

MINARIA HELVETICA



**Attività minerarie e siderurgiche del passato in Ticino:
La Valle Morobbia e il Malcantone**

SGHB
SSHM
SSSM

SCHWEIZERISCHE GESELLSCHAFT FÜR HISTORISCHE BERGBAUFORSCHUNG
SOCIÉTÉ SUISSE D'HISTOIRE DES MINES
SOCIETÀ SVIZZERA DI STORIA DELLE MINIERE

19b/1999

Zeitschrift der Schweizerischen Gesellschaft für Historische Bergbauforschung
 Bulletin de la Société Suisse d'Histoire des Mines
 Bollettino della Società Svizzera di Storia delle Miniere

Inhaltsverzeichnis / Table des matières

Editorial	2
Giuseppe Chiesi	
«Antique vene ferri»	5
Imprese minerarie e siderurgiche nel sec. XV in Valle Morobbia	
Marco Tizzoni; Costanza Cucini Tizzoni	
Carena - Località "il Maglio" campagne di scavo 1997 e 1998	12
Vincent Serneels	
Les laitiers du haut fourneau de Carena TI. Premiers résultats	25
Elisabetta Cavigioli; Stefano Citterio; Anastassia Zahova; Giovanna Marziani	
Analisi archeobotanica di legni e carboni rinvenuti nella zona mineraria di Carena (Val Morobbia)	41
Paolo Oppizzi	
La Valle Morobbia (Cantone Ticino, Svizzera): geologia generale e geologia mineraria	50
Denis Morin	
Système d'extraction et boisage dans les mines de fer du Valle Morobbia (Carena – Suisse) XVe–XIXe siècle	63
Stéphane Cuchet	
Etude géophysique de la minéralisation filonienne à pyrrhotine de la Valetta, Val Morobbia	85
Elio Steiger; Paolo Oppizzi	
Il distretto minerario del Malcantone	91
Markus Felber; Vincent Grandgirard	
Miniere e giacimenti minerari nell'inventario dei geotopi di importanza nazionale	111
Seite des Vorstandes	124

Titelbild/Couverture: Carena, Valle Morobbia: forno e maglio, sec. XVII.
 (Foto Pacciorini, UBC).

Editorial

Die Jahresversammlung findet anfang Oktober zum zweiten Mal seit Bestehen unserer Gesellschaft im Tessin statt, und zwar in der Kantonshauptstadt Bellinzona. Die Beiträge dieser Minaria Helvetica-Ausgabe sind deshalb ausschliesslich Tessiner Themen gewidmet. Das Hauptthema ist - aus aktuellem Anlass - das seit 1997 laufende Forschungsprojekt zu Abbau und Verhüttung von Eisenerz im Valle Morobbia. Ergänzend dazu werden die Bergbauaktivitäten im Malcantone besprochen. Und zum Schluss werden Bergwerke vorgestellt, die heute ins Inventar der Geotope von nationaler Bedeutung aufgenommen sind.

In Carena, Valle Morobbia, werden zur Zeit Abbau und Verhüttung von Eisenerz untersucht, die dort seit dem späten Mittelalter urkundlich belegt sind. Dies geschieht unter der Oberaufsicht des Museo Cantonale di Storia Naturale, Lugano, und des Ufficio Beni Culturali, Bellinzona, in sowohl interdisziplinärer als auch internationaler Zusammenarbeit, kommen doch die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter aus der Schweiz, aus Italien und Frankreich. Die Palette an Beiträgen widerspiegelt deutlich die beachtliche Bandbreite der Untersuchungen.

Informiert man sich anhand des Geographischen Lexikons der Schweiz von 1910 (Hrsg. Charles Knapp/Maurice Borel, Bd. 6, Neuenburg 1910, 25, Abschnitt Bergbau und Steinbrüche) über das Bergbauwesen im Malcantone, findet man folgende Angaben:

“... Reich an wertvollen Metallen erscheinen die Berge des Malcantone, besonders in der Umgebung von Astano, Novaggio und Miglieglia. Zwischen den Bänken des Glimmerschiefers stösst man hier nicht selten auf Erzgänge, die stellenweise bis zu 2 m mächtig sein können: Pyrit (Eisenkies), Gelangt (Bleiglanz), Antimon, Misspickel mit Silber und Gold (13-20 gr Gold, 42-130 gr Silber und einige Gramm Wismut auf eine Tonne Erz). Aus einer Tonne Pyrit mit Misspickel, Galenit und Blende hat man sogar 60 gr Gold und 150 gr Silber gewonnen. Ganz nahe Astano sieht man noch Reste der durch Wasser getriebenen Mühlen, in denen man im 18. Jahrhundert das Erz gemahlen hat. Das Gold wurde mit Hilfe von Quecksilber ausgezogen. Um die Mitte des 19. Jahrhunderts hatte eine französische Gesellschaft unterhalb Astano und 200 m ö. der Strasse Luino – Ponte Tresa grosse Hochöfen und Fabrikgebäude zu einem rationellen Bergwerksbetrieb erstellt, musste aber wegen ungenügender Leitung nach wenigen Jahren die Arbeiten wieder einstellen. Heute zeugen einzig noch die in Ruinen stehenden Bauten und die halb zerfallenen Stollen von dieser Industrie, die gute Resultate hätte zeitigen können, wenn sie von einer kapitalkräftigen und ernsthaften Unternehmung an hand genommen worden wäre.”

Zur Gewinnung von Eisenerz im Tessin heisst es im selben Abschnitt:

“Das Eisenoxyd ist im Tessiner Bergland ziemlich verbreitet, doch liegt es an so ungünstigen Stellen, dass an seine Verwertung nicht gedacht werden kann, zumal auch das zur billigen Verhüttung notwenige Brennmaterial fehlt. Immerhin hat man dieses Mineral im Morobiathal, nahe dem Dorf Carena am Fuss des San Joropasses, noch um die Wende des 18. und 19. Jahrhunderts abgebaut. Die Überreste der 1831 durch eine Feuersbrunst zerstörten Hochöfen und die zerfallenen, langen Stollen zeigen, dass die Industrie zu ihrer Zeit von einer gewissen Bedeutung gewesen sein musste.”

Und dank Stefano Franscini 1835 publiziertem Buch zum Kanton Tessin (Der Kanton Tessin, historisch, geographisch, statistisch geschildert. Ein Hand- und Haus-

buch für Cantonsbürger und Reisende, nach der italienischen Handschrift von C. Wagenauer. St. Gallen und Bern 1835, 367) lässt sich dieser Bericht zum Ende des Verhüttungsplatzes folgendermassen ergänzen:

“... Zwischen Carena und der Alp Vallerte ist ein Eisenbergwerk, dessen Bearbeitung zu verschiedenen Malen wieder aufgenommen wurde; allein es ist verlassen, und eine Feuersbrunst, welche nicht durch Zufall sondern durch Bosheit entstand, zerstörte unlängst die mit vielen Kosten daselbst errichteten Gebäude.”

Etwas in Widerspruch zu den Angaben über das endgültige Aus stehen die 1924 im Historisch-Biographischen Lexikon der Schweiz (2. Bd., Neuenburg 1924, 117) gemachten Aussagen:

“1463 liess sich Bartolomeo Nuggascia aus Como, wohnhaft in Bellinzona einen grossen Wald bei Carena, in dem man schon lange eine Eisenerzader gefunden hatte, in Erbpacht geben und erhielt am 8.3.1464 vom Herzog Franz Sforza das Privileg der Ausbeutung. Er errichtete dort einen Hochofen, der bei Anlass des Feldzuges von Giornico (1478) zerstört wurde. Es scheint, dass der Betrieb trotzdem fortgesetzt wurde, aber man weiss nicht bis wann. 1792 errichtete Dr. Giovanni Bruni am nämlichen Ort einen neuen Hochofen, der schon 1853 in Trümmer fiel.”

Eine sehr eindrückliche Schilderung des Aussehens und der Bewirtschaftung des Val Morobbia in der zweiten Hälfte des 18. Jahrhunderts hat uns Pfarrer Rudolf Schinz in seinem Werk “Beyträge zur näheren Kenntniß des Schweizerlandes” (3. Heft, Zürich 1784, 274-246) überliefert. Einer Zeit also, in welcher in Carena sowohl Erzabbau als auch Verhüttung noch nicht endgültig aufgegeben worden waren, doch entsprechend dem vorangegangenen Text wohl zeitweilig brach lagen und im vorliegenden Text von etwa 1784 deshalb unerwähnt bleiben.

“Der südostliche Theil der Herrschaft Bellenz. Das Marobierthal.

„Dieses ist ein Berghthal, welches von Ost- nach Südwest, das ist, von den Grenzen der Bündnerischen Herrschaft Cleven und dem Mayländischen Amt Gravedona an, sich gegen die Ebne von Bellenz zieht, vertieft und erweitert. Es ist 3 Stunden lang, aber nur eine Viertelstunde breit. Der kleine Fluß Marobia, durchfließt dasselbe, und ergießt sich in den Tizin. St. Antonio ist die einzige Pfarrdorfschaft, und liegt vast mitten darinn. ... Die eine Seite des Thals bis nach Mella, ist sehr fruchtbar an Wein, Getreide, Kastanien, und mancherley Sommer- und Wintersaat. Von da hinweg bis zu hinterst im Thal sind grasreiche Weiden; auf der andern Seite fängt es mit einem dichten Castanienwald an, der fortgeht bis Carmena gegenüber, dann wechselt er mit einem Buchwald ab; gegen die Höhe des Thals nach den bündnerischen Grenzen, ist endlich ein finsterer Tannenwald, ein Aufenthalt der Bären und Wölfe, welche bisweilen einen Ausfall auf die weidenden Heerden thun, und besonders zu Anfang des Winters grossen Schaden anrichten. Zu hinterst im Thal ist die Alp al Forno, in der sich die Strasse theilt; ein Fußsteig geht nach dem Lauiser-Thal, die Hauptstraße aber über den hohen St. Jörisberg nach Gravedona und Cleven, auf diesem Berg treffen die Grenzen des Schweizerlands, des Bündnerlands, und Maylands in einem kleinen Bezirk von 6 Schritten zusammen. Die Strasse durchs ganze Thal ist für Menschen und Viehe brauchbar und wohl unterhalten, an den meisten Orten gepflastert. Bey Carena ist eine schöne steinerne Brücke über das wilde Marobierwasser, und wird daselbst ein Zoll für die regierenden Stände erhoben. Der Fluss ist reich an Forellen und andern edlen Fischen.“

Unseren Dank verdient an erster Stelle Paolo Oppizzi, Museo Cantonale di Storia Naturale, Lugano, und Vorstandsmitglied, der sich als Hauptverantwortlicher um die organisatorischen Belange sowohl unserer Jahresversammlung als auch der Beiträge in dieser Minaria Helvetica-Ausgabe gekümmert hat. Einen grossen Dank möchte

ich auch allen Autoren aussprechen für ihre vielfältigen, interessanten und gut bebilderten Artikel. Otto Hirzel hat verdankenswerterweise unsere Redaktoren bei der Durchsicht der italienischen Manuskripte tatkräftig unterstützt. Abschliessend möchte ich den Redaktoren Rainer Kündig und Urs Peter Schelbert herzlich für ihre sorgfältige und termingerechte Arbeit beim Zusammenstellen dieser aussergewöhnlich dicken Nummer danken!

Die SGHB/SSHM/SSSM ist eine schweizerische Gesellschaft und in allen Landesteilen verankert. Die Autoren dieser Ausgabe, die mehrheitlich aus dem Tessin stammen, haben ihre Beiträge deshalb in ihrer Muttersprache abgefasst. Kurze Zusammenfassungen in den beiden anderen Landessprachen sollen mithelfen allen ausschliesslich deutsch- bzw. französischsprachigen Leserinnen und Lesern einen Überblick über die behandelten Themen zu geben.

Festhalten möchte ich zum Schluss ein freudiges Ereignis: Am 1. Dezember feiert unsere Gesellschaft ihren zwanzigsten Gründungstag! Anlässlich unserer Jahresversammlung in Bellinzona wird Stefan Graeser, unser seit Beginn in dieser Funktion tätige Sekretär, dieses erfreuliche Ereignis in einer kurzen Vorstellung würdigen.

Verena Obrecht-Schaltenbrand

«Antique vene ferri»

Imprese minerarie e siderurgiche nel sec. XV in Valle Morobbia

Riassunto

La Valle Morobbia, che si estende in direzione est - ovest a sud di Bellinzona, conserva qualche segno del suo passato più lontano, mentre le tracce più significative delle epoche recenti si riducono a costruzioni rurali isolate e, soprattutto, ai resti degli edifici che testimoniano l'attività di estrazione e di lavorazione del minerale feroso. La documentazione medievale consente di ricostruire il progetto di attivare un'impresa mineraria e siderurgica nella seconda metà del sec. XV, promosso da alcuni Mugiasca, membri di una facoltosa e intraprendente famiglia di mercanti di Como insediata a Bellinzona. Anche se lo sforzo finanziario non ottenne i risultati sperati, l'impresa rappresentò uno dei tentativi più importanti di sfruttamento delle risorse locali che a questa valle prealpina diede, almeno per alcuni periodi storici, la fisionomia di un piccolo ma vivace centro di produzione industriale.

Zusammenfassung

Das Val Morobbia zweigt etwas südlich von Bellinzona in östlicher Richtung vom Haupttal ab. Es bewahrt noch einige Zeugnisse vergangener Zeiten. Unter den aufschlussreichen Spuren der jüngeren Epochen finden sich alleinstehende bäuerliche Einrichtungen und vor allem auch Ruinen von Gebäuden, die die Gewinnung und Verarbeitung von Eisenerz belegen. Die mittelalterlichen Dokumente zeigen, dass in der zweiten Hälfte des 15. Jahrhunderts das Projekt bestand, ein Bergwerks- und Eisenverhüttungsunternehmen zu betreiben. Dieses Projekt wurde von den Muggiasca, Mitglieder einer vermögenden und unternehmungslustigen, in Bellinzona niedergelassenen Kaufmannsfamilie aus Como, gefördert. Auch wenn die finanziellen Anstrengungen nicht die erhofften Resultate erbrachten, widerspiegelt dieses Unternehmen doch einen der sehr wichtigen Versuche, die lokalen Ressourcen auszubeuten. Dies verlieh diesem voralpinen Tal, wenigstens für einige Zeit, das Aussehen eines kleinen, doch lebhaften Zentrums industrieller Produktion. (VOS)

Resumé

La vallée Morobbia, qui s'étend en direction est - ouest à sud de Bellinzona, conserve quelque marques de son passé plus reculé, tandis que les traces les plus significatives des époques récentes se réduisent aux constructions rurales isolées et, sur-

tout, aux restes des édifices qui témoignent l'activité d'extraction et de travail des minerais de cette vallée, au moins pendant certains périodes historiques, la physionomie d'un petit mais entreprenant centre de production industrielle.

Le piú antiche notizie scritte riguardanti l'attività siderurgica in Valle Morobbia risalgono ai secoli tardomedievali e, piú precisamente, al Quattrocento: non vi sono infatti testimonianze d'archivio che consentano di stabilire l'esistenza di uno sfruttamento dei giacimenti in età altomedievale o nei secoli centrali di questa epoca. La perdita della documentazione relativa alle epoche precedenti è tanto piú nefasta quanto piú diretto è il nesso che le fonti stesse stabiliscono con età piú antiche. Quando nei documenti del sec. XV che parlano di miniere e di siderurgia si trovano riferimenti esplicativi a «tempi antichissimi», lo studioso non può che lamentare l'impossibilità di verificare, sulla scorta di dati oggettivi, se la percezione del tempo trascorso, da parte di chi allora scriveva, consenta davvero di tornare indietro nel tempo di diversi secoli oppure se si tratti di espressioni iperboliche, dettate da motivi di opportunità che a noi sfuggono. È evidente, comunque, che questi accenni - non certamente frequenti nelle fonti locali - rendono ancora piú acuta la necessità di fare ricorso allo scavo archeologico, l'unico strumento che permetta di scoprire se la presunta grande antichità delle miniere in questione possa essere sostenuta da elementi inoppugnabili.

Questa breve comunicazione vuole riesumare e riassumere i dati documentari, in parte già noti, offrendone una sistemazione cronologica e possibilmente anche logica, nella speranza che ciò possa contribuire almeno a chiarire i termini del problema e a offrire agli studiosi un compendio di notizie utili all'inquadramento della tematica. La presente trattazione parte dal presupposto che l'attività di estrazione e di lavorazione non può essere colta in tutta la sua parabola storica: di fronte a un arco di tempo sconosciuto, ma che potrebbe interessare diversi secoli, stanno solamente alcuni anni della seconda metà del Quattrocento illuminati provvidenzialmente da documenti della cancelleria ducale milanese e dei notai bellinzonesi. La ricerca di giacimenti e la capacità di produrre oggetti in metallo è un dato che caratterizza gli insediamenti umani a partire da epoche che precedono di molti secoli il periodo qui considerato, e i dati di cui oggi disponiamo consentono unicamente di congiungere idealmente il tardo Medioevo con l'età preromana, lasciando in ombra tutte le altre epoche. L'esistenza di una vasta necropoli a Giubiasco, all'imbocco della Valle Morobbia, e la scoperta di alcune sepolture a Pianezzo e in altre località lasciano supporre un'occupazione del territorio, fino ai villaggi piú orientali della valle, a partire almeno dall'età del ferro(1). Se i giacimenti della Valle Morobbia siano stati sfruttati già a questa epoca e in quelle successive, e se lo sfruttamento di queste risorse possa considerarsi continuato oppure si verificarono intervalli di inattività piú o meno considerevoli, sono questioni che vanno poste agli archeologi e che qui non possono essere dibattute.

Conviene pertanto concentrarsi sulle testimonianze tardomedievali, cercando di inserire l'impresa mineraria e siderurgica nel suo contesto storico generale. Questo inquadramento risulta indispensabile se si considera che lo sfruttamento delle risorse esistenti in Valle Morobbia venne interamente promosso, perseguito e realizzato da una famiglia comasca che occupò una parte importante nello scenario economico, sociale e politico dell'epoca, con il ramo bellinzonese e, in misura altrettanto consistente, con quello residente nel capoluogo lariano. La ricerca di nuovi filoni e la riattivazione di vecchi scavi, la costruzione degli edifici e delle necessarie infrastrutture, come le vie di accesso, e la commercializzazione dei prodotti finiti, in questo preciso scorso di tempo, è strettamente legata alle vicende legate a un casato che ebbe un indiscutibile ruolo di motore trainante nella vita del borgo in uno dei segmenti più complessi e tormentati della sua storia durante il regime ducale milanese. Il casato in questione è quello dei Muggiasca, il cui capostipite bellinzonese fu Ambrogio, insediatosi a Bellinzona all'indomani della riconquista del borgo da parte delle truppe del duca di Milano, Filippo Maria Visconti, nel 1422(2). Descrivere le attività economiche della famiglia Muggiasca nel borgo, tornato a far parte dei territori ducali dopo due decenni di soggezione ad altre signorie, è la premessa necessaria per comprendere su quale base materiale potesse poggiare il disegno di avviare questa grande impresa industriale. Il commercio dei prodotti tessili fu, con ogni probabilità, il motore principale che indusse un membro del casato a trasferirsi a Bellinzona, che a quell'epoca era annoverata tra le più importanti sedi di fiere della zona dei laghi prealpini. La produzione laniera comasca vedeva nel centro fortificato, situato al piede meridionale della catena alpina, una località privilegiata per la vendita di manufatti tessili ai mercanti svizzeri che vi giungevano per vendere capi di bestiame sia durante il periodo della fiera locale di fine agosto, sia in occasione delle altre fiere di Varese, di Chiasso, di Arona. Accanto alla vendita di panni di lana, che forse rappresentava il ramo commerciale più promettente, il casato dei Muggiasca aveva un ventaglio di attività che andava dal commercio di spezie all'importazione e alla vendita di derrate alimentari (soprattutto di grano proveniente dai territori del ducato), alla vendita di legname d'opera e alla concia delle pelli. Possiamo immaginare che, nella prima metà del secolo XV – nonostante il quadro politico generale non ancora stabile in cui versavano le terre ticinesi in età viscontea - la famiglia, grazie a questo inserimento attivo nella scena economica locale e all'intraprendenza che le fonti coeve lasciano trasparire, avesse accumulato disponibilità finanziarie che consentivano l'investimento di risorse materiali in una grande iniziativa industriale.

Questo, infatti, sembra essere stato il caso di Bartolomeo Muggiasca, figlio di Ambrogio, che risulta tra le persone più attive a Bellinzona in questo scorso di tempo e che, poco dopo la metà del secolo, progettò di realizzare un'impresa mineraria e siderurgica in Valle Morobbia. Si può pensare che, prima di giungere a questa decisione, il Muggiasca abbia voluto sondare le possibilità di impiegare altrove il suo capitale, e che alle miniere situate nella valle sia arrivato dopo essere stato informato che lo sfruttamento dei giacimenti sul versante opposto al valico già dava risultati soddisfacenti. Né si può escludere che a identificare con maggior precisione le località di estrazione e di lavorazione, già attive nei secoli precedenti e da qualche tempo

abbandonate, abbiano dato un contributo decisivo gli alpighiani stessi della valle in cui, come sembra, egli - come altri bellinzonesi - aveva acquisito diritti di pascolo e piccole proprietà alpestri.

Nel mese di agosto del 1463 Bartolomeo si fece cedere dalla vicinanza di Giubiasco e Valle Morabbia un'ampia distesa di pascoli e boschi situati nella parte più orientale della valle, garantendosi il diritto di taglio di legname, di uso dell'acqua e di costruzione di edifici(3). Anche se i documenti non dicono nulla al riguardo, non è difficile immaginare la natura delle indagini preliminari che dovevano essere state effettuate dall'interessato: i sopralluoghi avevano portato all'individuazione della zona di interesse minerario, segnalata dall'esistenza di antiche bocche di scavo ancora visibili e di edifici che, pur essendo abbandonati, testimoniavano l'avvenuto sfruttamento delle risorse in epoche precedenti. Con ogni probabilità i campioni di minerale prelevati erano stati sottoposti a persone che avevano esperienza nel ramo e i luoghi di estrazione e di lavorazione erano stati visitati da esperti cui era stato chiesto un parere sull'impresa che stava per decollare.

Il Muggiasca, convinto della possibilità di intraprendere questo sforzo, poco tempo dopo richiese al duca di Milano, Francesco Sforza, l'autorizzazione a scavare i giacimenti e a cercarne di nuovi, e a produrre e vendere ferro. Nel presentare all'autorità ducale questa richiesta, il postulante sembrava ascrivere alla casualità il ritrovamento delle miniere ritenute assai antiche («intellexitque antiquissimis temporibus in eo loco et in alliis locis dicte vallis reperte fuerunt certe vene ferri»)(4). Sembra più verosimile l'ipotesi che il progetto industriale, a questo momento, fosse già entrato in una fase di realizzazione almeno parziale, e che la tappa preliminare di indagini e di pianificazione - e soprattutto per quanto riguardava il finanziamento dell'impresa - fosse conclusa da tempo. Al momento in cui i vicini di Giubiasco e della Valle Morabbia avevano pattuito l'affitto dei boschi, Bartolomeo aveva certamente infatti già preso accordi con il cugino comasco Nicolao, figlio di Giovanni, che risulta essere l'unico associato nell'impresa. La società mineraria bellinzonese-comasca dei Muggiasca, formalizzata da uno strumento notarile del 1º dicembre del 1464, suddivideva in parti uguali il territorio boschivo ottenuto da Bartolomeo come pure tutti gli edifici già costruiti nel frattempo per lo sfruttamento delle miniere («hedifitia, aqueductus, furnum, fuxinam et alia artifitia ut supra facta in et super territorio ipsius buschi»).

I grandi lavori intrapresi in questi anni nella zona mineraria riattivata in Valle Morabbia si riflettono anche sulla rete delle comunicazioni locali. Alla costruzione delle strutture necessarie all'estrazione del minerale e alla produzione del ferro si era dovuta aggiungere la sistemazione almeno parziale della mulattiera che percorreva la valle e, attraverso il valico del San Jorio, poneva in collegamento il contado bellinzonese con i territori dell'alto Lario. Non è difficile immaginare che nello scenario agro-pastorale della valle, dove circolavano perlopiù alpighiani con le loro mandrie di bestiame, l'installazione di un cantiere edile per lo sfruttamento dei giacimenti di minerale ferroso non potesse passare inosservato neppure ai mercanti che di là transitavano saltuariamente. Nel maggio del 1465 le autorità comasche, interpretando il desiderio dei ceti mercantili e dei comuni interessati, si erano rivolte al duca chiedendo

di dare avvio a lavori di miglioria della strada, garantendosi la possibilità di riscuotere un pedaggio(5). Il duca, poco tempo dopo, approvava il progetto di risanamento e accettava pure l'imposizione di tasse sulle merci in transito, fatta eccezione per il ferro che veniva dichiarato esente da ogni genere di pagamento («pro vena quoque ferri que in illis montibus foditur vel fodi contigitur in futurum, decernimus nihil omnino exactionis fieri posse»)(6), volendo con questa misura promozionale favorire coloro che all'impresa avevano riservato le loro energie.

La documentazione superstite offre la possibilità di valutare, in misura approssimativa anche perché non paragonabile con altre imprese analoghe per natura ed entità, il volume degli investimenti effettuati dal ramo bellinzonese dei Muggiasca nell'impresa mineraria e di verificare i risultati ottenuti negli anni immediatamente successivi. Bartolomeo, che con ogni probabilità non disponeva di sufficienti liquidità, si era rivolto al cugino Nicolao di Como per ottenere i necessari prestiti: egli aveva infatti avuto, all'inizio del 1464, un mutuo di lire 2'000 di terzoli e una importante partita di lana, del valore di lire 2'000 di terzoli, il cui ricavato avrebbe dovuto essere impiegato esclusivamente in questa impresa(7). Appena due anni più tardi, nel 1466, Bartolomeo Muggiasca si vedeva però costretto a richiedere al cugino comasco un nuovo sostanzioso aiuto di lire 3'000 di terzoli per pareggiare il conto delle spese affrontate in parti uguali con Nicolao per l'istallazione del cantiere e per il funzionamento dell'impresa siderurgica(8). Per meglio valutare l'entità delle spese affrontate in questi anni nel complesso minerario e siderurgico, si può forse proporre un confronto con le spese affrontate dal comune di Bellinzona nel risanamento delle strutture fortificate. Nel 1477 il Consiglio votava un credito straordinario di lire 500 di imperiali (ossia lire 1'000 di terzoli) per le opere di difesa del borgo(9). Pur con tutta la prudenza che il paragone richiede, sembra lecito affermare che il volume delle spese sostenute dall'impresa dei due Muggiasca in Valle Morobbia fu elevato. Le aspettative che i due promotori avevano riposto nell'iniziativa industriale non vennero ripagate con risultati soddisfacenti. Le vene di minerale feroso che erano state individuate e scavate in quegli anni, contrariamente a quanto sembrava lecito supporre all'inizio, andarono ben presto scemando fino ad esaurirsi, e le quantità di ferro prodotte dagli stabilimenti siderurgici in Valle Morobbia non garantirono a Bartolomeo ricavi sufficienti per restituire al cugino Nicolao i capitali da lui ottenuti a titolo di prestito, così che l'esponente bellinzonese di questo casato, pericolosamente indebitato, si vide costretto a imboccare l'unica strada che rimaneva praticabile. È probabile che già del 1470 Bartolomeo abbia manifestato a Nicolao la sua intenzione di ritirarsi dalla società mineraria(10), e che il suo cugino, per nulla intenzionato ad abbandonare l'impresa in considerazione soprattutto delle elevate spese fino a quel momento da lui sostenute, lo abbia indotto a cedergli la sua quota.

Infatti il 10 ottobre 1471 Bartolomeo, dichiarando la sua incapacità a proseguire nell'impresa («quia sentit se impotentem ad expensas fiendas circha laboreria fienda in fabricando et fabricari fatiendo ferrum»), cedeva al cugino la parte che gli spettava degli edifici e dei beni avuti in locazione dai vicini della valle, aggiungendo pure alcune proprietà alpestri situate nella valle stessa, a pagamento parziale dei debiti ricordati in precedenza. Il prezzo del riscatto, nel caso in cui Bartolomeo avesse

voluta rientrare in possesso della quota trapassata al cugino di Como, era fissato a lire 7'722 di terzoli. La cessione del 1471 garantiva comunque ancora a Bartolomeo il diritto di taglio di legna e di uso delle segherie idrauliche («rexegari facere ad rexegas factas et constructas ibi prope ferraretiam, que appellantur rexeghe ab aqua»), la possibilità di utilizzo della calce per suo uso e l'esenzione dal pagamento di tasse per le merci che transitavano, la cui riscossione era garantita a Nicolao.

Le vicende legate al tentativo - in buona parte fallito, a quanto lascia intendere la documentazione riesumata in queste pagine - di riattivare le antiche miniere di ferro della Valle Morobbia da parte di Bartolomeo Muggiasca sono riassunte nella richiesta che Nicolao, nel febbraio del 1472, presentò al nuovo duca di Milano, Galeazzo Maria Sforza(11), che vale la pena di riproporre in forma parziale:

«Illustrissimo signore. Havendo alias Bartholomeo de Mugiascha de Berinzona trovato certa vena de ferro in Valle Marobia, contado de Berinzona, diocesis Comensis, dove erano alcuni vestigii che altre volte fosse lavorato, impetrò licentia solemne da l'illustrissimo signore vostro patre de cavare vena et fabricare ferro nel dicto territorio et poy comprò el dicto datio da chi pretendeva rasone in quello loco, et faceli fare casa, fornello et fussina per lavorare, credendo dicta vena dovesse megliorare, ma s'è trovato inganato de' pensiero suo, ché dicta vena non è megliorata. Unde che, non potendo piú la spexa, ha venduto li instrumenti et ogni sua rasone al vostro fidellissimo servitore Nicolò de Mugiascha, citadino de Como; el simile ha facto Antonio dicto Brieta da Rumo da Dongo, qual ne haveva una altra vena et forno nel territorio de Dongo, nella quale anche luy haveva facto de grandissima spexa. Lo qual Nicolò et in l'una et in l'altra ha facte grandissime spexe et tal che gli seria una grande bastonata quando la venisse fallita, como ha facto fin mo'. Ex quo supplica esso Nicolò che, per satisfactione de l'animo suo, vostra excellentia se degna confirmare quello concesse el prelibato vostro padre, sed etiam per opportune et patente littere concedere licentia de cavare et far cavare vena de ferro nel loco appellato More, territorio de Cavargna, pieve de Porletia, et in altri loci de dicta pieve, nel Monte de Dongo et nel contado de Berinzona et cadauno loco circunstante a li dicti hedificii et vene, consentendoli quelli homini et che fossero lo territorio o proprietate dove se trovasse tal vena, acciò non habi facto tanta spexa invano».

La decisione di Bartolomeo di ritirarsi dall'impresa ebbe forse qualche effetto negativo sul proseguimento dei lavori, che vennero assunti in esclusiva da Nicolao, anche se la documentazione rintracciata non consente di dire se si verificarono rallentamenti o altri importanti mutamenti di indirizzo. Le ferriere della Valle Morobbia, a quanto risulta dal documento cui qui si è fatto riferimento e da altre attestazioni coeve, seguiranno comunque a funzionare almeno sino al 1480 per iniziativa del ramo comasco dei Muggiasca(12). Gli eventi qui ricostruiti sembrano testimoniare che alla base di questo tentativo solo parzialmente riuscito vi fu una valutazione ottimistica delle risorse a disposizione, e che il fallimento dell'impresa, più che a errori di calcolo finanziario, doveva forse essere imputato alla mancanza di adeguate prospettive minerarie. Ma non si può neppure escludere che, una volta raccolti dati più completi sull'attività delle miniere e sugli edifici legati alla produzione siderurgica in Valle Morobbia, l'avventura dei Muggiasca di Bellinzona e di Como possa trovare riscontri in altri tentativi di analoga natura e durata nel tempo.

