

LA MINERALIZZAZIONE AD ARSENIATI E I MINERALI DI ANTIMONIO DI PASSO CAMISOLO

Introbio (LC), Valtorta (BG)

Fabrizio Vergani, Dipartimento di Scienze della Terra "A.Desio", Università degli Studi di Milano,
Via Luigi Mangiagalli 34 – 20133 Milano – fabrizio.vergani@studenti.unimi.it

Paolo Gentile, U.O. Piattaforma di Microscopia, Università di Milano Bicocca,
Piazza della Scienza 4 – 20126 Milano – paolo.gentile@unimib.it

Alessandro Guastoni, Museo di mineralogia, Università di Padova – Via Matteotti 30 – 35010 Padova
alessandro.guastoni@unipd.it

Luigi Possenti, Via Francesco Petrarca 24 – 23900 Lecco



La miniera di Passo Camisolo, sfruttata in passato per l'estrazione di piombo, argento, zinco e barite, è conosciuta da molto tempo per la presenza di abbondanti minerali da micro, perlopiù fasi estremamente comuni come azzurrite e cerussite, ma che si presentano talvolta in bellissimi campioni.

Durante la tesi di laurea magistrale di uno degli autori (F. Vergani) si mise però in evidenza che in realtà nel sito è presente una paragenesi secondaria decisamente più complessa, comprendente un gran numero di arseniati e minerali di Sb, Cu, Pb e Zn.

Fra questi minerali, di cui alcuni si distinguono per la loro rarità e la bellezza delle cristallizzazioni, vale la pena ricordare la presenza di theisite, sabelliite, clinoclasio, euchroite e claraite, quest'ultima osservata in campioni notevoli sia a livello locale sia nazionale.



Sopra: vista dell'area mineraria di Camisolo dal sentiero che parte dalla Bocchetta di Val Bona; è ben visibile il rifugio Grassi, ottimo campo base per le ricerche mineralogiche. *Foto F. Vergani.*

A lato: vista dell'affioramento del filone lungo la dorsale della Cima delle Miniere e delle discariche dei lavori antichi. *Foto F. Vergani.*



A sinistra: pozzo situato poco a monte dell'imbocco collassato del livello Giulia. Foto F. Vergani.

Sotto: vista del tratto di discarica del livello Ida. Sulla destra è visibile il rifugio Grassi. In questo tratto di discarica erano presenti un gran numero di blocchi ricchi in arseniati e minerali di antimonio. Foto F. Vergani.



INTRODUZIONE

La miniera del Passo di Camisolo è situata sull'omonimo passo, che mette in comunicazione la Val Biandino (Valsassina) con la Val Foppabona (Val Brembana), ad una quota compresa fra 1940 e 2070 m. La miniera è costituita da quattro livelli principali: i livelli Santa Barbara e Lina, rispettivamente alle quote di 1962 e 1988 m, che sono situati sul versante idrografico sinistro dell'alta Val Biandino, e i livelli Ida e Giulia che sono localizzati in prossimità del Passo Camisolo, in alta Val Foppabona, alle quote di 2018 e 2052 m. Lungo la cresta del monte Cima delle Miniere, in cui sono presenti un gran numero di trincee a cielo aperto ubicate in prossimità dell'affioramento del filone, è osservabile anche un profondo pozzo. Attualmente gli ingressi minerari non sono accessibili e per questo motivo è possibile effettuare ricerche solo sulle vaste discariche. La galleria Ida, utilizzata dal rifugio Grassi come deposito (situato al Passo di Camisolo), risulta murata a circa 60 m dall'ingresso; in questo tratto non sono purtroppo visibili mineralizzazioni, in quanto la galleria attraversa solo la roccia incassante.



STORIA

Questa grande miniera è stata coltivata in passato per l'estrazione di piombo, argento, zinco e barite. Così come scritto da G. Rosa (1857) nel suo libro "I Feudi e i Comuni della Lombardia", questa miniera venne citata per la prima volta in alcuni documenti del 1077 come appartenente ai Conti di Martinengo, un'antica casata nobiliare di origine longobarda. Successiva-

mente, la miniera viene citata in atti notarili del 1297, 1488 e 1489.

Durante queste antiche fasi di escavazione si ebbero soprattutto limitati lavori a cielo aperto, con lo sbancaamento della parte superficiale (cappellaccio di ossidazione) del filone. In seguito si operò con lo scavo di alcune piccole gallerie, collegate all'esterno da pozzi poco profondi scavati a partire dall'affioramento del filone.



A partire dalla seconda metà dell'Ottocento, la miniera fu coltivata dalla società "l'Esplorazione"; fra il 1862 e il 1867 fu effettuato invece qualche limitato lavoro di ricerca da parte della società "La Virginia", che si occupò però principalmente di aree minerarie limitrofe.

Nel 1897, due avventurosi valsassinesi, Carlo Brizzolari e Cirillo Artusi, reduci dalla California, indussero l'ingegner Bernardino Nogara di Bellano, allora impiegato presso la "The Brescia Mining and Metallurgical Company Limited" con sede a Glasgow, a costituire una società mineraria con sede anch'essa nella città scozzese e con agenzia ad Introbio, denominata "The Camisolo Mine Limited". Oltre a Camisolo, questa società aveva in concessione anche la miniera di argento Passaggia, presso l'alpe Pra Piazz-

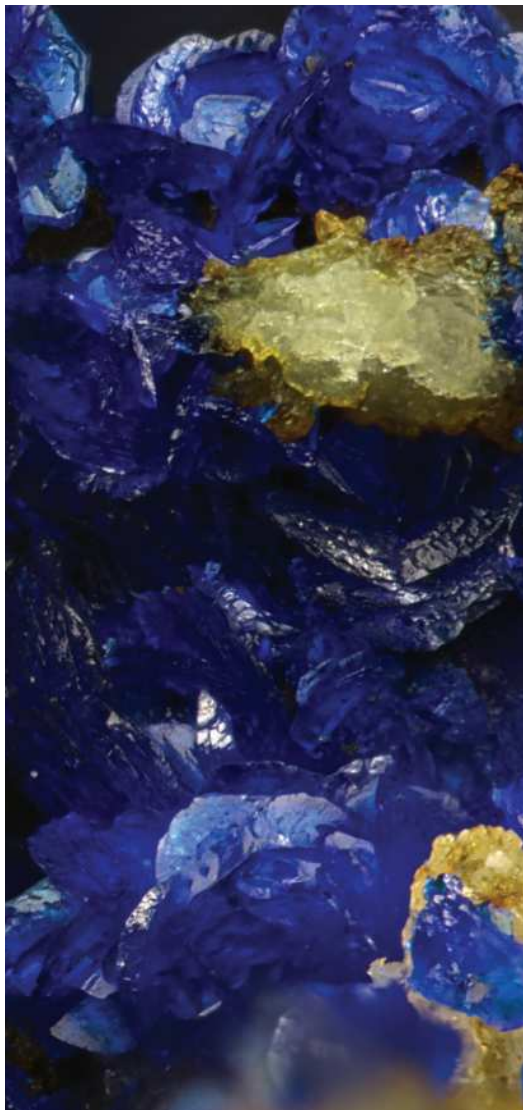
zo e Canal della Femmina (rilevata poi dalla società Pertusola), le miniere Cavallo e Cà della Miniera presso i Resinelli, la miniera Laghetto presso Barcone, la miniera di ferro Vaghi di Sasso in alta Val Biandino e la miniera Valle di Contra presso Primaluna.

I lavori di estrazione si svolsero principalmente nella stagione invernale, al fine di evitare infiltrazioni d'acqua, molto comuni nella stagione estiva, che avrebbero potuto causare cedimenti e crolli.

Le gallerie erano in gran parte armate per evitare possibili collassi. Il materiale estratto era trasportato a Introbio mediante una teleferica in cinque tratte lunga 8 km, passante per la Val Troggia. A Introbio erano presenti una piccola laveria, utilizzata per l'arricchimento della galena, e un mulino per la frantumazione della barite.



Imbocco del livello Ida. La galleria è utilizzata come deposito dal rifugio ed è murata dopo circa 60 m dall'ingresso.
Foto F. Vergani.



A lato: piccole rosette di cristalli lenticolari blu intenso di azzurrite, gruppo 2 mm.

Coll. F. Vergani, foto M. Chinellato.

Sopra: cristallo di 0,5 mm di calcofillite all'interno di una piccola cavità della oxyplumboroméite terrosa. Coll. F. Vergani, foto M. Chinellato.

