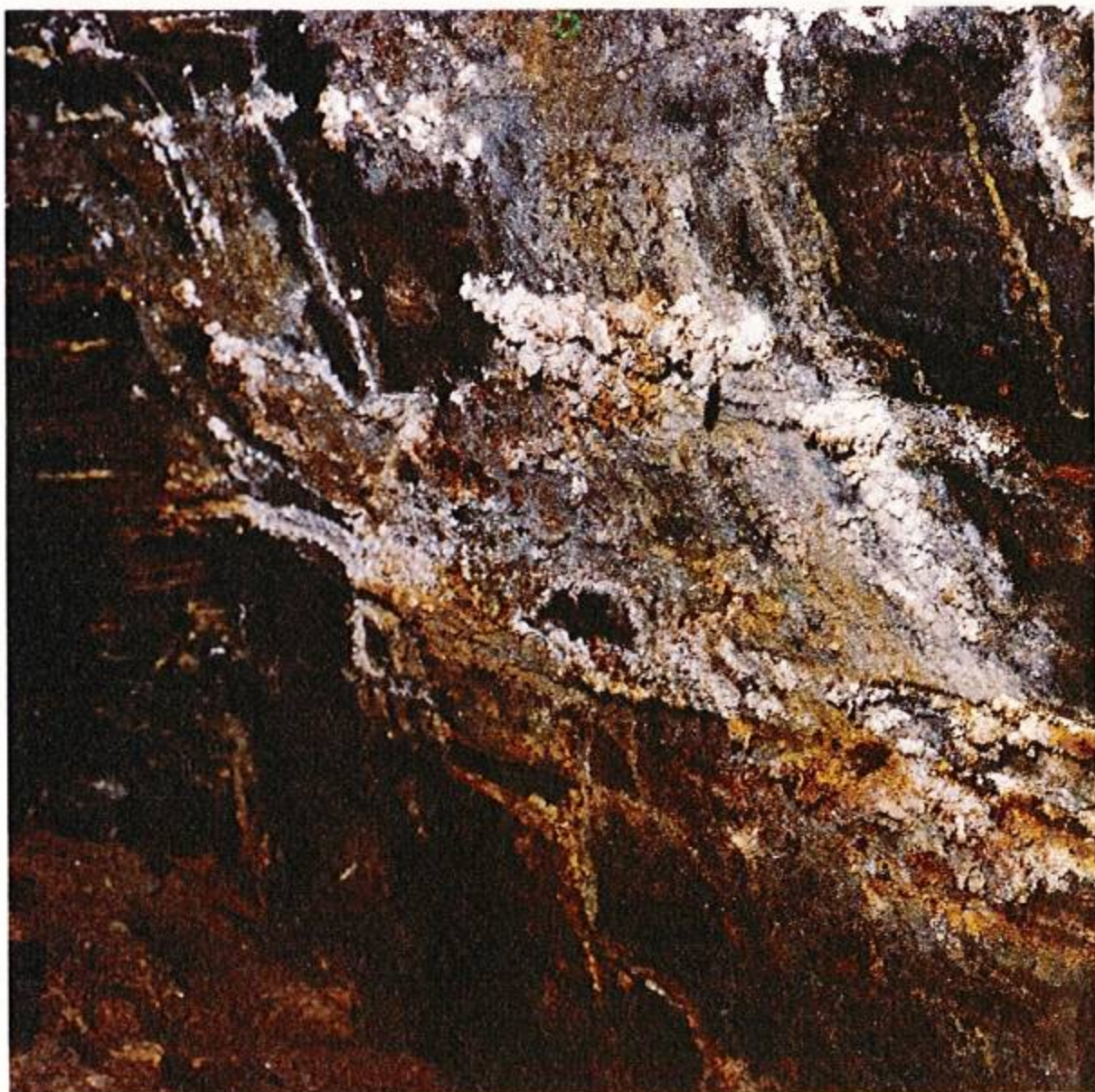
I due minerali formano una serie di tipo (Fe, Mg) $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_4 \cdot 22\text{H}_2\text{O}$ e sembra che la miscibilità sia completa. Le caratteristiche della pickeringite sono molto vicine a quelle della halotrichite: il valore dell'angolo 2V fra gli assi ottici ne permette però una sicura identificazione (halotrichite: 35°; pickeringite: 60°). Da esperienze in tal senso eseguite su numerosi campioni si sono ottenuti valori oscillanti fra i 35° e i 50°: è soprattutto in base a questa osservazione che si sospetta la presenza di vari termini della serie pickeringite-halotrichite.

Gruppo della mirabilite-syngenite

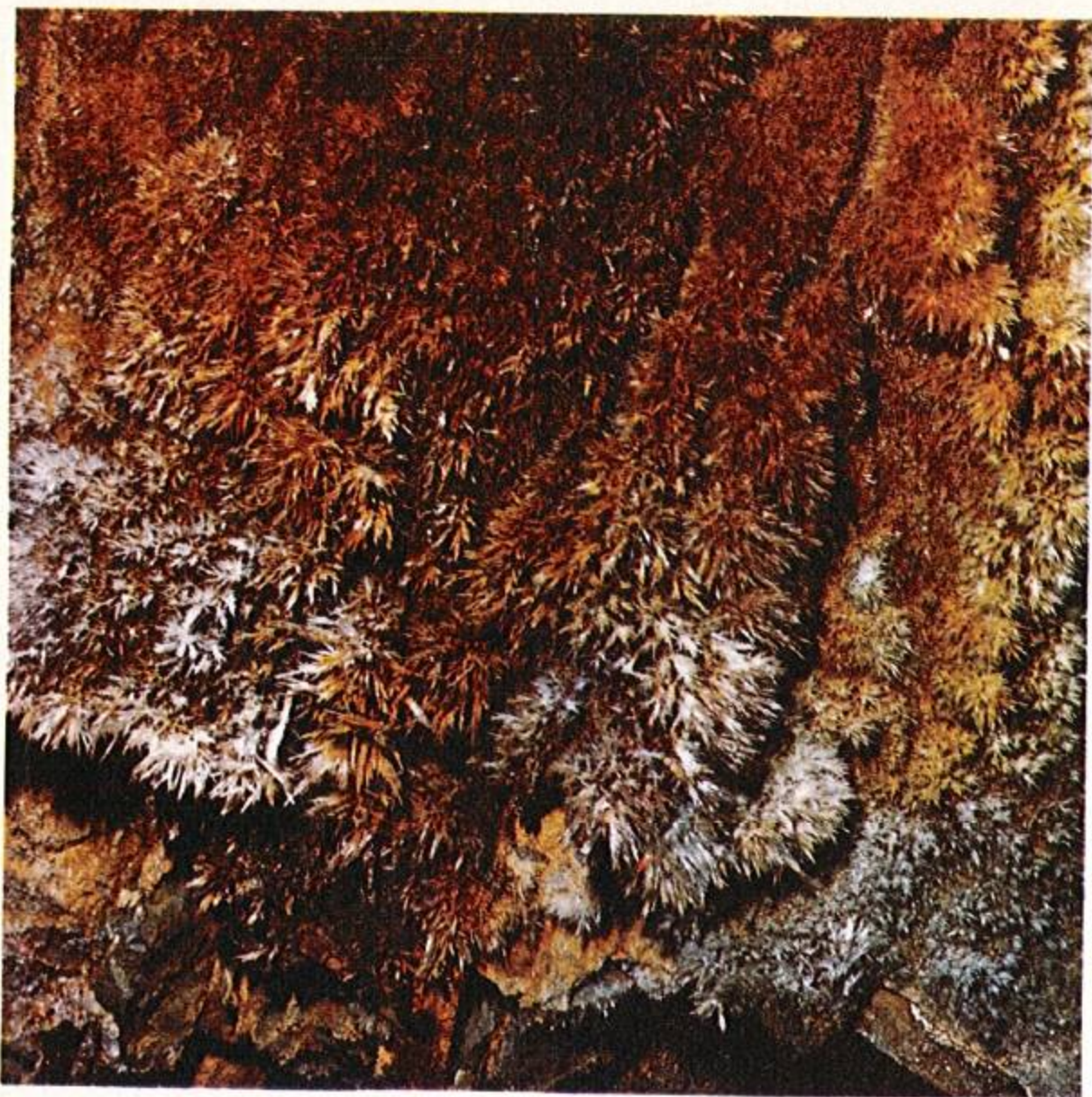
Koktaite: $(\text{NH}_4)_2\text{Ca}(\text{SO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ - È un materiale giallo grigiastro abbastanza compatto. Esaminato al microscopio si nota un'associazione microcristallina di cristalli di aspetto lamellare. È un minerale molto delicato per la grande fragilità dei cristalli. L'esame roentgenografico della polvere, di colore bianco giallastro, a volte tendente al beige, ne ha permesso la identificazione.