Note

- ¹ Sui ritrovamenti a Giubiasco e in Valle Morobbia v. A. CRIVELLI, *Atlante preistorico e storico della Svizzera italiana* (ristampa anast. dell'ed. 1943, con un contributo di P. A. DONATI), Bellinzona, 1990.
- ² Per la famiglia Muggiasca di Como e di Bellinzona v. B. CAIZZI, *Una famiglia di grandi mercanti e imprenditori del Quattrocento: i Muggiasca di Como*, Como 1955; G. CHIESI, *Bellinzona ducale. Ceto dirigente e politica finanziaria nel Quattrocento*, Bellinzona 1988, pp. 19 ss.
- ³ Le citazioni nel testo, quando non munite di altro riferimento specifico, sono tratte da Archivio cantonale Bellinzona, Fondo Comuni, Giubiasco, perg. nr. 24, 1474 aprile 5; ringrazio Paolo Ostinelli, archivista, per avermi messo a disposizione la trascrizione di questo documento (per il regesto si veda anche *Bollettino Storico della Svizzera Italiana*, 1939, p. 116 e 1955, pp. 43 s.). Per l'esemplare nell'Archivio comunale di Locarno v. *Briciole di Storia Bellinzonese* 2, 1929, pp. 16-45.
- ⁴ La concessione del 1464 marzo 8 è edita in *Bollettino Storico* cit., V (1883), pp. 39 s. e pure in *Ticino ducale. Il carteggio e gli atti ufficiali*. Vol. I, Francesco Sforza, tomo III, 1462-1466, pp. 260-262.
- ⁵ Ibidem, pp. 423 s., nr. 1883.
- ⁶ Ibidem, pp. 440 s., nr. 1904.
- ⁷ «et que omnes quantitates denariorum et draporum suprascriptus dominus Bartolomeus exposuit et expendidit circa hedifficia et laboreria facta in predicto busco et territorio Valis Morobie, circa hedificium fatiendi cavare venam et in emendo et fieri fatiendo fornimenta necessaria pro ferro tunc fiendo et proficiendo».
- ⁸ «item de libris tribus mille tertiolorum de quibus suprascriptus dominus Bartolomeus obligatus et condemnatus legitur suprascripto domino Nicolao occazione denariorum mutuatorum per dictum dominum Nicolaum ipsi domino Bartolomeo et per ipsum dominum Bartolomeum expenditorum et conversorum in supplimento eius domini Bartolomei mediatis et contingentis partis expensarum factarum tunc retro usque tunc hodie per ipsos dominos Nicolaum et Bartolomeum circa laborerium et trafigum ferrarie quam tunc faciebant ipsi domini Nicolaus et Bartolomeus insimul et communiter ad societatem».
- ⁹ G. CHIESI, *Le provvisioni del Consiglio di Bellinzona, 1430-1500*, Archivio Storico Ticinese 115 (1994), p. 88 n. 914.
- ¹⁰ Al prezzo di riscatto per la quota di Bartolomeo si aggiungeva infatti la metà delle migliorie apportate da Nicolao a partire dal 14 novembre del 1470 in poi «tam in hediffitiis et utensilibus quam etiam in venis cavatis et carbonis et aliis rebus que reperirentur cavate».
- ¹¹ La supplica (Archivio di Stato Milano, Archivio Sforzesco, Registro ducale n. 107, cc. 222 v. - 223 v. [pp. 412-414], di prossima pubblicazione sulla collana del *Ticino ducale*, è edita in *Bollettino Storico* cit., V (1883), pp. 92 s.
- ¹² Cf. *Bollettino Storico* cit., V (1883), pp. 93 s.

Indirizzo del autore: Dr. Giuseppe Chiesi

Ufficio beni culturali
6501 Bellinzona

Carena - Località “il Maglio” campagne di scavo 1997 e 1998

Riassunto

Vengono qui presentati i risultati delle prime due campagne di scavo del sito siderurgico de “Il Maglio” di Carena (Bellinzona, Canton Ticino).

Le stratigrafie e le strutture emerse mostrano non solo la lunga vita dell’impianto, ma anche la sua complessità. E’ stato possibile sino ad ora distinguere quattro fasi di utilizzo a cui seguì l’abbandono quando il sito fu meta della saltuaria frequentazione di pastori e carbonai. Nella zona degli edifici non è stato ancora raggiunto il terreno sterile e quindi non è ancora possibile stabilire l’epoca di fondazione dell’impianto. Verosimilmente nel XVIII secolo, nel sito funzionarono un altoforno e una fucina con vari magli e magazzini annessi. Di particolare interesse è il fatto che qui venissero riciclate scorie ricche di ferro provenienti da altri impianti metallurgici.

Zusammenfassung

Vorgestellt werden hier die Resultate der zwei ersten Grabungskampagnen auf dem Eisenverhüttungsplatz “Il Maglio” (die Hammerschmiede) von Carena (Bellinzona, TI). Die Stratigraphien und die zu Tage geförderten Strukturen belegen nicht nur die langandauernde Nutzung der Anlage, sondern auch ihre Vielseitigkeit. Es war bisher möglich, vier Benutzungsphasen festzustellen. Ihnen folgt die Auflösung des Platzes, welcher anschliessend nur noch gelegentlich von Schäfern und Köhlern besucht wurde. Im Bereich der Gebäude ist der sterile Untergrund bisher noch nicht erreicht worden; deshalb sind weitere Aussagen über die Gründungszeit der Anlage noch nicht möglich. Wahrscheinlich im 18. Jahrhundert waren auf diesem Platz ein Hochofen und eine Hammerschmiede mit verschiedenen Hämmern und zugehörigen Lagerräumen in Betrieb. Von speziellem Interesse ist die Tatsache, dass hier eisenreiche Schlacken, die von weiteren metallverarbeitenden Anlagen stammen, recycelt worden sind. (VOS).

Resumé

Les auteurs présentent les résultats des deux premières campagnes de fouilles sur le site sidérurgique “Il Maglio” (le martinet) à Carena (Bellinzona TI). Les stratigraphies et les structures mises à jour prouvent non seulement exploitation prolongée de l’installation mais aussi sa complexité. Il a été possible, jusqu’à ce jour, de constater

quatre périodes d'utilisation, avant l'abandon du site, qui ne fut ensuite qu'occasionnellement visité par des bergers et des charbonniers. Comme on n'a pas encore atteint le niveau stérile dans le secteur des bâtiments, on ne peut pas encore préciser la date de la fondation de l'établissement. Probablement qu'il existait au dix-huitième siècle sur cet emplacement un haut fourneau et une forge avec divers martinets et des entrepôts. Il est très intéressant de constater que des scories ferrugineuses provenant d'autres installations métallurgiques ont été recyclées sur place.

(Jean-Paul Roches).

Il sito

La località de “Il Maglio” si trova su un ampio terrazzo fluviale posto sulla sinistra orografica del torrente Morobbia, immediatamente a valle di un ponte. Il sito si presenta come un ampio complesso edilizio, piuttosto ben conservato e di sapore romantico, immerso nel folto bosco di faggi; i ruderì, con murature in elevato conservate talvolta fino a diversi piani, sono pertinenti a numerosi ambienti produttivi, fra i quali è ancora ben individuabile l’area destinata al maglio vero e proprio. Prima dell’intervento archeologico, una notevole quantità di scorie di riduzione del ferro affiorava all’estremità occidentale del terrazzo, che mostrava già un ampliamento artificiale dovuto all’accumulo di tali scarti.

Lo scavo è stato finora articolato in quattro saggi; il saggio A è stato aperto al bordo occidentale del pianoro, il B ha interessato due vicini ambienti, mentre il C e il D sono stati praticati all’estremità opposta del sito. Nelle pagine che seguono si dà una concisa descrizione dei tratti salienti delle stratigrafie, distinte in Unità Stratigrafiche, rimandando la pubblicazione particolareggiata all’edizione integrale delle campagne d’indagine archeologica; si vuole sottolineare che si tratta di risultati preliminari, che verranno meglio collocati cronologicamente con il prosieguo dello scavo: la seguente articolazione in fasi e periodi è dunque relativa e suscettibile di precisazioni.

Quaternario

Nel saggio A lo scavo ha raggiunto in profondità i livelli antecedenti la prima occupazione umana del sito, permettendo così di delineare la morfologia originaria della zona. Il pianoro su cui sorge il complesso era in origine meno esteso verso Ovest di quanto non lo sia al giorno d’oggi: infatti l’orizzonte antico del rilievo digradava almeno 5 - 6 m prima dell’attuale limite occidentale. I livelli del paleosuolo raggiunti - US 20 e 21 - sono riferibili ad antiche esondazioni del torrente Morobbia, che hanno formato l’originario terrazzo fluviale su cui più tardi si impostarono le strutture produttive. Non si hanno ancora elementi di datazione per l’US 30, uno strato di terreno nero carbonioso che potrebbe essere forse interpretato come una fase di incendio della foresta intermedia tra due alluvioni.



Fig. 1: Veduta dei resti del maglio prima dell'intervento archeologico.

Prima occupazione del sito

Finora sono stati individuati solo pochi depositi relativi all'occupazione della zona del Maglio in epoca precedente all'impianto dell'altoforno di età industriale. Si tratta di due strati, l'US 31 nel saggio B e l'US 120 nel saggio C, quest'ultimo formatosi probabilmente in connessione ad attività di carbonificazione o siderurgiche. La prosecuzione dell'indagine permetterà di chiarire questo punto, in particolare se siamo in presenza dei resti riferibili all'installazione di magli e fucine per la lavorazione del ferro prodotto da un forno ubicato forse più a monte lungo il torrente Morabbia, come sembra di poter dedurre dai documenti d'archivio quattrocenteschi e dalla cartografia antica; essi riferiscono infatti dell'esistenza di un centro siderurgico posto presumibilmente presso la località Forno, dove avrebbe funzionato nel XV secolo il primo e più antico altoforno della Morabbia, di proprietà della famiglia comasca dei da Muggiasca.

L'altoforno di età industriale

In epoca industriale, probabilmente nel corso del XVIII secolo, un altoforno venne impiantato all'estremità occidentale dell'area del Maglio, nella zona compresa fra i saggi di scavo A e B; non si può escludere tuttavia che tale struttura fosse posta pochi metri più a Nord lungo il torrente Morabbia e in seguito fosse stata distrutta e cancellata dalle esondazioni del corso d'acqua. La sua realizzazione era verosimilmente

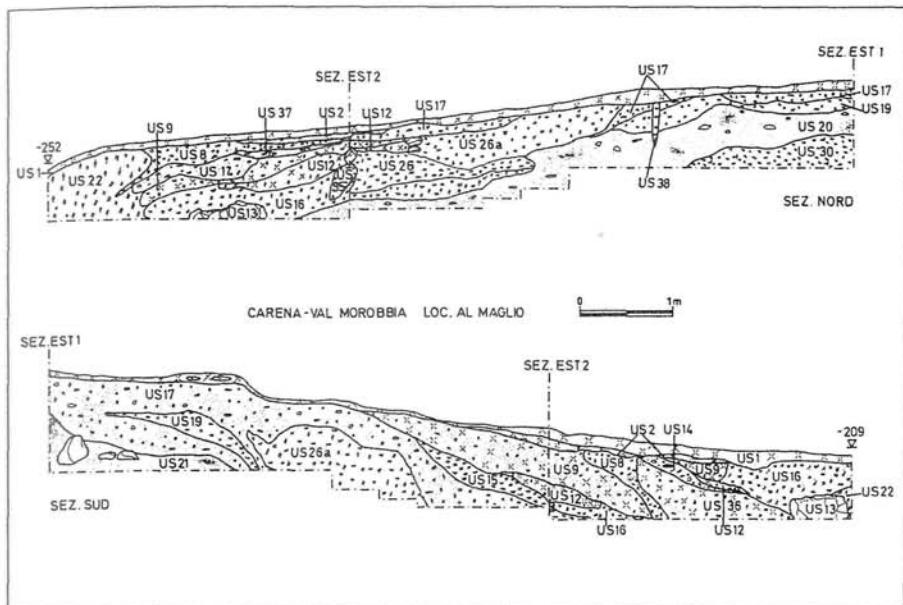


Fig. 2: Saggio di scavo A. Sezioni Nord-Sud.

collegata alla ripresa dello sfruttamento delle miniere dell'Alpe della Valletta, avvenuta a partire dal 1792 ad opera di Giovanni Bruni di Bellinzona.

L'utilizzo dell'altoforno è documentato da una serie di imponenti scarichi di scorie e scarti siderurgici che si accumularono sul bordo occidentale del terrazzo fino a dare un nuovo profilo alla pendice del rilievo. La dinamica di formazione di questi strati è analoga, anche se essi si differenziano per composizione, colore e consistenza: si tratta di scarichi di materiali di scarto, susseguitisi l'uno dopo l'altro; in effetti nelle sezioni del saggio A si può riconoscere questo modo di formazione, che ha avuto come effetto lo scollamento fra i vari depositi per la loro diversa composizione. Le acque meteoriche hanno fatto infiltrare i depositi sovrastanti nelle crepe createsi per scollamento tra due precedenti strati, che non si sono amalgamati fra loro. Si è avuto quindi lo scivolamento a valle dei depositi e la creazione di fessure in cui l'acqua è penetrata scavando crepe e facendo slittare ancora più in basso i depositi stessi. Sono avvenuti cioè dei fenomeni di soliflusso fra gli strati archeologici.

Gli scarichi US 16, 22, 35 e 36, di notevole spessore, erano costituiti da grossi frammenti di scorie leggere vetrose d'altoforno mescolate a carbone. Esse erano state consolidate e contenute dalla struttura US 13, una sorta di muro ad andamento semi-circolare, realizzato in modo molto approssimativo. La presenza di ceramica moderna - pentolame invetriato, ingobbiata monocroma - nelle stratigrafie conferma la datazione del funzionamento dell'altoforno fra il XVIII e il XIX secolo.

Il saggio A ha interessato solo la porzione sommitale dell'imponente scarico di scarti siderurgici, che hanno formato una grande conoide alterando la conformazione na-

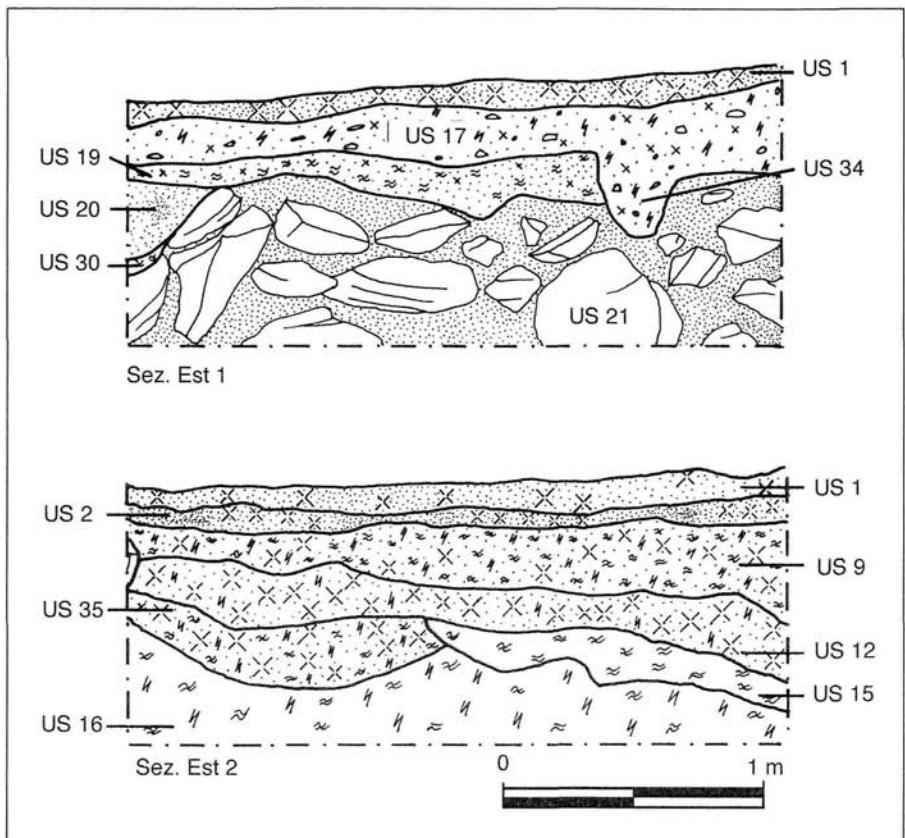


Fig. 3: Saggio di Scavo A. Sezioni Est 1 ed Est 2.

turale del sito; lungo le pendici della conoide affiorano grosse scorie vetrose colate, una parte delle quali deve essere scivolata a più riprese nel torrente.

Nel saggio B restano pochi avanzi della fase muraria più antica sino ad ora individuata: si tratta del muro US 45 e del pilastro US 46, entrambi mal conservati e solo parzialmente evidenziati nel corso della campagna di scavo 1998; il pilastro 46, irregolarmente rettangolare, è realizzato in schegge di pietre scistose di dimensioni variabili, legate da malta sabbiosa poco coesiva. Anche se non c'è finora relazione fisica, è probabile che questa fase costruttiva sia da riferire al periodo di attività dell'altoforno e al suddetto deposito di scorie scaricate nell'area immediatamente esterna alle strutture murarie. Inoltre sono stati scavati alcuni strati - US 23 e 33 - contenenti materiale siderurgico (carbone e scorie); la loro formazione è da collegare al funzionamento della struttura di riduzione.

Molto più imponenti sono i resti presenti nell'area orientale, dove è stato aperto il saggio C, in corrispondenza dei ruderi di alcuni edifici disposti "in batteria" ai due lati dell'odierno sentiero che attraversa il sito. Qui, al di sopra di una frana di grossi



Fig. 4: Saggio di scavo A. Antiche esondazioni del torrente Morabbia sotto gli strati antropici.

blocchi di pietra e ghiaiano piuttosto instabile - US 119 - vennero fondati in modo assai precario i muri US 102, 103, 117 e 118 relativi a due ambienti fra di loro antistanti. I muri 102 e 103 definivano, sul lato settentrionale, un magazzino in parte eroso dalle piene del torrente; sul lato opposto i muri 117 e 118 costituivano i perimetrali Nord e gli stipiti della porta di un ambiente anch'esso destinato probabilmente allo stoccaggio, ma finora non indagato archeologicamente. Questi due edifici antistanti sono realizzati in una tecnica muraria analoga, mediante l'impiego di lastre e pietre grossolanamente sbozzate, legate da malta povera di calce e con zeppe negli interstizi.

Lo scavo ha interessato il magazzino delimitato dai muri 102 e 103; esso era pavimentato da un acciottolato - US 109 - realizzato in modo piuttosto accurato con ciottoli e pietre di piccole dimensioni; lungo i muri e anche al centro dell'ambiente furono impiegati ciottoli di maggiori dimensioni, ordinatamente allineati e disposti a scacchiera sfalsata a formare un reticolo di grandi rettangoli, all'interno dei quali invece i ciottoli sono disposti caoticamente. I ciottoli sono legati da terra argillosa di un peculiare color rosso vivo - US 113 - dovuto forse all'infiltrazione di polvere di idrossidi di ferro dallo strato soprastante - US 101. Infatti al di sopra del pavimento l'ambiente era riempito da uno spesso deposito di scorie di ferro pesanti, del tutto diverse da quelle vetrose di altoforno emerse nello scarico del saggio A; come viene esposto in seguito, si tratta di scorie di forgia e forse anche di bassofuoco, molto ricche di ferro. Nell'angolo Sud-Est interno all'ambiente, al di sotto delle scorie, era accumulato un certo quantitativo di calcare bianco in pezzatura regolare (cm 2-3 x 3-4 circa) utilizzato verosimilmente

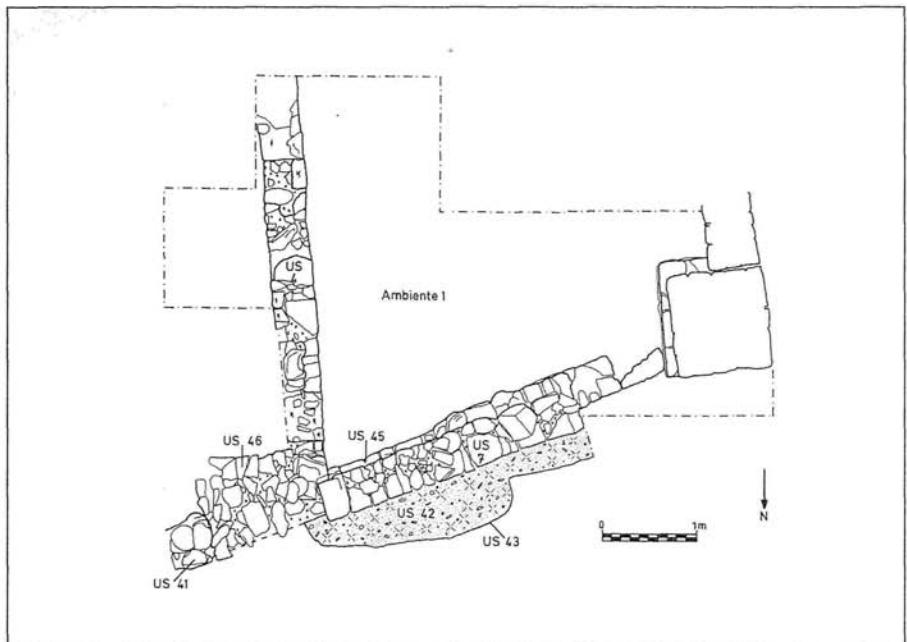


Fig. 5: Saggio di scavo B. Pianta delle strutture della più antica fase siderurgica sino ad ora scoperta.

come fondente nel processo di riduzione. Appare assai probabile che le scorie fossero immagazzinate in quest'ambiente a scopo di riciclaggio nell'altoforno, per il loro alto contenuto di ferro.

Non ci sono al momento punti di appoggio cronologici per queste emergenze del saggio C, ma la tecnica muraria farebbe propendere per i secoli XVI-XVIII. E' certo comunque che l'ultima fase di vita di questo magazzino era strettamente connessa all'utilizzo dell'altoforno; l'edificio potrebbe essere più antico; pavimenti analoghi sono stati osservati negli androni di palazzi cinque-seicenteschi nel centro storico di Bienno (Brescia).

Nell'area D si è proceduto alla ripulitura e al parziale sgombero delle macerie di una costruzione in muratura apparentemente isolata. Dopo la rimozione del crollo di grandi pietroni US 114, si sono definiti i perimetrali. Il primo impianto dell'edificio constava di un ambiente rettangolare molto sviluppato in lunghezza in senso Est-Ovest, definito da muri realizzati in una tecnica abbastanza accurata, con larghe pietre sbozzate e lastre e zeppe di rincalzo.

Distruzione dell'altoforno

Nel saggio A, al di sopra degli scarti della riduzione del ferro, è stato scavato un consistente deposito - US 26 - costituito da terreno carbonioso, scorie e frammenti di parete di forno; si trattava soprattutto di pietre vetrificate e deformate dal forte calore

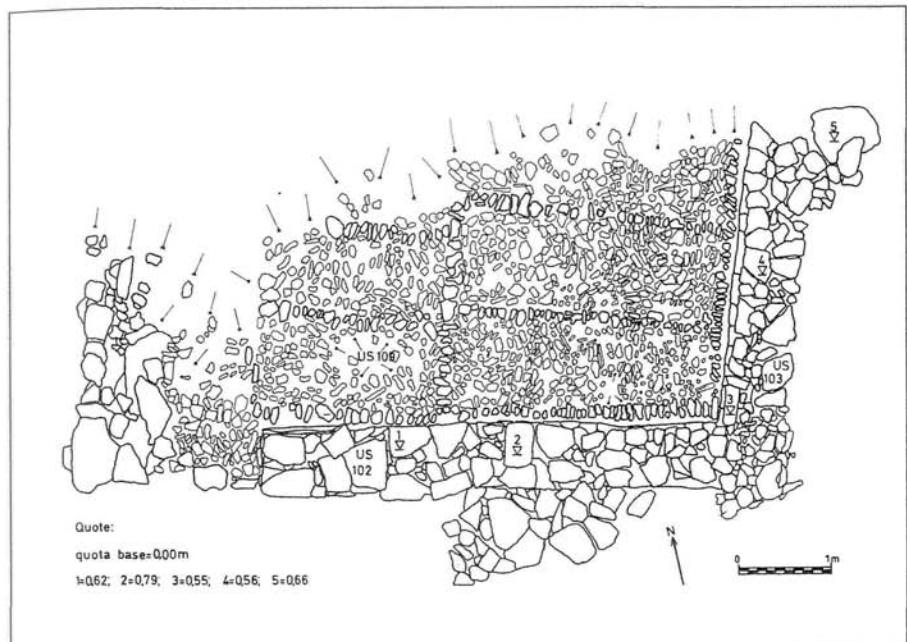


Fig. 6: Saggio di scavo C. Pianta dell'ambiente con pavimento acciottolato.



Fig. 7: Saggio di scavo C. Cumulo di calcare macinato rinvenuto sull'acciottolato in un angolo dell'ambiente dove erano depositate le scorie da riciclare.

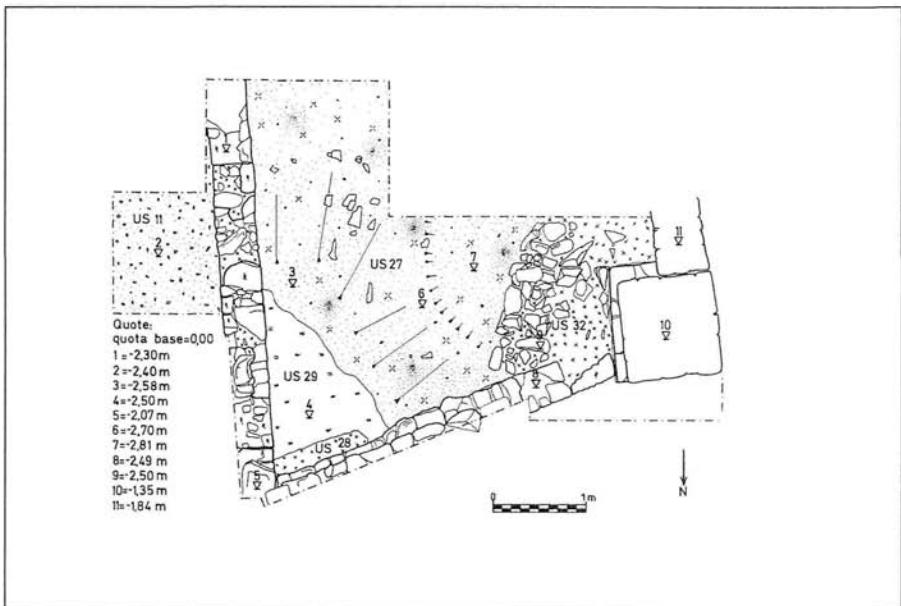


Fig. 8: Saggio di scavo B. Pianta delle ultime fasi dell'ambiente 1.



Fig. 9: Saggio di scavo B. Il crollo delle strutture murarie.

a cui erano state esposte, con colature di scoria vetrosa. Tale livello deve essersi formato in seguito alla distruzione dell'altoforno; ricorderemo che le miniere dell'Alpe della Valletta furono sfruttate fino al 1820-1830, è probabile che il disuso della struttura fusoria sia collegabile alla fine di questa fase estrattiva. La presenza di qualche scoria a calotta, riferibile alla lavorazione del metallo nelle forge, sembra indicare che lo smantellamento dell'altoforno fu accompagnato da una più generale ristrutturazione dell'area.

Ultima fase siderurgica

Dopo la distruzione dell'altoforno, la zona dei saggi A e B fu oggetto di numerosi interventi edilizi, infatti vi si realizzarono alcuni edifici funzionali che constavano di strutture murarie molto sviluppate in elevato. La stratigrafia muraria risulta piuttosto complessa ed è frutto di continui rifacimenti, riedificazioni e restauri, dei quali non è finora precisabile l'esatta scansione cronologica, ma che devono essersi susseguiti in tempi molto ravvicinati fra loro.

Il muro US 4, orientato Nord-Sud, fu realizzato con pietre grossolanamente sbozzate, scaglie di pietra e numerosi elementi di reimpiego dell'altoforno distrutto (pietre con colature di scoria o con segni di esposizione ad un forte calore) legati da malta terrosa; il muro poggiava su una fondazione a secco posta all'interno della fossa US 25, riempita da terreno sciolto con qualche scoria - US 24: tale deposito costituiva anche il piano di calpestio all'interno dell'ambiente II. Il muro US 7 si fondò al di



Fig. 10: Saggio di scavo B. L'ambiente 1 dopo la rimozione dell'humus.

sopra del muro 45 e si appoggiò al pilastro 46, reimpiegando pietre con colature di scoria e scorie vere e proprie; sul lato Nord la fossa di fondazione US 43 era scavata nello scarico di scorie US 16 ed era riempita da limo sabbioso - US 42. Al pilastro 46 si appoggiò anche il muro US 41, coassiale al 7, realizzato con scaglie di pietra semilavorate e ciottoli fluviali legati da malta giallastra; tale struttura utilizzò anche blocchi regolari di pietra con incrostazioni di scorie. Il muro 41 aveva originariamente un'apertura, tamponata in una fase successiva con pietre legate da malta sabbiosa poco coerente - US 41a.

Collegati a questa fase di cantiere sono diversi strati eterogenei - US 27, 28, 32. La ristrutturazione dell'area del saggio B comportò anche il livellamento dell'adiacente zona del saggio A, tramite il riporto di un imponente scarico di macerie eterogenee distinguibili per colore e composizione - US 12, 14, 15, 17, 19.

Il funzionamento del nuovo complesso, collegato all'ultima attività delle forge e del maglio, determinò la formazione di alcuni strati nei saggi A e B, costituiti da carbone misto a scorie - US 8, 9, 11, 29 - o da piani d'uso - US 2, 18, 37.

Abbandono delle strutture produttive

In epoca moderna il sito del Maglio di Carena perse la sua funzione produttiva. Cessate le attività siderurgiche, si assisté all'abbandono del complesso, a cui seguì la rovina progressiva delle strutture murarie che in parte crollarono. E' probabile che il degrado sia stato accelerato dalla spoliazione delle coperture (in effetti, nessuna te-

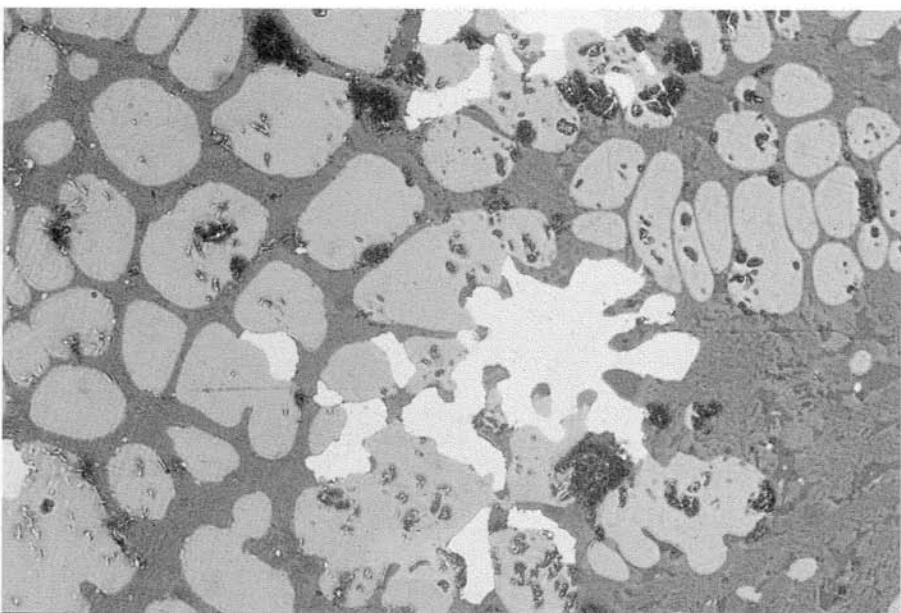


Fig. 11: Scoria di tipo C al microscopio metallografico (X 200).

gola o lastra di pietra - pioda - è stata rinvenuta nelle stratigrafie dei crolli), contemporaneamente o poco dopo l'area venne interessata da occupazioni stagionali e sporadiche probabilmente di pastori e carbonai.

Nel saggio B, all'interno dell'ambiente II si formò uno strato di limo sabbioso giallastro - US 10 - per il dilavamento dal versante della montagna sovrastante, a cui seguì uno strato di humus che inglobava scorie e carbone - US 3; nell'ambiente I all'US 6, costituita da malta disgregata e humus, seguì il crollo delle strutture murarie, con la conseguente formazione dell'US 5; anche il muro 7 crollò, in parte in un unico momento, come mostra l'ampio blocco rovinato sul lato Nord - US 40.