GEOLOGIA E MINERALIZZAZIONE

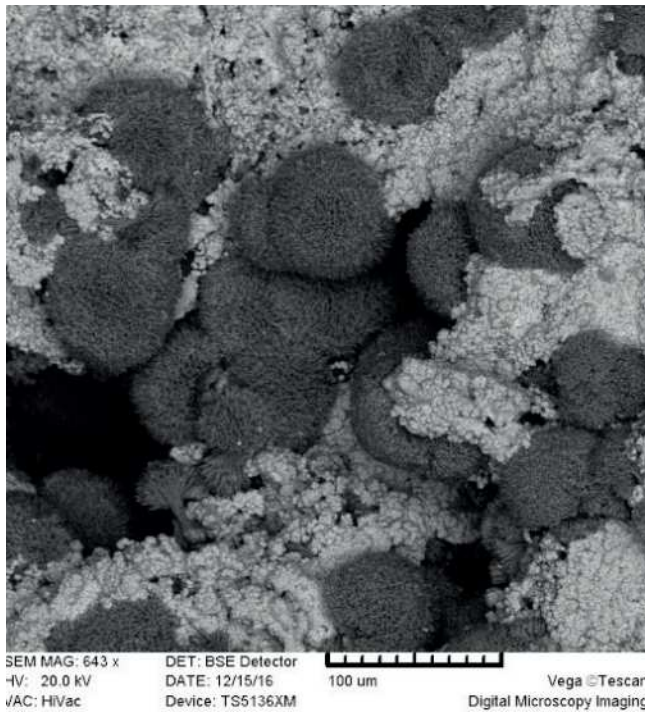
Il minerale arricchito veniva in seguito spedito in Inghilterra per la fusione e separazione del piombo dall'argento. Inizialmente gli unici minerali di interesse erano la galena e la tetraedrite argentifera; nelle successive fasi di coltivazione, che proseguirono fino al 1924, si ebbe l'estrazione principalmente di barite, che veniva lavorata direttamente ad Introbio. Negli anni Cinquanta e Sessanta fu ripresa una piccola attività di ricerca con lo scavo di un pozzo nella galleria Santa Barbara, progetto che venne poi definitivamente abbandonato a causa del crollo del prezzo del piombo. Per ulteriori informazioni sulla storia mineraria della Valsassina e della miniera di Camisolo, si rimanda a *"Il comprensorio minerario e metallurgico valsassinese"* (Tizzoni, 1997) e *"Memorie dal sottosuolo: per una storia mineraria della Valsassina"* (Tizzoni et al., 2015).

Le mineralizzazioni filoniane a solfuri della media Valsassina e della Valle Caravino (Valtorta), data la loro vicinanza con le masse intrusive di Val Biandino e San Biagio, furono da sempre considerate come la manifestazione idrotermale legata alla messa in posto di queste masse intrusive o all'attività vulcanica permiana. Queste mineralizzazioni non furono però mai oggetto di studi minerogenetici di dettaglio. Gli unici dati bibliografici recenti, oltre ad una breve descrizione dei siti di Val Bona e Camisolo da parte di Di Cobertaldo (1967), sono rappresentati da una tesi di laurea condotta presso l'Università degli Studi di Milano (Bianchi, 1999) che però, disponendo di sole osservazioni minerografiche, non ha aggiunto informazioni al quadro geominerario già conosciuto. Solo recentemente Vergani (2019) ha proposto una genesi amagmatica per queste mineralizzazioni. Queste infatti mostrano le classiche e distintive caratteristiche dei depositi detti *five-element veins* (il cui nome deriva dalla caratteristica associazione di minerali di Bi-Ag, Ni, Co, As, Fe che dominano una delle principali fasi mineralizzanti). Le mineralizzazioni sarebbero quindi

legate a un evento idrotermale permiano *sin-rifting* (ovvero alla tettonica distensiva che, a partire dal Permiano, portò allo smembramento del supercontinente Pangea e all'apertura dell'oceano della Tetide). Per effetto di questa tettonica distensiva si ebbe lo sviluppo, a scala regionale, di grandi sistemi di faglie normali, lungo le quali si impostarono circuiti idrotermali con la circolazione di acque relativamente fredde, ipersaline, ricche in metalli e migranti con idrocarburi. Le mineralizzazioni della Valsassina sono epitermali (mineralizzazioni idrotermali di bassa temperatura), con temperature di formazione valutate comprese fra 150 e 240 °C (Vergani, 2019) e possono essere suddivise in due famiglie, rappresentanti due fasi mineralizzanti distinte di un medesimo evento polifasico (Vergani, 2019):

1) Filoni polimetallici (Pb, Zn, Cu, Fe, Ni, Co, Ag, Bi, As, Sb) con direzione NNW-SSE e ganga prevalentemente baritica o mista (es. Cortabbio, Camisolo, Val Bona, Cobbio).

2) Filoni a solfuri semplici (Pb, Zn, Cu, Fe, Ag) con direzione NE-SW/NNE-SW a ganga quarzosa o mista (Rossiga, Corno, Valtorta Frer e Costa Alta, Prato San Pietro, Valle di Contra, ecc). I principali corpi filoniani *"five-ele-*



Piccole sferule di malachite su una esile crosta di bayldonite (bianca). Coll. F. Vergani, Immagine SEM P. Gentile.



Cristalli rombici di barite fino a circa 0,5 mm di lato, presenti in una piccola cavità del quarzo. Coll. F. Vergani, Immagine SEM P. Gentile.

ment” della valle sono rappresentati dai grandi filoni coltivati nelle miniere di barite di Cortabbio, dove è osservabile ben evidente l’associazione metalli nativi-arseniuri/solfoarseniuri di Ni-Co-Fe tipica di queste mineralizzazioni (Vergani, 2019). A Cortabbio, in particolare, è osservabile la sequenza di precipitazione (Vergani, 2019):

1) bismuto ed altri metalli nativi, nicolite, rammelsbergite, gersdorffite e cobaltite, alloclaseite-glaucodoto-arsenopirite (fase *five-element*, ganga dolomite e siderite).

2) solfuri/solfosali di Pb-Bi-Ag (galena, matildite, aikinite, wittichenite) ed altri solfuri quali calcopirite, pirite, sfalerite, tennantite, bournonite (fase a solfuri, ganga quarzoso-carbonatica).

3) barite.

Il classico meccanismo genetico proposto per le mineralizzazioni *five-element* è perfettamente compatibile con le condizioni geologiche presenti in Valsassina durante il Permiano, ed è in grado di spiegare tutte le caratteristiche osservate per i filoni a solfuri di questa valle (Vergani, 2019). Ulteriori studi potrebbero portare, in futuro,

ad una comprensione ancora più chiara dei meccanismi genetici di questi complessi filoni. Il giacimento di Passo Camisolo è costituito da un corpo filoniano lungo circa 400 m, alto 150 m e con una potenza variabile da 2 a 4 m, con direzione NNW-SSE ed incassato all’interno delle rocce della successione vulcanico-clastica permiana.

Sotto: gruppo di cristalli di cerussite di circa 2,5 mm. Coll. F. Vergani, foto M. Chinellato.

A lato: rosette turchesi di claraite associate a cristalli a ricciolo di malachite, gruppo di 2,5 mm. Coll. F. Vergani, foto M. Chinellato.



crocristallino, barite spatica e minore siderite, presente solitamente come piccole vene o plaghe disseminate. Sono molto frequenti, soprattutto nel materiale proveniente dai livelli Santa Barbara e Lina, xenoliti di roccia incassante inclusi all'interno della mineralizzazione.

Il filone è zonato (Artini, 1904; Di Cobertaldo, 1967): nella porzione nord, sul versante della Val Biandino, la mineralizzazione è costituita prevalentemente da barite purissima, con quarzo e siderite fortemente subordinati, con tetraedrite argentifera come minerale metallico prevalente, molto spesso con evidente struttura a coccarda intorno a frammenti di roccia incassante (livello Lina).

Nella porzione sud, nei pressi del Passo di Camisolo, la mineralizzazione è dominata da galena a grana minuta, sfalerite massiva e tetraedrite a tessitura disseminata, con ganga baritica nella

porzione alta del filone, e ganga quarzosa con frequenti plaghe di siderite nella porzione più profonda. In generale il filone risulta ricco di minerali secondari, prevalentemente carbonati, solfati, arseniati e minerali contenenti Sb, Pb, Cu e Zn (Vergani, 2019).

Questi minerali secondari, oltre che nelle parti superficiali del filone e nel materiale di discarica, sono presenti anche nelle porzioni più interne del giacimento. Inoltre, nelle discariche sono localmente frequenti blocchi a matrice quarzosa o baritica con grandi cavità di dissoluzione.

In una vena quarzoso-dolomitica laterale al filone principale, è stata osservata, finora in pochissimi campioni (Vergani, 2019), anche la presenza di una particolare associazione comprendente gersdorffite ed un minerale tipo skutterudite, con associati vari arseniati secondari contenenti Ni e Co.

METODOLOGIE ANALITICHE

In seguito al lavoro di tesi di laurea di uno degli AA (Vergani, 2019), sono stati rinvenuti un gran numero di minerali mai segnalati per questa località. Le analisi sono state eseguite su campioni personalmente rinvenuti da F.V. negli ultimi cinque anni e su campioni di Luigi Possenti e Giancarlo Valsecchi.