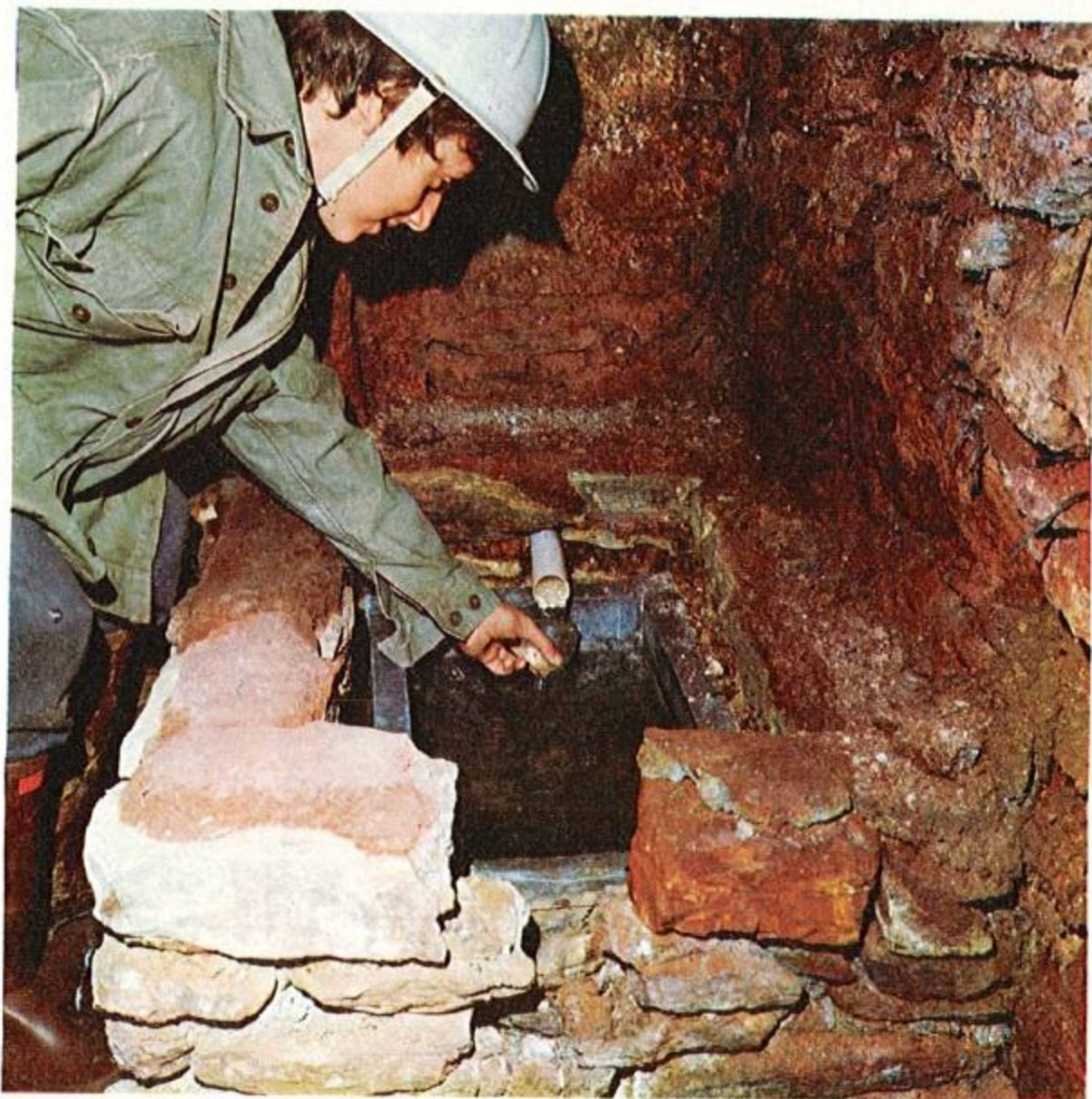
Grotta del Vetriolo, camera D3: gesso in aggregati raggiati aciculari (1/3 gr. nat. circa).



Grotta del Vetriolo, camera D3: cristallizzazione di kokaite, bianca lattiginosa. Le concrezioni giallastro-marron sono probabilmente di halotrichite (1/4 gr. nat. circa).



Grotta del Vetriolo, camera S4: cristallizzazioni di gesso, in parte colorate da idrossidi di ferro, la lunghezza degli aghetti maggiori è sui 2 cm (1/3 gr. nat. circa).



Grotta del Vetriolo: vaschetta di raccolta dell'acqua forte, all'ingresso della galleria.

Gruppo del gesso

Gesso: $\text{Ca}(\text{SO}_4) \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ - È indubbiamente il minerale più diffuso. Si presenta normalmente in masse microcristalline dalle quali emergono « ciuffetti » di cristalli aciculari più o meno appiattiti e allungati, sempre ben connessi tra loro. Spesso forma delle efflorescenze o delle piccole druse anche sulle armature di sostegno. Il colore è quanto mai variabile: da un bianco latteo a un marrone intenso attraverso tutta una gamma di tonalità diverse che conferisce alle gallerie un aspetto quanto mai suggestivo. La lucentezza e la trasparenza, molto evidenti quando i cristalli sono incolori, tendono a diminuire con l'aumentare dell'intensità della colorazione. Al microscopio si notano frequenti fenomeni di geminazione del tipo a « ferro di lancia ». Il tipo di associazione più frequente è quello a « rosetta », più rara quella « sub-parallela », più spesso si ha una associazione disordinata di cristalli. Il colore della polvere varia con una marcata tendenza a mantenere la stessa colorazione del materiale non macinato. Questa caratteristica è forse da mettere in relazione a variazioni, sia pure di piccola entità, della cristallografia del minerale. Le caratteristiche fisiche, alcune delle quali ben visibili anche ad occhio nudo, e l'esame ai raggi X, non lasciano dubbi sulla identificazione del minerale.