Anche nel saggio C sono stati scavati alcuni livelli riferibili alla rovina delle strutture - US 106, 104-112 e 11; l'area venne poi riutilizzata a scopo pastorale o per la carbonificazione, come mostrano alcuni strati neri carboniosi - US 107 e 117 - e il muro 105, una struttura di contenimento costruita rozzamente, con una sola faccia a vista, che aveva forse la funzione di delimitare e circoscrivere una sorta di grossolano recinto per animali.

Nel vicino saggio D l'edificio rettangolare venne ora articolato in due ambienti, definiti da un tramezzo realizzato con grosse pietre non squadrate messe in opera a secco, in modo molto precario; nella stessa tecnica approssimata venne ricostruito anche il muro perimetrale Nord dell'edificio, che divenne così più stretto rispetto alla fase precedente. All'interno è stato evidenziato un focolare.

Su tutto il sito si depositò infine uno strato di humus - US 1.

Scorie e scarti di produzione

Nel sito de "Il Maglio" sono stati localizzati due accumuli di scorie ben distinguibili fra loro: il primo, e il più imponente, costituisce come si è detto un ampliamento artificiale del terrazzo fluviale all'estremità Ovest ed è formato da un'ampia conoide - h m 5,60 sul livello del torrente, raggio m 20 circa - di scorie leggere e vetrose prodotte dall'altoforno di epoca industriale che funzionava nella località. Il secondo accumulo, molto più modesto, era situato all'interno del magazzino con pavimento ad acciottolato scavato nel saggio C ed era costituito da circa 9 mc di scorie pesanti, anche se in origine il quantitativo di scarti doveva essere maggiore.

Gli scarti dei due accumuli sono del tutto diversi tra loro, sia macroscopicamente che all'analisi microscopica e chimica.

Le scorie leggere e vetrose - laitiers - riferibili all'altoforno sono di grandi dimensioni (fino a cm 50 x 30 x 30 circa), di vari colori (azzurro, verde, turchese, marrone, grigio, nero), talvolta taglienti; alcuni esemplari hanno un aspetto esterno opaco e scabro, ma risultano lucidi e vetrosi in frattura, altri invece mantengono questo aspetto non vetroso anche in sezione. La maggior parte è costituita da blocchi amorfi vacuolari, contenenti frammenti di carbone e grani di quarzo. I blocchi più interessanti sono senza dubbio quelli che costituiscono l'estremità di una colata: essi conservano l'impronta e la forma del canale di scorrimento scavato nella sabbia antistante il forno, dove si sono raffreddate; il canale era a sezione grosso modo semicircolare, piuttosto sviluppato in lunghezza. Anche al microscopio metallografico que-

ste scorie mostrano la predominanza della matrice vetrosa di silicati, in cui sono disperse talvolta delle sferule metalliche, costituite per la maggior parte da ghisa. Il loro peso specifico è basso (varia da 1,78 a 2,82).

Del tutto differenti sono le scorie pesanti recuperate nel saggio C. Esse risultano molto dense (il peso specifico varia da 4,38 a 4,52), di piccole dimensioni (in media cm 8 x 7 x 4), molto rugginose e coperte da una spessa patina di idrossidi di ferro, scabre e opache. Per la maggior parte sono noduli ferruginosi compatti e poco vacuolari. Senza dubbio queste scorie non sono state prodotte da un altoforno, come conferma anche il fatto che sono ascrivibili in larga parte al tipo C della tipologia elaborata dagli scriventi. Come si era ipotizzato al momento dello scavo, si tratta evidentemente di scorie prodotte da una forgia e forse in parte anche da un bassofoco, estranei al sito, come indica l'analisi chimica, immagazzinate per essere riclicate nell'altoforno, secondo una prassi piuttosto comune e ben documentata storicamente e archeologicamente. Al microscopio metallografico, infatti, le scorie di tipo C rivelano la presenza di cristalli ben formati di wustite e fayalite accessorio e particelle di ferro metallico.

Indirizzo degli autore: Costanza Cucini Tizzoni* e Marco Tizzoni**

Via Pria Forà 4
I-20127 Milano

* Metallogenesi s.a.s., Milano

** Università degli Studi di Bergamo

Les laitiers du haut fourneau de Carena TI. Premiers résultats.

Résumé

Les laitiers récoltés à Carena TI sont issus de la réduction du minerai de fer local concentré et mélangé à un fondant calco-magnésien. La charge du haut fourneau était constituée de 1 part de fondant pour 3 ou 4 parts de minerai. Le rendement de l'opération est proche de 100 % puisque les laitiers ne contiennent pratiquement pas de fer. La production de fer peut être estimée entre 250 et 500 kg de fer par tonne de minerai traité.

Des scories grises denses, très riches en fer, ont été retrouvée dans un bâtiment de stockage. Il s'agit probablement de scories issues de l'affinage d'une fonte phosphoreuse qui ont été récupérées pour être recyclées dans le haut fourneau de Carena. Un échantillon de laitier présente des particularités chimiques qui font penser qu'il dérive de la réduction de ces scories.

Riassunto

Le scorie vetrificate raccolte a Carena (Ticino) provengono dalla riduzione del minerale di ferro locale concentrato e mescolato a fondente calco-magnesico. La carica dell'alto forno era costituita da 1 parte di fondente per 3-4 parti di minerale. Il rendimento dell'operazione era prossimo al 100% poiché le scorie non contengono praticamente più ferro. La produzione può essere stimata in 250–500 kg di ferro per tonnellata di minerale trattato. Le scorie grige dense, molto ricche in ferro sono state trovate in un deposito. Si tratta probabilmente di scorie provenienti provenienti dalla lavorazione di una ghisa fosforosa, recuperate per essere riciclate nell'alto forno di Carena. Le particolari caratteristiche chimiche di un campione di laitiers potrebbero indicare la sua origine dalla riduzione di queste scorie. (PO).

Zusammenfassung

Die in Carena gesammelten Hochofenschlacken stammen von der Verhüttung des örtlich anstehenden Eisenerzes, das aufbereitet und mit einem Zuschlag aus Magnesiumkalk gemischt worden ist. Die Beschickung des Hochofens bestand aus drei bis vier Teilen Erz und einem Teil Zuschlag. Die Ausbeute muss beinahe 100 % betragen haben, denn die Hochofenschlacken enthalten praktisch kein Eisen. Die Produktion dürfte 250 bis 500 kg Eisen pro Tonne verhütetes Eisenerz betragen haben.

Graue, dichte, sehr eisenreiche Schlacken sind in einem Lagergebäude zum Vorschein gekommen. Es handelt sich dabei wahrscheinlich um Schlacken, die beim Frischen von phosphorhaltigem Gusseisen entstanden sind und anschliessend im Hinblick auf eine Wiederverwertung im Hochofen eingesammelt worden sind. Eine Hochofenschlackenprobe zeigt chemische Eigenheiten, die den Eindruck erwecken, als ob sie von der Reduktion der stark eisenhaltigen Schlacken stammen könnte. (VOS)

Introduction

L'étude des vestiges miniers et métallurgiques de Carena (Val Morobbia, Tessin, Suisse) est actuellement en cours. Elle est menée à bien grâce à la collaboration de divers chercheurs et institutions. En 1998, des échantillons de laitiers et autres déchets métallurgiques ont été prélevés sur le site en cours de fouille et ensuite étudiés au Centre d'Analyse Minérale de l'Université de Lausanne (H.-R. Pfeifer, directeur). Les premiers résultats sont présentés dans cet article (Fig.1), dans le cadre de l'Assemblée Générale de la Société Suisse d'Histoire des Mines. D'autres précisions et des références bibliographiques sur le site et son histoire peuvent être trouvées dans les autres contributions du même numéro de Minaria Helvetica.

1. Les laitiers du haut fourneau de Carena

1.1 Caractères généraux des laitiers

A l'aval des ruines de l'établissement sidérurgique du Maglio près de Carena, se trouve une importante accumulation de déchets métallurgiques. Ce sont principalement des laitiers, c'est-à-dire des matériaux plus ou moins vitreux résultants de la production de fonte par réduction de minerai de fer dans un haut fourneau (méthode indirecte). La quantité de déchets est considérable, mais les fouilles ne sont pas encore suffisamment avancées pour permettre une estimation précise. De plus, il est probable que la rivière a érodé une partie importante de cette accumulation.

Les laitiers de Carena sont facilement identifiables en raison de leurs coloris vifs et variés qui les distinguent des roches naturelles de la région. A Carena, on trouve des laitiers de différentes nuances de gris, de vert et de bleu (Fig. 2). Certaines pièces montrent des zones de coloration différentes juxtaposées de manière complexe. Dans l'ensemble, ces matériaux sont vitreux mais on observe aussi des zones cristallisées plus ou moins importantes (0 à 80% du matériau). Ces laitiers contiennent aussi des inclusions de roches non fondues en proportion très variable (0 à 30%). On observe presque toujours des billes de fonte métallique microscopiques et parfois des nodules centimétriques. Parmi les nombreux fragments cassés, on peut voir des pièces dont la forme correspond au remplissage d'une cuvette de 50 cm de diamètre environ

et de 10 à 20 cm d'épaisseur. On reconnaît clairement la face inférieure convexe et la face supérieure horizontale et portant des traces de flux. Certaines pièces montrent la trace d'arrachement d'un canal d'alimentation. On observe aussi des fragments de plaque moins épaisse.

Il nous a été possible d'analyser chimiquement douze échantillons ramassés en surface et se distinguant par leur aspect extérieur. Dans la mesure du possible, deux échantillons de chaque catégorie ont été sélectionnés. L'échantillonage offre donc un spectre des différents laitiers présents mais ne tient pas compte de l'abondance relative des différents types. Il n'est pas non plus possible d'attribuer une datation précise à ces pièces qui peuvent provenir des différentes phases d'activité du haut fourneau de Carena. Il est cependant vraisemblable que la période la plus récente soit la mieux représentée.

Echant.	LAITIERS												
	GRIS				BLEU		VERT		MIXTE				
	TIC301	TIC302	TIC331	TIC341	TIC311	TIC312	TIC321	TIC322	TIC3511	TIC3512	TIC352	TIC361	TIC362
SiO ₂ %	56,35	56,62	55,55	57,03	65,15	71,89	56,64	65,43	66,26	68,99	68,36	65,68	62,16
TiO ₂ %	0,24	0,26	0,24	0,24	0,24	0,18	0,39	0,22	0,24	0,23	0,20	0,29	0,28
Al ₂ O ₃ %	6,76	5,62	6,50	5,06	5,22	3,78	10,73	7,68	5,21	4,88	4,13	5,83	5,84
Fe ₂ O ₃ %	0,00	0,00	0,25	0,73	0,00	0,00	0,09	0,00	0,32	0,24	0,27	0,00	0,22
FeO %	0,05	0,00	0,29	1,99	0,38	0,50	1,99	1,43	3,77	3,40	4,22	2,49	1,45
Fe m. %	0,56	0,47	0,04	0,00	0,78	0,23	0,53	0,53	0,00	0,68	0,44	1,30	0,16
MnO %	0,22	0,15	0,22	0,15	0,16	0,13	1,58	0,49	0,16	0,15	0,14	0,17	0,18
MgO %	11,55	12,56	11,31	12,59	9,48	7,36	6,25	4,77	7,13	6,60	7,50	7,82	10,08
CaO %	21,79	21,37	21,95	19,88	16,47	13,37	17,42	16,79	12,37	11,47	12,55	13,65	17,13
Na ₂ O %	0,29	0,63	0,25	0,86	0,60	0,43	0,41	0,49	0,65	0,63	0,57	1,03	0,96
K ₂ O %	1,72	1,26	1,71	0,86	1,17	0,87	2,11	1,65	1,18	1,13	0,94	1,20	1,33
P ₂ O ₅ %	0,03	0,04	0,02	0,04	0,03	0,02	0,11	0,03	0,05	0,05	0,04	0,04	0,03
H ₂ O %	0,00	0,00	0,00	0,19	0,00	0,00	0,00	0,00	0,46	0,00	0,00	0,00	0,00
CO ₂ %	0,14	0,00	0,00	0,00	0,00	0,14	0,00	0,00	0,44	0,33	0,14	0,00	0,00
C. org. %	0,00	0,05	0,00	0,12	0,23	0,10	0,13	0,11	1,02	1,12	0,12	0,13	0,13
Somme %	99,71	99,04	98,33	99,73	99,91	99,00	98,38	99,63	99,26	99,89	99,63	99,63	99,95
S %	< 0,1	0,20	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Zr ppm	50	57	50	49	46	31	145	49	46	43	33	55	56
Y ppm	209	88	208	83	107	94	190	169	84	85	91	95	96
Sr ppm	198	268	203	228	228	193	452	343	217	211	167	237	244
Rb ppm	81	76	83	62	67	53	101	86	64	65	56	74	75
Ba ppm	390	624	420	354	435	347	1106	534	347	363	218	451	473
V ppm	11	15	14	40	16	13	261	17	32	30	39	47	43
Sn ppm	4	6	6	7	8	14	5	7	13	12	10	9	8
Sb ppm	9	4	3	3	5	6	3	< 3 <	3	4	3	3	3
Ag ppm	2	1	2	2	1	3	2	< 1 <	3	3	2	1	1
As ppm	8	5	8	7	8	6	6	6	15	6	9	7	8
Pb ppm	35	31	36	44	38	48	32	49	60	54	48	50	42
Zn ppm	9	7	7	9	7	7	10	7	14	11	6	8	9
Cu ppm	23	23	20	31	20	16	18	26	43	32	31	27	22
Ni ppm	5	4	5	5	6	< 2 <	9	8	28	30	6	4	5
Cr ppm	13	25	13	36	19	23	136	16	80	76	46	31	48
Co ppm	22	21	22	82	30	28	25	32	61	47	39	36	23

Fig. 1 : Analyses chimiques de laitiers et matériaux associés provenant du Val Morobba (TI). Les analyses chimiques ont été réalisées au Centre d'Analyse Minérale de l'Université de Lausanne (H.-R. Pfeifer, directeur; J.-C. Lavanchy) selon les procédures mises au point dans le cadre des recherches de V. Serneels (Serneels 1993).

dans le cadre des recherches de V. Semeevs (Semeevs 1993).

de Lausanne (H.-R. Pfeiffer, directeur; J.-C. Lavanchy) selon les procédures mises au point

(11) Les analyses chimiques ont été réalisées au Centre d'Analyse et de l'Université

Hegel, 1. suite : Amélyses chimiques et matériau associés provenant de la molébda

ECBhardt	TIC201	TIC001	TIC002	TIC081	TIC151	TIC071	TIC201
SiO2 %	73.75	7.19	4.21	5.06	4.25	65.55	1.11
TiO2 %	0.02	0.11	0.09	0.10	0.08	0.73	0.03
Al2O3 %	0.03	0.33	1.96	1.37	1.65	1.32	1.34
Fe2O3 %	7.54	26.36	35.72	30.35	56.22	1.90	0.63
FeO %	9.67	43.13	40.95	47.67	22.00	5.74	0.55
FeMn %	0.00	6.09	8.45	7.78	0.47	0.12	0.05
MnO %	0.01	0.54	0.21	0.44	0.47	0.00	0.00
CaO %	0.09	1.13	0.90	1.00	1.23	2.46	15.31
Na2O %	0.00	0.25	2.29	3.20	4.68	2.22	3.82
K2O %	0.01	0.63	0.31	0.32	0.97	2.75	0.03
P2O5 %	8.22	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04	0.04
H2O %	16	201	149	228	297	273	189
Zr ppm	5	6	22	20	21	265	5
Y ppm	8	11	2	<1<	<1<	273	17
Rb ppm	5	6	20	5	6	33	4
V ppm	6	6	228	5	6	33	4
Ba ppm	16	774	496	565	980	736	17
Sn ppm	6	829	602	133	656	99	49
Sb ppm	9	74	84	90	63	46	<2<
As ppm	6	4	2	2	1	3	<3<
Ag ppm	8	9	6	6	3	3	<4<
SnS ppm	6	4	<4<	<4<	<4<	7	<1<
Pb ppm	50	10	11	11	12	32	12
Zn ppm	124	124	<2<	<2<	<2<	72	<2<
Cu ppm	40	543	384	130	441	37	7
Cr ppm	469	225	249	280	253	94	28
Co ppm	155	280	249	280	253	94	28

Du point de vue chimique, ces latites forment un groupe relativement cohérent. Le constituant principal est toujours la silice (SiO_4 : 55 à 72%). Les latites contiennent une proportion importante de magnésium et de calcium ($\text{MgO} + \text{CaO}$: 20 à 35%). Les autres éléments sont nettement moins abondants et en particulier, le fer ne dépasse jamais 5 %. Par leur chimie globale, ces latites sont donc nettement différents des scories de réduction des minerais de fer par la méthode directe (Fig. 3).

L'échantillonage partait trop restreint pour mettre clairement en relation la couleur macroscopique avec la composition chimique. Il semble néanmoins que les latites gris ou blanchâtres soit plutôt pauvres en silice et que ceux qui possèdent les couleurs les plus marquées soit au contraire riches en silice. Les latites très sombre présentent des particulières chimiques qui seront discutées plus bas.

La quantité de fer qui reste piégée dans le laitier est minime. Elle se trouve principalement sous forme de métal en inclusions microscopiques et plus rarement centimétriques. Ces inclusions de métal ne semblent pas avoir fait l'objet d'une récupération poussée qui aurait nécessité un concassage. La grande taille des fragments de laitier visibles sur le site indique que cela n'a pas été fait.

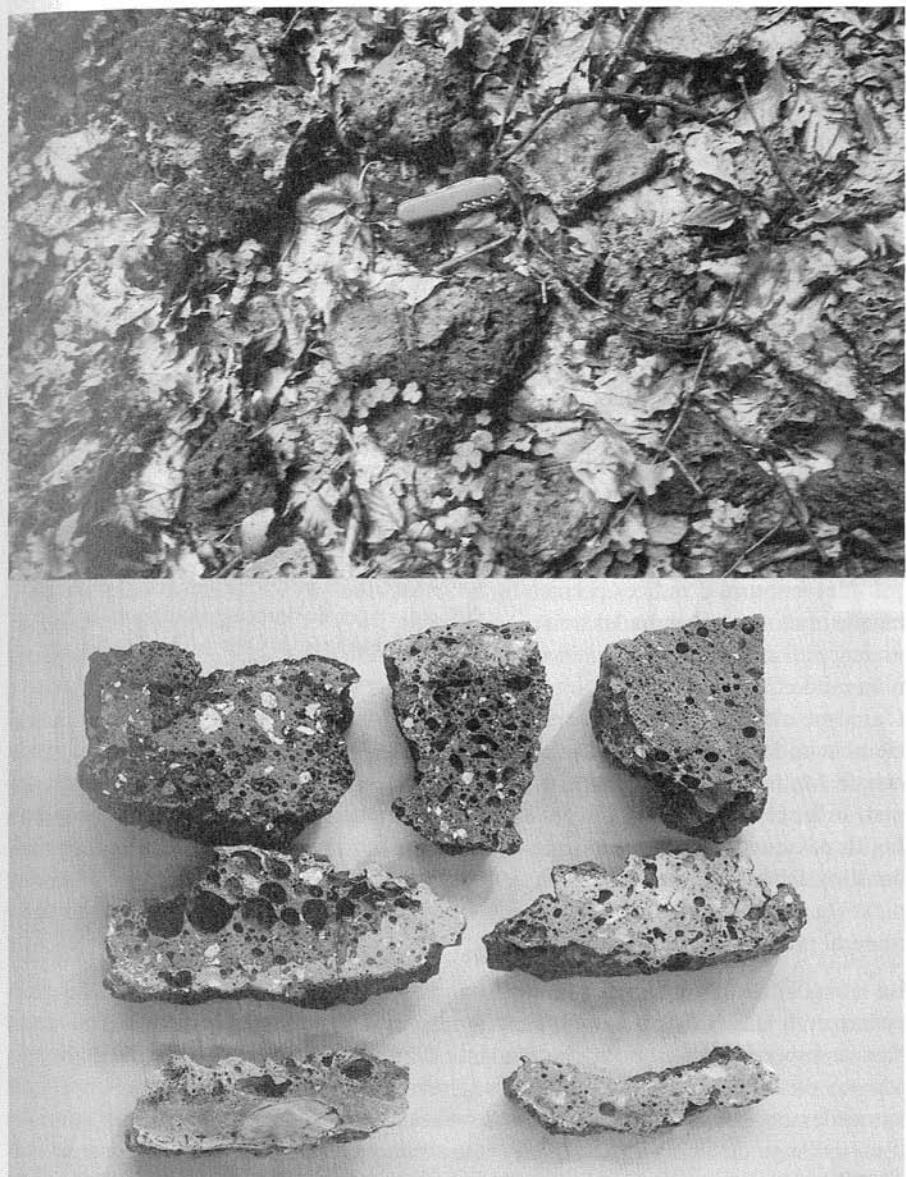


Fig. 2 : Les laitiers de Carena: a) sur le terrain. b) vue en coupe.

1.2 Comparaison entre le minerai et les laitiers

Le minerai prélevé dans la mine voisine est constitué principalement d'une gangue de quartz et de filonnets discontinus de sulfures de fer. Le sulfure principal est la pyrrhotine, accompagnée éventuellement par de la pyrite (Köppel 1966). Ces minéraux sont partiellement oxydés et on observe des placages rougeâtres, probablement des oxydes et hydroxydes de fer, dans les fissures de la roche. Le bloc analysé ne contient qu'une faible proportion de fer (TIC 101 : Fetot = 12.5 %, FeS = 20 %, poids = 15 % volume). Dans le minerai brut, la proportion de gangue par rapport aux sulfures est évidemment très variable et il est fort probable que les parties exploitées du gisement renfermaient des zones nettement plus riches, aujourd'hui disparues. La teneur mesurée sur l'échantillon TIC 101 n'a donc pas de signification réelle. Avant d'être mis dans le fourneau, ce minerai était très probablement concentré par concassage et tri ou lavage. Il subissait sans doute aussi un grillage qui élimine le soufre et fragilise la roche. Pour le moment, les recherches n'ont pas encore fourni d'indices permettant de mieux comprendre les traitements préliminaires appliqués au minerai de Carena.

L'analyse chimique permet de montrer que le filon ne contient pratiquement aucun élément mineur ou trace accompagnant le fer, si ce n'est un peu de nickel et de cobalt. Malheureusement, ces éléments métalliques possèdent une très forte affinité pour le fer et subissent certainement une réduction complète en même temps que le fer. Ils passent donc pratiquement complètement dans le métal et ne sont pas présents dans le déchet. Les analyses des laitiers de Carena, avec leurs très faibles teneurs en nickel et cobalt le montrent clairement. La seule substance apportée au laitier par le minerai proprement dit est donc la silice.

La composition chimique des laitiers indique clairement l'utilisation d'un fondant contenant à la fois du calcium et du magnésium. Ces éléments ne sont pas présents dans le minerai. L'utilisation d'un fondant calcique est une pratique qui se développe à partir du Moyen Age. On utilise très généralement des roches calcaires qui sont naturellement abondantes dans de nombreuses régions. Le point de fusion minimum d'un mélange de chaux et de silice se situe vers 1450°C, nettement au-dessous des 1700°C nécessaires pour fondre la silice plus ou moins pure. En présence d'alumine, de magnésie ou d'oxydes de fer, on peut obtenir des liquides à des températures

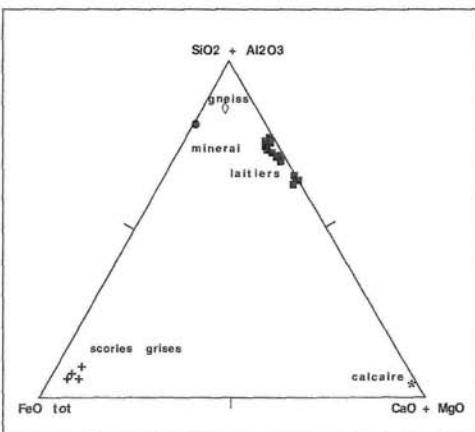


Fig. 3 : Triangle : $\text{FeOtot-SiO}_2+\text{Al}_2\text{O}_3-\text{CaO}+\text{MgO}$. Composition chimique globale des différents types de déchets métallurgiques et matériaux associés de Carena TI.

pouvant descendre jusqu'à 1200°C seulement. Evidemment, dans le cas de la métallurgie du fer, il n'est pas souhaitable de perdre une forte proportion de fer sous forme d'oxydes dans les déchets, ce qui est le cas pour la réduction du minerai de fer par la méthode directe. Dans le haut fourneau, on évite ce problème en réduisant la totalité du fer à l'état métallique. L'ajout d'une certaine quantité d'alumine ou de magnésie permet de travailler avec des liquides fusibles vers 1350°C.

L'aluminium est souvent contenu naturellement dans le minerai mais on a aussi rajouter volontairement des argiles comme fondant. Le magnésium, au contraire, n'est que très rarement associé au fer dans les minerais. Par contre, certaines roches carbonatées, les dolomies, contiennent une proportion importante de magnésium. A la surface de la terre, les dolomies sont relativement peu abondantes. Ce n'est qu'au cours du XXème siècle que les sidérurgistes ont compris l'intérêt de ce type particulier de roche et ont développé son utilisation. De nos jours, on fabrique artificiellement des composés riches en magnésium qui servent de fondant en sidérurgie. Cependant, les régions fortement métamorphiques comme les Alpes sont favorables à la formation de dolomies naturelles. Au Tessin, où les roches carbonatées sont relativement rares, on a pu, empiriquement découvrir précocement les avantages pratiques de ce fondant, avant que les chimistes et métallurgistes n'aient pu en expliquer la raison. La présence de magnésium dans les laitiers de Carena n'est donc pas forcément une preuve qu'ils sont très récents puisque cette matière première est, dans le cadre géologique régional, à peu près aussi faciles à trouver que des calcaires non magnésiens.

Si les teneurs en CaO et en MgO varient dans les différents échantillons analysés, on remarque que le rapport entre les deux oxydes est très proche dans 10 échantillons sur 12 (CaO : MgO = 1,75). Seuls les échantillons TIC 321 et 322 possèdent des rapports nettement plus élevés (voir plus loin). Cette cohérence des données indique clairement que, pour les dix échantillons, c'est toujours la même roche dolomitique qui a été ajoutée comme fondant. Aucun autre élément chimique n'est clairement corrélé avec CaO et MgO. La roche utilisée était donc pauvre en éléments mineurs et traces.

Un petit stock d'environ 20 kg de calcaire a été retrouvé dans un petit bâtiment du complexe sidérurgique du Maglio. L'échantillon analysé (TIC 201) est un calcaire dolomitique assez pur ne contenant que des traces de silice, d'alumine et d'oxydes de fer. Les éléments traces sont peu caractéristiques. Le rapport entre CaO et MgO est de 2,5. Il est nettement plus élevé que dans le groupe principal des laitiers. Il est donc exclu que cette roche soit le fondant utilisé pour fabriquer ces laitiers.

Les laitiers analysés contiennent d'autres substances, en particulier, un peu d'alumine et de potasse. On observe que ces deux oxydes sont clairement corrélés (Fig. 4). Le zirconium (Zr) et le rubidium (Rb) sont également liés à ces éléments de manière parfaitement claire. Le strontium (Sr) et le barium (Ba) se comportent de manière similaire. Ces substances proviennent donc en majeure partie d'une seule source qui ne peut être ni le minerai lui-même, ni le fondant calcaire. On peut penser à un apport lié à une mauvaise séparation entre le minerai et les roches encaissantes. Des fragments de roches gneissiques incomplètement fondues ont été observés directement dans certains laitiers. Leur participation à la réaction est donc certaine.

Les roches encaissantes n'ont pas été directement étudiées au cours de ce travail mais des analyses de gneiss de la zone de Ceneri ont été publiées précédemment (Rheinard 1964). Ces roches contiennent environ 15 % de Al_2O_3 et 3,5 % de K_2O . Le rapport entre ces deux éléments dans les laitiers de Carena est proche de 4,5, ce qui est compatible avec ces analyses.

Les échantillons TIC 301 et 331 possèdent des rapports Al_2O_3 : K_2O un peu plus bas que les autres et des spectres des éléments traces lithophiles (Zr, Y, Sr, Rb, Ba) qui les distinguent du reste du groupe.

Ces différences pourraient s'expliquer par le fait qu'il peut y avoir de légères variations dans la nature des roches encaissantes soit dans les différentes parties d'une même mine soit entre deux mines voisines. Plusieurs zones d'extraction sont connues dans les environs du haut fourneau. On ne dispose malheureusement pas d'analyses des éléments traces dans les gneiss de la région.

Un morceau de gneiss partiellement fondu provenant du local de stockage fouillé en 1998 a fait l'objet d'une analyse chimique (TIC 071). Il est évidemment impossible de prouver que ce fragment provient de la roche encaissante des filons de Carena mais il est probable qu'il soit de provenance locale. Ce gneiss possède des caractéristiques chimiques qui sont compatibles avec les laitiers. Outre l'alumine et la potasse, on observe une bonne relation pour les éléments traces également, par exemple une forte teneur en Rb.

Les laitiers de Carena portent des empreintes clairement identifiables de charbon de bois et en contiennent parfois encore des fragments identifiables. C'est donc ce combustible qui a été utilisé. Il a pu être fabriqué sur place ou tout au moins dans l'environnement proche du site alors qu'il aurait fallu importer du coke de régions beaucoup plus éloignées.

La cendre du charbon de bois contribue sans doute à la formation du laitier. Cet apport est difficile à chiffrer faute d'analyse et il n'est donc pas possible d'en tenir compte. On peut supposer que, comme c'est le cas généralement, les cendres de charbon apportent un peu de chaux et de potasse. Dans le cas du Tessin, où le substrat géologique est majoritairement constitué de roches siliceuses, il est probable que le charbon apporte aussi une certaine quantité de silice.

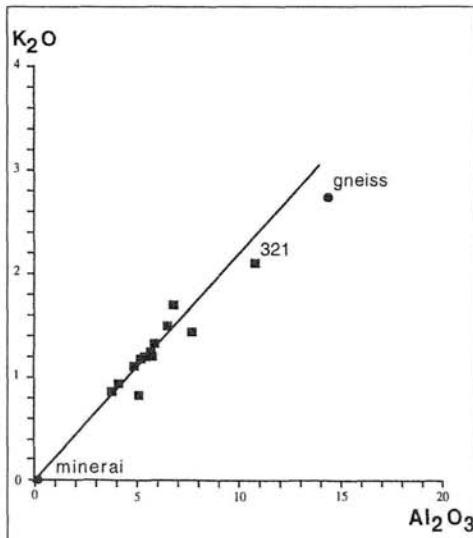


Fig. 4 : Diagramme de corrélation Al_2O_3 / K_2O pour les laitiers de Carena.

Les laitiers de Carena sont donc interprétables comme les résidus de la fusion d'une charge complexe. Le mineraï à gangue de quartz apporte une partie de la silice. De la roche encaissante gneissique, mélangée avec le mineraï, apporte l'alumine et la potasse. Le fondant dolomitique apporte la chaux et la magnésie. L'apport de la cendre de combustible ne peut pas être caractérisé. On suppose que la paroi du fourneau est suffisamment réfractaire pour ne pas apporter de contribution importante.

1.3 Remarques sur les conditions physico-chimiques de l'opération de réduction

Les températures atteintes dans le fourneau ne peuvent que difficilement être déterminées à l'aide des données thermodynamiques théoriques. Les compositions chimiques des laitiers sont relativement proches du système ternaire $\text{SiO}_2\text{-CaO-MgO}$. Si on effectue les projections dans ce système, on observe cependant que plusieurs échantillons se trouvent dans des domaines correspondants à des températures très élevées (plus de 1600°C) et certains sont même projetés dans un domaine instable qui devrait voir la coexistence de deux liquides dont un de composition hypersiliceuse. Il semble donc difficile d'utiliser ces résultats sans tenir compte de la présence d'alumine (Al_2O_3). L'effet de ce quatrième constituant est difficile à prévoir mais il abaisse probablement le point de fusion des liquides considérés. Il est cependant peu probable que ces matériaux soient fusibles à des températures inférieures à 1500°C.