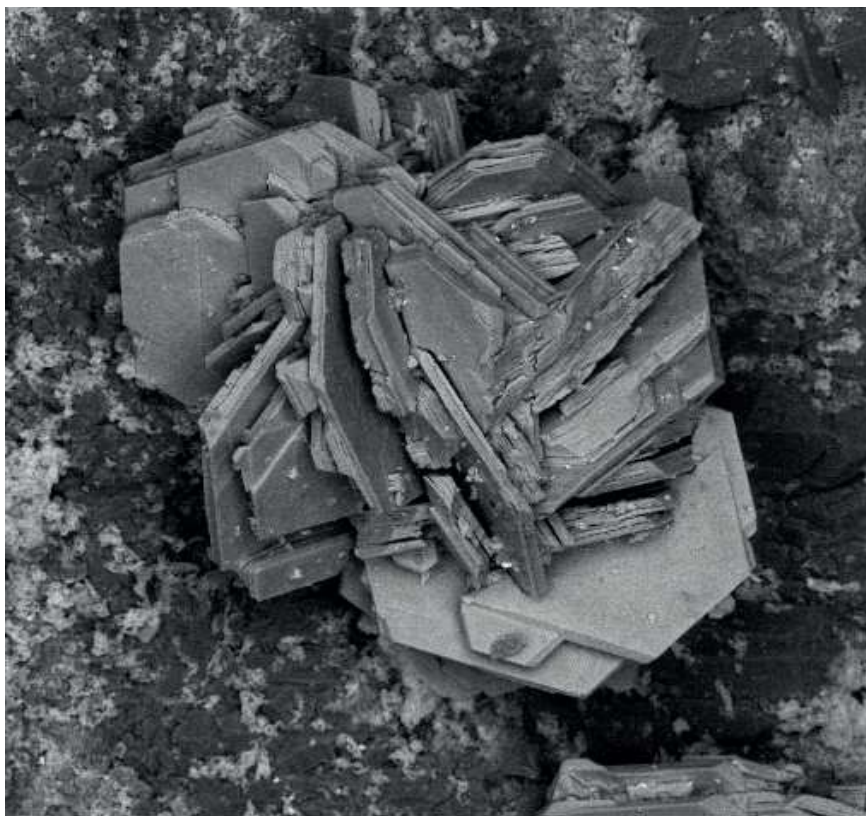
Tutti i campioni sono stati dapprima oggetto di analisi preliminari SEM-EDS qualitative su campioni tal quali. Successivamente, per ogni fase di possibile interesse, si è proceduto con l'estrazione di alcuni frammenti che sono stati poi inglobati in resina epossidica, spianati e lucidati per successive analisi SEM-EDS quantitative.

I minerali sono stati analizzati utilizzando un SEM Tescan Vega 5136XM accoppiato a una microsonda EDS Edax Genesis 4000 XMS



all'Università Milano Bicocca. Per le analisi quantitative sono stati utilizzati standard certificati. I dati di diffrazione di raggi X su cristallo singolo sono stati raccolti con un diffrattometro Xcalibur - Oxford dotato di CCD, utilizzando una radiazione Mo $K\alpha$ monocromatizzata con grafite a 50 kV e 40 mA presso l'Università Statale di Milano.

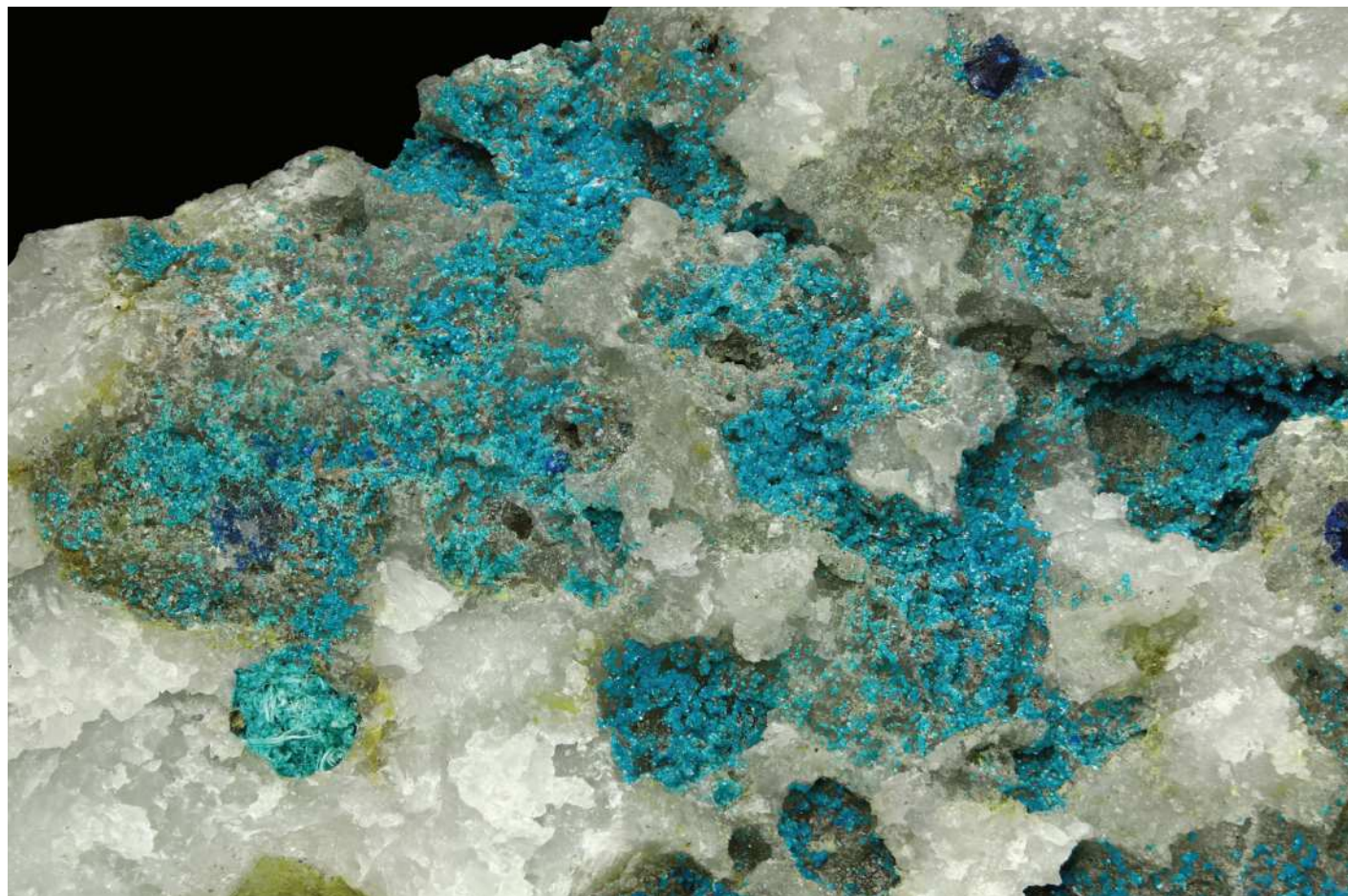
Per alcuni minerali non caratterizzabili mediante l'utilizzo di tecniche diffrattometriche si è proceduto con indagini in spettroscopia micro-Raman. Le analisi sono state effettuate presso l'unità di ricerca del CNR sita a Milano Bicocca. Le analisi sono state eseguite con spettrometro Raman (Senterra - Bruker) accoppiato a un microscopio ottico Olympus BX51. Le misure sono state eseguite utilizzando come lunghezza d'onda di eccitazione 532 nm. Lo spettro è stato acquisito in un intervallo di frequenze fra 0 e 4000 cm^{-1} e con una risoluzione spettrale di 3-4 cm^{-1} .



SEM MAG: 564 x DET: BSE Detector
 HV: 20.0 kV DATE: 11/24/16 200 um
 VAC: HiVac Device: TS5136XM Vega ©Tescan
 Digital Microscopy Imaging

Sopra: aggregato, formante una pseudo-rosetta, di cristalli tabulari esagonali di calcofillite. Coll. F. Vergani, Immagine SEM P. Gentile.

Sotto: cavità di dissoluzione della tetraedrite completamente ricoperte da rosette di claraite e piccoli cristalli di malachite ed azzurrite, base dell'area inquadrata 2,5 cm. Coll. F. Vergani, foto M. Chinellato.