Gruppo della alluminite-cyanotrichite

Alluminite: $\text{Al}_2(\text{OH})_4\text{SO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ - Si incontra a volte un materiale di colore giallo molto compatto, difficilmente identificabile ad occhio nudo. Esaminato al microscopio risulta formato da un'intima associazione di piccolissimi cristalli aciculari. La macinazione non è agevole in quanto il minerale tende a diventare deliquescente. L'esame roentgenografico fornisce uno spettro di difficile interpretazione, tuttavia alcune delle interferenze più nitide si accordano bene con quelle tipiche dell'alluminite.

ARSENIATI

Chalcophillite: $(\text{Cu}, \text{Al})_3(\text{OH})_4(\text{AsO}_4, \text{SO}_4) \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ - Si nota talvolta sulle pareti un materiale molto deliquescente di una colorazione giallo-marrone più o meno intensa. Questo materiale è di difficile identificazione: l'esame al microscopio non dà risultati apprezzabili, solo un esame roentgenografico eseguito sul materiale tenuto il più possibile in condizioni simili a quelle genetiche (in questo caso non si è potuto operare sulla polvere) ha permesso di osservare alcune tra le più tipiche « righe » della chalcophillite.

7. Distribuzione dei minerali secondari

I minerali secondari si trovano distribuiti un po' dovunque nella galleria dell'*acqua forte*: sulla roccia filladica, sul rivestimento artificiale delle pareti e della volta e, nel tratto finale, anche al suolo sulle lastre di cemento che ricoprono la canaletta. Nella camera D1 e nella S3 vi sono cristallizzazioni di gesso anche sopra le armature.

Grosso modo si possono distinguere due zone del sotterraneo. La prima, comprendente il tratto iniziale sino alla prima camera, è piuttosto povera di minerali, con prevalenza di concrezioni calcitiche e piccole stalattiti che pendono dalla volta, dapprima bianche, indi colorate in verde dai sali di rame, cobalto e ferro. In questa zona la galleria attraversa le filladi sterili e lo stillicidio non è molto mineralizzato. La seconda zona comprende il tratto dalla camera D1 alla fine: siamo qui nel pieno della mineralizzazione a solfuri ed i minerali secondari sono molto abbondanti. Nella camera D1 vi è una fioritura di concrezioni e compaiono quasi tutti i minerali esclusa la epsomite: sulla destra di chi entra prevale l'halotrichite, sul fondo il gesso variamente colorato. Sul banco di pirite, sia a destra che a sinistra, vi è un'abbondante efflorescenza di minerali del gruppo della melanterite in begli aggregati impiantati perpendicolarmente alla matrice.

Nella camera D2 vi sono ancora spalmature più o meno verdastre di minerali del gruppo della melanterite oltre a gesso perfettamente incolore accanto ad altro dai bei riflessi rossastri.

Nella camera S1 si nota ancora gesso variamente colorato ed halotrichite. Sulla parete di fronte a questa camera, eccezionalmente impregnata di vapori, compare, in chiazze più scure, la chalcophillite.

Questo stesso materiale si nota pure nella successiva camera D3 particolarmente ricca di gesso dal bianco al bruno, soprattutto nel tratto iniziale a sinistra. Vi è poi una bella fioritura di minerali del gruppo dell'epsomite, della melanterite e aluminite. Quest'ultimo minerale si rinviene anche nel tratto P-Q e nella camera S2, ove vi è pure il gesso e l'halotrichite.

Nel tratto finale di galleria si ha gesso, epsomite, bieberite, kocktaite ed ancora, verso il fondo, lunghi cristalli bianchi e lanuginosi di epsomite.

Nella camera S3 si ha ancora gesso sulle armature e bieberite (o, molto più probabilmente, melanterite) sul banco di pirite.

La camera S4 è stata resa accessibile solo con i lavori dell'autunno 1974: si presenta rivestita da spettacolari cristallizzazioni di gesso sulle pareti ed idrossidi di ferro in forma di stalattiti ed incrostazioni. La camera D4 è inaccessibile.

Lo spettacolo delle concrezioni della grotta del Vetriolo è certamente eccezionale e merita una visita; si impone tuttavia la raccomandazione di non raccogliere i minerali, perché sfioriscono rapidamente non appena portati fuori dal loro ambiente naturale.

8. Considerazioni sulla genesi della mineralizzazione secondaria

Il fenomeno della mineralizzazione secondaria della galleria dell'*acqua forte* non è di facile interpretazione, soprattutto a causa dei tanti fattori che la influenzano. La formazione di una fase mineralogica da una fase gassosa o liquida è in genere condizionata da una variazione dell'ambiente chimico o fisico: ad esempio una variazione di temperatura, o della concentrazione dei componenti del sistema, o del pH, o del potenziale di ossido riduzione. Nel nostro caso quasi sicuramente questi fattori coesistono. L'esame delle analisi dell'acqua minerale porta ad alcune considerazioni:

- 1) la soluzione è satura di una grande quantità di ioni: il che fa supporre l'esistenza di uno stato di soprassaturazione della soluzione prima del suo arrivo alla sorgente. Variazioni anche piccole dei valori di pressione e temperatura possono portare ad una variazione della concentrazione della soluzione con conseguente deposizione di parte del soluto sotto forma di nuove fasi mineralogiche;
- 2) la soluzione è molto acida: il pH è cioè molto più basso delle rocce che essa attraversa in prossimità dell'emergenza. La più o meno rapida variazione del pH può portare la soluzione alla ricerca di un nuovo equilibrio che si traduce in pratica nella deposizione di tutte quelle fasi mineralogiche che non possono essere tenute in soluzione.

Anche l'ambiente di cristallizzazione è alquanto particolare: nel lungo e tortuoso cunicolo e, soprattutto, nelle varie camere, l'aria, greve di emanazioni solforose, ristagna, mentre dalla volta e lungo le pareti cadono stillicidi fortemente mineralizzati. La mineralizzazione secondaria è presente sia in zone umide che asciutte ma è molto più abbondante in queste ultime.

Variazioni dell'ambiente chimico e fisico, nonché le particolari caratteristiche dell'ambiente genetico possono quindi essere ritenuti i fattori principali che influenzano la mineralizzazione in esame. Alcune considerazioni sulla natura chimica di alcuni minerali individuati in rapporto all'ambiente di cristallizzazione possono poi giustificare anche fenomeni genetici un po' meno comuni. La presenza di un minerale come la koktaite in cui figura il gruppo ionico (NH_4) molto

volatile in un ambiente in cui sono presenti i vapori di anidride solforosa (se ne avverte l'odore già all'imbocco della galleria), può, ad esempio, giustificare una genesi dovuta a reazioni dei gas presenti con gli elementi delle pareti rocciose. Si deve ricordare, a questo proposito, che spesso i minerali si formano in zone in cui non si ha stillicidio.

Le caratteristiche alquanto particolari sia della soluzione che dell'ambiente di cristallizzazione (ad esempio: il grado di umidità molto elevato, il buon isolamento dall'ambiente esterno, ecc. . . .), che sono la causa della instabilità di alcune fasi mineralogiche, una volta allontanate dall'ambiente di formazione, sono pure responsabili di un fenomeno genetico difficilmente riconducibile a schemi usuali.

9. Le acque minerali di Roncegno

Sgorgano da due brevi gallerie lunghe ciascuna una decina di metri, posta l'una a quota 610, l'altra a 640, sul versante orientale del Monte Tesobo, poco sopra alla località S. Biagio, sul versante orografico destro del torrente Larganza.

Ambedue le gallerie risultano intestate in corrispondenza di filoni di porfirite mineralizzata a pirite e calcopirite. Verosimilmente si tratta di vecchie gallerie di ricerche minerarie abbandonate a causa della scarsità della mineralizzazione.