On constate aussi que les éléments chimiques qui sont plus facilement réduits par le monoxyde de carbone que le fer, comme Ni et Co, sont presque complètement absents dans le laitier. Ces éléments sont présents en traces dans les sulfures du mineraï. Ils passent donc entièrement dans la phase métallique. De même, des éléments un peu plus difficiles à réduire que le fer, comme le P, le Mn, le V et le Cr, sont eux aussi très bas dans les laitiers ce qui laisserait supposer que des conditions fortement réductrices sont atteintes pendant l'opération. Cependant, les teneurs dans le mineraï étant aussi très basses, cet argument perd une partie de sa pertinence. Enfin, le fer présent dans les laitiers est généralement à l'état métallique ou à celui d'oxyde ferreux (FeO). La proportion d'oxyde ferrique (Fe_2O_3) est toujours très basse. Cette observation confirme une réduction presque complète.

1.4 La production de fer

La première constatation que l'on tire de l'examen des données analytiques est que le rendement du procédé dont sont issus ces laitiers est très élevé. Il n'y a presque aucune perte de fer dans les laitiers et ce peu de fer perdu est en bonne partie à l'état métallique. On peut donc conclure que le rendement est proche de 100 % et que presque tout le fer présent dans le mineraï est réduit à l'état de métal. Pour un procédé indirect récent, ce n'est pas surprenant.

Il est plus difficile de calculer la production, c'est-à-dire la quantité de fer produite par rapport à la quantité de déchets ou bien par rapport à la quantité de mineraï utilisée. En effet, avec un rendement proche de 100%, la production est directement

proportionnelle à la teneur en fer du mineraï ou plus exactement du mineraï concentré tel qu'il est mis dans le fourneau. A Carena, cette donnée nous échappe presque complètement. Le seul mineraï connu est celui que l'on peut récolter brut dans la mine. Il n'a certainement pas été utilisé tel quel mais on ne sait rien de la préparation qu'il a subi avant son enfournement (concassage, tri, lavage et sans doute grillage). Sans cette donnée, il n'est pas possible de calculer directement la production. Il est cependant possible de tenter une approche par une voie détournée.

Le rapport en CaO et MgO étant constant dans les laitiers. Ceci démontre que le calcaire dolomitique utilisé comme fondant est toujours le même. On peut aussi penser que les artisans ont toujours chargé le fourneau de la même manière, sans doute en utilisant un rapport simple, soit 1 unité de fondant pour 2, 3, 4 ou 10 unités de mineraï par exemple. En posant ces deux hypothèses, on peut développer un calcul de production. En confrontant les résultats de ce calcul aux observations, on pourra apprécier la vraisemblance des chiffres proposés.

Si ces deux conditions sont réunies, on devrait toujours avoir le même rapport entre les éléments apportés par le fondant (Mg et Ca) et ceux apportés par la gangue du mineraï (Si, Al, K). Ce n'est pas le cas à Carena où ce rapport varie de 1 : 2 à 1 : 4, en passant par des valeurs intermédiaires. On peut en déduire que la teneur du mineraï en fer (respectivement en gangue) est extrêmement variable. Il faut rappeler que le mineraï, qui provient de plusieurs mines, subit certainement un enrichissement par le biais d'un processus de préparation. Aux variations liées à la nature du mineraï se rajoute des variations qui peuvent être liées à une maîtrise imparfaite des traitements de concentration. Les variations de la teneur en fer du mineraï de Carena ne sont donc pas surprenantes.

Lorsque l'on traite un mineraï pauvre en fer donc riche en gangue, on produit un laitier riche en silice donc pauvre en chaux et magnésie (Fig. 5 et 6). On observe la situation inverse pour un mineraï riche en fer.

En connaissant la quantité de fondant nécessaire pour produire une unité de laitier siliceux (respectivement calcique), il est possible de calculer la quantité de gangue silico-alumineuse nécessaire. Sachant que cette gangue est accompagnée par une certaine quantité de minéraux riches en fer, on peut procéder à des estimations pour les différents rapports de charge envisageables.

Si on traite un "mineraï" ne contenant pas du tout de fer, pour produire 1 kilo de laitier siliceux il faut environ 400 gr de calcaire dolomitique et 800 gr de gangue (mélange de gneiss et de quartz), soit un rapport fondant : gangue proche de 1 : 2. Avec un rapport inférieur, il est impossible de former ne fusse que le laitier. Evidemment, comme dans ce cas la production de fer est nulle, il est certain que les sidérurgistes de Carena n'ont jamais procédé ainsi sinon ils auraient été rapidement acculés à la faillite. Avec un mineraï de mauvaise qualité, pour obtenir une production minimum, il faut donc que le poids du mineraï enfourné soit au moins le triple de celui du fondant. Si on utilise ce rapport fondant : mineraï de 1 : 3, on peut s'attendre à une production de fer de 280 gr pour 1 kg de laitier. Dans ce cas, le mineraï grillé doit

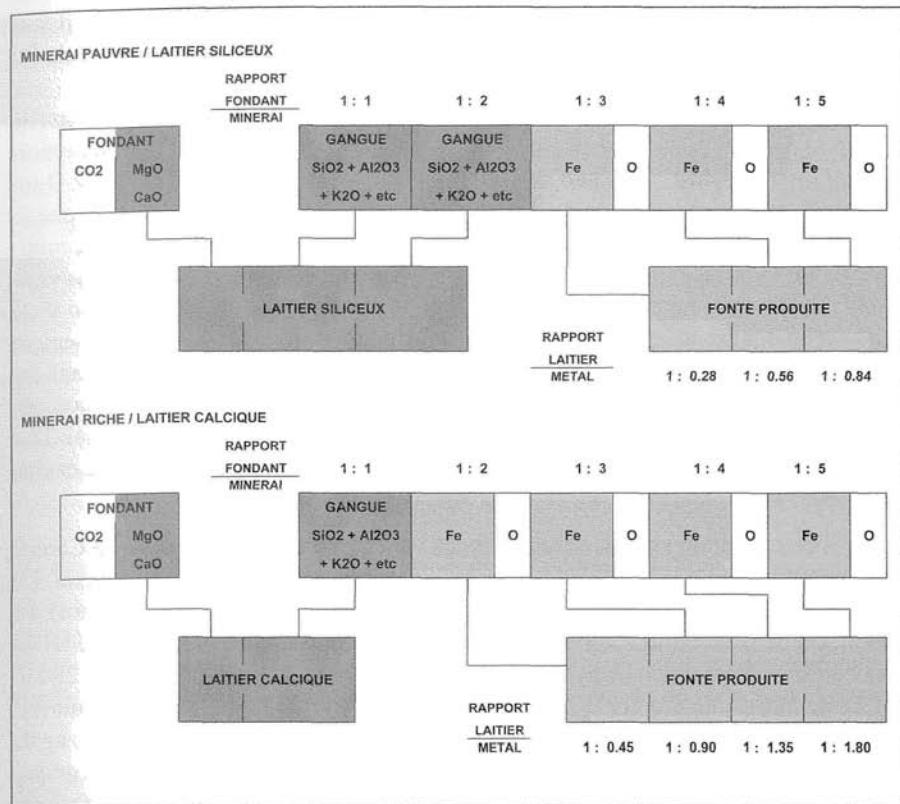


Fig. 5 : Schéma expliquant la relation entre mineraux riches en fer (respectivement pauvres) et laitiers calciques (respectivement siliceux).

	CHARGE			PRODUITS		RAPPORT DE LA CHARGE	TENEUR DU MINERAL	PRODUCTION		
	FONDANT	MINERAU CONCENTRE	LAITIER	METAL	Fondant / Mineral			Fe2O3 tot %	Métal / 1 Laitier	Métal / 1 Minerau
LAITIER	-	-	-	-	-	1 : 1	-	-	-	-
SILICEUX	400	800	0	1000	0	1 : 2	0	0	0	0
ET	400	800	400	1000	280	1 : 3	33	0.28	0.23	
MINERAU	400	800	800	1000	560	1 : 4	50	0.56	0.35	
PAUVRE	400	800	1200	1000	840	1 : 5	60	0.84	0.42	
LAITIER	650	650	0	1000	0	1 : 1	0	0	0	0
CALCIQUE	650	650	650	1000	450	1 : 2	50	0.45	0.34	
ET	650	650	1300	1000	900	1 : 3	66	0.90	0.46	
MINERAU	650	650	1950	1000	1350	1 : 4	75	1.35	0.51	
RICHE	650	650	2600	1000	1800	1 : 5	80	1.80	0.69	

Fig. 6 : Tableau des estimations de production pour les mineraux riches et pauvres selon les différents rapports de charge. Seuls les rapport 1 : 3 et 1 : 4 paraissent vraisemblables.

avoir une teneur de l'ordre de 30 % Fe₂O₃tot. Si on utilise un rapport de 1 : 4, il faut un minerai avec une teneur de 50 % Fe₂O₃tot et on parvient à produire 560 gr de fer pour 1 kg de laitier.

A l'opposé, pour produire 1 kilo de laitier calcique, il faut enfourner un peu plus de 650 gr de fondant et un poids équivalent de gangue (rapport 1 : 1). Pour un rapport fondant : minerai de 1 : 2, il faut déjà un minerai ayant une teneur de 50 % Fe₂O₃tot et l'on obtient une production de 450 gr de fer pour 1 kg de laitier. On a vu que le rapport de 1 : 2 est improbable car il ne permettrait pas d'obtenir une quantité minimale de fer avec les minerais les plus pauvres. Cette hypothèse n'est donc pas vraisemblable. Pour un rapport de 1 : 3, il faudrait un minerai avec une teneur de 66 % de Fe₂O₃tot ce qui est acceptable. Par contre, avec un rapport de 1 : 4, l'enrichissement du minerai devrait être excellent (teneur de 75 % Fe₂O₃tot), or on constate dans les laitiers la présence de nombreux fragments de roches non fondus, observation qui n'est pas compatible avec un enrichissement extrêmement poussé du minerai. Des rapports plus faibles entre le fondant et le minerai paraissent donc devoir être exclus pour cette raison.

D'après ce calcul, on peut donc admettre que la charge du haut fourneau de Carena était probablement constituée de 1 part de fondant pour 3 ou 4 parts de minerai. Ce minerai était un concentré dont la teneur était variable (de 30 à 75 % Fe₂O₃tot), en raison soit de la variabilité naturelle de la minéralisation soit à cause de procédés de concentration imparfaits. Dans l'hypothèse la plus basse, la production est de 280 gr par kg de laitier siliceux (ce qui est équivalent à 230 gr de fer pour 1 kg de minerai pauvre). Dans l'hypothèse optimiste, la production de fer est de 1360 gr pour 1 kg de laitier calcique (525 gr de fer pour 1 kg de minerai riche). La variabilité de la composition des laitiers reflète cette irrégularité de la production. Il n'est pas possible pour le moment d'évaluer la proportion de laitiers calciques par rapport aux laitiers siliceux sur le site ni de montrer une éventuelle évolution au cours du temps.

Le progrès des recherches sur le site permettra sans doute de parfaire cette approche. Il faut espérer que les fouilles mettront au jour du minerai de fer préparé ou des installations destinées à ces opérations préliminaires. Il faut aussi essayer de chiffrer avec plus de précision le volume des déchets présents et estimer la fréquence des laitiers siliceux et calciques. Des échantillons prélevés dans des contextes stratifiés seront aussi utiles pour mettre en évidence d'éventuels changements dans les procédés techniques au cours du temps.

2. Le stock de scories denses destinées au recyclage

La fouille de juillet 1998, a permis de dégager les fondements d'un petit bâtiment faisant partie du complexe sidérurgique du Maglio. Au-dessus du sol en galets de ce bâtiment, on a découvert une couche constituée principalement de scories grises et denses (TIC 001 et 002). Ces matériaux avaient été concassés en fragments de moins de 5 centimètres d'arête (Fig. 7). Ces scories étaient accompagnées de quelques débris riches en fer (TIC 081), y compris de petits blocs de fonte et d'agglomérats

friables d'oxydes de fer (TIC 151). Enfin, dans l'un des angles, est apparu une concentration de petits blocs de calcaire dolomitique (TIC 201).

Les scories sont de couleur gris sombre. Elles ont une faible porosité et une densité apparente élevée. Elles réagissent à l'aimant. L'observation macroscopique et microscopique montre que la matière est complètement cristallisée sous forme de wüstite (FeO) et de fayalite (Fe_2SiO_4). Ces scories contiennent aussi des particules microscopiques de fer métallique. La fragmentation intense rend impossible la reconnaissance de la forme de ces scories. La plupart des surfaces montrent des structures de flux qui font penser que ces scories ont été écoulées en plaque peu épaisse (4 / 5 cm au maximum) ou en cordons.

Par leur aspect, ces scories ressemblent très fort aux scories provenant de la réduction d'un minerai de fer dans un bas fourneau (méthode directe). Par contre, l'analyse chimique de ces échantillons fait apparaître des teneurs en fer extrêmement élevées (Fetot = 58 et 65 %) qui rendent cette identification incertaine. Ces scories pourraient plus facilement être interprétées comme des résidus résultants de l'affinage de la fonte dans un foyer. Cela expliquerait mieux la forte teneur en fer ainsi que la présence d'une forte proportion de Fe_2O_3 . De même, les teneurs en CaO et MgO , relativement élevées sont plus faciles à comprendre dans des scories d'affinage. On soulignera aussi que ces scories possèdent des teneurs élevées en phosphore (P_2O_5), en manganèse (MnO), en chrome (Cr) et vanadium (V). Ces quatre éléments accompagnent souvent le fer dans ses minéraux. Au cours de la réduction par la méthode directe au bas fourneau, ils ne subissent que peu ou même pas du tout de réduction et passent



Fig.7 : Les scories grises denses (affinage ?) de Carena.

dans la scorie. Mais dans les conditions du haut fourneau, ces mêmes éléments subissent une réduction au moins partielle et s'allient au fer. Lors de l'affinage, ils ont une plus forte tendance à s'oxyder que le fer. Logiquement donc, ces éléments se retrouvent aussi dans les scories d'affinage de la fonte. Malheureusement, très peu de travaux scientifiques récents ont porté sur ce type de déchets métallurgiques issus des procédés récents et les comparaisons ne sont pas possibles.

Les particularités chimiques qui viennent d'être évoquées permettent aussi d'écartier certaines hypothèses, en particulier en relation avec le minerai de Carena. Il est clairement impossible que ces scories résultent de la réduction par la méthode directe du minerai de fer de Carena. Ni le minerai, ni les roches encaissantes ne contiennent de P, Mn, V ou Cr. Leur présence dans les scories est donc une preuve suffisante pour abandonner cette hypothèse. Mais de la même manière, ces scories ne peuvent pas résulter de l'affinage d'une fonte produite à Carena en utilisant le minerai local. Si ce sont bien des scories d'affinage d'une fonte, il est évident que celle-ci était riche en phosphore et donc produite à partir d'un minerai contenant cet élément. Les minerais de fer phosphoreux sont relativement peu nombreux en Suisse et dans les Alpes en général. Dans cette aire géographique, seuls les gisements de minerai oolithique mésozoïques contiennent un peu de phosphore, en général moins de 2 %. Il existe quelques pointements dans les Alpes calcaires (Chamoson VS, Erzegg BE-OW, etc) mais les principaux gisements se trouvent dans la chaîne du Jura (Herznach AG, etc). L'exploitation s'est poursuivie depuis le Moyen Age jusqu'au XXème siècle. Dans les pays d'Europe centrale et du nord, de nombreux gisements de minerai phosphoreux existent, le plus célèbre d'entre eux étant la minette de Lorraine. La fonte produite avec ces minerais phosphoreux a largement circulé en Europe aux Temps Modernes et l'affinage a pu être effectué sur le lieu de consommation plutôt que dans la région de production. Il reste cependant difficile d'expliquer comment des scories d'affinage de fonte phosphoreuse ont pu arriver sur le site de Carena...

Ces scories ont-elles été produites sur place lors d'opération d'affinage de gueuses de fonte importées ? L'atelier de Carena est effectivement équipé pour mener à bien cette opération mais on peut penser qu'il était d'abord destiné à la transformation de la fonte produite localement.

Ces scories ont-elles été importées à Carena en provenance d'un autre établissement sidérurgique voisin pratiquant l'affinage d'une fonte phosphoreuse importée ? Quel pourrait être cet établissement ?

Cette seconde hypothèse est certainement la plus séduisante. Dans ce cas, ces scories d'affinage auraient été importées comme minerai ou comme ajout destiné à la réduction dans le haut fourneau. Les constats faits sur le terrain et au laboratoire rendent cette hypothèse crédible sans toutefois en avoir apporter la preuve définitive.

Manifestement, les scories ont été placées volontairement dans le petit bâtiment où on les a retrouvées. Elles formaient une couche dense et homogène ne contenant que quelques pourcents de sédiment charbonneux. On peut penser que cette terre s'est en bonne partie infiltrée après l'abandon du site et qu'à l'origine les scories étaient propres. Les rares autres substances trouvées au milieu des scories sont des déchets

ferreux qui pourraient facilement être recyclés en même temps que les scories. Le fait que les scories ont été concassées de manière assez uniforme donne aussi l'impression d'une matière première préparée avec soin et stockée volontairement. Enfin, un petit tas de blocs de calcaire dolomitique utilisable comme fondant a été retrouvé dans un angle du même local.

Du point de vue chimique, vu leurs teneurs en fer élevées, ces scories constituent effectivement un bon minerai. Dans les conditions du haut fourneau, ces matériaux sont relativement faciles à fondre. La pratique du recyclage des anciennes scories d'affinage ou des scories de réduction par la méthode directe est bien attestée dans de nombreuses régions (Berthier 1822).

Pour finir, il faut encore mentionner l'analyse d'un échantillon de laitier récolté à Carena dont la composition est sensiblement différente des autres (TIC 321). C'est un laitier qui comme les autres est le résultat de la fusion d'un minerai siliceux associé à un fondant calco-magnésien mais dans ce cas, le minerai est nettement plus alumineux et le fondant nettement plus calcique (Fig.4). Les matières premières ne sont donc certainement pas les mêmes que pour les autres laitiers du site. En fait, on constate que TIC 321 contient des traces notables de Cr, de V, de MnO et de P₂O₅ qui sont justement les éléments abondants dans les scories grises denses. Le barium est aussi anormalement élevé mais ce fait est plus difficile à interpréter. Il faut remarquer que l'échantillon TIC 322, un autre fragment de laitier vert sombre, possède une composition chimique intermédiaire entre celle de TIC 321 et celles des autres laitiers du site. Il semble donc que dans les déchets de réduction de Carena, on puisse trouver des laitiers qui résultent du recyclage de scories d'affinage de fonte phosphoreuse. Cette constatation reste cependant basée sur une seule analyse pertinente et demande donc des recherches complémentaires.

Conclusion

L'étude des déchets sidérurgiques et matériaux associés provenant du Val Morobbia n'en est qu'à ses débuts. A plusieurs points de vue, elle est novatrice car jusqu'à maintenant les spécialistes ont souvent préféré travailler sur des périodes beaucoup plus anciennes. Les procédés sidérurgiques récents restent donc bien souvent très mal documentés, en particulier en ce qui concerne les vestiges matériels. C'est un paradoxe car ceux-ci abondent au contraire et ont été disséminés partout comme balast pour les routes ou les chemin de fer, entre autres. Il serait donc souhaitable de disposer de données permettant d'attribuer clairement ces matériaux à des procédés techniques reconnus de manière à éviter toute confusion avec des vestiges beaucoup plus anciens. Pour le moment, les spécialistes en sont en général réduits à apprécier grossièrement des critères visuels et souvent assez subjectifs pour poser un diagnostic. Il peut s'en suivre de regrettables erreurs.

Il peut sembler superflu d'essayer de comprendre ces procédés récents au vu de l'importance de la littérature technique de l'époque qui décrit ces méthodes de production. Mais en fait, cette littérature ne traite pas systématiquement tous les cas. Par

exemple, on répète souvent que les minerais sulfurés n'ont pas été utilisés pour produire du fer par le passé en raison de la présence de soufre qui donne du fer de piètre qualité. L'exemple de Carena est là pour montrer que les règles générales souffrent des exceptions. Là où le fer est rare, et donc cher, un minerai difficile à traiter vaut mieux que pas de minerai du tout. De même, un fer de bonne qualité est recherché pour la fabrication d'armes et d'outils performants mais il n'est pas indispensable pour une production de clous et de ferrures. Les conditions qui président au développement d'un établissement sidérurgique comme celui de Carena peuvent donc être complètement différentes de celles qui prévalent dans d'autres régions. Un tel phénomène "micro-économique" n'en est pas moins intéressant.

Bibliographie :

- BERTHIER, P. 1822 : Sur la nature des scories de forges catalanes et des foyers d'affinerie. Annales des Mines (1) 7, 1822, p.307-402.
- KÖPPEL, V. 1966 : Die Vererzungen im insubrischen Kristallin des Malcantone (Tessin). Beiträge zur Geologie der Schweiz, Geotechnische Serie 40, Bern.
- RHEINARD, M. 1964 : Über das Grundgebirge des Sottoceneri im Süd-Tessin und die darin auftretenden Ganggesteine. Beiträge zur Geologischen Karte der Schweiz, NF 117, Bern.
- SERNEELS, V. 1993 : Archéométrie des scories de fer. Cahiers d'Archéologie Romande 61, Lausanne 1993.

Adresse de l'auteur: Dr. Vincent Serneels
Institut de Minéralogie
Université de Fribourg
Pérolles
1700 Fribourg

Analisi archeobotanica di legni e carboni rinvenuti nella zona mineraria di Carena (Val Morobbia TI)

Riassunto

Abbiamo analizzato legni e carbone di legna provenienti nella zona mineraria circostante il sito del Maglio in Val Morobbia (Canton Ticino). I carboni appartengono a due periodi successivi (1600-1700; 1700-1800); i più antichi potrebbero derivare da un incendio. La maggior parte dei legni è stata identificata come faggio. L'identificazione dei frammenti di carbone e l'analisi quantitativa dei taxa identificati ha messo in evidenza la presenza, nella zona circostante il sito, della tipica associazione vegetale tra faggio e abete bianco definita, Abieti-Fagetum. Durante il primo periodo la percentuale delle due specie è quasi uguale (~50%), mentre nel periodo successivo il faggio diventa dominante (~70%) e l'abete scende al 20% circa. Il forte calo di questa specie può essere la conseguenza dell'incendio o del suo eccessivo utilizzo. L'abete bianco, infatti, ha una capacità di ripresa inferiore a quella del faggio.

Résumé

Nous avons analysé les fragments de bois et de charbon de bois provenantes de la région minière autour du site du Maglio (Val Morobbia, Canton Tessin). Les charbons appartiennent à deux périodes successives: 1600-1700 et 1700-1800; les plus anciens pourraient dériver d'une incendie. La plupart des fragments de bois ont été identifiés comme *Fagus sylvatica* (hêtre commun). L'identification des charbons et l'analyse quantitative des taxa identifiés a permis la reconstitution de la typique association hêtre commun-sapin pectiné denominée Abieti-Fagetum. Pendant la première période la fréquence de deux espèces était à peu près la même (50%) tandis que pendant la période successive le hêtre devient dominant (hêtre 70.73%, sapin 22%). La diminution du sapin pectiné peut être la conséquence de l'incendie ou d'une utilisation excessive de cette espèce. Le sapin pectiné, en effet, a une capacité de réprise inférieure à celle du hêtre.

Zusammenfassung

Wir haben Hölzer und Kohlen aus der Bergbauzone in der Umgebung des Maglio (Hammerwerk) im Val Morobbia (Kanton Tessin) analysiert. Die Kohlen gehören zu zwei aufeinanderfolgenden Perioden (1600–1700 und 1700–1800); die ältesten da-

von könnten von einem Brand stammen. Der grösste Teil der Hölzer wurde als Buche bestimmt. Die Bestimmung der Kohlestücke und die quantitative Analyse der bestimmten Exemplare hat gezeigt, dass am Fundort die typische Pflanzengesellschaft des Abieti-Fagetum (Weisstanne-Buche) bestanden hat. Während der 1. Periode kamen die beiden Arten etwa gleich häufig vor, während in der 2. Periode die Buche mit etwa 70 % Anteil überwog, und die Weisstanne auf etwa 20 % zurückging. Der starke Rückgang dieser Art kann die Folge des Brandes oder der Übernutzung sein. Tatsächlich können sich Weisstannenbestände weniger gut regenerieren als Buchenbestände. (OH).

Introduzione

L'analisi dei legni e dei carboni di provenienza archeologica può dare un valido contributo alle conoscenze dell'ambiente forestale circostante il sito e delle tecnologie utilizzate dagli abitanti ed inoltre permette di valutare l'impatto delle attività umane sulla vegetazione. (Vernet et al. 1987; Marziani et al. 1991, 1992, 1996, 1999; Badal et al. 1994, 1996; Barakat 1995; Machado Yanes et al. 1997). Il legno delle piante arboree ha infatti una struttura anatomica caratteristica la cui analisi al microscopio consente l'identificazione del genere e in molti casi anche della specie di appartenenza; tale struttura si conserva nel legno carbonizzato. In questo lavoro abbiamo analizzato i legni rinvenuti nella miniera denominata Christian ed i carboni raccolti nel sito del Maglio in Val Morobbia (Bellinzona, Ticino - Svizzera), nel corso della campagna archeologica del Luglio 1998. Nel sito del Maglio sono stati finora messi alla luce resti di impianti siderurgici della seconda metà del 1700; la zona, tuttavia, come risulta da fonti storiche, è stata sfruttata anche in un'epoca precedente (1400-1500), ma di questa fase non si sono, per ora, trovati reperti.

Materiali e Metodi

I legni analizzati sono stati rinvenuti nella miniera denominata Christian. La figura 1 rappresenta una sezione della miniera con l'indicazione delle zone di prelievo. I legni sono stati trasportati dalla miniera al campo dove, ognuno di essi, è stato misurato, con l'aiuto di un calibro, in lunghezza, altezza e larghezza, descritto nel suo aspetto generale e fotografato. Si è, infine, prelevato un piccolo campione di ognuno per il successivo lavoro di identificazione in laboratorio. I legni sono stati osservati allo stereomicroscopio e al microscopio ottico a luce trasmessa. Per la visione al microscopio ottico è stato necessario fare delle sezioni sottili utilizzando delle semplici lamette. Le sezioni così ottenute sono state osservate in una goccia d'acqua. Il riconoscimento non è stato sempre possibile a causa della forte compressione, subita da alcuni legni, che ha alterato gli elementi anatomici necessari all'identificazione.

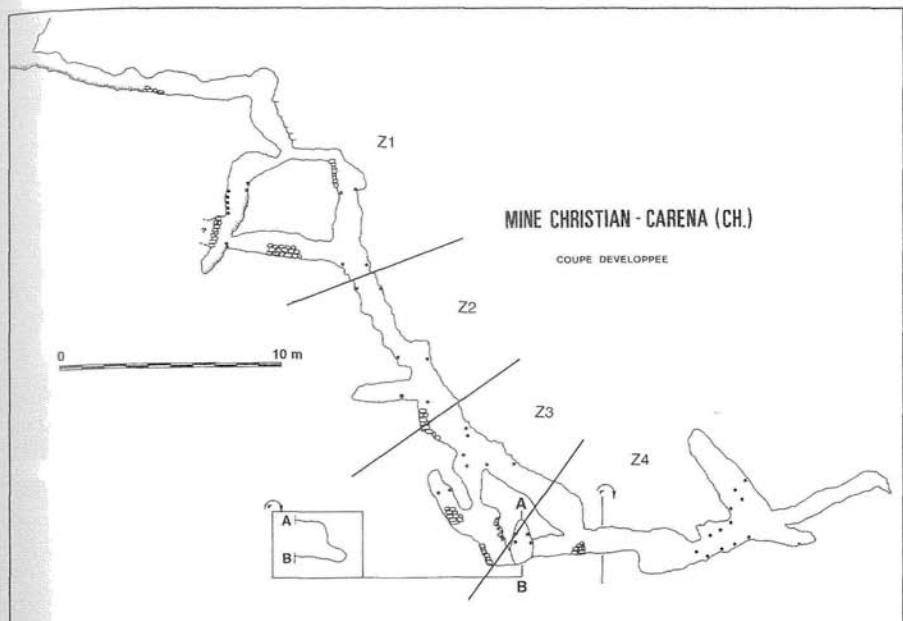


Fig. 1.: Sezione della miniera Christian con indicate le quattro zone di raccolta dei legni.

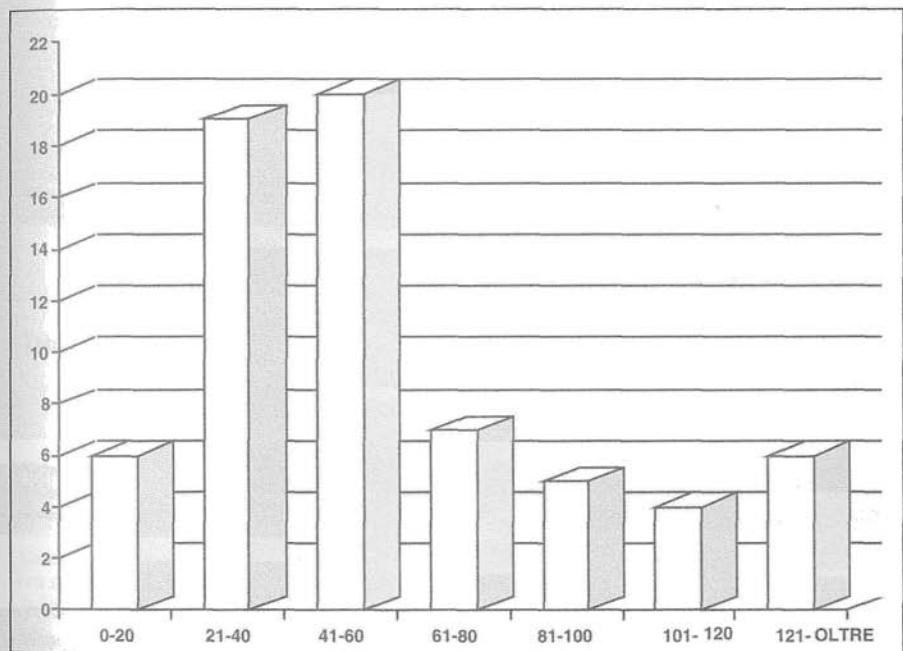


Fig. 2: Suddivisione dei legni in categorie di lunghezza.



Fig. 3. Alcuni legni tra quelli di dimensioni minori.

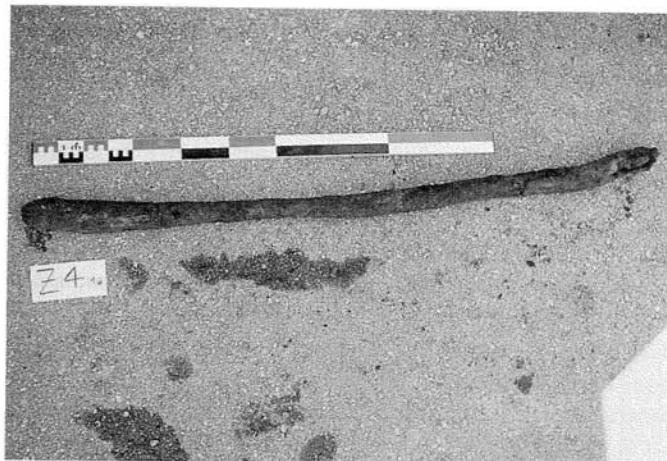


Fig. 4. Asta verticale di scala.

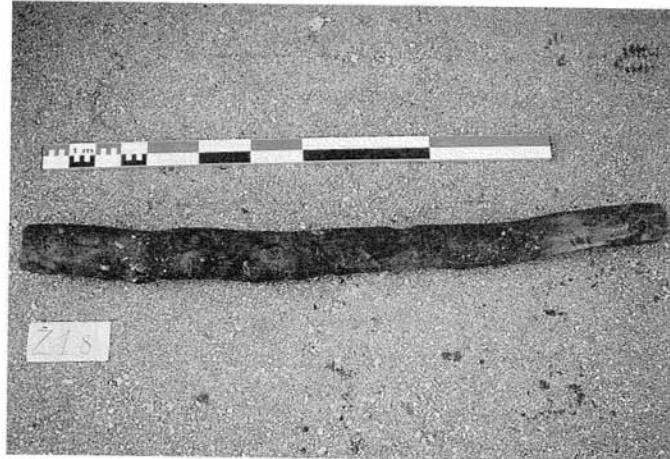


Fig. 5. Legno con evidenti segni di scorriamento di corda, probabile elemento di una carrucola.