I MINERALI

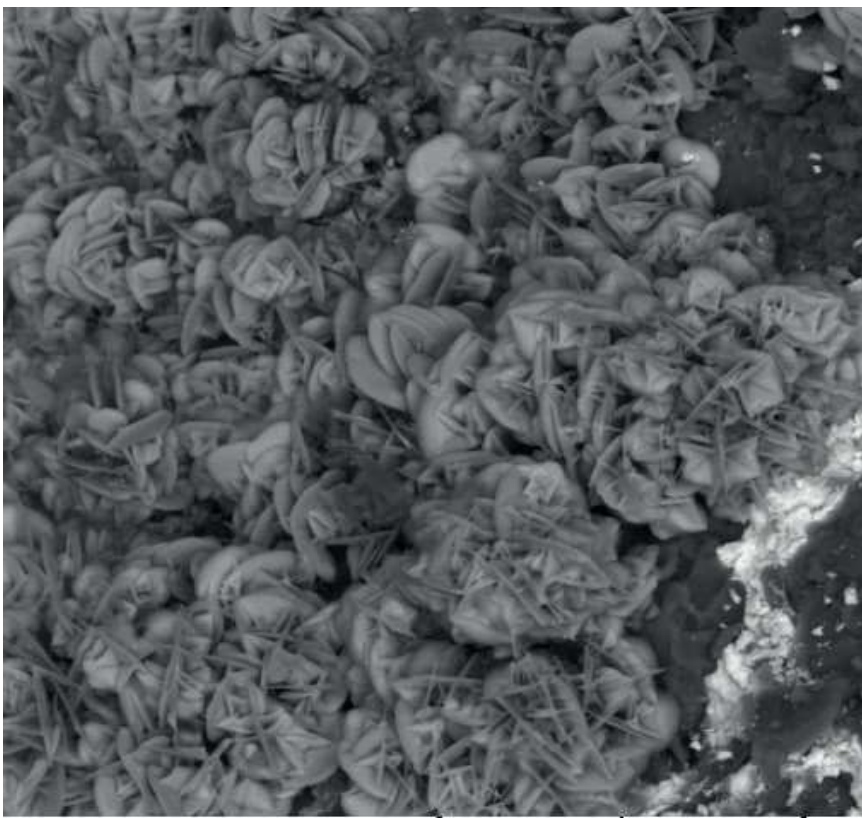
Verranno ora di seguito riportate tutte le descrizioni dei minerali di nuova segnalazione (Vergani, 2019) e già segnalati in passato (Del Caldo *et al.*, 1973; Crali *et al.*, 1975; Maida, 2002). La miniera di Camisolo risulta essere particolarmente interessante dal punto di vista mineralogico per la presenza di un gran numero di arseniati e minerali di antimonio, mai finora segnalati nella località e di notevole rilievo data la loro bellezza e rarità.

Acantite - Ag_2S

Piccoli granuli in associazione a galena, pirite e celestina, osservati solo in sezione lucida.

Anglesite - PbSO_4

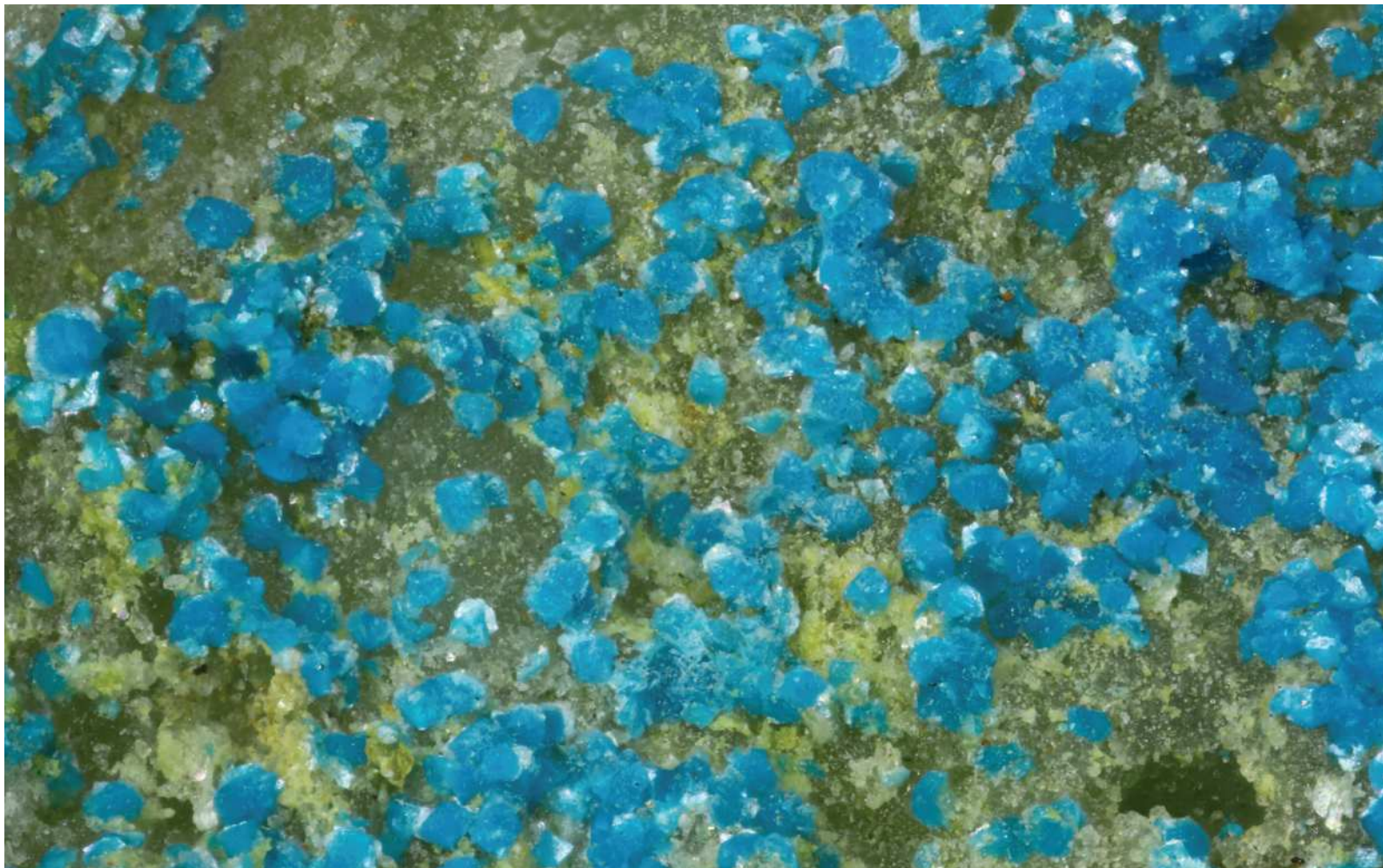
Cristalli trasparenti o bianchi ad abito prismatico tabulare, molto brillanti, con dimensione massima di 1-2 mm. Si ritrovano spesso associati a cerussite, all'interno di cavità di blocchi alterati ricchi di galena.



SEM MAG: 2.00 kx DET: BSE Detector 50 um Vega ©Tescan
HV: 20.0 kV DATE: 12/21/17 Digital Microscopy Imaging
VAC: HiVac Device: TS5136XM

Sopra: piccoli cristalli tabulari di covellina, sulla superficie esterna di un campione ricco di tetraedrite ossidata. Coll. F. Vergani, Immagine SEM P. Gentile.

Sotto: area di 3 mm ricoperta da rosette turchesi di claraite.
Coll. F. Vergani, foto M. Chinellato.



Piccole sferule azzurre costituite da una miscela microcristallina di cuproroméite, stibiconite e crisocolla. Gruppo 3 mm. Coll. F. Vergani, foto M. Chinellato.



Annabergite - $\text{Ni}_3(\text{AsO}_4)_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$
Esili incrostazioni di colore verde caratteristico, in associazione a gesdorffite alterata.

Aragonite - CaCO_3
Poco diffusa, in cristalli aciculari o lanceolati che possono raggiungere eccezionalmente la lunghezza di oltre un centimetro, solitamente cristallizzati all'interno delle fessure di blocchi quarzosi.

Asbolano
 $(\text{Ni},\text{Co})_{2-x}\text{Mn}^{4+}(\text{O},\text{OH})_4 \cdot n\text{H}_2\text{O}$
Concrezioni botrioidali di colore nero metallico rinvenute in un solo campione in associazione a cristalli di eritrite.

Auricalcite - $(\text{Zn},\text{Cu})_5(\text{CO}_3)_2(\text{OH})_6$
Comunemente in patine di colore

azzurro associate a sfalerite alterata e altri minerali secondari di zinco. Raramente si rinviene in aggregati di cristalli fogliacei o aciculari.

Azzurrite - $\text{Cu}_3(\text{CO}_3)_2(\text{OH})_2$
Si ritrova molto frequentemente in patine terrose sulla superficie esterna dei blocchi di discarica, più raramente in cristalli tabulari di colore blu intenso, spesso lucentissimi e riuniti in aggregati, di dimensione massima di 2-3 mm. Si ritrova soprattutto nelle discariche nord o nelle immediate vicinanze della galleria Ida, spesso associata ad altri minerali secondari di rame.

Barite - BaSO_4
Solitamente massiva (oggetto di coltivazione), talvolta come aggregati a rosetta di cristalli tabulari, di co-

Gruppo di 1,5 mm con piccoli cristalli di emimorfite, azzurrite e rosette azzurre di theisite. Coll. F. Vergani, foto M. Chinellato.



lore bianco sporco. Frequentemente, all'interno di piccole cavità della roccia mineralizzata, si rinvencono cristalli tabulari perfettamente trasparenti, spesso geminati, oppure più raramente in cristalli rombici trasparenti. Facilmente riscontrabile in tutte le discariche.

Bayldonite - $\text{PbCu}_3(\text{AsO}_4)_2(\text{OH})_2$

Questo minerale è stato rinvenuto solo in due campioni a matrice quarzosa compatta ricchi di cavità di dissoluzione, con frequenti relitti di galena e tetraedrite quasi totalmente alterate e liscivate. Essa si presenta come concrezioni di colore verde giallastro, sulla cui superficie sono spesso presenti sferule di malachite e cristalli tabulari e trasparenti di barite.

Brochantite - $\text{Cu}_4(\text{SO}_4)(\text{OH})_6$

Questo minerale si presenta solitamente come spalmature e concrezioni di colore verde smeraldo, sulla superficie esterna dei blocchi di discarica, in particolare nel tratto compreso fra il piazzale del livello Ida e il rifugio Grassi.