L'acqua che geme dalle fratture è mineralizzata e viene utilizzata nello stabilimento termale di Roncegno che, attualmente, come i complessi di Levico e Vetriolo, appartiene all'Azienda provinciale per le Terme.

La storia di queste terme è analoga a quella di Vetriolo. Inizia nel 1859 con la costituzione dell'«Associazione per Azioni del Bagno di Roncegno», ed erezione di un piccolo stabilimento. Le cose non procedettero bene, così che nel 1873 subentrò la «Società Anonima Balneare Roncegno», che iniziò l'attuale stabilimento, completato da una terza società sorta nel 1877. La prima analisi chimica fu eseguita nel 1858 dal prof. Luigi Manetti.

La mineralizzazione primaria è una impregnazione che interessa sia la roccia porfirica — che presenta una tipica tessitura fluidale — sia la roccia filladica, nella quale però risulta decisamente più scarsa e costituita quasi esclusivamente dalla sola pirite. I campioni più mineralizzati sono quindi quelli prelevati in corrispondenza della galleria più bassa, sui quali soprattutto è stato effettuato lo studio minerografico che ha rivelato una notevole uniformità di composizione; infatti la paragenesi è limitata ad un ristretto numero di solfuri e solfosali che ricorrono in quasi tutte le sezioni.

I minerali presenti, in ordine di abbondanza, sono: pirite (con ematite e talora magnetite), arsenopirite, calcopirite, blenda e limonite. Fra i minerali di ganga prevale il quarzo — in venette, in aggregati cristallini e in associazioni granulari — e frequente risulta anche il rutilo.

La pirite è il minerale più abbondante; oltre che in cubetti e in pentagonododecaedri integri e dai contorni netti, si presenta frequentemente frantumata e non di rado ridotta ad un aggregato microgranulare. Del tutto scarsa, nel complesso, la cementazione ad opera della calcopirite. Altre volte, a partire dalle fratture, si osservano fenomeni, localmente frequenti, di alterazione in limonite. La pirite contiene, quasi di regola, abbondante ematite in lamelle, al massimo di $20 \div 30$ micron, disposte a fasci che conferiscono al solfuro una evidente struttura zonata. Sono presenti inoltre sporadiche « stelline » di blenda, che occupano nei metacristalli di pirite una posizione quasi sempre periferica.

Scarsa, nel complesso, la magnetite, anche se in aggregati di una certa estensione. Essa risulta sempre contenuta entro la pirite e probabilmente rappresenta il prodotto di alterazione della ematite.

L'arsenopirite appare abbondante soltanto in una sezione, mentre altrove è accessoria della pirite; si presenta sia in cristalli idiomorfi di piccole dimensioni, spesso geminati e privi di inclusioni, sia in aggregati granulari variamente corrosi. Presenta le caratteristiche ottiche abituali che la rendono facilmente riconoscibile.

La calcopirite, oltre a cementare localmente le fratture della pirite, compare talora anche in plaghette entro la roccia incassante attorno ai bordi della pirite. È, nel complesso, piuttosto scarsa e del tutto priva di inclusi.

Del tutto occasionale la blenda che appare in tracce nella roccia incassante come pure nella pirite. È completamente priva di inclusi.

Nelle due gallerie i minerali secondari sono quasi assenti; solo nella galleria superiore sono stati raccolti cristallini di gesso.



Grotta del Vetriolo, camera D1: il banco di pirite affiorante, con una potenza di circa 30 cm. I cristalli verdi sono del gruppo della bieberite-melanterite. In giallo materiale argilloso derivante dall'alterazione delle filladi (Archivio Azienda Demaniale Levico-Vetriolo).

10. Composizione e genesi della mineralizzazione delle acque

Le acque minerali di Levico-Vetriolo e Roncigno sono state ripetutamente analizzate con metodi via via più moderni: vengono qui di seguito riportate le analisi dell'*acqua forte* e dell'*acqua debole* di BRAGAGNOLO, AGUZZI e GOIO, del 1941, dell'*acqua del Cappuccio* di BRAGAGNOLO, del 1956 e di Roncigno di NASINI, del 1909.

Della sorgente dell'*acqua forte* sono state fatte nuove determinazioni nel Laboratorio Chimico Provinciale dal prof. Franco Defrancesco. Queste analisi sono state eseguite sulle acque della sorgente di destra (1) (nella vaschetta di ceramica della fig. a pag. 45), di sinistra (2) (quella che scende dalla camera S4) e complessiva (3) (quella che si raccoglie nella vaschetta all'uscita - tab. 1) ed infine al serbatoio di Levico (4).

Spettrograficamente non è stata rilevata la presenza di Sr, tracce minime di Co. Confrontando que-

ste analisi con quelle di Bragagnolo, Aguzzi e Goio si possono rilevare differenze che, secondo il prof. Defrancesco, sono piuttosto da imputare ai più precisi metodi di analisi che ad una variazione nella composizione dell'acqua. Infatti, analisi ripetute in diversi periodi hanno dato una notevole costanza.

Nel suo studio FUGANTI, 1963, rileva la notevole costanza di portata delle sorgenti dell'*acqua forte* e dell'*acqua debole*, al contrario delle sorgenti potabili che hanno una portata estremamente variabile ed influenzata dall'andamento stagionale delle precipitazioni. Inoltre l'effetto delle precipitazioni si manifesta più velocemente sull'alimentazione della sorgente minerale forte che su quella debole (vedi istogramma).

L'*acqua forte* si mantiene stabile a lungo e le sostanze disciolte non precipitano, tanto che viene raccolta di notte e d'inverno, per essere erogata nel periodo dei bagni.

L'*acqua debole* invece, appena esce dalla sorgente deposita gli idrossidi di ferro e non può essere impiegata nelle cure termali.

TABELLA 1

ANALISI CHIMICHE DELL'ACQUA FORTE, F. Defrancesco, 1974

	(1)	(2)	(3)	(4)
Conducibilità elettrica specifica a 18°	1,44.10 ⁻²	1,05.10 ⁻²	8,70.10 ⁻³	
pH elettrometrico	1,90	2,00	2,00	
Acidità in ml H ₂ SO ₄ N (tit. fino a pH 4,5)	73,0	43,4	50,3	85,2
Fe sospeso	assente	assente	assente	
Fe totale disciolto	g/l 2,20	1,46	1,26	1,440
Fe ferroso	g/l 2,20	1,46	1,26	1,080
Fe ferrico	assente	assente	assente	0,360
H ₂ SO ₄ in g/l libero	g/l 3,58	2,13	2,46	
Li	mg/l 0,16	0,11		
Na	mg/l 4,80	2,85	3,10	3,80
K	mg/l 6,0	4,24	4,25	4,80
Ca	mg/l 60	51		
Mg	mg/l 52,5			
Fe	mg/l 2200	1460		
Al	mg/l 60	50		
Mn	mg/l 13	11		
Cu	mg/l 56	34,50		
Pb	mg/l 1,90	2,00		
Ni	pr. assente	pr. assente		
Zn	mg/l 280	170		
As	circa mg/l 2,00	1,3	1,10	1,20
Cd	mg/l 1,60	1,00		
SiO ₄	mg/l 18	0,8	9,6	18,4

(1) Sorgente destra - (2) Sorgente sinistra - (3) Uscita galleria - (4) Serbatoio Levico.