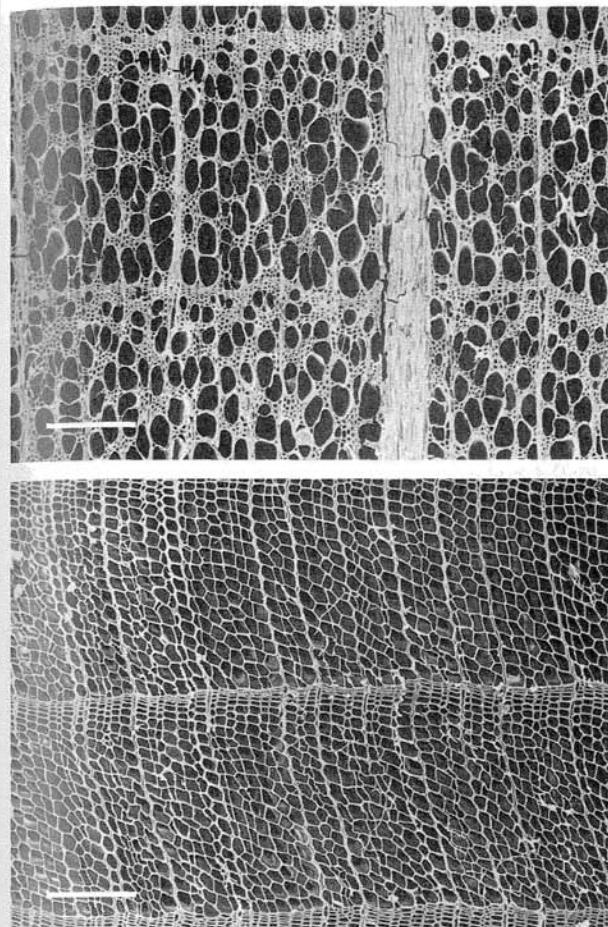


Fig. 6. Fotografie al microscopio elettronico a scansione di fratture trasversali di carboni di *Fagus sylvatica* (sopra) e di *Abies alba* (sotto). La barra corrisponde a 200 micrometri.

Tab. 1 Frequenze assolute dei legni rinvenuti nella Miniera Christian

	Z1	Z2	Z4	Z4	TOT
<i>Fagus sylvatica</i>	6	6	8	29	49
<i>Abies alba</i>	0	1	2	1	4
<i>Sorbus</i>	0	0	1	0	1
Totale	6	7	11	30	54
indeterminabili	3	1	2	10	16
TOT (Tot+Ind.)	9	8	13	40	70

I carboni analizzati sono stati raccolti nei quattro diversi saggi di scavo A, B, C e D del sito del Maglio, relativi agli impianti siderurgici della seconda metà del 1700. La posizione dei saggi di scavo è riportata nel lavoro di Tizzoni e Cucini Tizzoni in questo volume della rivista. Si tratta di carbone di legna appositamente preparato come combustibile per i fornì di fusione, probabilmente accumulato in carbonili. Alcuni carboni provenienti da un'area particolare della us30 del saggio A sono stati considerati separatamente. L'origine di questi carboni è infatti incerta poiché erano coperti da materiale alluvionale trasportato dal fiume e da detrito proveniente dal sovrastante pendio. L'età di questi carboni, calcolata con l'analisi 14C nei laboratori dell'Università di Zurigo, risulta essere di 315 ± 55 BP. Questi carboni, che potrebbero derivare da un incendio avvenuto tra le due fasi di sfruttamento, saranno indicati con us30 "incendio".

I frammenti di carbone, spezzati manualmente in modo da ottenere una frattura trasversale pulita, sono stati analizzati allo stereomicroscopio per una prima identificazione. Alcuni campioni di ogni taxon sono stati successivamente analizzati e fotografati al microscopio elettronico a scansione (Cambridge Stereoscan 250 MK2) per confermare l'identificazione.

L'identificazione sia dei legni che dei carboni è stata fatta per confronto con tavole xilotomiche (Schweingruber 1990; Grosser 1977).

Risultati

Analisi dei legni

Abbiamo analizzato 70 legni e abbiamo identificato tre taxa differenti: *Fagus sylvatica* (faggio), *Abies alba* (abete bianco), *Sorbus sp.*. I legni non identificati sono stati raggruppati sotto la categoria "indeterminabili". Dalla tabella 1 che riporta le frequenze dei legni appartenenti alle diverse specie raggruppati in base alle zone di

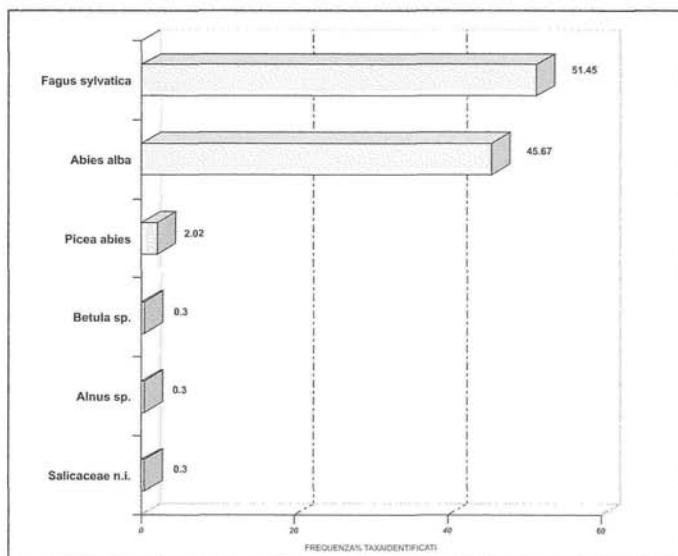


Fig. 7. Frequenze percentuali delle specie identificate nella us30 "incendio".

prelievo, si nota immediatamente la netta prevalenza del faggio (49 legni su 54 identificati) mentre l'abete bianco e il sorbo sono delle presenze sporadiche. La prevalenza del faggio sulle altre specie è probabilmente il riflesso di una sua abbondanza nell'ambiente circostante la miniera, ma non bisogna dimenticare le proprietà meccaniche del suo legno. È caratterizzato, infatti, da una buona elasticità, specialmente in senso perpendicolare alle fibre, da una buona flessibilità e resiste bene a sollecitazioni d'urto; questa elasticità è dimostrata anche dai legni di faggio ritrovati nella miniera Christian, molti dei quali si presentano incurvati. È classificato tra i legni duri e resistenti all'usura e per questo viene usato nella costruzione di pavimenti. Ha una lunga durata sott'acqua (attualmente, infatti, viene usato nella costruzione di parti immerse di navi e barche), mentre non sopporta l'alternanza umido-asciutto, che lo porta ad una rapida marcità. Questa caratteristica lo rende, quindi, legno adatto all'uso in un ambiente umido come quello della miniera ed è possibile che per questo fosse preferito ad altri tipi di legno per fare pali di sostegno, scale...ecc. Anche il legno di Abete bianco ha una buona resistenza sott'acqua e nei luoghi umidi, tuttavia è più tenero, leggero e non molto robusto (Fenaroli, 1984).

La figura 2 raggruppa i legni in categorie di lunghezza. I legni di misura compresa tra 21 e 60 cm che spesso presentano le estremità troncate erano probabilmente in

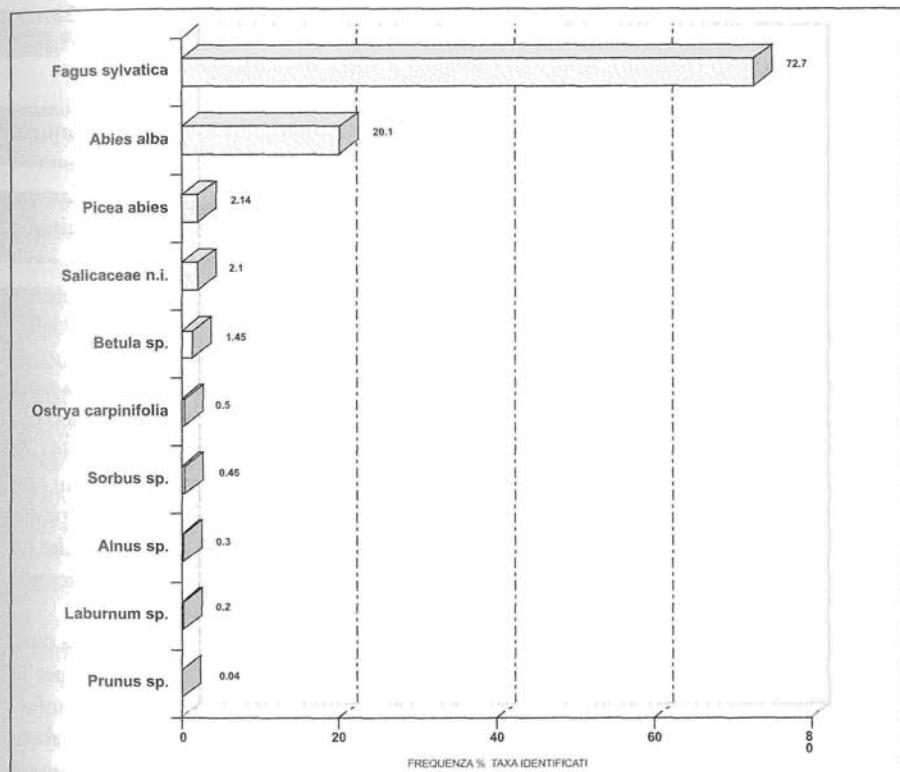


Fig. 8. Frequenze percentuali delle specie identificate nel sito del Maglio.

origine di dimensioni maggiori. Di questi è difficile ipotizzare una funzione. I legni invece con le estremità arrotondate o appuntite erano tagliati appositamente per specifiche funzioni: pioli di scale (25-35 cm), cunei e altri usi. Anche i legni più piccoli (0-20 cm), che presentano sempre almeno una estremità spezzata, si possono considerare come una categoria accidentale (fig. 3). Tra i legni più lunghi (maggiori di 100 cm) alcuni sono aste verticali di scale, infatti presentano i buchi in cui si inserivano i pioli (fig. 4). Gli altri erano, invece, probabilmente usati come legni di sostegno per le impalcature. Tra i legni di tutte le categorie, molti presentano evidenti solchi che fanno pensare allo scorrimento di una corda ad uso di carrucola (fig. 5).

Analisi dei carboni

Abbiamo analizzato un totale di 4700 carboni ed identificato le seguenti specie: *Abies alba*; *Picea abies*; *Fagus sylvatica*; *Betula sp*; *Alnus sp*; *Ostrya carpinifolia*; *Sorbus sp*; *Prunus sp*; *Laburnum sp*; *Salix sp*. La figura 6 riporta le immagini al microscopio elettronico a scansione delle due specie più abbondanti, il faggio e l'abete bianco. Nell'analisi quantitativa i carboni provenienti dal saggio A us30 "incendio" sono stati considerati separatamente, mentre quelli provenienti dalle altre us sono stati considerati complessivamente.

Tra i carboni provenienti dalla us30 "incendio" (figura 7) il faggio e l'abete bianco sono le due specie dominanti con una frequenza percentuale del 51.45 e del 45.67 rispettivamente, *Picea abies* (abete rosso) ha una frequenza del 2%, mentre la presenza di *Betula sp* (betulla), *Alnus sp* (ontano) e *Salix sp* (salice) è trascurabile.

Il quadro offerto dai carboni provenienti dalle altre us (figura 8) è abbastanza diverso. Faggio e abete bianco rimangono le specie dominanti, tuttavia la percentuale dell'abete bianco è scesa al 22% mentre quella del faggio è salita al 70,73%. Il numero di taxa identificati è superiore a quello della us30 "incendio"; tra questi, tuttavia, soltanto l'abete rosso, il salice e la betulla superano l' 1%, mentre gli altri cinque raggiungono tutti insieme l' 1.61%.

Conclusione

I risultati ottenuti con l'analisi dei carboni mettono in evidenza la presenza, nella zona circostante il sito del Maglio, dell'associazione vegetale tra faggio e abete bianco caratteristica delle Alpi e degli Appennini, definita *Abieti-Fagetum* (Pignatti 1994). Il faggio è la specie dominante di molte associazioni forestali caratterizzate da climi con precipitazioni abbastanza abbondanti, umidità moderata ma persistente e temperature medie poco elevate (Pirola 1970). L'abete bianco entra spesso nelle faggete poiché ha esigenze climatiche più o meno simili a quelle del faggio. Entrambi sono indifferenti alla natura litologica del substrato purché sia umido profondo e ben aereato.

Il forte calo dell'abete bianco osservato tra i due periodi successivi può essere la conseguenza o dell'incendio, se questa ipotesi verrà confermata, o del suo utilizzo per la preparazione del carbone in una fase precedente di sfruttamento. L'abete bianco, infatti, ha una capacità di ripresa inferiore a quella del faggio. La difficoltà di ripresa dell'abete bianco è confermata dall'attuale foresta che circonda il sito del Maglio: una faggeta nella quale l'abete bianco è ridotto a pochi esemplari. Le altre specie identificate sono

tuttora presenti lungo le sponde del fiume. L'impatto dell'attività umana legata all'industria siderurgica sulla vegetazione di questa zona non è stata tuttavia distruttiva come in altre zone minerarie alpine (Marziani e Citterio, 1999).

Dall'analisi dei legni si può concludere che le specie utilizzate erano scelte tra quelle presenti con particolare predilezione per il faggio il cui legno, come già accennato, presenta le caratteristiche tecnologiche più adatte per l'uso nelle miniere.

Bibliographia

- BADAL E., BARNABEU J., VERNET JL. (1994): Vegetation changes and human action from the Neolithic to the Bronze Age (7000-4000 B. P.) in Alicante (Spain) based on charcoal analysis. *Veg His Archaeobot* 3: 155-166.
- BARAKAT HN. (1995): Middle Holocene vegetation and human impact in central Sudan: charcoal from the Neolithic site at Kadero. *Veg Hist Archaeobot* 4: 101-108.
- FENAROLI L. (1984): Guida agli alberi d'Italia, Giunti Martello Edizioni, Firenze.
- GROSSER D. (1997): Die Hölzer Mitteleuropas, Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York.
- MACHADO YANES M del C., ARCO AGUILAR M del C., VERNET JL., Ourcival JM. (1997): Man and vegetation in northern Tenerife (Canary Islands, Spain), during the prehispanic period based on charcoal analysis. *Veg Hist Archaeobot* 6: 187-195.
- MARZIANI G., CITTERIO S. (1999): The effects of human impact on the arboreal vegetation near ancient iron smelting sites in Val Gabbia, northern Italy. *Veg Hist Archaeobot*, in corso di stampa.
- MARZIANI G., TACCHINI G. (1996): Palaeoecological and palaeoethnological analysis of botanical macrofossils found at the Neolithic site of Rivaltella ca' Romensini, northern Italy. *Veg Hist Archaeobot* 5: 131-136.
- MARZIANI GP., IANNONE A., PATRIGNANI G., SCHIATTAREGGIA A. (1991): Reconstruction of the tree vegetation near a Bronze Age site in northern Italy based on the analysis of charcoal fragments. *Rev Paleobot Palynol* 70: 241-246.
- MARZIANI LONGO GP., IANNONE A., BOESI A. (1992): La végétation de la Plaine du Po et des zones limitrophes du Néolithique ancien à l'Age du Bronze d'après l'analyse des charbons de bois. *Bull Soc Bot France* 139: 319-328.
- PIGNATTI Sandro (1994): Ecologia del paesaggio, UTET, Torino.
- PIROLA Augusto (1970): Elementi di Fitosociologia, Cooperativa Libraria Universitaria, Pavia.
- SCHWEINGRUBER FH. (1990): Anatomie Europäischer Hölzer - Anatomy of European woods, Verlag Paul Haupt Bern und Stuttgart.
- VERNET JL., BADAL E., GRAU E. (1987): L'environnement végétal de l'homme au Néolithique dans le sud-est de l'Espagne (Valence, Alicante) première synthèse d'après l'analyse anthracologique. In: Guilane et al (eds) Premières communautés paysannes en Mitteranée Occidentale. Actes du Colloque International du CNRS. CNRS, Paris, pp. 131-136.

Indirizzo degli autori: Elisabetta Cavigioli, Stefano Citterio, Anastassia Zahova,
Giovanna Marziani
Dipartimento di Biologia, Sezione di Botanica Generale
Università degli Studi di Milano
Via Celoria 26
I-20133 Milano

La Valle Morobbia (Cantone Ticino, Svizzera): geologia generale e geologia mineraria

Riassunto

La Valle Morobbia (Ticino centrale, Svizzera) è impostata lungo il contatto fra le Alpi centrali e quelle meridionali, marcato da un'importante faglia orientata E-W, la Linea Insubrica. Le mineralizzazioni sfruttate fra il 1400 e il 1800 si trovano esclusivamente sul versante meridionale della valle, nello Zoccolo pre-varisico delle Alpi meridionali e sono costituite da solfuri (pirrotina, pirite, calcopirite). I giacimenti, prevalentemente di tipo filoniano - lenticolare, sono collegati a due sistemi principali di faglie. Le similitudini strutturali e mineralogiche fra queste mineralizzazioni e quelle della Val Cavargna e del Lago di Como, suggeriscono la genesi comune dei solfuri, messi in posto durante una fase idrotermale tardo paleozoica.

Zusammenfassung

Das Valle Morobbia (Zentral Tessin) folgt der tektonischen Grenze der Insubrischen Linie, die, markiert durch eine grosse Ost-West-Falte, die Zentral- und Südalpen trennt. Die Vererzungen, die zwischen dem 15. und 19. Jh. abgebaut wurden, befinden sich nur auf der südlichen Talseite, das heisst im prävariscischen Sockel der Südalpen. Das Erz, das meistens in Gängen und Linsen entlang von zwei Hauptfaltensystemen ansteht, besteht aus Sulfiden (Pyrrotin, Pyrit und Kupferkies). Die strukturellen und mineralogischen Ähnlichkeiten zwischen der Mineralisation des Valle Morobbia und derjenigen des Valle Cavargna und des Comersees lassen auf eine gemeinsame Entstehung der Sulfide während einer spätpaläozoischen hydrothermalen Phase schliessen. (VOS).

Résumé

La Valle Morobbia (Tessin, Suisse) se développe parallèlement au contact entre les Alpes centrales et méridionales qui est marqué par une importante faille E-W, la Ligne Insubrienne. Les minéralisations exploitées entre le XVème et le XIXème siècle se trouvent toutes sur le versant sud de la vallée, encaissées dans les roches du socle pré-varisque des Alpes méridionales. Elles sont constituées de sulfures (pyrrhotine, pyrite, chalcopyrite). Les gisements, en majorité des filons lenticulaires, sont groupés en deux essaims liés à des failles. Du point de vue structural et minéralogique, ces minéralisations ressemblent beaucoup à celles du Val Cavargna et du Lac de Côme ce qui suggère une genèse commune de ces sulfures pendant une phase d'activité hydrothermale de la fin du Paléozoïque. (VS).

Cenni geologici generali

La geologia della fascia centrale del Cantone Ticino è caratterizzata dalla transizione fra la zona delle radici delle Alpi centrali, esposte a settentrione del Ceneri e lo Zoccolo paleozoico delle Alpi meridionali, affiorante nel Ticino centro-meridionale. Il contatto fra i due complessi si sviluppa lungo la Linea Insubrica, un importante lineamento tettonico orientato approssimativamente E-W, che si estende dalla Valtellina al Piemonte. Parte della Valle Morobbia è impostata lungo il limite tettonico fra le unità paleozoiche e quelle alpine. La zona delle radici, interpretata nel passato come l'area di origine delle coltri penniniche ed austroalpine consiste, in realtà, in una fascia con strutture fortemente inclinate e orientate E-W. La Linea Insubrica confina, a N, con la Zona del Tonale costituita da paragneiss e anfiboliti parzialmente deformati in condizioni duttili e fragili, quale diretta conseguenza dei movimenti lungo il contatto tettonico. La fascia delle tonaliti (Gneiss di Melirolo) costituisce il proseguimento occidentale dell'intrusione della Bregaglia, rappresentata dalle facies marginali con grandi fenocristalli di plagioclasio. La Linea Insubrica consiste in un sistema di faglie e di fasce milonitiche di età alpina, formatesi durante 3 episodi deformativi con inizio durante l'Oligo - Miocene (25 ma). La prima fase, che si è sviluppata in condizioni metamorfiche di grado anfibolitico - scisti verdi superiore, è il risultato del retrocarriaggio delle Alpi centrali sulle Alpi meridionali; la fase successiva, caratterizzata da condizioni duttili in facies degli scisti verdi superiore è stata causata dallo spostamento verso W delle Alpi meridionali rispetto alle Alpi centrali. La fase finale, proseguita fino a 18-20 ma in condizioni fragili, viene attribuita a un sistema trascorrente (shear) destrale. L'entità della deformazione lungo il lineamento è stata dedotta indirettamente dalla dislocazione dell'area di deposizione

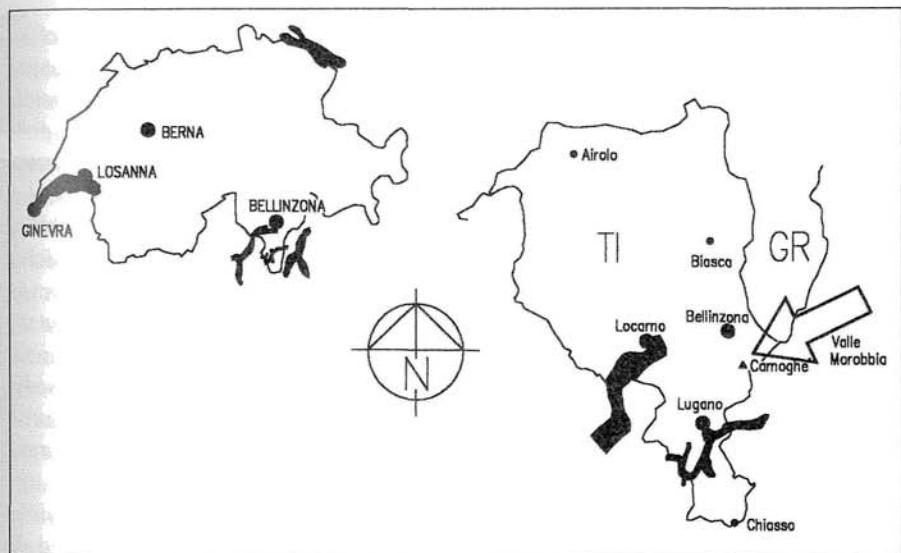


Fig. 1: Situazione geografica della Valle Morobbia

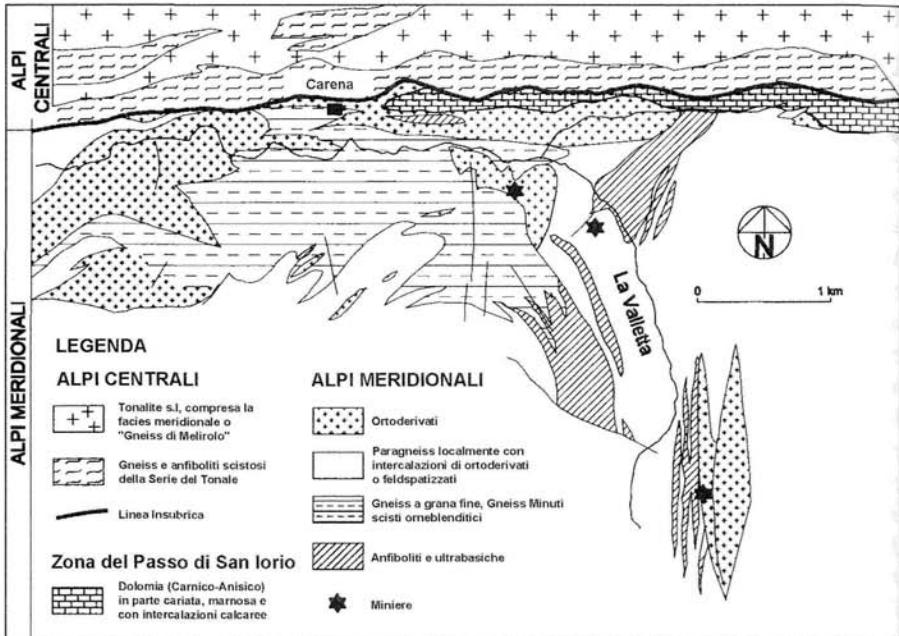


Fig. 2: Carta geologica semplificata della Valle Morobbia. Da: KNOBLAUCH P. et al. (1939), modificato.

della Molassa oligo - miocenica (FUMASOLI, 1974; HEITZMANN, 1987), deducendo spostamenti di ca. 60 km collegati in gran parte alle fasi duttili. A S del contatto tettonico si trovano lenti di sedimenti triassici non metamorfizzati e poco deformati. Poco a W di Carena affiorano lenti di dolomia, marne e rauvacche dell'Anisico - Norico (ISLER & BECKMANN, 1979). I sedimenti, in genere abbastanza alterati con parti scavernate e carsificate, conseguenza dell'intensa circolazione idrica, possiedono strutture sedimentarie ancora parzialmente riconoscibili e sono poco tettonezzati anche se localmente hanno subito l'impronta di un debole metamorfismo. Le rocce cristalline paleozoiche, che affiorano sul fianco sinistro della Valle Morobbia, appartengono alla Zona di Strona Ceneri. Quest'unità crostale medio-superiore dello Zoccolo pre-varisico delle Alpi meridionali, è formata da un'unità litologica a prevalenza di metapeliti e da un'unità essenzialmente „gneissica“, separate fra loro da un orizzonte anfibolitico. I due complessi sono stati interpretati come parte inferiore (micascisti e gneiss) e superiore (metaarenarie e metapsammiti) della sequenza sedimentaria paleozoica (BORIANI et al. 1982/1983). L'unità metapelitica è stata intrusa da corpi magmatici granitici - tonalitici di età ordoviciano, successivamente trasformati in ortogneiss.

In Valle Morobbia (Fig. 1) prevalgono gneiss muscovitici con intercalazioni di micascisti orneblenditici ed anfibolitici, di anfiboliti e lenti o masse più consistenti di ortoderivati (KNOBLAUCH et al., 1939). La geometria delle singole unità e i con-

tatti litologici sono estremamente complessi sia per la prossimità della Linea Insubrica (sovraposizione di faglie lungo i contatti originali e frammentazione delle unità litologiche medesime) sia per la presenza a SE della grande struttura plicativa ad asse molto inclinato („Schlingen“ o „Vortex structure“) del Camoghè (OPPIZZI, 1995).

Caratteristiche delle mineralizzazioni

Le manifestazioni metallifere della Morobbia interessano esclusivamente le rocce paleozoiche del versante meridionale della valle e appartengono alla vasta zona mineralizzata orientata E-W, che comprende i filoni di Dongo sul Lago di Como, situati ad una decina di chilometri a E di Carena, quelli della Val Cavargna (MADDALENA, 1908; MAGLIA, 1942; BURGAZZI, 1957; VAGHI, 1960), quelli della Valle d'Isone (GRÜTTER, 1943 e 1946) e della Valle del Trodo (FEHLMANN, 1919).

Le mineralizzazioni presso Carena, principalmente di tipo filoniano-lenticolare e, subordinatamente di tipo diffuso, sono costituite da solfuri di ferro con prevalenza di pirrotina (FeS) e pirite (FeS_2) con tracce di calcopirite ($CuFeS_2$), o dai loro minerali d'alterazione. Il contenuto in ferro si aggira sul 55% (SCHNEIDERFRANKEN, 1943) anche se localmente può essere sensibilmente inferiore come indicherebbero alcune analisi eseguite nell'ambito della campagna geologico - archeologica di Carena (SERNEELS, pres. pubbl.).

La ganga è costituita da quarzo (talvolta alterato e „spugnoso“) e da frammenti di roccia incassante (gneiss biotitico, gneiss plagioclasico), deformati in condizioni fragili, a formare una sorta di breccia attraversata da una foliazione poco pervasiva parallela ai piani di movimento o da reti di fessure associate a Riedeln di basso e alto angolo. Nella maggior parte dei casi il minerale è organizzato in filoni sub-paralleli ai piani di faglia o sostituisce la matrice della breccia; più raramente forma un riempimento massivo della fascia cataclastica. I solfuri sono sovente alterati in maniera molto irregolare con formazione di limonite e goethite: tasche limonitiche o di goethite cavernosa impregnanti la matrice della breccia tettonica, oppure goethite cavernosa possono coesistere con lenti e masse di pirrotina non alterata. Il contatto con le salbande, pur presentando diverticoli collegati alla fratturazione, è sempre netto, senza zonature.

La messa in posto del minerale è avvenuta in corrispondenza di faglie con piani inclinati verso NW e, meno frequentemente verso SW, che costituiscono i due sistemi predominanti di quest'area (SCHUMACHER, 1988; OPPIZZI, 1995). Le strutture fragili hanno rappresentato la via preferenziale di circolazione dei fluidi mineralizzanti.

Un sistema di discontinuità con giacitura verso NW è pure associato ad alcune mineralizzazioni della Val Cavargna (BURGAZZI, op. cit.). Questo assetto, comune anche alla fascia milonitica della Val Colla (OPPIZZI, 1995) suggerisce una relazione geometrico - temporale fra le strutture, compatibile con uno shear crostale pre-Mesozoico. Durante la fase deformativa insubrica di età olio-miocenica, le strutture

paleozoiche sono state parzialmente riorientate a causa dei movimenti polifase in condizioni duttili e fragili.

L'evoluzione metamorfica delle mineralizzazioni della Valle Morabbia, che non è stata finora studiata nel dettaglio, presenta tuttavia analogie con quella dei giacimenti a solfuri del Malcantone. In quest'area, misure geotermometriche nelle coppie arsenopirite - pirrotina, arsenopirite - sfalerite, pirrotina - sfalerite e nella sfalerite, indicano temperature di formazione tra 200 e 350 °C (KÖPPEL, 1966), correlabili con talune caratteristiche delle mineralizzazioni della Morabbia. Studi recenti sull'evoluzione dei sistemi isotopici nelle Alpi meridionali (HUNZIKER et al., 1992; OPPIZZI, 1995) suggeriscono il raggiungimento di queste condizioni fra il Carbonifero ed il Permiano, come del resto già postulato da KÖPPEL medesimo. La sorgente dei fluidi mineralizzanti potrebbe essere collegata all'intrusione dei Graniti dei Laghi, avvenuta in epoca tardo paleozoica (HUNZIKER & ZINGG, 1980; PINNARELLI et al., 1988).

Aspetti di dettaglio delle zone esplorate

Le coltivazioni finora scoperte ed esplorate sono distribuite lungo il versante sinistro della Morabbia, fra il Maglio e la confluenza fra la Valletta e il ramo destro della Morabbia e nella Valletta medesima.

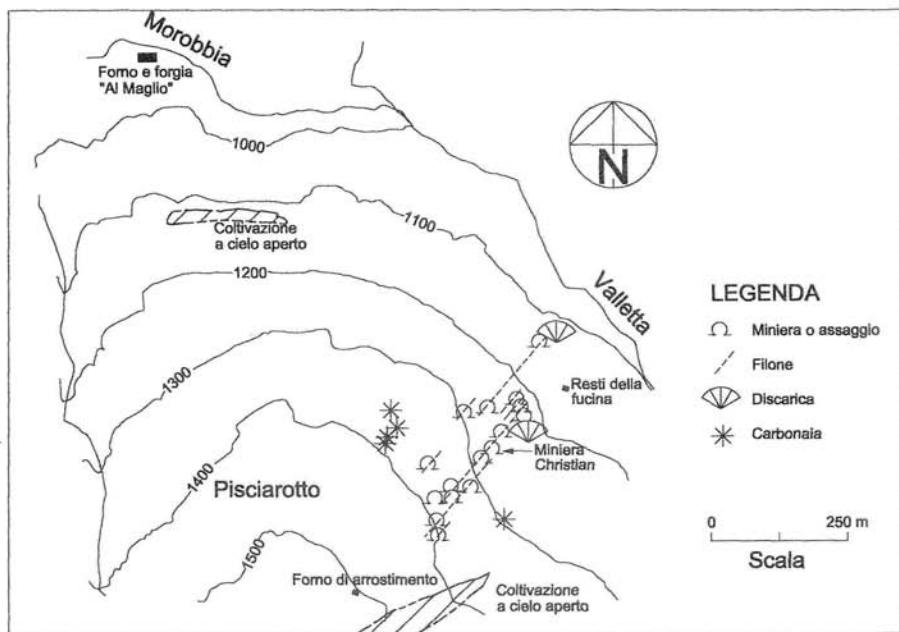


Fig. 3: Posizione delle zone descritte nel testo.