Talvolta questo minerale si rinviene all'interno delle piccole cavità della matrice quarzosa come cristalli aciculari, prismatici o tabulari di color verde smeraldo e con lucentezza vitrea, con dimensione massima di 1-2 mm.

Calcofillite

$\text{Cu}_{18}\text{Al}_2(\text{AsO}_4)_4(\text{SO}_4)_3(\text{OH})_{24} \cdot 36\text{H}_2\text{O}$

All'interno delle piccole cavità di blocchi ricchi in tetraedrite, spesso in associazione a cuproroméite, si

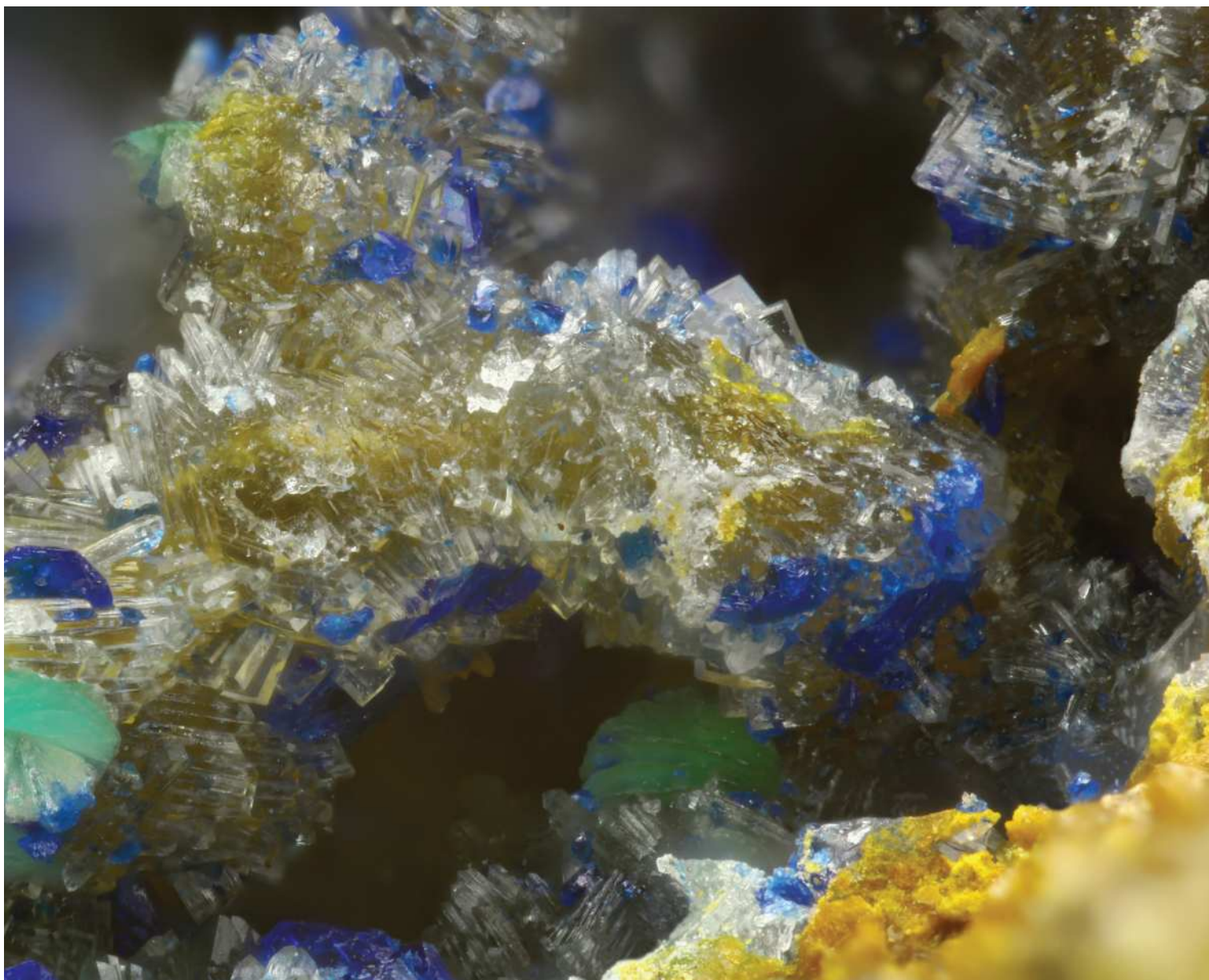
rinvencono piccoli cristalli tabulari a contorno esagonale, con dimensione solitamente compresa fra 0,25 e 1,5 millimetri, trasparenti e di colore verde acqua o verde smeraldo, talvolta geminati e compenetrati fra loro a formare una pseudo-rosetta.

Calcopirite - CuFeS_2

Noduli di colore giallo ottone, talvolta molto lucenti. In un unico campione è stata ritrovata come cristalli bisfenoidali fortemente ossidati di circa 0,5 mm, all'interno di una piccola cavità della matrice baritica.

Celestina - SrSO_4

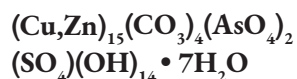
Granuli anedrali associati a pirite ed acantite, osservati solo in sezioni lucide metallizzate.



Cerussite - PbCO_3

Cristalli prismatici di colore bianco, solitamente con dimensioni massime di qualche millimetro, associati a galena ed anglesite. Si rinviene molto comunemente, in particolare, nel tratto di discarica a valle della galleria Ida, all'interno di rocce mineralizzate alterate ricche in galena. Nel materiale di discarica presente in prossimità dell'affioramento del filone, all'interno di blocchi quarzosi ricchi di cavità di dissoluzione, raramente si possono rinvenire cristalli fino a 6-7 mm, eccezionalmente fino al centimetro. In generale rappresenta uno dei minerali secondari più comuni nelle discariche.

Claraite



Questa fase si presenta come rosette di cristalli fogliacei di colore azzurro turchese tendente al blu, solitamente

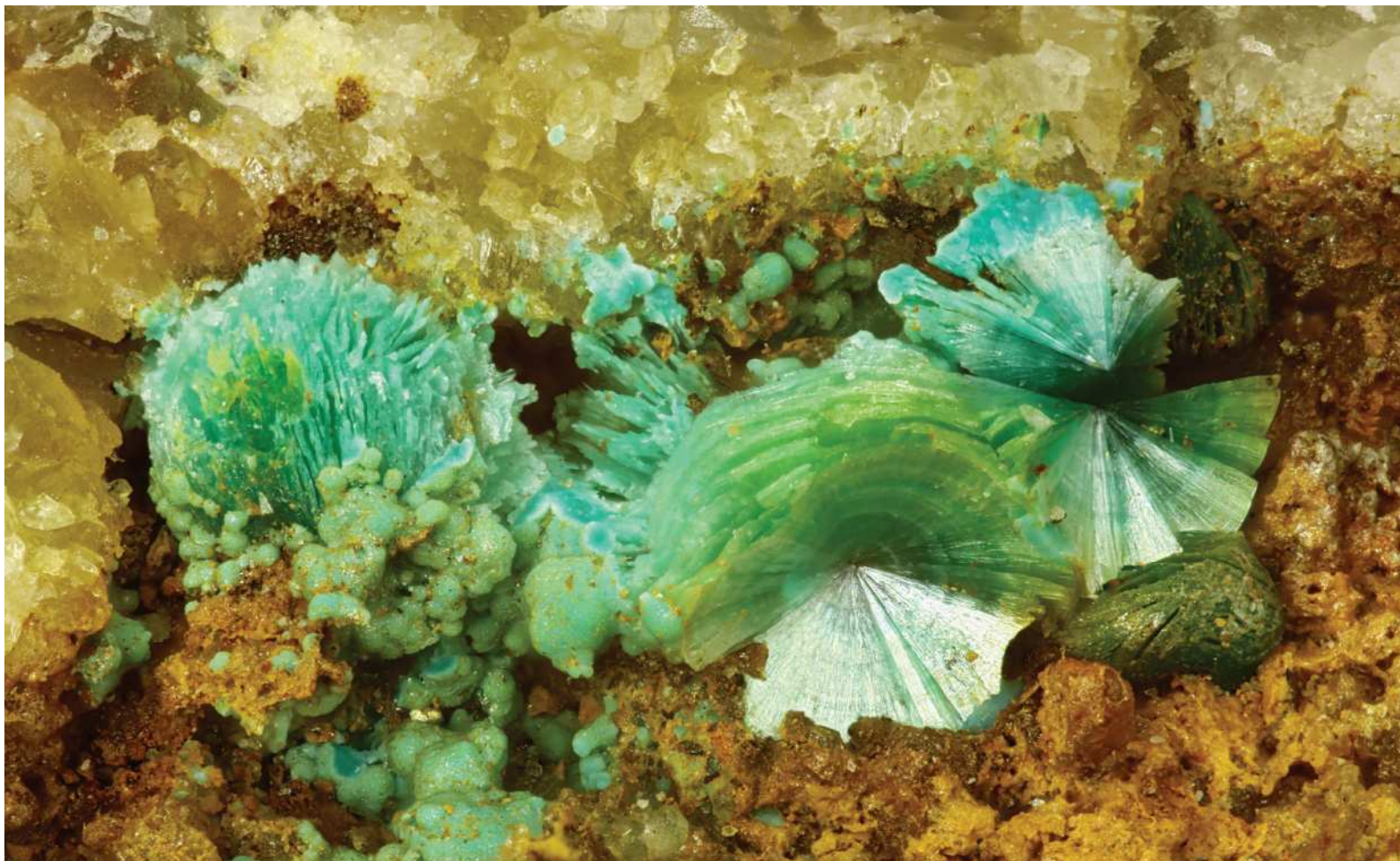
associate ad azzurrite, malachite, calcocillite e theisite. Questo minerale si rinviene all'interno delle piccole cavità della matrice quarzosa o baritica, in molte delle discariche della miniera. In un unico grande blocco quarzoso, rinvenuto nelle discariche del livello Ida, sono stati recuperati alcuni campioni davvero eccezionali di claraite e theisite, formanti ricoprimenti anche molto estesi delle fessure che attraversavano il blocco, fortemente mineralizzato a tetraedrite. La claraite è un minerale raro in Italia (fra l'altro vale la pena sottolineare che questo rappresenta il primo ritrovamento per la Lombardia), finora segnalato solo alla miniera del Monte Avanza (Bortolozzi *et al.*, 2015) e alle miniere di Comeglians in Friuli (Bortolozzi *et al.*, 2018), Orco Feglino in Liguria (Balestra *et al.*, 2011) e presso le cave di marmo di Massa-Carrara, in Toscana (Orlandi e Criscuolo, 2009).