A nostro modo di vedere il regime e la mineralizzazione di queste acque portano alle seguenti deduzioni:

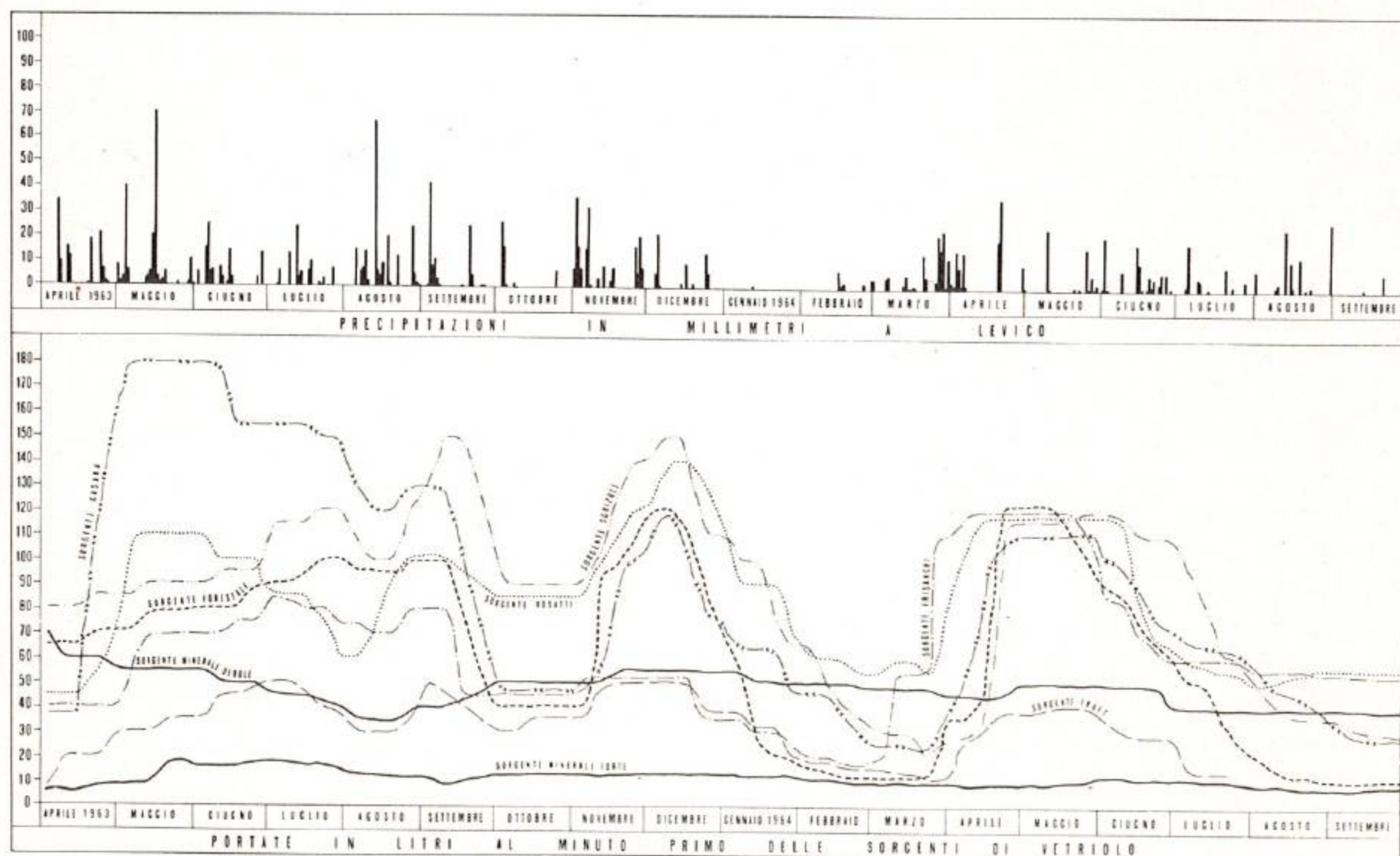
- 1) l'*acqua debole* e quella *forte* sono acque relativamente profonde. Le vie di penetrazione e di percolazione attraverso il banco mineralizzato sono molto anguste ed una parte dell'alimentazione può derivare (soprattutto per l'*acqua forte*) dall'acqua di condensazione dell'umidità atmosferica dell'aria circolante nelle vecchie ripiene;
- 2) l'acqua oligominerale del *Cappuccio* non attraversa il banco mineralizzato;
- 3) l'*acqua forte* e l'*acqua debole* derivano dalla commistione di più vene variamente mineralizzate. L'acqua debole risulta in parte miscelata con acqua di tipo oligominerale.

Ciò era già stato prospettato nello studio di BRAGAGNOLO, FACCI, TOMASI, 1956, che rilevarono come i valori inerenti alle sostanze più comuni nelle acque potabili (Na, K, Ca, Mg, Si) siano molto simili nelle acque *forte* e *debole*, mentre gli altri ioni caratteristici della mineralizzazione (Fe, Cu, Zn, ecc.) sono presenti nell'*acqua forte* in misura di una decina di volte superiore all'*acqua debole*;

- 4) anche le analisi sulle due distinte vene dell'*acqua forte* mostrano sensibili differenze, per quanto molto minori che tra *acqua forte* ed *acqua debole*;
- 5) la precipitazione delle sostanze disciolte nell'*acqua debole* sono dovute alla variazione di pH che si ha con la commistione di una piccola polla di acqua saturata (di tipo « forte ») con una polla molto maggiore di acqua oligominerale.

Delle due sorgenti di Roncegno non si hanno analisi distinte e la stessa analisi complessiva è molto vecchia, risalendo al 1909. Anche qui i fenomeni sono analoghi, per cui lo schema della mineralizzazione dell'acqua può essere riassunto nel seguente modo: le acque meteoriche penetrano in profondità nelle rocce metamorfiche; vengono indi drenate dal banco mineralizzato che, essendo più rigido delle filladi incassanti, è maggiormente fratturato. L'alterazione e la dissoluzione del banco è molto lenta e le acque permangono a lungo a contatto, saturandosi. Le gallerie della miniera e le ripiene fungono da drenaggio delle acque circolanti nel banco tuttavia la scarsa consistenza del sottterraneo consente di raccogliere una modesta quantità di acqua.

Le modalità con cui avviene la mineralizzazione dell'acqua sia a Vetriolo che a Roncegno andrebbero



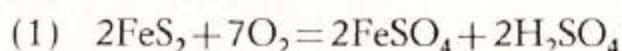
Istogramma delle precipitazioni e curve delle portate. (Da FUGANTI, 1963).

indagate a fondo; noi ci limitiamo qui a riportare alcune recenti acquisizioni sul problema.

Da molti anni è noto che nell'alterazione dei solfuri intervengono batteri, tanto che sono stati studiati, e sono in funzione, impianti di estrazione dei metalli basati sulla lisciviazione batterica, soprattutto dai tout venant molto poveri, per i quali gli altri metodi di arricchimento, quali flottazione, non sono efficaci.

L'alterazione della pirite avviene secondo le seguenti reazioni (DE GREGORI, 1969):

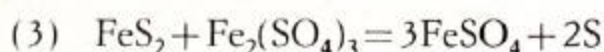
La pirite si ossida a solfato ferroso:



Il solfato ferroso si ossida a solfato ferrico:



Il solfato ferrico attacca la pirite:



Il solfato ferroso ottenuto con queste due reazioni (3) e (4) viene riossidato a solfato ferrico (2), il processo diviene autocatalitico. Nelle reazioni intervengono i batteri: *Ferrobacillus ferrooxidans* che rigenera il solfato ferrico dal solfato ferroso ed il *Thiobacillus thiooxidans* che ossida lo zolfo, prodotto dalla reazione del solfato ferrico con la pirite, a SO_4^{-2} .