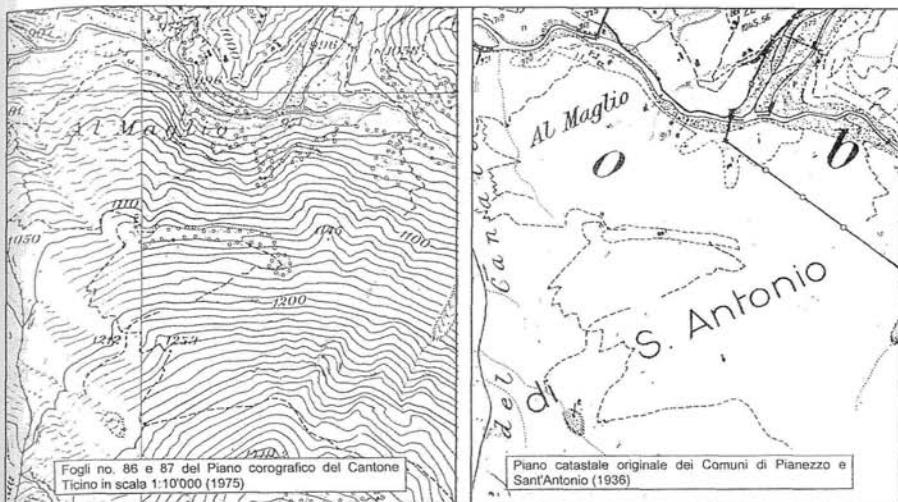


Fig. 4: Posizione e dimensioni del grande scavo scavo a cielo aperto, situato a quota 1120–1140 m.s.m. sopra il Maglio.

Area del Maglio

Sul pendio a monte del Maglio, fra la Morobbia e l'Alpe di Pisciarotto sono presenti numerosi resti di coltivazioni a cielo aperto (MORIN, pres. Pubbl.), di cui i principali sono raggruppati su tre livelli altimetrici: 1100, 1200 e 1400 ms.m.; scavi minori e opere artificiali di vario tipo (muri, discariche, carbonaie, ecc.) sono presenti un po' ovunque fino alla citata località di Pisciarotto. La coltivazione più importante, a 1'100 ms.m. circa, consiste in una trincea E - W lunga oltre 200 m (Figg. 4 e 5). I rilievi geodetici del 1998 hanno consentito di stimare in oltre 15'000 m³ il volume totale dello scavo. La roccia incassante le mineralizzazioni è costituita da gneiss plagioclasici e gneiss a feldspato alcalino, con intercalazioni di micascisti e scisti ad anfibolo ed orneblenda. I sulfuri, essenzialmente pirrotina alterata, sono associati a strutture con piani sia verso NW sia verso SW ma, a seguito dei lavori di coltivazione, rimane scarsa traccia dei filoni.

Zona di Pisciarotto

Le mineralizzazioni, sfruttate sia in sotterraneo sia a cielo aperto, sono situate nella fascia altimetrica compresa fra quota 1350 e 1480 ms.m., sopra l'Alpe di Pisciarotto, e comprendono le miniere segnalate dalla letteratura (STAUFFACHER, 1916; ESCHER, 1941) oltre a gran parte di quelle scoperte nelle campagne di indagine 1997-1999. Nonostante ciò, quest'area è poco conosciuta nel dettaglio a causa del difficile accesso dovuto alla particolare morfologia del territorio, caratterizzata da pendii molto ripidi e impervi.

Il substrato è costituito prevalentemente da gneiss biotitico con inclusioni irregolari di micascisti e bande anfibolitiche, oltre a locali lenti di marmo calcitico in parte carsificato, e lenti di quarzo. Le strutture metamorfiche seguono piani inclinati verso SW, fortemente disturbati dalle faglie collegate alla mineralizzazioni e da pieghe appartenenti ad almeno 3 fasi deformative, fra cui una o più coeve con i sistemi fragili („kinking“) tardo paleozoici e alpini.

Le mineralizzazioni seguono prevalentemente faglie con piani molto inclinati verso NW ma rimangono scarse tracce del minerale, perlomeno sotto forma di lenti e sacche limonitiche o goethitiche.

A SE di Pisciarotto, il resto di un grande scavo a cielo aperto si ritiene fosse collegato alla coltivazione di un fascio di filoni di cui rimangono tracce nella parte inferiore del vuoto di coltivazione. Questo sito estrattivo, il più importante assieme a quello del Maglio, è riconoscibile dalla grande discarica presente alla sua base.

Alcune coltivazioni sotterranee, ritenute collegate alla fase estrattiva del 15° secolo, sono pure impostate su superfici inclinate verso NW e, nonostante non rimanga traccia del minerale, il vuoto di coltivazione presenta una geometria piuttosto regolare, coerente con la giacitura generale dei filoni. Sono state identificate e cartografate numerose miniere di lunghezza quasi sempre limitata e spesso in parte crollate.

La miniera Christian, unica nel suo genere (MORIN, pres. pubbl.), rappresenta la coltivazione di uno o più filoni paralleli ai sistemi principali che, pur orientati nel complesso verso NW, presentano variazioni di giacitura causate dalla complessa tettonica fragile polifase. L'ingresso è impostato su una faglia con piani verso SW, che si interseca con un sistema subverticale con piani verso NNW. Nel tratto iniziale la roccia, fortemente tettonizzata per la presenza di numerosi sistemi fragili, è attraversata da una foliazione di basso grado impostata su piani N-S subverticali e da vene di quarzo intruse lungo piani paralleli a questi ultimi. Il pozzo di coltivazione è impostato sulle faglie mineralizzate, intersecati da piani di faglia con immersione verso W. Nel 1998 è stato scoperto l'ingresso di un'altra miniera simile alla Christian la quale, ad una prima esplorazione, risulterebbe scavata lungo un sistema di filoni subparallelo a quello dell'altra miniera.

Area all'imbocco della Valletta

La località mineraria all'imbocco della Valletta, sulla sponda sinistra della medesima, comprende un gran numero di siti estrattivi, soprattutto sotterranei, sfruttati nel 15° e 18° secolo ma ripresi nelle fasi finali degli interventi in Valle Morobbia (19° secolo), come attestano i fori da mina rinvenuti in corrispondenza di alcuni filoni e le tracce di brillamenti.

Le mineralizzazioni più importanti, situate a NW della discarica a monte dei resti della fucina, sono costituite da un sistema di filoni e lenti irregolari con spessore massimo di 40-50 cm, impostati su faglie con piani verso NW e SW. I giacimenti sono distribuiti su un fronte parallelo al pendio, lungo una trentina di metri. La roccia incassante, uno gneiss inomogeneo passante a micascisto con potenti intercalazioni anfibolitiche, contiene lenti di quarzo e di marmo calcitico elongate con asse mag-

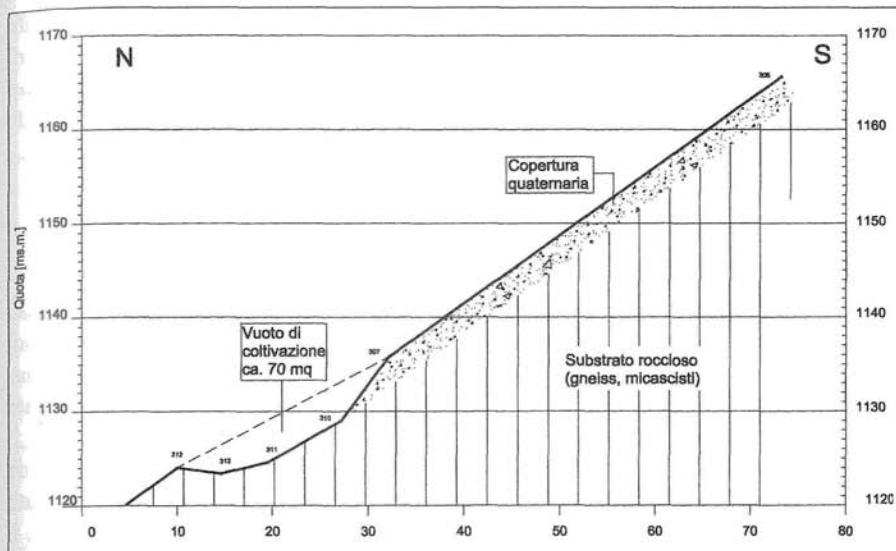


Fig. 5: Sezione dello scavo a cielo aperto sopra il Maglio.

giore parallelo alle faglie. La foliazione metamorfica, originariamente impostata su piani poco inclinati verso NE, ha subito una forte impronta alpina che ne ha causato la riorientazione lungo sistemi fragili.

La mineralizzazione è costituita da pirrotina e pirite in gran parte alterate in limonite e goethite di colore ocra, inclusi in ganga quarzosa o direttamente in gneiss e scisti lungo i sistemi fragili. Modeste impregnazioni di minerale, pure in gran parte alterato, sotto forma di vene o masserelle irregolari, si trovano anche nelle salbande.

Le coltivazioni sotterranee seguono i piani dei filoni e sono in gran parte crollate nella parte iniziale. Fra queste, la corta galleria riaperta nel 1998 costituisce il resto della coltivazione del filone situato più a SE ma analoghi sfruttamenti sono stati scoperti nel 1999.

Il piccolo assaggio riaperto nel 1998 consiste in una breve galleria lunga 4-5 metri, scavata con asse NNE - SSW, probabilmente per saggiare o sfruttare un filone impostato su piani verso NW. Il cunicolo si arresta in corrispondenza di una vena di quarzo massivo con asse maggiore sub-parallelo ai piani della mineralizzazione e attraversato da un intenso clivaggio fragile.

Gli scavi a cielo aperto, qui di dimensioni relativamente ridotte soprattutto in confronto con quelli presso Pisciarotto e sopra il Maglio, hanno consentito la coltivazione di mineralizzazioni con carattere impregnativo piuttosto che filoniano. Si tratta, in realtà, di fasci di vene di spessore millimetrico-centimetrico intruse lungo fasce cataclastiche. Questo tipo di mineralizzazione, distribuito su un fronte più vasto rispetto a quello dei filoni, è stato coltivato apparentemente con migliore resa mediante scavi a cielo aperto.

La presenza degli imbocchi crollati a quota 1100 - 1150 ms.m., di cui si è tentata l'apertura nel 1998 si giustifica come gallerie di ribasso nella coltivazione dei filoni descritti in precedenza o come galleria a se stanti. E' possibile che rappresentino i resti di scavi di assaggio delle campagne esplorativa condotta da BONZANIGO e da VELLA e LODETTI nei primi anni del 1900 (SCHNEIDERFRANKEN, op. cit.), quasi sicuramente impostati su sfruttamenti più antichi.

Area della Valletta

La fascia superiore in sponda destra della Valletta è formato da una vasta massa lenticolare di ortoderivati confinante, a Sud, con un complesso di micascisti grafitici intercalato a litologie basiche, anfibolite o scisti ad orneblenda. La foliazione metamorfica pende generalmente verso W-NW ma la giacitura è incostante e sovente disturbata dalla sovrapposizione di faglie subverticali con asse ESE-WNW.

Le mineralizzazioni sono localizzate soprattutto nei micascisti e sono costituite da pirrotina organizzata in masserelle o in lenti millimetriche-centimetriche, associate ad arsenopirite, pirite e rara calcopirite. La maggior parte del minerale in posto è fortemente alterato con trasformazione in idrossidi (goethite amorfa o mammellonare e limonite).

I resti del sito della Valletta, situati sul fianco destro della valle, sono costituiti da un grande scavo a cielo aperto, ubicato a quota 1450 ms.m. ed esteso verticalmente per alcune decine di metri, e da due vasti coni detritici che raggiungono il fondo valle. L'importanza storica di questo sito estrattivo è finora poco nota (STAUFFACHER, 1917), ma il volume delle discariche (grossolanamente stimato in oltre 50'000 m³), suggerisce uno sfruttamento prolungato nel tempo. Dall'analisi della scarsa documentazione finora disponibile sembrerebbe che quest'area sia stata sfruttata fra la fine dell'700 e l'inizio del ,800, nell'ultima fase estrattivo - siderurgica della Valle Morobbia.

Alla base del più vasto conoide si trovano le rovine di un edificio e numerose depressioni nel terreno, che potrebbero rappresentare i resti dei forni (d'arrostitimento ?) citati da LAVIZZARI (1863), finora non studiati nel dettaglio. Il conoide detritico principale si sviluppa su un dislivello di circa cento di metri ed è coperto parzialmente dai resti di una frana di età ignota; la parte inferiore del pendio è cosparsa di grossi massi di colore bruno-rossastro provenienti dall'area di coltivazione. La dimensione dei blocchi diminuisce verso l'alto, fino a cedere il posto circa da quota 1400 ms.m., ad un materiale minuto con qualche blocco e molta componente fine. La discarica settentrionale si spinge fino ai piedi di un ripido pendio roccioso che rappresenta il resto della passata coltivazione a cielo aperto, facilmente riconoscibile dalla morfologia del luogo (pilastro, differente inclinazione del versante, ecc.). Non vi sono per contro tracce delle gallerie che si ritiene descriva LAVIZZARI (op. cit.) nell'area della Valletta. Viste le difficoltà d'interpretazione dei vecchi testi è però possibile che il naturalista si riferisse ad un'altra zona; in alternativa è pure possibile che gli imbocchi siano crollati naturalmente o fatti crollare.

Sostanza	Medeglia MASELLI, 1920)	Medeglia (SCHNEIDERFRANKEN, 1943)	Valle Morobbia (VELLA & LODETTI, 1908 in SCHNEIDERFRANKEN, 1943)	Valle del Trodo (GHISLER, 1907 in SCHNEIDERFRANKEN, 1943)	Valle del Trodo (SCHNEIDERFRANKEN, 1943)
Ferro	60.89 %	62 %	55 %	47.40 %	--
Zolfo	37.58 %	37 %	40 %	32.78 %	12 - 33 %
Silicio	0.20 %	--	2 %	16.40 %	--
Gesso	1.25 %	---	---	---	--
Arsenico	Tracce	Tracce	---	---	--
Rame	Tracce	0.3 %	Tracce	0.48 %	0.6-1.7 %
Oro, argento	---	---	---	Ag: mg /t	
Nichel	---	---	1 %	---	---
Allumina	--	---	--	3.09 %	--

Tabella 1. Riferimenti bibliografici comparativi delle analisi del minerale nei giacimenti dello Zoccolo delle Alpi meridionali. Le fonti sono indicate nella tabella.

Altre mineralizzazioni a solfuri di ferro dello Zoccolo delle Alpi meridionali

I filoni a solfuri (pirrotina, pirite, calcopirite, arsenopirite) sono piuttosto comuni nelle rocce cristalline delle Alpi meridionali. Oltre a quelli dell'area malcantonese (STEIGER & OPPIZZI, pres. pubbl.) e della Valle Morobbia, ne sono stati segnalati in Valle del Trodo, in Valle d'Isone, sul Monte Tamaro, al Monte Ceneri, sul Monte Torri e nell'area di Gola di Lago (STAUFFACHER, 1917; FEHLMANN, 1919; GRÜTTER, 1943 e 1946; KÖPPEL, 1974; MASELLI, 1920; TADDEI, 1937; MEISSNER et al., 1996). In queste mineralizzazioni la pirrotina, quasi sempre molto alterata e associata a pirite e calcopirite, compare sia in vene o lenti irregolari con spessore fra il centimetro ed il decimetro e della lunghezza di alcuni metri sia come impregnazione

zione. Analogamente ai giacimenti della Morobbia, la messa in posto è in genere controllata da grandi strutture fragili. La coltivazione dei giacimenti a sulfuri è stata affrontata per la produzione del ferro (Valle Morobbia, Medeglia, Monte Torri) e dello zolfo (Medeglia, Valle del Trodo), con alterne fortune ma, ad eccezione della Valle Morobbia, senza mai raggiungere un'importanza più che locale e di breve durata. La documentazione d'archivio e il Registro delle scoperte riportano pure notizie, frammentarie e difficilmente verificabili, relative alla presenza di possibili giacimenti di minerale feroso a Brusino Arsizio, Taverne - Torricella e Airolo. A titolo di paragone vengono qui di seguito presentate le analisi delle mineralizzazioni a prevalenza di pirrotina, dei giacimenti della Valle Morobbia, Valle d'Isone e Malcantone, ricavate da fonti bibliografiche.

Bibliografia

- AA.VV. (1984): Registro delle scoperte e delle miniere del Cantone Ticino. Museo di Storia Naturale, Lugano.
- BEARTH P. (1932): Die Ganggesteine des Malcantone Schweiz. Mineral. Petrogr. Mitt. 12: 180-203.
- BORIANI A., ORIGONI GIOBBI E. & DEL MORO A. (1982/83): Composition, level of the intrusion and age of the „Serie dei Laghi“ orthogneisses (Northern Italy - Ticino, Switzerland). Rend. Soc. Ital. Mineral. Petrol., 38(1): 191-205.
- BURFORD J. A. (1933): Failles et Minerais du Malcantone (Tessin). Schweiz. Mineral. Petrogr. Mitt. 13: 435-470.
- BURGAZZI G. (1957): Occorrenze di minerali in Val Cavargna. Dattiloscritto: 1-10.
- EPPRECHT W. (1957): Unbekannte schweizerische Eisenerzgruben sowie Inventar und Karte aller Eisen- und Manganerz-Vorkommen in der Schweiz. Schweiz. Mineral. Petrogr. Mitt. 37: 217-246.
- ESCHER E. (1941): Genereller Bericht über den Besuch der Kies-Vorkommen im Val Morobbia. - Kriegs-Industrie- und Arbeits-Amt, Bergbaubüro. Bericht Nr. 2160, I. In deposito all'Archivio geologico svizzero: 1-XX
- HUNZIKER J.C., DESMONS J. & HURFORD A.J. (1992): Thirty-two years of geochronological work in the Central and Western Alps: a review on seven maps. Mémoires de Géologie (Lausanne), 13, 59 pp.
- HUNZIKER J.C. & ZINGG A. (1980): Lower Palaeozoic amphibolite to granulite facies metamorphism in the Ivrea Zone (Southern Alps, northern Italy). Schweiz. mineral. petrogr. Mitt., 60: 181-213.
- HUTTENLOCHER H.F. (1934): Die Erzlagerstättenzonen der Westalpen Schweiz. Mineral. Petrogr. Mitt. 14: 22-149.
- FEHLMANN H. (1919): Der Schweizerische Bergbau während des Weltkrieges Bern: 1-316.
- FEHLMANN H. (1942): Der schweizerische Bergbau in der Kriegswirtschaft Bern: 1-60.
- FEHLMANN H. (1947): Der Schweizerische Bergbau während des zweiten Weltkrieges Bureau für Bergbau, Bern: 1-251.
- FEHLMANN H., DURRER R. (1932): Die schweizerische Eisenerzeugung, ihre Geschichte und wirtschaftliche Bedeutung- Beitr. Geol. Schweiz, Geotechn. Serie 13(3): 1-255
- FIORETTI D. (1943): Contributo alla conoscenza mineralogica della Val Cavargna Tesi di Laurea Univ. Milano: 1-40.

- FUMASOLI M.W. (1974): Geologie des Gebietes nördlich und südlich der Jorio-Tonale-Linie im Westen von Gravedona (Como, Italia). Mitt. Geol. Inst. ETH and Univ. Zürich. 194, 230 pp.
- GRÜTTER O. (1943): Erster bergwirtschaftlicher Bericht über das Minengebiet von Medeglia (Val d'Isone) insbesondere über die Miniera di S.Ambrogio (Magnetkies - Mine). - Kriegs-Industrie und Arbeitsamt, Bergbaubüro. Bericht Nr. 2160,11. In deposito all' Archivio geologico svizzero: I-XX.
- GRÜTTER O. (1946): Schlussbericht über die Magnetkiesmine von Medeglia (Val d'Isone), Tessin. - Kriegs-Industrie und Arbeitsamt, Bergbaubüro. Bericht Nr. 2160, 26. In deposito all'Archivio geologico svizzero: I-XX.
- HEITZMANN P. (1975): Zur Metamorphose und Tektonik im südöstlichen Teil der Leponitischen Alpen (Provincia di Como, Italia). Schweiz. Mineral. Petrogr. Mitt. 55: 467-522.
- ISLER & BECKMANN (1979): Triadische Kalkalgen in den Karbonaten des San Jorio-Passes. Eclogae geol. Helv. 72(1): 111-118.
- KÖEPPEL V. (1966): Die Vererzungen im insubrischen Kristallin des Malcantone (Tessin) und geothermometrische Untersuchungen in ArsenkiesZinkblende, Arsenkies-Magnetkies und Magnetkies-Zinkblende führenden Paragenesen. Beitr. Geol. Schweiz, Geotechn. Serie 40: 1-123.
- KNOBLAUCH P., REINHARD M. & KUENDIG E. (1939): Atlante geologico della Svizzera in scala 1:25'000. Foglio no. 516 - Iorio, con margine settentrionale del foglio 539, Bogno e carte speciali della regione del Motto d'Arbino. (Foglio 11 dell'Atlante). Commissione Geologica Svizzera.
- KNOBLAUCH P. & REINHARD M. (1939): Atlante geologico della Svizzera in scala 1:25'000. Foglio no. 516 - Iorio, con margine settentrionale del foglio 539, Bogno e carte speciali della regione del Motto d'Arbino. (Foglio 11 dell'Atlante). Note esplicative. Commissione Geologica Svizzera: 1-87.
- LAVIZZARI, L. (1863): Escursioni nel cantone Ticino. Lugano: 1-978.
- MADDALENA L. (1908): Osservazioni sopra una antica miniera di ferro in Val Cavargna (Menaggio) Atti Soc. ital. sci. nat. 47: 262-268.
- MAGLIA L. (1942): Relazione sul permesso di ricerca „Valle dei Mulini“ in territorio del Comune di San Bartolomeo Val Cavargna (Como): 1-6.
- MASELLI J. M. (1920): Le mie ricerche minerarie nel Ticino Boll. Soc. tic. sci. nat. 15: 38-44.
- MEISSER N., OPPIZZI P., STEIGER E. & VANINI F. (1996): L'attività siderurgica del Monte Torri: ricerche mineralogiche nelle scorie. Geologia Insubrica 1/1+2: 53-63
- MORIN D. (1999): Système d'extraction et boisage dans les mines de fer du Valle Morobbia (Carena - Suisse) XVe - XIXe siècle
- OPPIZZI, P. (1995): Tettonica e metamorfismo nella parte centrale del settore W dello zoccolo pre-varisico delle Alpi meridionali. Diss UNI Losanna, 1-394.
- OPPIZZI P. & VANINI F. (1995): Mineralizzazioni a solfuro del Malcantone. Boll. Soc. tic. sci. nat. 83(1-2): 63-78.
- OPPIZZI P. & STEIGER E. (1999): Il distretto minerario del Malcantone. Minaria Helvetica 19b.
- PINNARELLI L., DEL MORO A. & BORIANI A. (1988) - Rb-Sr Geochronology of Lower Permian plutonism in Massiccio dei Laghi (Southern Alps, NW Italy). Rend. Soc. Ital. Min. Petrol., 43(2): 411-428.
- SCHNEIDERFRANKEN I. (1937): Le industrie nel Cantone Ticino Bellinzona: 1-158.
- SCHNEIDERFRANKEN I. (1943): Ricchezze del suolo ticinese. Studio economico sullo sfruttamento delle pietre da costruzione e delle materie prime minerali Bellinzona: 1-217.
- SCHUMACHER M., (1990): Alpine basement thrusts in the eastern Seengebirge, Southern Alps (Italy/ Switzerland). Eclogae Geol. Helv. 83: 645-663.

- SERNEELS V. (1999): Les laitiers du haut fourneau de Carena TI. Premiers résultats. Minaria Helvetica 19b.
- STAUFFACHER J. (1917): Das Magnetkiesfahlband auf der Alpe di Piscerotto und die Brauneisenvorkommen auf der Alpe di Valetta im Val Morabbia (Tessin) Eclogae geol. Helv. 14(4): 515-518.
- TADDEI C. (1937): Dalle Alpi Lepontine al Ceneri. Bellinzona: 1-180.
- VIGHI L. (1960): Le mineralizzazioni della Valcavargna Dattiloscritto: 1-10.
- WENGER C. & STEIGER R. (1994): Carta delle materie prime minerali della Svizzera. Foglio 1 Ticino - Uri. 1:200'000. Zurigo.
- WENGER C., STEIGER R. & BIANCONI F. (1994): Carta delle materie prime minerali della Svizzera. Foglio 1 Ticino - Uri. 1:200'000. Note esplicative. Zurigo: 1-107.

Indirizzo del autore: Dr. Paolo Oppizzi
San Rocco
6872 Salorino

Museo cantonale di storia naturale
Viale Cattaneo 4
6900 Lugano

Système d'extraction et boisage dans les mines de fer du Val Morobbia (Carena – Tessin), XVe - XIXe siècle

Résumé

Le site minier du Val Morobbia est situé à 2 km au SE du village de Carena sur la rive gauche du Val Morobbia (Canton Tessin). Les reconnaissances effectuées ont permis de localiser une première zone d'exploitation minière, de 600 mètres de développement, située suivant un axe d'orientation SW-NE.

Les travaux miniers s'organisent autour d'un système étagé de galeries et dépilages. Les galeries percées à l'horizontale, explorent la montagne pour retrouver les filons minéralisés. Elles assurent la liaison avec les différents dépilages qui dégagent les colonnes minéralisées en profondeur. Les travaux à ciel ouvert sont plus difficiles à identifier : un exemple de tranchée parallèle au versant ou verhau a été repéré sur près d'un kilomètre de développement à l'aplomb du site Il Maglio entre 1'110m et 1'160 mètres d'altitude.

La mine Christian I associe des exploitations à ciel ouvert et une série de recherches souterraines et dépilages descendants ouverts dans des filons en stockwerck. Un ensemble de boisages y a été retrouvé dans un état de conservation exceptionnel permettant de dresser une première typologie des techniques de soutènement pratiquées à cette époque.

L'activité minière, ininterrompue semble avoir retrouvé un regain d'activité au XIXe siècle comme en témoignent certains ouvrages à ciel ouvert, travaillés à la poudre. Des sentiers miniers assuraient la liaison entre les différents quartiers de mines favorisant l'approvisionnement en continu de la forge de Maglio.

Ces investigations qui font l'objet de travaux pluridisciplinaires permettent d'étudier dans un ensemble relativement enclavé, des exploitations minières intégrées dans un contexte paléométallurgique parfaitement daté.

Riassunto

La località mineraria della Valle Morobbia è situata 2 km a SE di Carena, sul versante sinistro della valle. Le ricerche effettuate fra il 1997 e il 1998 hanno rivelato l'esistenza di una zona di coltivazione di ca. 600 di sviluppo orientata SW-NE. L'estrazione, in gran parte effettuata mediante utensili a mano, testimonia un'intensa attività che le fonti storiche fanno iniziare nel XV secolo. Lo studio delle miniere finora scoperte evidenzia la coltivazione dei filoni mediante differenti tecniche estrattive, che rivelano la volontà di sfruttare al meglio il minerale e razionalizzare il

lavoro. Le gallerie attraversano la roccia orizzontalmente alfine di raggiungere le mineralizzazioni, in genere situate su piani molto inclinati. Le coltivazioni a cielo aperto sono invece più difficili da identificare: un esempio di questo tipo di sfruttamento si trova a monte del Maglio fra 1100 e 1160 ms.m.. Nella miniera Christian, associata a coltivazioni a cielo aperto e in sotterraneo, il ritrovamento di parecchio legname d'opera ancora perfettamente conservato, ha consentito una prima valutazione delle tecniche di sostegno impiegate fra il XV e il XIX secolo. L'attività mineraria, sviluppatasi a fasi alterne, sembra avere ricevuto un nuovo slancio fra la fine del 1700 e l'inizio del 1800, come testimoniano le tracce di coltivazione con esplosivo trovate in talune località.

Durante l'attività, una rete di sentieri garantiva sia il collegamento fra i differenti siti sia il rifornimento continuo dell'altoforno. (PO)

Zusammenfassung

Das Bergbaurevier des Val Morobbia (Kanton Tessin) liegt 2 km südöstlich des Dorfes Carena auf der linken Talseite. Im Zuge der Forschungen war es möglich eine erste Abbauzone mit einer Ausdehnung von 600 m zu lokalisieren; sie liegt auf einer in südwestlich-nordöstlicher Richtung verlaufenden Achse.

Die Bergbauarbeiten umfassen ein gestuftes System von Stollen und Erzabbaustellen. Die horizontal vorgetriebenen Suchstollen dienen zum Auffinden der Erzgänge. Sie sichern die Verbindung mit den verschiedenen im Berginnern liegenden Abbaustellen, die ihrerseits die vertikal verlaufenden Erzgänge verfolgen. Die Übertagearbeiten sind schwieriger zu identifizieren: es wurde zum Beispiel ein parallel zum Hang verlaufender Graben oder Verhau (= Tagebauschlitz) festgestellt. Er liegt oberhalb des Verhüttungsplatzes Il Maglio auf 1'110 bis 1'160 m ü. M. und hat eine Länge von fast einem Kilometer.

Die Mine Christian I vereinigt Tagebau sowie eine Anzahl Suchstollen und Abbauschlitze, die der stockwerkartigen Lagerstätte in die Tiefe folgen. Ein Ensemble von hervorragend erhaltenen Holzeinbauten ist hier zum Vorschein gekommen, dank welchen eine erste Typologie der in dieser Epoche eingesetzten "Verzimmerungs-Techniken" aufgestellt werden kann.

Die Bergbauaktivitäten, die nie ganz abgebrochen wurden, scheinen im 19. Jh. wieder aufgelebt zu sein, wie verschiedene mit Hilfe von Sprengstoff ausgeführte Übertagearbeiten belegen. Bergwerkswege sicherten die Verbindung zwischen den verschiedenen Abbaustellen und gewährleisteten die fortlaufende Versorgung des Verhüttungsplatzes Il Maglio.

Diese Forschungen erfolgen in interdisziplinärer Zusammenarbeit. Sie gestatten es den bergmännischen Abbau in einem relativ geschlossenen Umfeld und integriert in sehr gut datiertem paläometallurgischem Kontext zu untersuchen. (VOS und HPS).

Position du problème

Les programmes actuels sur la paléométallurgie du fer ont centré la recherche quasi exclusivement sur les opérations de réduction et la production. La métallurgie extractive, quant à elle, a surtout concerné le domaine des non ferreux.

Le projet mis en œuvre à Carena porte sur l'étude complète de la chaîne opératoire avec la restitution intégrale du cycle extraction - réduction sur une échelle diachronique. Le choix de Carena se justifie pleinement par sa complémentarité dans le domaine de l'archéologie minière et métallurgique, et par sa dimension régionale et internationale.

Les reconnaissances effectuées à Carena (Tessin - Suisse) ont permis d'identifier plusieurs exploitations de minerai de fer. Exploitées à la pointeuse et au coin (fim-mel), ces anciennes exploitations témoignent par leur situation géographique d'une intense activité minière menée dès le XVe siècle selon les sources pour l'extraction du minerai de fer en filon. La mine de Carena associe des exploitations à ciel ouvert et une série de recherches souterraines et dépilages descendants ouverts dans des filons en stockwerck. Ces premières investigations permettent d'étudier dans un ensemble régional des exploitations minières intégrées dans un contexte de vestiges paléométallurgiques parfaitement datés.

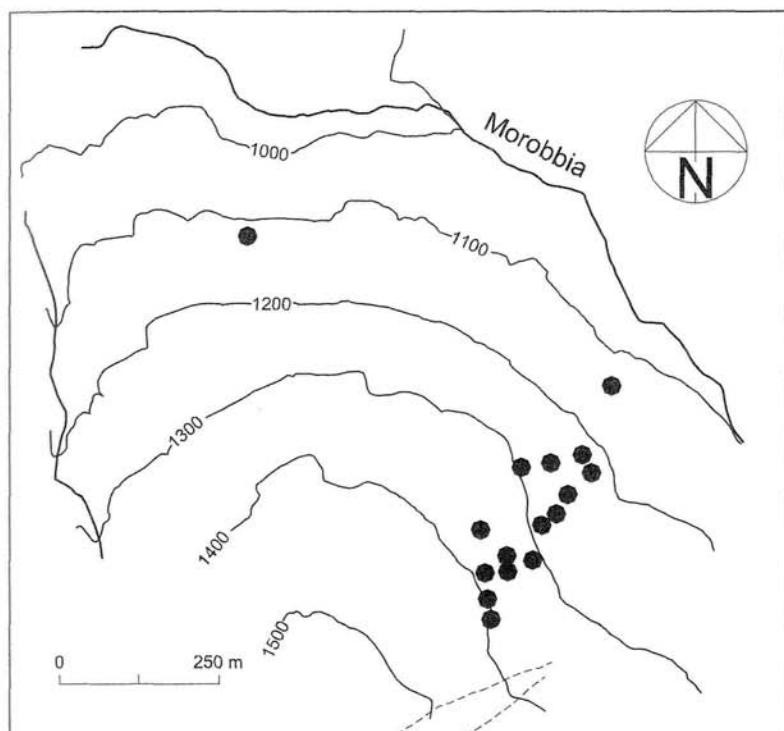


Fig. 1 : Carena TI. Carte de localisation des mines et plan général. (Topographie).