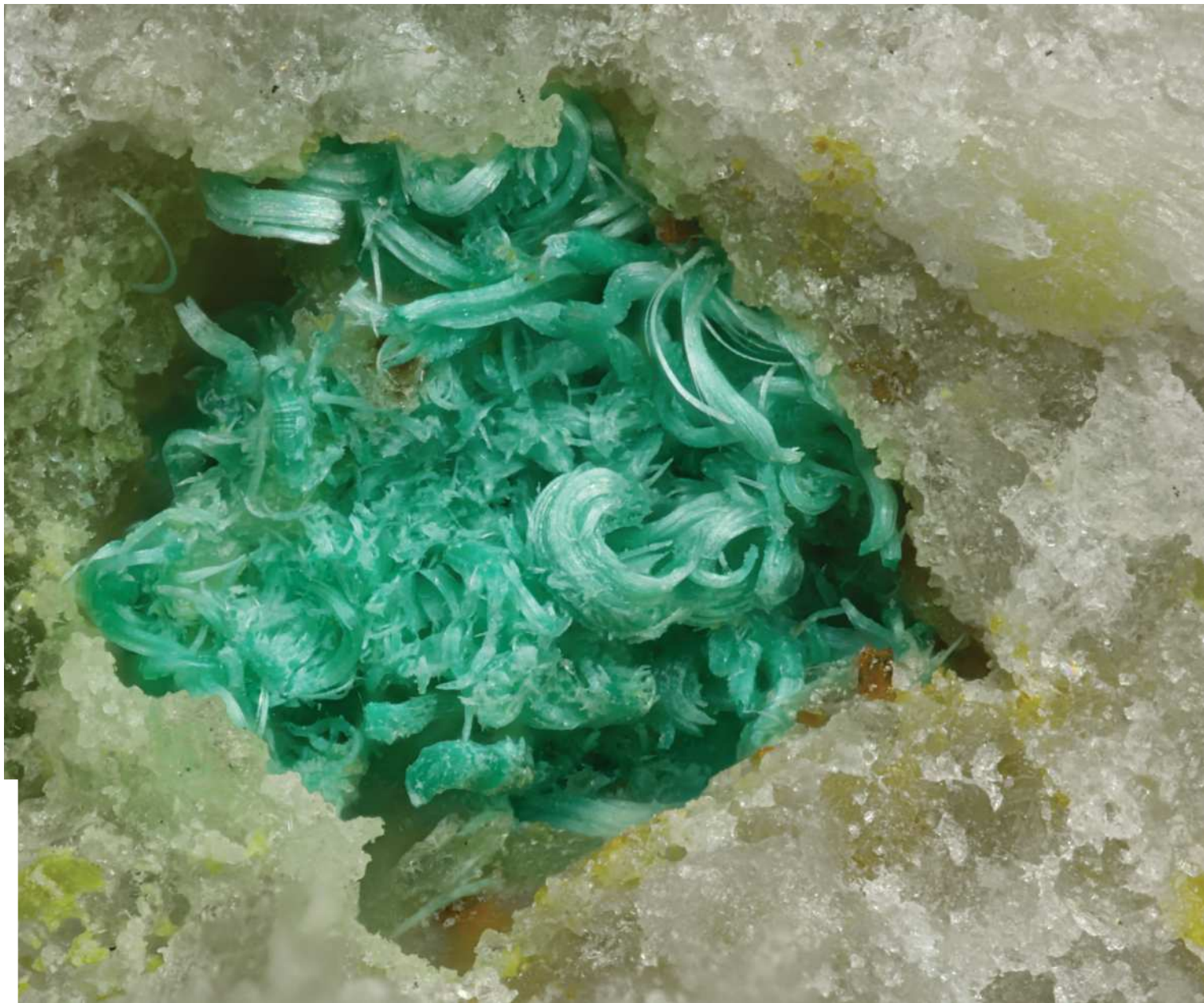
A destra:
piccola cavità
con cristalli
a ricciolo di
malachite, gruppo
di 1,5 mm.

Coll. F. Vergani,
foto M. Chinellato.

Sotto:
aggregati a rosetta,
evidentemente
zonati,
di sabelliite verde,
gruppo di 2,5 mm.

Coll. F. Vergani,
foto M. Chinellato.





Crisocolla - $\text{Cu}_{2-x}\text{Al}_x(\text{H}_{2-x}\text{Si}_2\text{O}_5)(\text{OH})_4 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ ($x < 1$)

Concrezioni di colore azzurro tenue con lucentezza grassa, che presentano spesso le tipiche fratture generate da fenomeni di disidratazione, talvolta presenti in associazione ad altri minerali contenenti rame.

Clinoclasio - $\text{Cu}_3(\text{AsO}_4)(\text{OH})_3$

Questo minerale si presenta come cristalli tabulari allungati e trasparenti, con lucentezza vitrea e colore blu cupo, presenti all'interno di una piccola cavità di quarzo compatto in un campione in possesso di L. Posenti, rinvenuto da lui e G. Valsecchi nelle discariche minerarie dei lavori

antichi sviluppati in prossimità degli affioramenti del filone. Il minerale in questione, inizialmente identificato dall'esperto collezionista lecchese come linarite, si è rivelato essere appunto clinoclasio.

“Clorite”

Cristalli fogliacei di colore verde fino a 2-3 millimetri, talvolta osservabili nella vulcanite incassante alterata dai fluidi idrotermali.

Conicalcite - $\text{CaCu}(\text{AsO}_4)(\text{OH})$

Sferule, composte da piccoli cristalli aciculari di colore verde mela (dimensione inferiore a 100 micrometri), raramente osservabili sulla su-

perficie esterna di blocchi quarzosi ricchi in tetraedrite, in associazione ad azzurrite, malachite e minerali contenenti Sb, Pb e Cu.

Covellina - CuS

Cristalli lamellari fino al centimetro, di colore blu metallico iridescente, solitamente associati a galena. Si ritrova nelle discariche nei pressi delle gallerie Ida e Giulia. Frequentissima nei campioni osservati in sezione lucida, in associazione a tetraedrite.

Cuprite - Cu_2O

Masserelle e vene di color rosso sangue che attraversano la matrice quarzosa, mai in cristalli evidenti.



Si rinviene spesso in associazione a vari minerali secondari, quali azzurrite, malachite, covellina e talvolta emimorfite in masserelle compatte di colore verde o azzurro.

Cuproroméite - $\text{Cu}_2\text{Sb}_2(\text{O},\text{OH})_7$

Questo minerale è comune in blocchi ricchi di tetraedrite ossidata a matrice quarzosa o baritica, come croste e spalmature anche piuttosto estese di color verde marcio o verde giallastro, solitamente associate ad azzurrite, malachite e vari arseniati di antimonio e rame. Talvolta, in alcuni campioni rinvenuti nelle discariche del livello Ida, si presenta come sferule di colore azzurro chiaro e con lucentezza terrosa e talvolta, ove fratturate, è possibile osservare la struttura interna costituita da aggregati di cristalli aciccolari disposti a raggiera.

Dolomite - $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$

Minerale di ganga poco diffuso.

Emimorfite - $\text{Zn}_4\text{Si}_2\text{O}_7(\text{OH})_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$

In cristalli prismatici appiattiti, ben terminati, isolati o riuniti in aggregati a ventaglio, incolori, limpidi, spesso lucenti ed associati a sfalerite e smithsonite.