I batteri ricavano l'ossigeno ed il carbonio direttamente dall'atmosfera e l'energia metabolica dall'ossidazione dei composti di ferro e di zolfo. Si tratta di organismi autotrofi, aerobi obbligati, fortemente acidofili (non sopravvivono oltre pH 6,5); la loro attività metabolica viene ridotta dalla luce e muoiono se esposti alla luce del sole.

È da rilevare che questi batteri hanno una notevole tolleranza per gli elementi tossici, mostrando una grande capacità di adattamento: sono stati studiati ceppi che resistono all'uranio, allo zinco, molibdeno, rame, ecc., tanto da essere utilizzati per la lisciviazione di questi metalli. Si è trovato che praticamente tutti i solfuri metallici di importanza commerciale possono essere attaccati dai batteri (DE GREGORI, 1969). Nel Trentino, a Darzo, è stato trovato un batterio che attacca la barite, producendo H_2S .

Accanto al ferro ed all'acido solforico, che sono i principali costituenti dall'acqua di Vetriolo, vi sono altri elementi, la cui provenienza è dal banco mineralizzato o dalla roccia incassante.

Dall'alterazione dei solfuri proviene il Cu, Pb, Zn ed As; il Ni, Co, Mn sono presenti in tracce nella pirrotina, tetraedrite e calcopirite e si liberano durante l'ossidazione. Sulla solubilità del Co e Ni interviene forse lo ione NH_4 (ABBRUZZESE & RINELLI, 1970), che può essere dovuto all'attività biologica.

Derivano dall'alterazione delle filladi Na, K, Ca, Mg, Al.

11. Potenziamiento delle sorgenti di Vetriolo e Roncegno

Il diffondersi delle cure termali in strati sempre più vasti di popolazione impone un potenziamento delle sorgenti minerali.

Il problema può essere impostato nel seguente modo:

Vetriolo: È escluso di poter aumentare la portata della sorgente dell'*acqua forte* con ravvenamenti a monte. Si otterrebbe presumibilmente una diluizione con conseguente precipitazione delle sostanze disciolte. Un tentativo di captare altre acque prolungando le gallerie avrebbe una buona probabilità di far scomparire le polle attuali.

Per l'*acqua debole* il discorso è diverso. Infatti oggi essa è inutilizzata e sarebbe sufficiente riaprire completamente il traversobanco, seguendo l'acqua in profondità. È molto probabile che si rinvergano vene molto mineralizzate di tipo forte, da poter tener distinte da quelle oligominerali o più leggere. La quantità di acque utilizzabile, secondo un calcolo di massima, è dell'ordine di grandezza di quella della sorgente dell'*acqua forte*.

Roncegno: Dopo aver individuato i singoli filoni di porfirite e previa una ricerca geofisica, la ricerca va indirizzata con lo scavo di gallerie che vadano ad intersecarli: anche qui le possibilità di successo sono buone.

M. F. BRIGATTI e L. POPPI si sono occupati della parte riguardante i minerali secondari, G. DETOMASO dei minerali

primari del giacimento, G. PERNA della parte generale ed idrologica; rilievo topografico G. AGNOLI, foto G. PERNA.

APPENDICE

FONTI DI VETRIOLO

ACQUA FORTE

Analisi chimica

Analisti: Bragagnolo, Aguzzi, Goio (1941).

CARATTERI GENERALI

Acqua limpida, incolore, inodore all'atto della scaturigine; all'aria ingiallisce con lieve innalzamento di temperatura; fuori del contatto dell'aria si conserva inalterata. Dopo un anno assume una colorazione giallo-rosa conservandosi però limpida.

Reazione al tornasole: acida.

Reazione alla fenoftaleina: acida.

Reazione all'arancio di metile: acida.

Fenomeno Tyndall: negativo nell'acqua appena scaturita, positivo qualche tempo dopo il contatto con l'aria.

Portata oraria litri 780.

VALUTAZIONI CHIMICHE DIVERSE

Ammoniaca	presente
Nitriti	assenti
Nitrati	assenti
Idrogeno solforato	assente
Arsenico	presente
Ossigeno consumato per litro	g. 0.00035
Reazione al cloridrato di benzidina	positiva
Azione catalitica	positiva intensa

DETERMINAZIONI CHIMICO FISICHE

Temperatura dell'acqua alla sorgente	$T = 9^{\circ}8 \text{ C}$ (4-11-39)
Temperatura dell'aria nella grotta	$T = 5^{\circ}0 \text{ C}$
Temperatura dell'aria esterna	$T = 3^{\circ}2 \text{ C}$
Densità	$D = 1.0078$
Abbassamento crioscopico empirico	$\Delta T = 0.146$
Pressione osmotica	
(calc. dalla formula ridotta)	$P = 1.759$
Concentrazione osmotica	$C_{\text{os}} = 79.78$
Conducibilità elettrica specifica	
a 18° C	$K_{18} = 0.00482$
Grado nefelometrico assoluto (Zeiss)	$= 1.2 \cdot 10^{-4}$
Tensione superficiale dinamica	Tens. d. = 70.96 dine
Tensione superficiale statica	Tens. s. = 72.54 dine
Coefficiente di viscosità a 25° C	$\alpha_{25} = 0.00901$
Indice di rifrazione	$r = 1.3372$
Attività degli ioni idrogenici	$p \text{ H} = 3.2$

RADIOATTIVITÀ

Unità Mache litro	0.82
Radioattività espressa in millimicrocurie	0.30
Radioattività oraria	234.0

GAS DISCIOLTI

Anidride carbonica	cm^3 17.1 in un litro a 0° e 760 mm
Ossigeno	cm^3 2.2
Azoto	cm^3 15.1

ANALISI QUALITATIVA, SPETTROGRAFICA E SPETTROSCOPICA

L'acqua forte di Vetriolo contiene: litio, sodio, potassio, calcio, stronzio, magnesio, ferro, alluminio, manganese, rame, cobalto, piombo, nichel, tallio, bismuto, ammonio, ione arsenioso, ione solforico, ione cloridrico, silice, biossido di titanio.

ACQUA DEBOLE

Analisi chimica

Analisti: Bragagnolo, Aguzzi, Goio (1941).

CARATTERI GENERALI

Acqua limpida, incolore, inodore all'atto della scaturigine; poco tempo dopo assume colorazione gialla che va aumentando e trasformandosi in un precipitato giallo rossastro, indizio delle trasformazioni avvenute nell'acqua fuori dal suo ambiente naturale.

Reazione al tornasole: acida.

Reazione alla fenoftaleina: acida.

Reazione all'arancio di metile: acida.

Fenomeno Tyndall: appena scaturita il fenomeno Tyndall risulta evidente e si manifesta tanto maggiormente in funzione del tempo.