Cadre géographique

Le site minier est situé à 2 km au SE du village de Carena sur la rive gauche du Val Morobbia. Deux campagnes de recherches archéologiques effectuées à Carena ont permis de localiser une première zone d'exploitation minière de 600 mètres de développement, située suivant un axe d'orientation SW-NE (Fig. 1).

Les prospections

Sur une dénivellation de plus de 350 mètres s'échelonnent plusieurs dizaines de haldes en demi-cercle de petites dimensions reliées par des sentiers miniers. Certaines de ces haldes ont été réoccupées ultérieurement par des aires de charbonniers ce qui pose parfois des problèmes d'identification. Les sondages réalisés en 1997 et 1998, à l'aplomb de plusieurs de ces haldes, ont permis de préciser la présence d'exploitations à ciel ouvert et souterraines dirigées sur le filon et orientées en profondeur (mine Christian I). À partir des indices géologiques, les prospections ont été dirigées sur le versant (cf l'article de P. Oppizzi, p. 50–62).

Vérification des données bibliographiques sur le terrain

Les prospections se sont orientées d'après la bibliographie et en particulier la carte minéralogique (Ch. Wenger et alii 1994), pour se centrer sur l'axe majeur de la minéralisation. Après vérification, les observations suivantes ont été effectuées sur le terrain. Les points 1 et 2 (cités par Ch. Wenger et alii 1994), ces deux sites correspondent aux affleurements rocheux du filon et à la grande halde. Le point 3 (Op. cité), le site a été retrouvé dans un thalweg. Il correspond à un affleurement dont il paraît difficile d'affirmer s'il faisait ou non l'objet d'une exploitation. Le point 4 (Op. cité), pourrait correspondre à la mine n° 3 qui comporte une galerie souterraine (cf topographie) et un dépilage à ciel ouvert. Le point 5 (Op. cité), dépilage souterrain sur filon (cf topographie). Le point 6 (Op. cité), non retrouvé. Le site ne correspond pas avec la description initiale. Seule une cavité naturelle a pu être retrouvée dans ce secteur. Le point 7 (Op. cité) est une recherche de quelques mètres située sur la rive droite d'un affluent du Val Morobbia. Le petit fourneau n'a pas encore été retrouvé, pourtant sa localisation semble très précise. En revanche un bâtiment de forge, lié à la mine, a été localisé à la base des exploitations. Les recherches systématisques ont été entreprises en amont de la forge sur le versant.

Les réseaux souterrains – généralités

Les travaux ont été presque intégralement creusés au marteau et à la pointerolle (Fig. 2). Lorsque la roche est saine, les parois et la voûte de la galerie portent de longues stries sub-parallèles, distantes de 1 à 3 centimètres, laissées par l'extrémité de la pointerolle. Sur la voûte, ces stries sont le plus souvent parallèles à l'allongement de la galerie. Ces traces d'outils sont abondantes et témoignent d'un abattage manuel dans la plupart des sites.

Généralement, les filons ont été attaqués depuis leur affleurement par des travaux en tranchées. Les ouvrages souterrains sont constitués de galeries et dépilages accompagnés parfois de traces de chantiers mobiles. Les vestiges de boisage sont abondants et variés en particulier dans la mine Christian I. Du point de vue chronologique deux datations ¹⁴C donnent un âge moderne aux éléments de boisage (XVIIe - XVIIIe s.) prélevés dans la mine Carena I. Les datations en cours devraient apporter de précieux renseignements sur la chronologie et la dynamique interne de ces exploitations.

Méthodes d'exploitation et techniques extractives

La variété des modes d'exploitation est un caractère significatif des mines de Carena. Sur un même gîte, pas moins de cinq techniques d'exploitation ont été identifiées :

1 – des tranchées à ciel ouvert qui mettent au jour la masse minéralisée. L'extraction est limitée à quelques mètres de profondeur (Fig. 3). Un exemple de tranchée parallèle au versant ou verbau a été repéré sur près d'un kilomètre de développement à l'aplomb du site Il Maglio entre 1'110 m et 1'160 m d'altitude.

2 – des galeries d'allongement qui suivent le filon depuis le jour. Leur développement varie selon l'importance du gîte exploité. Rapidement, ces galeries évoluent en dépilage remontant ou descendant selon les concentrations repérées.

3 – les dépilages sur filon.

3.1 Exemple de dépilage par tranchée unidescendante : La mine Christian I.

La mine Christian, principal réseau souterrain mis en évidence, développe près de 97 mètres sur une profondeur totale de 24 m. Le gabarit des galeries est en moyenne de 1,20 à 1,30 m (Fig. 4). Le dépilage sur filon s'enfonce dans la masse minéralisée suivant une démarche empirique et par paliers successifs. Des travers-bancs de recherche latéraux, de faible développement, sondent la puissance du gîte en profondeur et servent de point d'appui au stockage ou à la remontée du minerai. Des amorces de stances sont perceptibles à la base de la mine Christian I. Ces stances suivent le filon à l'horizontale mais n'ont pas d'issue au jour. À Carena, ces stances sont de type récurrentes et participent à l'élargissement du dépilage à sa base. Pour exploiter un contenu filonien instable et fortement altéré, dans un contexte structural fortement tectonisé, les mineurs ont pratiqué un soutènement régulier et étudié jusque dans les parties profondes.

La mine Christian présente dans sa zone d'exploitation un boisage, régulier et organisé tout au long de la colonne défilée, conservé de manière exceptionnelle (Fig. 5). L'originalité de la mine Christian I est en effet d'avoir maintenu en l'état un soutènement en place jusque dans les parties les plus profondes et les plus instables. La présence de ce type de vestige est rare dans les mines de cette période et bien souvent ne subsistent que les traces d'ancrage sur les parois.

Deux types de boisage s'y rencontrent :

- des boisages, régulièrement disposés, utilisés pour renforcer la voie défilée
- des soutènements destinés à supporter les chantiers remontant dans la partie inférieure du réseau.



Fig. 2 : Carena TI. Mine Supérieure 3. Galerie d'allongement sur plan de faille. Front de taille avec traces de pointeroles.
(Photographie : D. Morin).

Dans la partie supérieure, des marches en colimaçon ont été réalisées à partir de billes serrées à l'horizontale, disposées au sol avec pour fonction de bloquer les éboulements (Fig. 6). Un hourdage construit au pied de ces marches permet de retenir les remblais (Fig. 7). Il est constitué de plusieurs bois disposés à l'horizontale perpendiculaires entre eux. Dans la partie inférieure du dépilage ont été retrouvés plusieurs éléments d'une échelle à barreaux emboîtés. Une soixantaine de bois reste encore en place dans le réseau. La plupart des billes effondrées au sol ont été remontées pour analyses au cours de la campagne 1998. Les cellules sont toutes constituées d'une seule bille porteuse. Les bois utilisés sont composés pour moitié de sapin (*abies alba*) et de hêtre (*fagus silvatica*). La longueur des billes est de 0,26 m à 1,51 m pour une moyenne comprise entre 0,95 m à 1 m Le diamètre mesuré passe de 6 cm (dans le cas de muraillement renforcé) à 12,5 cm (pour une moyenne de 9 à 10 cm). Cette mesure ne tient pas compte des dégradations subies au cours du temps et qui ont sensiblement diminué le gabarit des pièces de bois (Fig. 8).



Fig. 3 : Carena TI. Il Maglio. Travaux à ciel ouvert sur versant. (Photographie : D. Morin)

L'assemblage des bois

Le serrage au toit s'effectue directement à plat ou par l'intermédiaire de pièces de calage. Les billes sont constituées de pièces de bois grossièrement équarries. Dans le cas d'un calage simple (Fig. 9), les billes sont solidarisées avec des dosses de calage au moyen d'un assemblage en "tin" ou "gorge de loup". Cet assemblage nécessite le façonnage d'un évidemment à une extrémité du bois. La face arrondie de la dosse s'y emboîte parfaitement, tandis que la face aplatie fait corps avec le plan du massif. Le façonnage des pieds de bois dépend de la qualité du support. Le pied peut être directement posé à plat dans le cas d'un mur friable ou lorsque la bille est posée sur le sol. Il peut être vitelé c'est-à-dire légèrement équarri à son extrémité. Cette technique permet d'absorber une partie de l'effort par affaissement de l'extrémité du bois. En général, le diamètre des billes permet un serrage au mur sans aménagement notable. Pour éviter que les bois ne clippent, certains d'entre eux ont été potelés en particulier en tête de dépilage là où les contraintes sont les plus fortes. Les dosses de calage sont parfois doublées à l'équerre (Fig. 10).

Mode de soutènement

Le boisage de la mine Christian possède les caractéristiques d'un gisement penté. La pression des terrains s'exerce beaucoup moins qu'en plateure. Elle est donc moins puissante pour donner du serrage aux cellules. En revanche, les boisages reçoivent les chocs provoqués par le déplacement des ouvriers et le va-et-vient des charges de minerai. Pour répondre à ces contraintes, les mineurs ont organisé le soutènement en

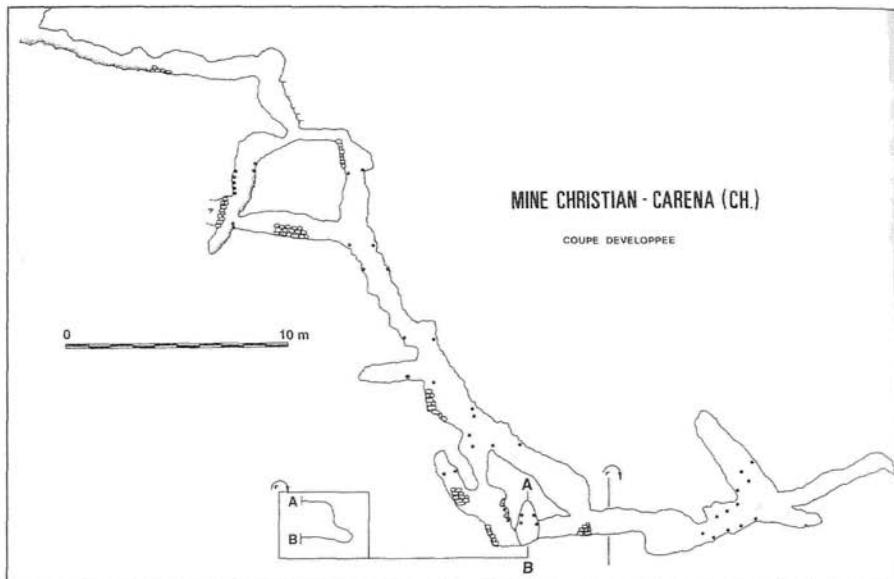


Fig. 4 : Carena TI. Mine Christian I. Coupe développée du réseau et localisation des boisages. (Topographie M. Aubert et G. Meyer – Synthèse graphique : D. Morin).

N°	Descriptif	Longueur	Largeur	Diamètre	Orientation	Angle de portée
01.1	Escalier d'accès				295°	0°
01.2	Escalier d'accès				15°	0°
01.3	Escalier d'accès				345°	0°
01.4	Escalier d'accès				335°	0°
01.5	Escalier d'accès				230°	0°
01.6	Escalier d'accès				245°	0°
01.7	Escalier d'accès				245°	0°
01.8	Escalier d'accès				260°	0°
01.9	Escalier				300°	0°
02	Ourdis				295°	0°
03	Bille potelée contre paroi	1,51 m	12,5 cm	160°	- 11°	
04	Bille rivée au toit sur cale simple	1,11 m	9,5 cm	175°	- 290°	
05	Bille potelée à l'oblique *	1,13 m	13 cm	105°	- 44°	
06	Bille potelée	0,93 m	6,5 cm	155°	- 50°	
07	Bille rivée au toit sur cale double	0,82 m	9,5 cm	135°	- 55°	
08	Petite bille rivée sur cale simple à gorge de loup	0,52 m	4,4 cm	115°	- 42°	
09.1	Bille rivée au toit sur cale simple à gorge de loup	1,30 m	11 cm	160°	- 42°	
09.2	Bille potelée	1,10 m	8 cm	150°	- 15°	
010	Bille rivée	0,99 m	5,5 cm	195°	- 9°	
011	Bille rivée	1,09 m	6,5 cm	145°	- 40°	
012	Bille rivée	1,27 m	9 cm	280°	- 3°	
013	Bille rivée au toit sur cale double	1,00m	11 cm	195°	- 26°	
014	Bille équerrie rivée au toit sur cale simple	1,10 m	11 cm	145°	- 45°	
015	Bille équerrie rivée au toit sur cale simple	0,66 m	12 cm	6,5 cm	130°	- 21°
016	Bille équerrie rivée au toit sur cale double	0,77 m	10,5 cm	8,2 cm	180°	- 26°
017	Bille rivée au toit sur cale simple	1,03 m	15 cm	8 cm	345°	- 40°
018	Bille potelée	0,89 m	8 cm	162°	- 29°	
019	Bille potelée	0,88 m	9 cm	184°	- 28°	
020	Bille rivée contre paroi - stérile	0,75 m	6 cm	230°	0°	
021	Bille rivée contre paroi - stérile	0,26 m	6 cm	225°	0°	

* Tête de dépilage

Fig. 5 : Carena TI. Tableau synthétique des différentes structures de boisage présentes dans le réseau Christian I. (Schéma : D. Morin)

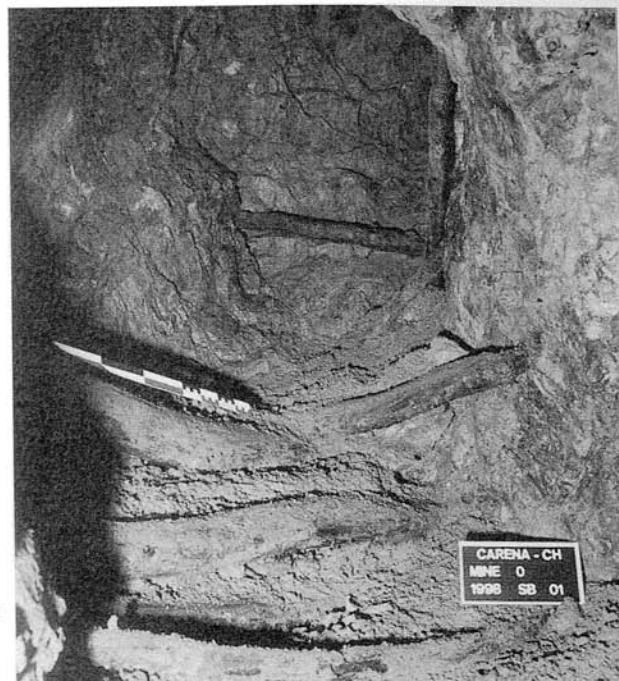


Fig. 6 : Carena TI. Mine Christian I. Réseau supérieur. Marches d'escaliers : billes rivées au sol.
(Photographie : D. Morin).



Fig. 7 : Carena TI. Mine Christian I. Hourdage. Barrage mixte (billes et planches) construit au pied d'une taille en gisement penté en vue de retenir les remblais et murette en stériles. (Photographie : D. Morin).

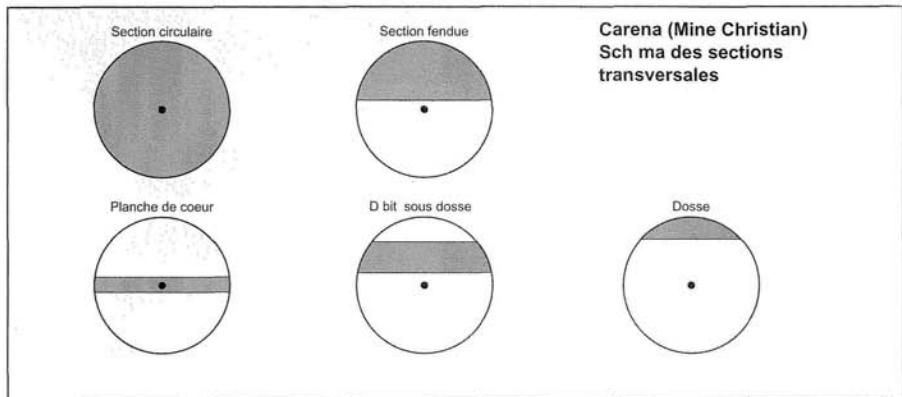


Fig. 8 : Carena TI. Schéma récapitulatif. Origine des sections transversales de bois utilisés dans la mine Christian I. (Schéma : D. Morin).



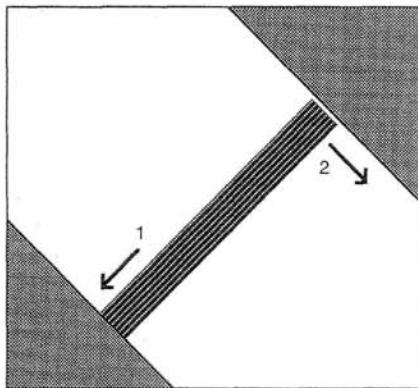
Fig. 9 : Carena TI. Mine Christian I. Boisage latéral. Bille rivée au toit sur cale simple. Assemblage à gorge de loup. (Photographie : D. Morin).



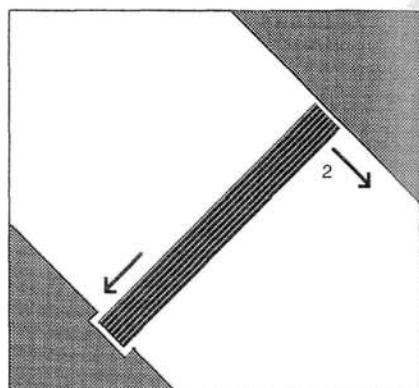
Fig. 10 : Carena TI. Mine Christian I. Boisage latéral. Bille rivée au toit sur cale double. Assemblage à gorge de loup. (Photographie : D. Morin).

positionnant de manière régulière et sur l'ensemble de la colonne un boisage relativement simple suivant quatre modules de base : par billes serrées et par billes poteées. Dans les deux cas, les billes sont rivées au toit, soit par calage simple, soit par calage double à l'équerre. Les billes utilisées sont relativement pauvres en cernes. Il s'agit de bois coupés sur place que les mineurs taillaient au gré des besoins. Les analyses en cours devraient apporter de nouvelles précisions sur la nature et l'origine de ces bois. La disposition des cellules paraît relever d'une programmation tant dans le gabarit que dans l'apprêt des cellules (Fig. 11). Il fallait contenir, pour des raisons de sécurité, un massif fragile tout en maintenant ouverte une section libre permettant le passage de l'air, des hommes et du matériel. Il s'agissait moins de ralentir les phénomènes de convergence que de maintenir les endroits fissurés dans une position relative constante.

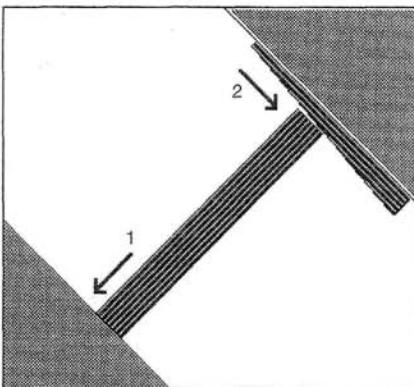
La mine présente ainsi des techniques de boisage parfaitement maîtrisées et adaptées aux contraintes d'un massif irrégulier et instable, dont les éléments de base se retrou-



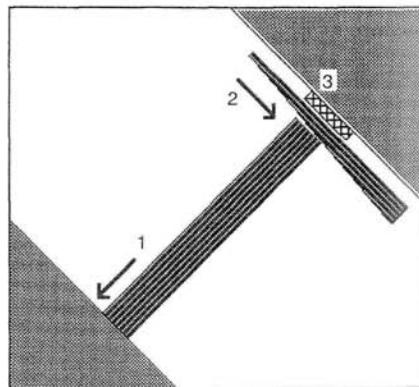
Bille calée à l'oblique



Bille potelée à l'oblique



Bille rivée au toit surcale simple



Bille rivée au toit surcale double



Sens de pose



Parois rocheuses

Fig. 11 : Carena TI. Mine Christian I : tableau récapitulatif des différents modules de soutènement présents dans le réseau. (Schéma : D. Morin).

vent dans les mines contemporaines, et en particulier les mines de houille en dressants. La mine a livré une découverte exceptionnelle d'une caisse en bois encore remplie de fragments de minerai dans un très bon état de conservation. Retrouvée à l'aplomb d'un front de taille dans une galerie horizontale située à mi-puits, il s'agit d'un récipient quadrangulaire, muni de deux anses latérales et ouvert sur un côté qui devait être utilisé comme une pelle (Fig. 12). Le minerai une fois recueilli était vraisemblablement remonté dans des seaux ou des paniers.

D'autres modes de soutènement ont été utilisés. Plusieurs murettes réalisées à partir de stériles remplissent également une fonction de soutènement en appui de boisages ou pour consolider des travaux de comblements. Ces muraillements réalisés avec soin au moyen de blocs de petite taille se rencontrent à tous les niveaux du réseau.

Cette pratique permettait la consolidation des chantiers et l'utilisation des stériles accumulés lors de l'abattage.

3.2 Exemple de dépilage remontant

Un exemple de dépilage remontant est illustré par la mine 5 supérieure (Fig. 13) qui développe près d'une centaine de mètres sur une quinzaine de mètres de hauteur. Les recherches prennent appui sur une première exploitation par tranchée unidescendante. La reconnaissance d'un filon riche et subparallèle d'axe E-W a entraîné l'ouverture d'un deuxième chantier en profondeur dirigé dans l'axe du filon sur trois niveaux et de manière récurrente dans les parties supérieures. La puissance du filon a été évidée par chantiers mobiles successifs dont les traces d'enrage sont encore visibles sur les parois. Ils sont accompagnés des vestiges en place de boisages suspendus.

Les chantiers étaient maintenus au moyen de supports calés à l'horizontale supportant des planchers. Ces paliers ont été installés au fur et à mesure de la progression de l'abattage au toit.

Cette zone a été entièrement travaillée à la poudre. Un second accès a été ouvert ultérieurement dans le versant pour, semble-t-il, tenter d'élargir, mais sans succès apparent, la recherche vers le Nord et le Nord Est. La mine supérieure développe 65 m, la hauteur des galeries est de 1,50 m à 1,20 m, la largeur entre 1,10 m et 1,20 m. La profondeur atteint la cote de - 17 m. Le comblement actuel ne permet pas de poursuivre l'exploration.

3.3 Exemple de dépilage remontant par tranchée remblayée

Ce mode d'exploitation est illustré par le quartier supérieur des mines de Carena (mine 3) (Fig. 14). Les galeries sont en partie comblées par des matériaux stériles provenant de l'extraction progressive du toit. La sole a servi d'échafaudage et de support aux chantiers. Pour accéder aux parties supérieures et permettre l'évacuation du minerai, les mineurs ont ménagé des accès successifs étagés. L'abattage s'organise en taille montante à partir d'un traçage de base au filon.

Dans la partie profonde, des galeries d'allongement (Fig. 15) entaillent le filon à la recherche d'amas minéralisés dès lors que la zone s'appauvrit. L'exploitation chassante à l'origine, devient rabattante en profondeur : les galeries sont orientées de manière récurrente. Une petite recherche a été menée perpendiculairement au plan de minéralisation de manière à recouper d'éventuels filons croiseurs.

La mine 3 développe 75 m sur une hauteur de 10 m. La hauteur des galeries varie de 0,80 m et 1,30 m de hauteur pour une largeur moyenne de 0,60 m. Le filon est entaillé à l'horizontale sur une profondeur de 35 m.

4 – Les galeries de recherches : il s'agit de courtes galeries taillées dans les formations brèchiques indurées superficielles correspondant à l'altération du bedrock et aux dépôts de pente (Fig. 16). Ces conduits étroits, instables et irréguliers rejoignent des minéralisations fortement altérées et proches de la surface. Elles ont été forées latéralement ou dans le prolongement de tranchées d'exploitation afin de reconnaître la puissance du gîte et d'en tester la teneur. C'est le cas de la Mine Christian II et des recherches latérales exécutées à la hauteur de la grande halde.

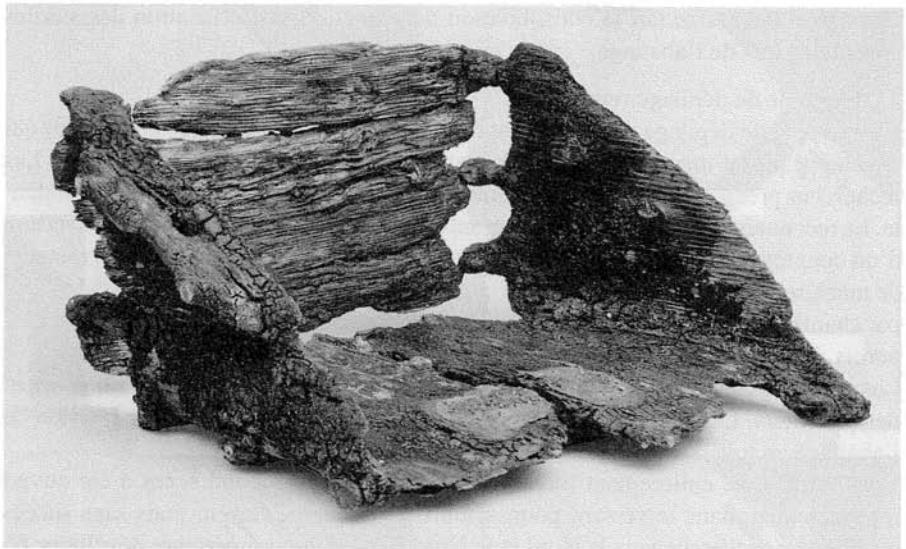


Fig. 12 : Carena TI. Mine Christian I. Galerie de recherche (Strecke) avec au sol, auget en bois *in situ* encore rempli de son contenu de mineraux. (Photographie : D. Morin). En haut auget en bois après restauration (Photographie : Ufficio beni culturali e monumentali, Bellinzona).

5 – Une exploitation en carrière : une attaque du filon a été reconnue à l'affleurement en carrière à la base du gisement. Il s'agit d'une reprise récente taillée à la poudre. Les coups de fleurets sont parfaitement visibles sur les parois.

Interprétation

Les exploitants ont sondé le champ filonien à tous les niveaux du versant au moyen de tranchées et galeries. Ils se sont enfouis sur les colonnes minéralisées étroites au moyen de dépilages organisés et apparemment cloisonnés (Fig. 17). Les exploitations variées montrent qu'il n'y a pas, a priori, de relations particulières entre les dif-

férents travaux reconnus. Le contexte géomorphologique et gîtologique peut expliquer ce découpage (stockwerk).

La tectonique locale paraît avoir largement contribué à désolidariser l'ensemble, ce qui expliquerait la dispersion et le nombre des haldes encore visibles. Les travaux ressemblent davantage à une juxtaposition de réseaux. Le mode d'exploitation souterrain s'organise entre dépilages et galeries de recherche étagées de faible développement (Fig. 18).

Pour y voir une démarche rationnelle de la part des mineurs, il faut concevoir la présence de concentrations minérales irrégulières disséminées dans un filon fortement tectonisé et broyé. La tectonisation postérieure au remplissage des vides a certainement contribué à la complication des gîtes : le minerai est injecté dans les brèches de failles et les zones de broyage.

Les dispositions topographiques et gîtologiques, la séparation du filon en plusieurs branches peuvent expliquer en partie le télescopage de cette profusion de travaux. On peut également émettre l'hypothèse d'une concession compartimentée. Du point de vue chronologique, l'homogénéité des techniques d'abattage et du mode d'exploitation à l'intérieur de chaque réseau, ne permet pas d'avancer l'hypothèse de reprises à l'intérieur d'un même réseau à l'exception des dépilages supérieurs.

En surface, d'autres vestiges ont été repérés et sont intimement liés à l'exploitation minière :

- une série de substructions au niveau des haldes supérieures (cabane de mineurs?) (Fig. 19)
- un four de grillage lié à une exploitation en tranchées
- un bâtiment de forge
- un réseau de sentiers miniers en lacets, reliant les différents sites, complète l'ensemble.

Chronologie

Les datations C14 obtenues à partir d'éléments de boisage font apparaître une datation calibrée comprise entre 1715 et 1815 (cal. AD). Cette première indication chronologique demande à être confirmée par d'autres prélèvements et surtout confortée par une datation dendrochronologique plus affinée favorisée par l'abondance de matière. La fourchette proposée pourrait correspondre à la reprise métallurgique qui a affecté de nombreuses mines de fer dès la fin du XVI^e siècle. Elle ne permet pas en l'état de démontrer l'existence ou non d'une exploitation antérieure.

Conclusion

L'étude des galeries de Carena montre une homogénéité dans les paramètres architecturaux. Les réseaux souterrains sont conditionnés par la gîtologie : l'empirisme est de règle. Pourtant, il est possible de discerner un certain nombre d'innovations dans la conduite de l'exploitation.

L'utilisation systématique du boisage dans la mine Christian I atteste des moyens mis en œuvre pour étendre les chantiers en profondeur dans des zones fragiles et instables. Les prémisses d'exploitation de type rabattante et chassante sur plusieurs

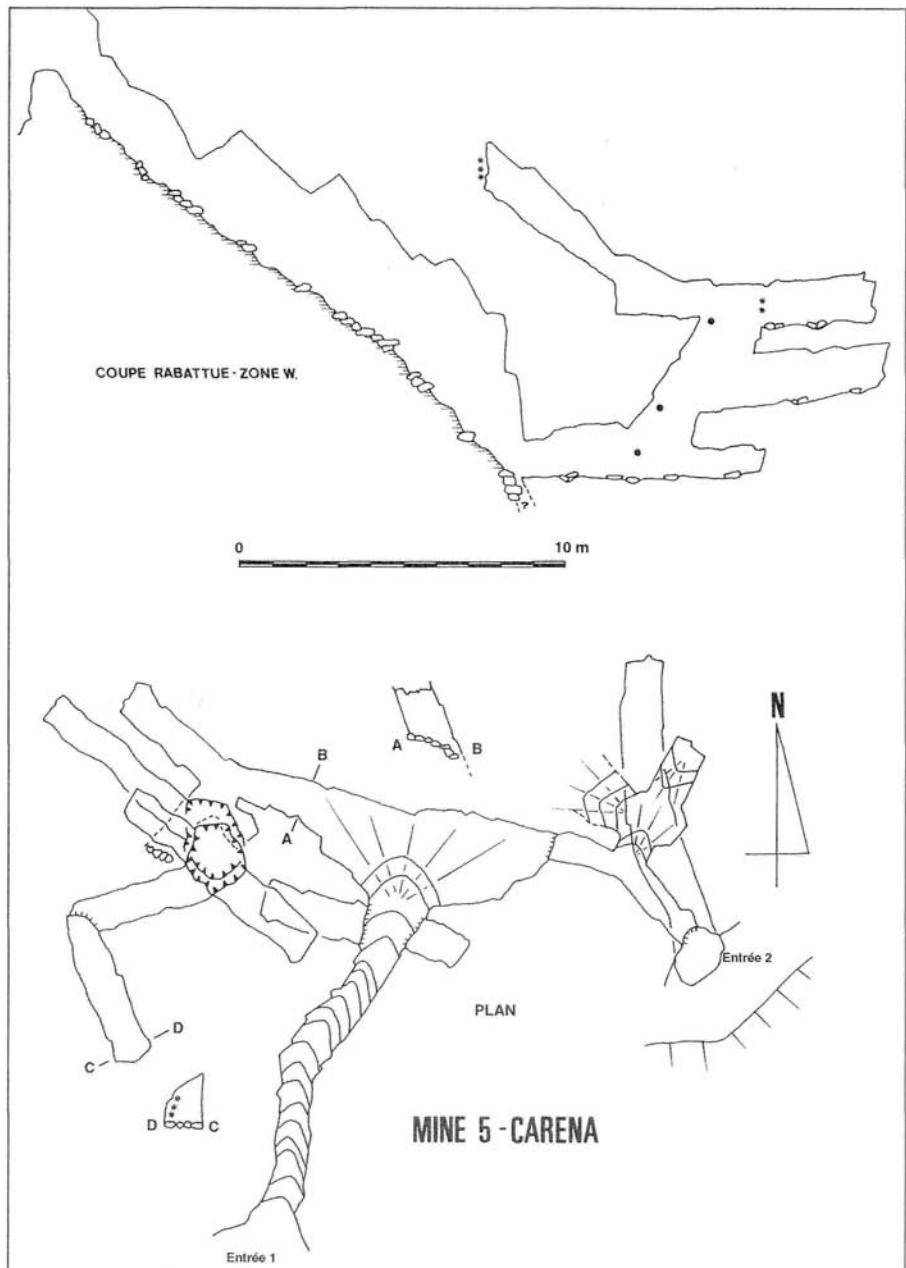


Fig. 13 : Carena TI. Mine Supérieure (Mine 5). Topographie du réseau. Coupe développée et plan. Dépilage par tranchée unidescendante et dépilage remontant par chantiers mobiles et galeries sur filon. (Topographie : D. Jacquemot, M. Cottet et Ch. Rosenthal – Synthèse graphique : D. Morin).