Eritrite - $\text{Co}_3(\text{AsO}_4)_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$

In patine terrose di colore rosa pallido in associazione a skutterudite (?) alterata. Più raramente si rinviene in perfetti e stupendi cristalli, trasparenti e di colore rosso vivo, nelle fessure della vulcanite alterata in associazione alle venette con piccoli noduli di skutterudite (?).

Eucroite - $\text{Cu}_2(\text{AsO}_4)(\text{OH}) \cdot 3\text{H}_2\text{O}$

Questo minerale si presenta come sferule di colore verde smeraldo, trasparenti e con lucentezza vitrea, in associazione a parnauite e claraite.

Questa particolare associazione è stata osservata solamente in due campioni di L. Possenti, all'interno di alcune fessure della vulcanite incassante fortemente silicizzata, che presenta anche disseminazioni di tetraedrite. Questo arseniato è stato finora segnalato in Italia solo nelle celebri miniere di Montevecchio in Sardegna (Preite e Zuanel, 2007).

Galena - PbS

Masse compatte o venette di colore grigio piombo, solitamente opache ma talvolta molto lucenti, con evidenti sfaldature; non è mai stata os-

Sopra: aggregato a ventaglio (1,5 mm) di cristalli prismatici trasparenti e con lucentezza vitrea di mimetite.

Coll. F. Vergani, foto M. Chinellato.

A destra: area di 2,5 mm con numerose rosette azzurre di theisite.

Coll. F. Vergani, foto M. Chinellato.

servata da noi in cristalli ben formati. In sezione lucida presenta sempre diffusissime inclusioni di tetraedrite argentifera. Si rinviene solitamente associata a blenda, covellina, cerussite ed anglesite.

Goethite - $\alpha\text{-Fe}^{3+}\text{O}(\text{OH})$

Aggregati mammellonari di colore nero, molto lucenti, con vivida iridescenza, associati ad altri minerali secondari e solfuri fortemente alterati.

Greenockite - CdS

Raramente come patine di colore giallo canarino in associazione a sfalerite ossidata.

Idrozincite - $\text{Zn}_5(\text{CO}_3)_2(\text{OH})_6$

Patine di aspetto terroso e colore bianco, associate a sfalerite alterata ed altri minerali secondari di zinco. Si rinviene comunemente nel tratto di discarica compreso fra i livelli Ida e Giulia.



Linarite - $PbCu(SO_4)(OH)_2$

Cristalli tabulari di colore blu elettrico, solitamente molto piccoli ma ben formati, associati a galena, cerussite ed anglesite.

Malachite - $Cu_2(CO_3)(OH)_2$

Frequentemente come patine e incrostazioni di colore verde sulla superficie esterna dei blocchi di discarica, talvolta come cristalli aciculari riuniti in aggregati a ventaglio o come cristalli ricurvi a "ricciolo". Presente comunemente in tutte le discariche.

Mimetite - $Pb_3(AsO_4)_3Cl$

Questo minerale rappresenta uno dei prodotti di alterazione più comuni, insieme ad azzurrite, malachite e cerussite, nella discarica compresa fra il livello Ida e il rifugio Grassi. Esso si presenta come cristalli prismatici esagonali, talvolta terminati dal pinacoi-

de, trasparenti e con lucentezza vitrea, di colore solitamente bianco o giallino, talvolta verde o azzurro.

Oxyplumboroméite - $Pb_2Sb_2O_6O$

Concrezioni terrose di color giallo canarino, presenti sulla superficie esterna dei blocchi di discarica oppure più frequentemente a ricoprire anche interamente le cavità di dissoluzione. Rappresenta uno dei minerali di alterazione più frequenti del tratto di discarica compreso fra il piazzale del livello Ida e il rifugio; si riscontra in particolare nei blocchi ossidati ricchi di galena in cui è anche presente la tetraedrite.

Parnauite

$Cu_5(AsO_4)_2(SO_4)(OH)_{10} \cdot 7H_2O$

Questo minerale si presenta come sferule costituite da cristalli aciculari di colore verde chiaro, in associazione ad eucoite e claraite, già descritte in

precedenza. Questi minerali, osservati solamente in due campioni di L. Possenti, si rinvenivano all'interno di alcune fessure della roccia incassante fortemente silicizzata con presenza di disseminazioni di tetraedrite.

Pirite - FeS_2

Piccoli cristalli cubici poco lucenti, presenti talvolta anche all'interno delle rocce incassanti.

Posnjakite - $Cu_4(SO_4)(OH)_6 \cdot H_2O$

Questo minerale, presente in solo due campioni storici di inizio '900 in possesso di P. Gentile, si presenta come cristalli tabulari a contorno esagonale, talvolta trasparenti ma solitamente opachi, di colore azzurro turchese e con lucentezza vitrea. In uno dei due campioni, questo minerale è associato a brochantite, che si presenta come cristalli aciculari di colore verde chiaro.

Quarzo - SiO_2

Masse compatte microcristalline di colore bianco, talora in minuti cristalli ialini con dimensione massima fino a un centimetro. Insieme alla barite costituisce la ganga del deposito. Rinvenibile comunemente in tutte le discariche.

Rosasite - $(\text{Cu,Zn})_2(\text{CO}_3)(\text{OH})_2$

Aggregati emisferici formati da cristalli aciculari, di colore solitamente verde cupo oppure azzurro talvolta tendente al blu, solitamente associato a malachite, idrossidi di ferro, mimetite, oppure, più comunemente, claraite.

Sabelliite

$(\text{Cu,Zn})_2\text{Zn}(\text{AsO}_4,\text{SbO}_4)(\text{OH})_3$

Questa specie si presenta come rosette di cristalli fogliacei di colore verde smeraldo, all'interno delle cavità di dissoluzione di blocchi a matrice quarzosa con disseminazioni di tetraedrite. Si rinviene anche come aggregati raggiati all'interno delle diaclasi di blocchi a barite, molto raramente nel materiale di discarica del livello Giulia.

La miniera di Passo Camisolo rappresenta la terza località italiana di rinvenimento per questo minerale, dopo la località tipo di Is Murvonis in Sardegna (Olmi *et al.*, 1995) e la miniera del Monte Avanza in Friuli (Bortolazzi *et al.*, 2015), oltre che settima località a livello mondiale.

Sfalerite - ZnS

Noduli e vene di colore rosso-bruno, frequentemente alterati ed associati a minerali secondari di zinco. All'interno di fessure e cavità delle rocce mineralizzate, è raramente presente come cristalli euedrali di color giallo miele e dimensione massima di 1-2 mm. È il minerale più comune nel tratto di discarica subito a monte del livello Ida.

Siderite - FeCO_3

Piccoli cristalli romboedrici di colore dal giallo al marrone, spesso ossidati ed associati a limonite. Relativamente



Rosetta azzurra di circa 0,7 mm di theisite. Coll. F. Vergani, foto M. Chinellato.

frequente come mosche e masserelle compatte ossidate.

Smithsonite - ZnCO_3

Aggregati globulari lucenti o piccoli cristalli scalenoedrici di colore bianco o giallo, di dimensione massima fino a un millimetro, associati ad altri secondari di zinco. Si rinviene in particolare all'interno di piccole geodi in rocce ricche di sfalerite, nel tratto di discarica compreso fra i livelli Ida e Giulia.

Stibiconite - $\text{Sb}^{3+}\text{Sb}^{5+}_2\text{O}_6(\text{OH})$

In intima associazione con cuproméite, mimetite e crisocolla.

Stibnite - Sb_2S_3

In un unico campione rinvenuto nella discarica situata poco a monte del rifugio Grassi da Massimiliano Stucchi, sono presenti alcuni cristalli prismatici di colore grigio acciaio di stib-

nite che ricoprono una piccola fessura di un blocco a matrice quarzosa, parzialmente ricoperti da una patina di colore giallo limone di greenockite.

Tetraedrite

$\text{Cu}_6[\text{Cu}_4(\text{Fe-Zn})_2]\text{Sb}_4\text{S}_{13}$

Come noduli massivi o disseminazioni di colore nero privi di sfaldatura, spesso alterati, o molto raramente in piccoli cristalli di colore nero con evidente abito tetraedrico, talvolta lucenti. La tetraedrite è diffusa in tutte le discariche, solitamente come disseminazioni, ed è praticamente ubiquitaria in sezione lucida, rinvenendosi come inclusione in tutti i solfuri della mineralizzazione. La presenza di questo solfosale nei campioni rinvenibili in discarica è estremamente importante, in quanto chiaro segnale della possibile presenza di arseniati e minerali di antimonio.



Aggregati a rosetta con dimensione massima fino a circa 100 micron di theisite, associati a croste di cuproroméite (bianca). Coll. F. Vergani, Immagine SEM P. Gentile.

Theisite



Nel tratto di discarica compreso fra il livello Ida e il rifugio Grassi, si rinviene relativamente di frequente la theisite in rosette di cristalli fogliacei di color azzurro tenue, talvolta quasi bianchi, visivamente molto simili ad auricalcite, presenti nei piccoli geodi e nelle cavità di dissoluzione dei blocchi a matrice quarzosa con tetraedrite. Si presenta talvolta anche come aggregati raggiati di colore verde, cristallizzati all'interno di diaclasi della roccia mineralizzata, facilmente confondibili con malachite. Il sito di Camisolo rappresenta la prima località di ritrovamento in Lombardia per questo minerale e sesta a livello italiano, dopo la miniera del Monte Avanza in Friuli (Dondi *et al.*, 1995), la miniera di barite di Bardineto in Liguria (Antofilli *et al.*, 1985), le miniere di Is

Murvonis e Sa Duchessa in Sardegna (Stara *et al.*, 1996) e infine le cave di Massa-Carrara (Orlandi e Campostrini, 2005; Orlandi e Criscuolo, 2009).