VALUTAZIONI CHIMICHE DIVERSE

Ammoniaca	assente
Nitriti	presenti
Nitrati	assenti
Idrogeno solforato	assente
Arsenico	presente
Ossigeno consumato per litro	g. 0.00030
Reazione al cloridrato di benzidina	positiva
Azione catalitica	positiva, intensa

DETERMINAZIONI CHIMICO FISICHE

Temperatura dell'acqua alla sorgente	$T = 9^{\circ}2 \text{ C}$ (4-11-39)
Temperatura dell'aria nella grotta	$T = 5^{\circ}2 \text{ C}$
Temperatura dell'aria esterna	$T = 3^{\circ}2 \text{ C}$
Densità	$D = 1.0010$
Abbassamento crioscopico empirico	$\Delta T = 0.04$
Pressione osmotica	
(calc. dalla formula ridotta)	$P = 0.482$
Concentrazione osmotica	$C_{\text{os}} = 21.85$
Conducibilità elettrica a 18° C	$K_{18} = 0.00312$

Grado nefelometrico assoluto (Zeiss)	= 3.1. 10 ⁻⁴
Tensione superficiale dinamica	Tens. d. = 70.81
Tensione superficiale statica	Tens. s. = 72.82
Coefficiente di viscosità a 25° C	α = 0.00899
Indice di rifrazione	r = 1.33740
Attività degli ioni idrogenici	p H = 3.5

RADIOATTIVITÀ

Unità Mache litro	0.98
Radioattività espressa in millimicrocurie	0.35

GAS DISCIOLTI

Anidride carbonica	cm ³ 32.12 in un litro a 0° C e 760 mm
Ossigeno	cm ³ 3.81
Azoto	cm ³ 10.11

L'acqua debole di Vetriolo contiene: litio, sodio, potassio, calcio, stronzio, magnesio, ferro, alluminio, manganese, rame, cobalto, piombo, nichel, zinco, tallio, bismuto, ammonio, ione arsenioso, ione solforico, ione cloridrico, silice, biossido di titanio.

ANALISI QUANTITATIVA

I o n i	Grammi per litro	
	Acqua forte	Acqua debole
Litio	0.0008	0.00001
Sodio	0.0026	0.0035
Potassio	0.0017	0.0028
Calcio	0.0821	0.0869
Magnesio	0.0902	0.0482
Ferro	1.7421	0.1912
Alluminio	0.1279	0.0009
Manganese	0.0574	0.0017
Rame	0.0312	0.0021
Cobalto	0.0051	0.0008
Piombo	0.0004	0.00001
Nichel	0.0017	0.00005
Zinco	0.0141	0.0012
Stronzio	0.0002	0.00005
Ammonio	0.0010	0.00006
Ione arsenioso	0.0117	0.0011
Ione solforico	4.3516	0.7842
Ione bisolforico	0.8146	0.1133
Silice	0.0342	0.0005
Biossido di titanio	0.0002	0.0005 (*)

(*) I risultati analitici furono riconfermati da Bragnolo nel 1955.

CLASSIFICAZIONE SECONDO MAROTTA E SICA

Acqua forte: Minerale arsenicale ferruginosa.
Acqua debole: Minerale arsenicale ferruginosa.

ACQUA DEL CAPPuccio

Analisi chimica

Analista: Bragnolo (1956).

CARATTERI GENERALI

Acqua limpida, incolore, insapore, inodore. Reazione al tornasole neutra, tendente all'alcalino per esposizione delle cartine all'aria. Fenomeno Tyndall positivo. L'acqua all'atto della scaturigine otticamente vuota, subisce una lievissima opacità dopo circa 48 ore, non rilevabile ad occhio nudo.

VALUTAZIONI CHIMICHE DIVERSE

Residuo fisso a 100° C	g. 0.0626
Residuo fisso a 180° C	g. 0.0601
Residuo fisso al rosso scuro	g. 0.0548
Ammoniaca	assente
Nitriti	assenti
Nitrati	assenti
Idrogeno solforato	assente
Ozono	assente
Arsenico	assente
Ossigeno consumato in soluzione acida secondo Kubel	0.00005
Reazione al cloridrato di benzidina	positiva - debole
Azione catalitica	debole
Alcalinità in cm ³ di H Cl $\frac{N}{10}$ per litro	7.20

DETERMINAZIONI CHIMICO FISICHE

Temperatura dell'acqua alla sorgente	T = 9° 5 C
Temperatura dell'aria esterna (27-5-1956)	T = 10° 8 C
Densità	D = 1.0016
Abbassamento crioscopico	ΔT = 0.005
Pressione osmotica	P = 0.06
Conducibilità elettrica specifica a 18° C	K_{18} = 15.10 ⁻⁵
Conducibilità elettrica specifica a 25° C	K_{25} = 17.10 ⁻⁵
Attività degli ioni idrogenici	p H = 6.9
Espressa in Moli per litro	A H = 1.26.10 ⁻⁷

RADIOATTIVITÀ ALLA SORGENTE (2.9.1953)

Unità Mache litro	2.8
Millimicrocurie	1.022

GAS DISCIOLTI (ridotti a 0° C e 760 mm Hg)

Anidride carbonica	c.c. 31.2
Azoto	c.c. 8.1
Ossigeno	c.c. 3.2
Elio e gas rari	tracce

ANALISI QUALITATIVA, SPETTROGRAFICA E SPETTROSCOPICA

L'acqua del « Cappuccio » contiene in quantità dosabili: sodio, calcio, magnesio, ferro, cloro, ione solforico, ione idrocarbonico, silice.

In tracce: litio, potassio, alluminio.

ANALISI QUANTITATIVA

	Grammi per litro
Sodio	0.0008
Calcio	0.0151
Magnesio	0.0035
Ferro	0.0006
Ione cloridrico	0.0060
Ione solforico	0.0095
Ione bicarbonico	0.0446
Silice	0.0052

CLASSIFICAZIONE SECONDO MAROTTA E SICA

Oligominerale.

FONTE DI RONCEGNO

Analisi chimica

Analista: R. Nasini (1909).

CARATTERI GENERALI

Acqua limpida, incolore, inodore all'atto della scaturigine; all'aria ingiallisce per separazione di ossido idrato ferrico. Reazione alle cartine indicatrici: acida. Fenomeno Tyndall: negativo nell'acqua appena scaturita, positivo qualche tempo dopo il contatto con l'aria.

VALUTAZIONI CHIMICHE DIVERSE

Ammoniacca	presente
Nitriti	assenti
Nitrati	assenti
Idrogeno solforato	assente
Arsenico	presente
Ossigeno consumato secondo Kubel	g. 0.00016 g/l
Azione catalitica	positiva

DETERMINAZIONI CHIMICO FISICHE

Densità	D = 1.00293
Abbassamento crioscopico	$\Delta T = 0.10$
Pressione osmotica	P = 1.205 atm.
Conducibilità elettrica specifica a 25° C	K ₂₅ = 0.00453

GAS DISCIOLTI

Anidride carbonica	cc. 5.9
Ossigeno	c.c. 1.8
Azoto	c.c. 18.0

RADIOATTIVITA

Intensità di corrente di saturazione 167.8 10⁻¹⁵ ampère

ANALISI QUALITATIVA

L'acqua di Roncegno contiene: rame, ferro, alluminio, nichel, cobalto, manganese, acido titanico, silice, acido cloridrico, acido solforico, acido fosforico, acido arsenico, acido arsenioso, calcio, magnesio, sodio, potassio, litio, ammoniaca, sostanze organiche.

ANALISI QUANTITATIVA

I o n i	Grammi per litro
Ramico	0.01168
Ferroso	0.00782
Ferrico	0.84792
Alluminico	0.14144
Manganoso	0.015116
Nicheloso	0.002553
Cobaltoso	0.00232
Calcico	0.42112
Magnesico	0.06876
Sodico	0.008228
Potassico	0.00269
Ammonico	0.00028
Cloridrico	0.00007
Solforico	4.24594
Fosforico	0.010006
Arsenioso	0.00438
Arsenico	0.06993
Silice	0.13160

CLASSIFICAZIONE SECONDO MAROTTA E SICA

Arsenicale ferruginosa minerale.