Wulfenite - $\text{Pb}(\text{MoO}_4)$

In cristalli sub-millimetrici di colore giallo intenso ed abito tabulare. Si rinviene associata a cerussite e galena, osservata solo in un campione di L. Possenti.

Zincolivenite - $\text{CuZn}(\text{AsO}_4)(\text{OH})$

Questo minerale è stato rinvenuto in un unico campione nella discarica del livello Giulia. Esso si presenta come aggregati emisferici trasparenti e con lucentezza vitrea, di colore verde chiaro e sempre associati ad azzurrite in cristalli lamellari, all'interno di una fessura di un blocco a matrice quarzosa ricco in tetraedrite ed esternamente ricoperto da vari minerali di Sb, Cu e Pb.

CONCLUSIONI

Il sito di Camisolo possiede una paragenesi primaria e secondaria estremamente complessa, comprendente anche vari arseniati e minerali di antimonio. In seguito al lavoro di laurea magistrale di uno degli autori (F.V.) è stato possibile identificare un gran numero di minerali di nuova segnalazione per la località, tra cui molte fasi mai osservate né in Valsassina né in Lombardia.

Ulteriori studi potrebbero, in futuro, portare ad ulteriori scoperte mineralogiche in questa località storica mai adeguatamente studiata in passato.

RINGRAZIAMENTI

Un ringraziamento particolare a Giacomo Diego Gatta, Nicola Rotiroti e Marilena Moroni per il supporto e l'aiuto durante la raccolta dei dati di diffrazione e la stesura e revisione della tesi (F.V.). Un ringraziamento anche a Matteo Chinellato, autore delle splendide foto presenti in questo articolo. F. Vergani ringrazia infine i suoi amici Massimiliano Stucchi, Monica Corti, Andrea Gnata ed Andrea Maffei per il supporto e l'aiuto durante le escursioni di rilevamento e raccolta. Questo articolo è dedicato alla memoria di Giancarlo Valsecchi, grande ricercatore ed appassionato della mineralogia sistematica alpina ed in particolare della Valsassina, recentemente venuto a mancare all'affetto dei suoi cari.

BIBLIOGRAFIA:

- BALESTRA C., CIRIOTTI M.E. e BRACCO R. (2011) – Su alcune novità mineralogiche liguri caratterizzate dal SIUK dell'AMI – *Micro*, **10**, 46-53.
- BIANCHI A. (1999) – Mineralizzazioni a barite e solfuri di Pb, Zn, Cu, Fe e Ag nel basamento cristallino della media Valsassina (LC) – *Tesi di laurea inedita*, Università degli Studi di Milano.
- BORTOLOZZI G.M., CIRIOTTI M.E., BITTARELLO E. e MOECKEL S. (2015) – Monte Avanza, Forni



Sferule verdi di zincolivenite associate a rosette di cristalli tabulari di azzurrite, area 1 mm. Coll. F. Vergani, foto M. Chinellato.

Avoltri; Carnia (Udine, Friuli-Venezia Giulia): conferme e nuovi ritrovamenti – *Micro*, **13**, 2-39.

BORTOLOZZI G.M., BRACCO R., DE TUONI F., VIDUS L., BITTARELLO E., MARENGO A., CIRIOTTI M.E. e ZORZI F. (2018) – Antiche miniere e affioramenti metalliferi a Comeglians (Val Degano, Friuli-Venezia Giulia): recenti ritrovamenti – *Micro*, **16**, 2-36.

CRALI M., RAVAGNANI D. e TABACCHI C. (1975) – La miniera di Passo Camisolo e i suoi minerali – *Notizie del Gruppo Mineralogico Lombardo-Milano*, **2**, 30-33.

DEL CALDO A., MORO C., GRAMACCIOLI C.M. e BOSCARDIN M. (1973) – Guida ai Minerali – *Fratelli Fabbri, Ed.*, Milano, 208 pp.

DI COBERTALDO D. (1967) – Giacimenti minerari – *CEDAM*, 2 volumi, Milano.

DONDI M., PALENZONA A. e PUG-

GIOLI G. (1995) – La miniera di Monte Avanza, Forni Avoltri (Udine) – *Rivista Mineralogica Italiana*, **19**, 2, 125-136.

MAIDA F. (2002) – Descrizione delle specie e varietà di minerali e loro ritrovamento nella Bergamasca – G.O.M. Gruppo Orobico Minerali – *Novecento Grafico, Ed.*, Bergamo 82 pp.

OLMI F., SANTUCCI A. e TROSTI-FERRONI R. (1995) – Sabelliite, a new copper-zinc arsenate-antimonate mineral from Sardinia, Italy – *European Journal of Mineralogy*, **7**, 1325-1330.

ORLANDI P. e CAMPOSTRINI I. (2005) – Zibaldone. Aggiornamenti di mineralogia italiana 2004 – *Rivista Mineralogica Italiana*, **29**, 3, 184-191.

ORLANDI P. e CRISCUOLO A. (2009) – Minerali del marmo delle Alpi Apuane. Parco delle Alpi Apuane – *Pacini Editore*, Ospedaletto-Pisa, 180 pp.

PREITE D. e ZUANEL A. (2007) – Montevicchio: storia, miniere e mi-

nerali – *Rivista Mineralogica Italiana*, **31**, 4, 230-246.

ROSA G. (1847) – I Feudi e i Comuni della Lombardia – Bergamo, Seconda edizione, 249 pp.

STARA P., RIZZO R. e TANCA G.A. (1996) – Iglesiente e Arburese. Miniere e minerali – Vol.I, *EMSa (Ente Minerale Sardo)*, 238 pp.

TIZZONI M. (1998) – Il comprensorio minerario e metallurgico valsassinese – *Monografie Museo Civico Lecco*, 447pp.

TIZZONI M., INVERNIZZI P. e LAMBRUGO M. (2015) – Memorie dal sottosuolo, per una storia mineraria della Valsassina – *Bellavite Editore in Missaglia*, 183pp.

VERGANI F. (2019) – Le mineralizzazioni filoniane a solfuri della Valsassina: studio giacimentologico preliminare – *Tesi di laurea inedita*, Università degli Studi di Milano.

ABSTRACT

ARSENATES AND ANTIMONY MINERALS FROM A SECONDARY MINERAL ASSOCIATION FROM PASSO CAMISOLO, INTROBIO (LC), VALTORTA (BG)

In the last century the Passo Camisolo mine was exploited for lead, silver, zinc and baryte. This locality has been locally known for the presence of abundant microminerals, usually lead and copper carbonates, such as azurite and cerussite, some of them found in nice and aesthetic specimens, as well. One of the authors (F. V.) found a very interesting secondary mineral association at Camisolo mine including a large number of Cu, Pb and Zn arsenates and antimonates. Theisite, sabelliite, clinoclase, euchroite and claraite belong to the minerals, remarkable by their rarity and beauty.

ZUSAMMENFASSUNG

SEKUNDÄRE ARSENATEN UND ANTIMONMINERALIEN IN DER SEKUNDÄREN PARAGENESE VON PASSO CAMISOLO, INTROBIO (LC), VALTORTA (BG)

In der Grube Passo Camisolo wurden im 20. Jahrhundert Blei, Silber, Zink und Baryt abgebaut. Dieser Fundort ist berühmt durch viele Mikromineralien, vor allem Blei- und Kupferkarbonate (Azurit, Cerussit). Schöne und ästhetische Stufen dieser Mineralien sind aus diesem Fundort bekannt. Ein der Autoren (F. V.) hat eine sehr interessante Paragenese der sekundären Mineralien in der Camisolo Grube gefunden, in der sich, zwischen anderen, auch zahlreiche Kupfer-, Blei- und Zink-Arsenate und Antimonate befinden. Theisit, Sabeliit, Klinoklas, Euchroit und Claraite gehören, durch ihre Schönheit und Seltenheit, zu den bemerkenswertesten Mineralien.



M.M.T.
MUSEO DELLA MINIERA DI TRAVERSELLA



Grazie all'impegno e alle attività di ricerca del Gruppo Mineralogico Valchiusella è stato possibile salvaguardare un importante patrimonio scientifico-storico minerario. I reperti recuperati in questi anni sono esposti nell'ex silos di frantumazione, sede del museo, e costituiscono le nostre collezioni.

Museo della miniera: aperto da Maggio a Settembre, sabato e domenica dalle 14.30 alle 17.30
Comprensorio minerario: visite guidate su prenotazione per tutto l'anno
Per informazioni:
Rosanna: +39 349 8380655 Sonia: +39 349 6944331
gmv.traversella@gmail.com www.traversella.com
www.facebook.com/groups/gmv.traversella
Località Miniere 10080 Traversella (TO)