BIBLIOGRAFIA

- ABRUZZESE C., RINELLI G., 1970. - *L'idrometallurgia nel trattamento dei minerali*. L'Industria Mineraria, a. 21, n. 11, pp. 625-634, figg. 4, Roma.
- ANDREATTA C., 1957. - *La costituzione geologica dell'altipiano e l'origine delle acque minerali di Piné*. Economia Trentina, a. 1957, n. 5, pp. 7-14, figg. 7, Trento.
- AZIENDA DEMANIALE REGIONALE DELLE TERME DI LEVICO-VETRIOLO, s.d. - *Le Terme di Levico-Vetriolo*. Op. in 8°, 136 pp., ill., TEMI, Trento.
- BRAGAGNOLO G., FACCI M., TOMASI L., 1956. - *Studio chimico e mineralogico sulle acque di Levico-Vetriolo. Utilizzabilità balneo-terapica dell'acqua debole*. La Clinica Termale, vol. IX (II Serie), n. 3, pp. 133-146, figg. 7, Roma.
- BRENTARI O., 1892. - *Stazioni balneari e climatiche nel Trentino*. Op. in 16°, 208 pp., ill., Pozzato, Bassano.
- BRIGO L., 1971. - *Mineralizzazioni e metallogenese nell'area della Fillade quarzifera di Bressanone nelle Alpi Sarentine*. Studi Trent. Sci. Nat., Sez. A, vol. XLVIII, n. 1, pp. 80-125, figg. 16, Trento.
- BURTET-FABRIS B., DAL PIAZ G. V., OMENETTO P., 1971. - *La paragenesi a solfuri e il significato delle inclusioni microscopiche in pirite nel giacimento piritoso-cuprifero di Petit Monde (Valle d'Aosta)*. Mem. Acc. Pat. SS. LL. AA., vol. LXXXIII, parte II, pp. 33-48, Padova.
- COLM H., 1951. - *Die Mineralquellen von Levico*. Der Schlern, vol. 27, pp. 370-374, Bolzano.
- CONTI U., 1938. - *Relazione sul Servizio Minerario e Statistica delle Industrie Estrattive in Italia nell'anno 1935*. Distretto Minerario di Trento. Min. Corp., Corpo Reale Miniere, a. LVI, n. 61, pp. 284-298, Roma.
- DAL PIAZ G. V., OMENETTO P., 1966. - *Le gisement de pyrite et cuivre d'Alagna Valsesia (Piemont)*. Atti Symp. Int. Giac. Min. Alpi, vol. 3, pp. 811-834, tavv. 2, Trento.
- DAMIANI A. V., 1964. - *Carta delle principali sorgenti minerali italiane. Distribuzione e caratteristiche genetiche*. In: Lezioni del corso di aggiornamento e di specializzazione in idrologia, pag. 197. Università di Camerino, Facoltà di Farmacia. Camerino, Anno Acc. 1963-64.
- DAMIANI A. V., MORETTI A., 1969. - *Italian Thermal and Mineral Springs*. XXIII Int. Geol. Congr., vol. 18, pp. 87-98, figg. 1, Praga.
- DE GREGORI A., 1969. - *L'azione dei batteri sui minerali e possibilità di una loro utilizzazione nei processi di arricchimento*. C.N.R., Laboratorio Trattamento dei Minerali, 27 pp., Roma.
- DUCATI S., 1965. - *Le stazioni termali nel Trentino-Alto Adige*. Op. in 8°, 99 pp., 49 figg. 1 tavv.
- FRATINI F., 1878. - *Gita sotterranea all'antica miniera di arsenico sul Monte Tesobo (presso Roncegno)*. Annuario Soc. Alpinisti Trid., 1877, pp. 124-138, tavv. 1, Trento.
- FUGANTI A., 1969. - *Studio idrogeologico delle sorgenti di Vetriolo (Trento)*. Studi Trent. Sci. Nat., Sez. A, vol. XVI, n. 2, pp. 417-435, figg. 8, Trento.
- GASSER G., 1913. - *Die Mineralien Tirols einschliesslich Vorarlbergs und der Hohen Tauern*. Vol. in 4°, 548 pp., 1 tavv., Wagner, Innsbruck.
- MARINO L., TARUGI N., MALQUORI G., 1928. - *Relazione sull'analisi delle sorgenti di Levico-Vetriolo*. Levico-Vetriolo, op. in 16°, 19 pp., Levico.
- OGNIBEN L., 1966. - *Nota sul cristallino antico e sul giacimento di pirite di Calceranica*. Atti Symp. Int. Giac. Min. Alpi, vol. 3, pp. 911-927, figg. 13, tavv. 2, Trento.
- OMENETTO P., 1967. - *Stelle di blenda in pirite e calcopirite del giacimento di Quadrate (Trentino)*. La Ricerca Scientifica, vol. 37, pp. 694-698, figg. 3, Roma.
- OMENETTO P., DETOMASO G., 1970. - *Le mineralizzazioni filoniane a solfuri misti della zona di Piné (Trento)*. L'Industria Min. nel Trentino-Alto Adige, vol. III, Economia Trentina, 1970, n. 2-3, pp. 143-161, figg. 8, Trento.
- PERNA G., 1964. - *Pirite e calcopirite*. L'Industria Min. nel Trentino-Alto Adige, vol. I, Economia Trentina, 1964, n. 1-2, pp. 172-179, figg. 1, Trento.
- PICCININI P., 1924. - *Idrologia e crenoterapia (Le acque minerali d'Italia)*. Vol. in 16°, 608 pp., Hoepli, Milano.
- PREUSCHEN E., 1973. - *Estrazione mineraria dell'età del bronzo nel Trentino*. Preistoria Alpina, Rend., vol. 9, pp. 113-150, figg. 14, tavv. 3, Trento (trad. della nota in tedesco pubbl. su « Der Anschnitt », 1968).
- RAMDOHR P., 1969. - *The Ore Minerals and their Intergrowths*. Vol. in 8°, 1074 pp., 637 figg., Pergamon Press, Oxford.
- v. SOURDEAU A. F., 1893. - *Die Mineralien des Montefronte bei Levico in Tirol*. Zeitschr. Ferdinandeums für Tirol und Vorarlberg, vol. 37, n. 3, pp. 311-342, Innsbruck.
- TRENER G. B., 1950. - *Parere geoidrologico sulla protezione delle sorgenti minerali e potabili di Levico e Vetriolo*. Relazione inedita con una carta top. 1:25.000 e planimetria 1:100.
- VINAJ G. S., PINALI R., 1923. - *Le acque minerali e gli stabilimenti termali idropinici ed idroterapici d'Italia*. V. Grioni, 2 voll., Milano.
- ZANIBONI S., 1879. - *Idrologia minerale del Trentino*. Annuario Soc. Alpinisti Trid., 1878-79, pp. 194-280, Trento.
- ZEHESTER J., 1893. - *Die Mineralquellen Tirols*. Zeitschr. Ferdinandeums für Tirol und Vorarlberg, a. XXXVII, part. III, pp. 1-141, Innsbruck.



Lo stabilimento bagni di Vetriolo, all'inizio del secolo. Per gentile concessione della Società delle Terme di Levico - Vetriolo e Roncegno.