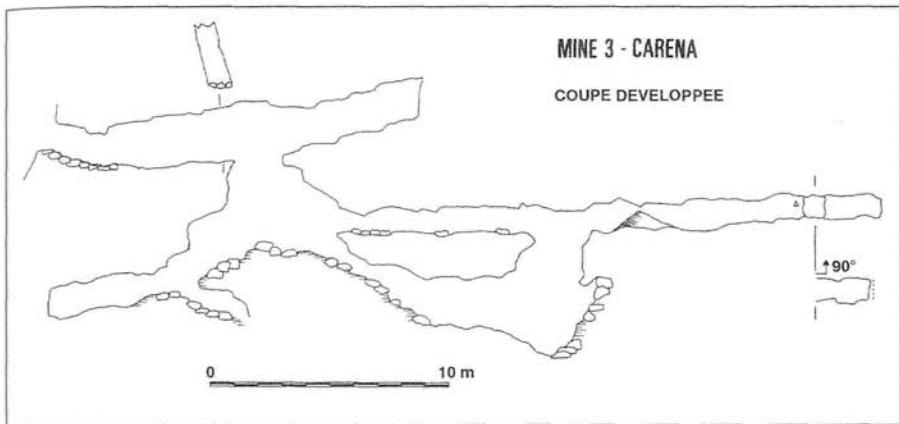


Fig. 14 : Carena TI. Mine 3. Topographie du réseau. Coupe développée. Dépilage remontant par tranchée remblayée. (Topographie : D. Jacquemot, M. Cottet et Ch. Rosenthal – Synthèse graphique : D. Morin).



Fig. 15 : Carena TI. Mine Supérieure 3. Galerie d'allongement sur filon : profil de galerie (niveau supérieur). (Photographie : D. Morin).

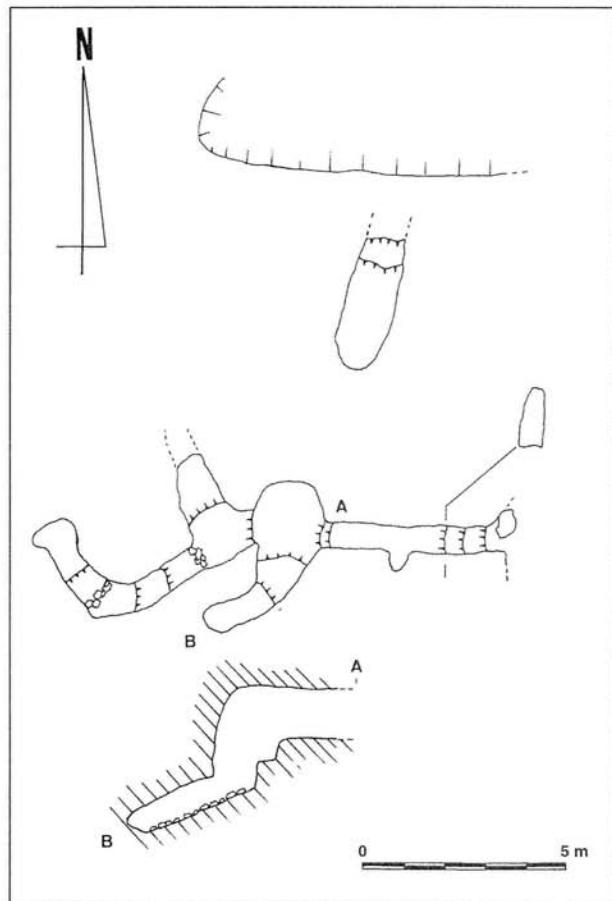


Fig. 16 : Carena TI. Galeries de recherche à la hauteur de la grande halde inférieure. (Topographie : J. Olivier et Y. Imbert – Synthèse graphique : D. Morin).

niveaux montrent une volonté de quadriller l'espace souterrain avec pour objectifs de découper le filon par tranches successives et de rationaliser l'exploitation.

Les travaux miniers semblent s'organiser suivant un découpage systématique et étageé de galeries et dépilages. Les galeries explorent la montagne dans des plans horizontaux pour dégager en profondeur les colonnes minéralisées.

La friabilité de la roche et sa perméabilité ont favorisé l'enfoncement en profondeur sans avoir recours à des travaux d'exhaure : pompage ou travers-banc. Seuls les problèmes liés à l'aérage ont certainement joué un rôle. C'est peut-être le cas dans la mine Christian I où l'absence de ventilation a poussé les mineurs à effectuer une série de recoupes de manière à ménager un courant d'air, au demeurant peu perceptible.

À l'issue des premières campagnes de reconnaissance, plusieurs sites d'exploitation minière ont été repérés. Les premières investigations montrent à l'évidence, que d'autres réseaux souterrains restent à découvrir. Cette hypothèse repose sur :

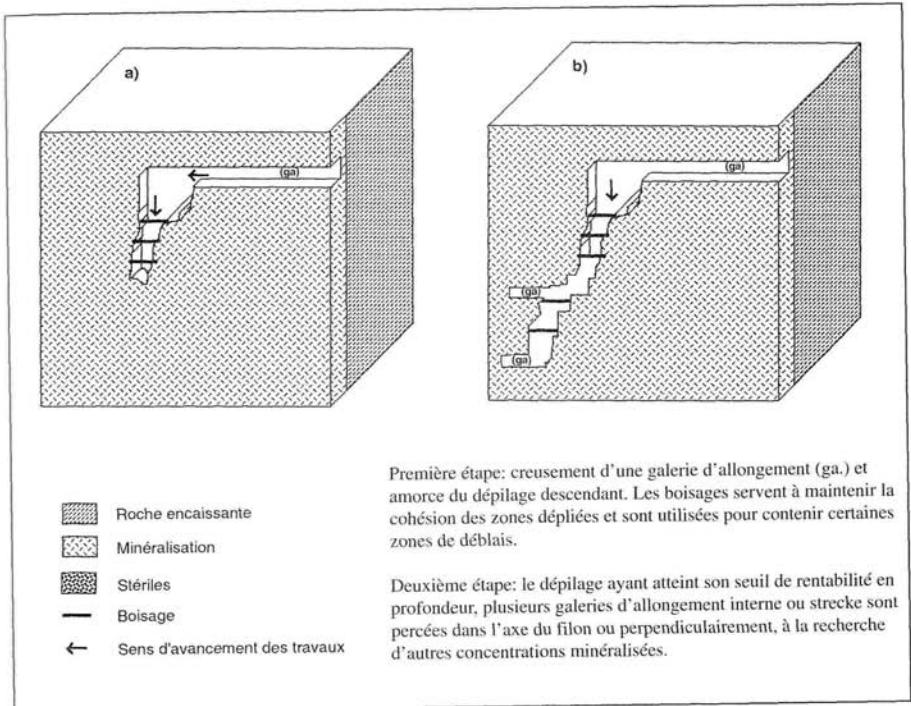
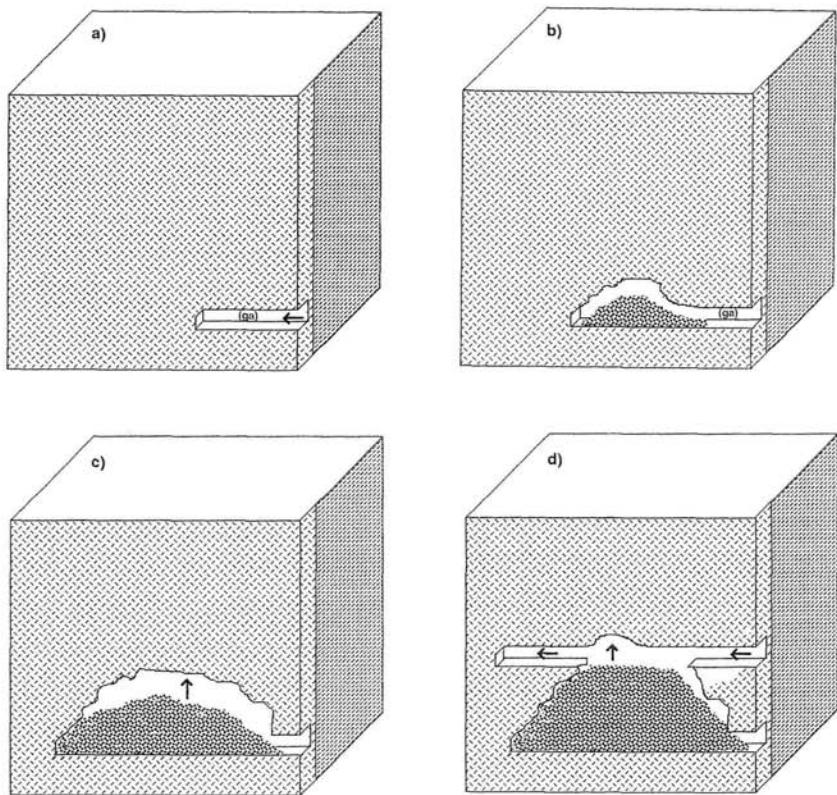


Fig. 17 : Carena TI. Bloc diagramme – Schéma opératoire – Schéma type d'exploitation du filon par galerie d'allongement (ga) et dépilage descendant. (Reconstitution : D. Morin).

- la quantité, la dispersion et le volume des haldes identifiées
 - les vestiges d'accompagnements de ces haldes : forges, sentiers miniers aménagés
 - l'importance stratégique des sites métallurgiques associés : forge et fonderie
- Les techniques d'abattage enregistrées à Carena sont différentes d'un système à l'autre : manuelles ou à la poudre. Il sera intéressant de vérifier comment le passage, de l'une à l'autre de ces techniques, s'est opéré à l'intérieur d'une même tranche d'exploitation.



Première étape: le filon est sondé à l'horizontale par une première galerie d'allongement ou galerie de traçage.

Deuxième étape: le filon est exploité au toit à partir de la galerie d'allongement

Troisième étape: le filon est évidé par dépilage remontant. Les stériles jouent le rôle d'échafaudage.

Quatrième étape: pour atteindre les chantiers, une galerie d'allongement est foncée quelques mètres plus haut que la précédente. Celle ci est poussée en profondeur dans l'axe du filon ou perpendiculairement à la recherche de filons croiseurs.

Fig. 18 : Carena TI. Bloc diagramme – Schéma opératoire – Schéma type d'exploitation du filon par galerie d'allongement et dépilage remontant par tailles remblayées. (Reconstitution : D. Morin).



Fig. 19 : Carena TI. Vestige d'habitat en pierre sèche sur versant à hauteur des travaux à ciel ouvert d'Il Maglio. (Photographie : D. Morin).

Bibliographie

- MORIN D. (1999): La miniera di ferro di Piazzalunga. In : La Miniera perduta. Cinque anni di ricerche archeometallurgiche nel Territorio di Bienna. p. 49 - 60. ; Il ferro nelle Alpi : giacimenti, miniere e metallurgia dall'antichità al XVI secolo, International conference : Bienna (Brescia - Italy) October 2 - 4 1998.
- MORIN D. (1997): Les mines de fer et de manganèse de Saphoz Esmoulières (Canton de Faucogney - Haute-Saône). Bulletin de la Société d'Histoire et d'Archéologie de l'Arrondissement de Lure - SHAARL, N°16, Année 1997, p.128-150, 7 fig.
- MORIN D. (1995): Dynamique et évolution des système d'extraction du minerai de fer sédimentaire du XVIIe au XIXe siècle. L'exemple des plateaux de Saône et du Jura septentrional. Paléométallurgie du fer et Cultures, Actes du Symposium international du Comité pour la sidérurgie ancienne et de l'Union internationale des sciences préhistoriques et protohistoriques. Belfort- Sevenans, 1-2-3 novembre 1990, Institut Polytechnique de Sevenans, p. 429 - 452. Ed. Vulcain, 1995.
- MORIN D. (1993): Les systèmes d'exploitation du minerai de fer sédimentaire en Franche Comté (XVIIe au XIXe siècle). Archéologie, Typologie et Dynamique des systèmes. U.F.R. des Sciences du Langage, de l'Homme et de la Société ; Thèse de Doctorat de l'Université de Franche-Comté. (Direction de M. Mangin). 4 tomes - 6 volumes, 1600 p. 73 planches photos, 291 fig. tableaux et cartes.
- WENGER C. & STEIGER R. (1994): Carta delle materie prime minerali della Svizzera. Foglio 1 Ticino - Uri. 1:200'000 Bern.

Les topographies ont été réalisées à l'aide d'une boussole Topochaix, d'un clinomètre de reconnaissance Suunto et d'un télémètre DAAR, appareil de mesure électronique à distance.

Les levés topographiques ont été réalisés durant les campagnes 1997 et 1998 par les personnes suivantes : Michel Aubert, Monique Bôle, Michel Cottet, Yves Imbert, Denis Jacquemot, Gilles Meyer, Denis Morin, Jacques Olivier et Christophe Rosenthal – *Equipe Interdisciplinaire d'Etudes et de Recherches Archéologiques sur les Mines Anciennes et le Patrimoine Industriel – ERMINA*.

Adresse de l'auteur : Dr. Denis Morin
637, rue de la Prairie
F – 70110 Villersexel

UPR CNRS 806
Laboratoire de „Métallurgies et Cultures“,
Université de Technologie de Belfort Montbéliard
Site de Sévenans
F – 90010 Belfort Cedex

Etude géophysique de la minéralisation filonienne à pyrrhotine de la Valetta, Val Morobbia TI

Résumé

Plusieurs méthodes de prospection géophysique ont été utilisée pour localiser en profondeur la minéralisation de pyrrhotine de Carena. Les anomalies observées permettent de déterminer la position du filon.

Riassunto

Nell'ambito di un'indagine geofisica, sono stati impiegati differenti metodi di prospezione per la localizzazione in profondità delle mineralizzazioni a pirrotina di Carena. Le anomalie osservate permettono di determinare la posizione dei filoni. (PO).

Zusammenfassung

Mehrere geophysikalische Prospektionsmethoden wurden angewendet (Elektromagnetismus, Magnetismus, spontane Polarisation) um die tiefliegenden Pyrrhotin-Vererzungen von Carena zu lokalisieren. Die so festgestellten Anomalien erlauben es die Lage des Erzganges zu bestimmen. (VOS).

La zone inférieure du versant de la Valetta (coordonnées 729'250; 113'500) a fait l'objet d'une étude géophysique, dans le cadre d'un diplôme, à l'institut de géophysique de l'université de Lausanne, sous la direction de M. Pierre Gex (Cuchet, 1995). La géophysique travaille sur la base d'anomalies, c'est-à-dire de contrastes de paramètres mesurés.

Dans le cas de la minéralisation filonienne en pyrrhotine du Val Morobbia, le contreaste attendu est celui provoqué par la transition roche encaissante / filon, ce dernier étant magnétique et bon conducteur d'électricité.

Quatre méthodes de géophysique minière ont été employées. Ce sont la polarisation spontanée (PS), la méthode dite «very low frequency» (VLF), le magnétisme (MAG) et une méthode électrique (résistivité pôle-pôle). Ces méthodes sont dites légères

(un, voire deux opérateurs suffisent, même en terrain difficile comme c'est le cas ici) et permettent l'acquisition des données physiques depuis la surface du terrain, données ensuite interprétées en terme de profondeur, de concentration, de morphologie, etc.).

Présentations des méthodes

Le VLF utilise la capacité du corps minéralisé à créer un champ électromagnétique secondaire sous l'effet d'un champ magnétique primaire. On mesure la résultante des deux champs. La position dans le sol du corps minéralisé peut être donnée par le point d'inflexion de la courbe de mesure.

Le magnétisme se base sur la susceptibilité magnétique des matériaux. L'appareillage mesure le champ magnétique total, somme du champ magnétique terrestre (Val Morobbia, champ moyen: ~46'800 nanotesla), du champ local (lui-même résultante des composantes des roches et celles de la minéralisation) et du champ externe (orages magnétiques solaires et variations diurnes). La position du corps minéralisé dans le sol est donnée par le point d'inflexion de la courbe de mesure.

La polarisation spontanée mesure des courants électriques faibles, de surface, générés spontanément lors de l'oxydoréduction de minéralisations métallifères. A celles-ci sont souvent associées des passées graphiteuses provoquant le même phénomène, mais souvent plus intense. Une troisième cause de courant spontané est la circulation d'eau dans la couverture végétale (électrofiltration). La position du corps minéralisé dans le sol est donnée par le pic de déflexion de la courbe de mesure.

La méthode électrique de résistivité injecte dans le terrain un courant artificiel avec mesures en surface des potentiels électriques. Le passage du courant dans le terrain est fonction de la résistivité électrique des terrains traversés. La résistivité apparente des différents terrains est déduite par la loi d'Ohm généralisée. La position dans le sol du corps minéralisé peut être donnée par la position minimum de résistivité de la courbe de mesure.

Mode d'acquisition des données

Des profils de mesures ont été mis en œuvre, plus ou moins horizontaux et perpendiculaires à l'orientation présumée de la minéralisation filonienne.

Résultats

Lorsque les profils possèdent un point d'inflexion, il est unique et net, positionné, lorsque la minéralisation est visible, effectivement à l'aplomb de celle-ci (profil 0). Ces points d'inflexion dessinent la direction de la minéralisation, qui semble se terminer vers le haut (fin de l'anomalie VLF, profil 5), mais se prolonger vers le bas, de manière conséquente (anomalie d'intensité et d'amplitude fortes, profils 7 à 10).

Le profil 6, de reconnaissance, suppose une seconde anomalie au sud (prolongation des corps minéralisés de l'Alp Pisciarotto?).

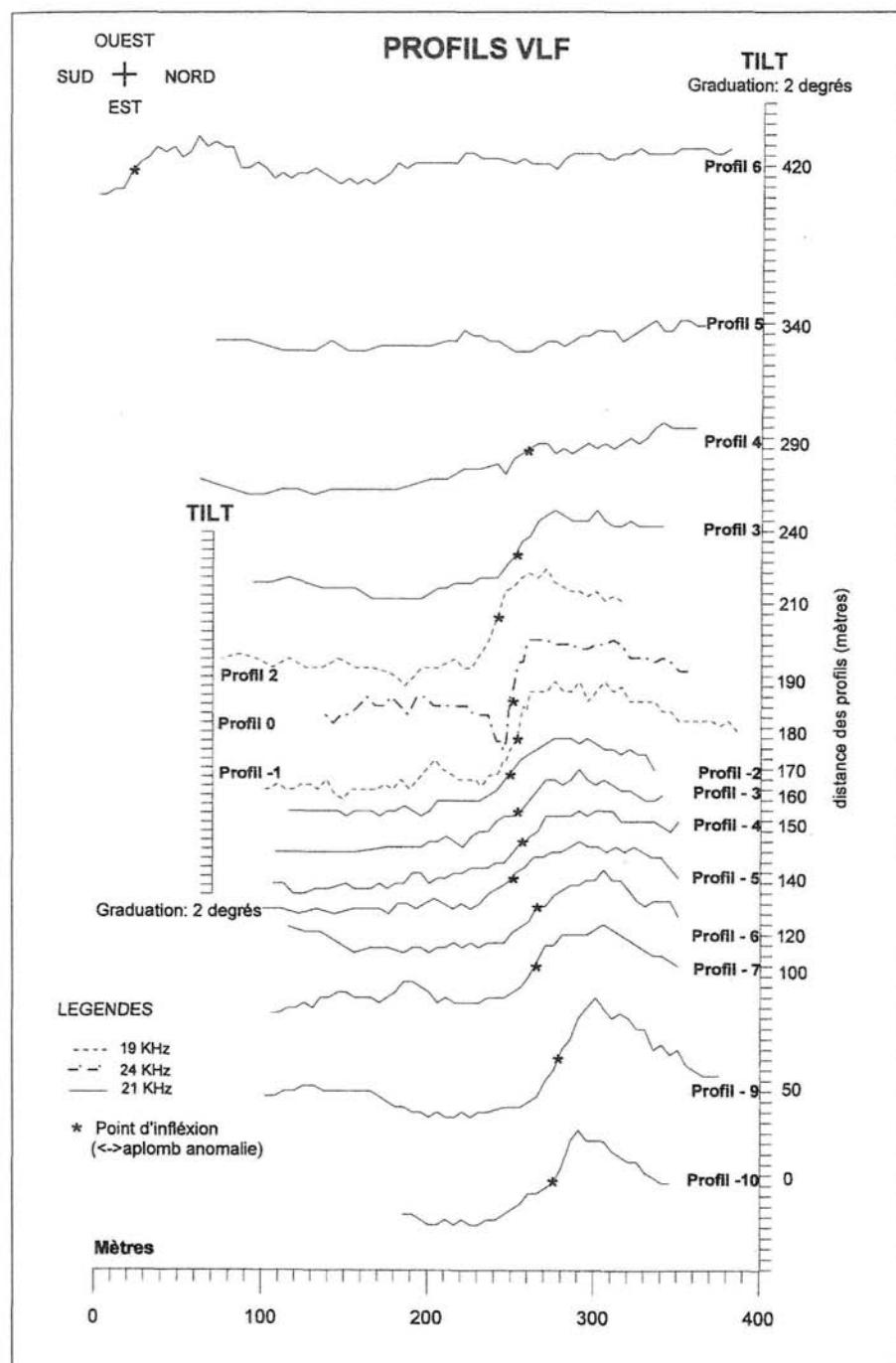


Fig. 1: Electromagnétisme (VLF)

PROFILS PS

OUEST
SUD + NORD
EST

Légende

Petits axes verticaux en mV

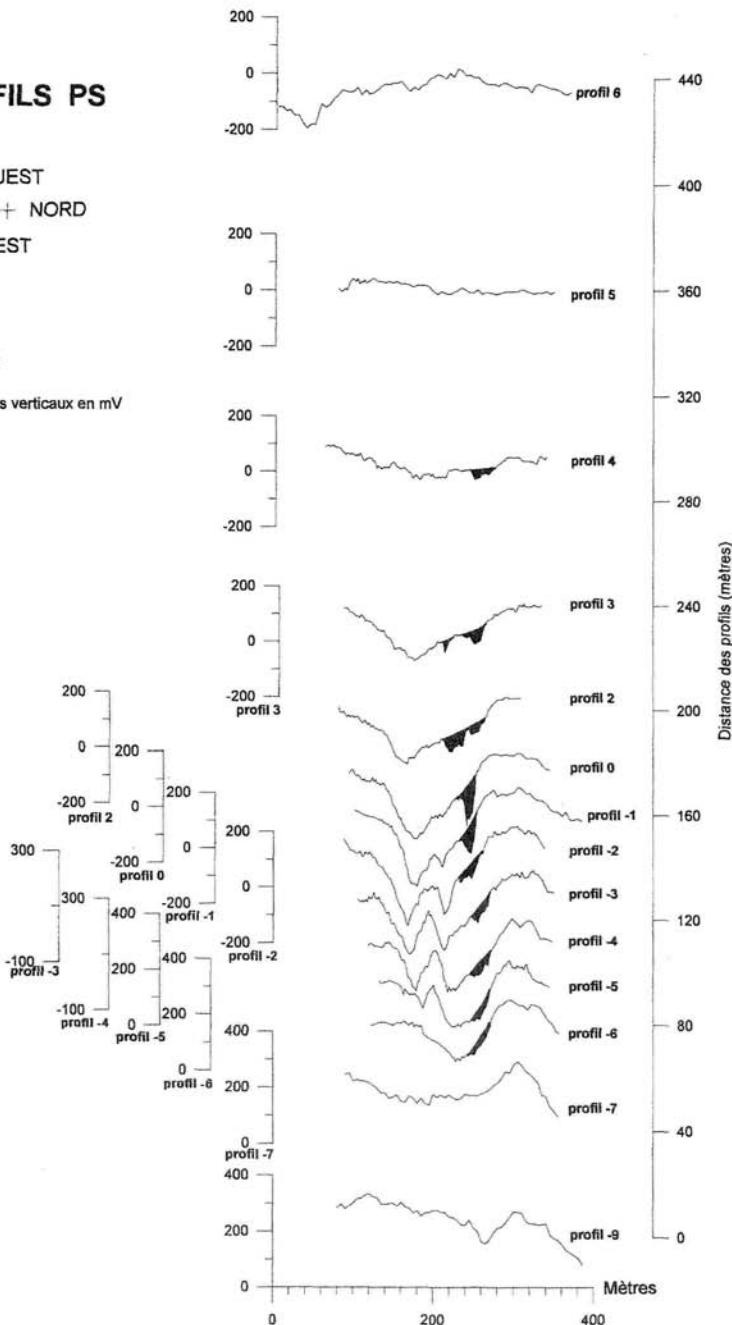


Fig. 2: Polarisation spontanée (PS)

Magnétisme (MAG)

Les profils magnétiques présentent une très forte variabilité morphologique et ne correspondent pas à une anomalie théorique simple. Néanmoins, des anomalies sont constatées, soit à l'aplomb de la minéralisation lorsque celle-ci affleure, soit dans son prolongement est-ouest. D'autres anomalies de faible extension apparaissent en dehors de la zone minéralisée connue, dans l'éboulis situé sous l'Alp Pisciarotto, anomalies vraisemblablement provoquées par des blocs superficiels, minéralisés. La minéralisation semble cernée par les profils 3 et -9 (au delà, les anomalies disparaissent), avec entre deux, des zones sans anomalies, ce qui pourrait indiquer soit un aspect lenticulaire du filon, soit l'absence locale de minerai suite à son exploitation.

Deux anomalies de grandes amplitude et intensité, l'une dite «sud», l'autre «nord» (dont on n'observe que le début sur les profils) ont été mis en évidence. L'anomalie «sud» contient, suivant les profils, jusqu'à trois anomalies secondaires, dénommées «de gauche», «centrale» et «de droite». Le profil 0, passant sur la zone affleurante de la minéralisation, permet de l'associer à l'anomalie secondaire «de droite» (soulignée en noir sur le graphe), bien distincte, qui se retrouve dans les profils 4 à -6. Les profils 5 et -7 semblent donc encadrer la minéralisation.

L'anomalie primaire «sud» pourrait provenir de la présence de graphite disséminé dans la roche encaissante (anomalie d'ailleurs également limitée vers le haut par le profil 5).

Les anomalies secondaires «de gauche» et «centrale» sont partiellement incomprises. Il ne s'agit vraisemblablement pas d'une réponse à une minéralisation, puisqu'elles n'ont pas d'équivalent dans les autres méthodes (VLF, MAG, pôle-pôle): s'agit-il de passées graphiteuses plus concentrées? D'électrofiltration localement intense?

L'anomalie «nord» n'est pas discutée (électrofiltration, graphite?)

Résistivité électrique (pôle-pôle)

Les quelques profils effectués présentent au droit de la minéralisation une anomalie marquée. L'absence de celle-ci au niveau du profil -9 indiquerait la fin de la minéralisation vers le bas.

Conclusion

Les quatre méthodes géophysiques ont reconnu la minéralisation, dont l'extension – depuis la zone affleurante – peu désormais être partiellement envisagée. En direction de la partie supérieure du terrain, la minéralisation s'arrêterait environ au niveau du profil 5. Vers le bas du terrain, les méthodes ne sont apparemment pas univoques: soit arrêt au niveau des profils -7/-9 (MAG, PS, électricité), soit continuation (VLF). Cela pourrait indiquer la continuation de la minéralisation au delà du profil -9, mais alors à plus grande profondeur.

Aucune autre minéralisation proche n'a été découverte, suite à l'absence d'autre anomalie significative et concordante entre les quatre méthodes.

La morphologie du filon pourrait être, d'après le magnétisme, plutôt discontinue. La présence de graphite semble très probable (réponse PS intense mais absence d'anomalie correspondante des autres méthodes). L'hypothèse d'une mise en place de la minéralisation en lien avec le graphite paraît justifiée, tout comme il l'a été fait pour d'autres gisements alpins, tels Astano, TI (Gex, 1990), Kaltenberg, VS (Gex, 1981), Salanfe, VS (Woodtli et al., 1987) et Goppenstein, VS (Morel, 1978).

BIBLIOGRAPHIE

- CUCHET S. (1995): Etude géophysique de minéralisations à pyrrhotite du Val Morobbia, Tessin, Suisse. Dipl. Uni. Lausanne, inédit, 65 p.
- GEX P. (1990): Etude par polarisation spontanée du gisement aurifère d'Astano (Malcantone, Tessin). Bull. Soc. Vaud. Sc. Nat. 80.1: p. 99-112.
- GEX P. (1981): Etude géophysique des environs de Kaltenberg (Valais) par polarisation spontanée, magnétisme et électromagnétisme. Eclogae geol. Helv. 74, p. 207-16
- WOODTLI R., JAFFE F., RAUMER von J. (1987): Prospection minière en Valais: le projet Uromine.
- MOREL F. (1978): L'extension du filon Pb-Zn de Goppenstein (Valais, Suisse). Contribution à son étude géophysique et géochimique. Matér. Géol. Suisse, Sér. Géotech., Vol. 57, p. 1-92.

Adresse de l'auteur: Stéphane Cuchet
rue du Jura 5
1023 Crissier

Il distretto minerario del Malcantone

Riassunto

Le mineralizzazioni a sulfuri del Malcantone, regione a cavallo fra Ceresio e Verbania, si trovano nello zoccolo paleozoico delle Alpi meridionali e sono legate ai sistemi fragili di età tardo-paleozoica - alpina. Le tre zone principali si differenziano per le paragenesi predominanti: la zona più interna (Novaggio-Miglieglia-Aranno-Ponte Aranno-Curio) comprende sulfuri di antimonio, associati a galena, sfalerite, calcopirite, oro e barite; la fascia confinante (Monte Mondini, Astano, Lema, Torri) presenta pirite - arsenopirite - pirrotina - calcopirite e, nella zona più esterna, sono presenti giacimenti di ferro, arsenico e rame. La presenza di giacimenti auriferi è nota già alla fine del '700 ma, a seguito di difficoltà politiche, solo dopo i primi decenni del 1800 la coltivazione dei filoni viene affrontata in maniera semi-industriale, pur non uscendo mai da un carattere prevalentemente locale. L'attività mineraria del Malcantone prosegue a fasi alterne fino all'inizio del '900 grazie all'intraprendenza di numerosi operatori, locali e non, fra cui spicca la figura di Vinasco Baglioni, ingegnere minerario operoso ma sfortunato che ha legato il suo nome alle minerie di Miglieglia.

Résumé

Les minéralisations à sulfures du Malcantone, région comprise entre la Lac de Lugano et le Lac Majeur; appartiennent au socle Paléozoïque des Alpes méridionales et sont liées aux systèmes fragiles d'âge tardo-paleozoïque, alpins. Trois zones principales se distinguent par les paragnèses dominantes: la zone la plus à l'intérieur (Novaggio, Miglieglia, Aranno, Ponte Aranno, Curio) comprend des sulfures d'antimoine associés à galène, sfalérite, chalcopyrite or et baryte; la zone extérieure Ouest (Monte Mondini, Astano, Monte Lema, Monte Torri) contient de la pyrite, de l'arsenopyrite, de la pyrrhotine et de la calcopyrite. La zone extérieure Est contient des gisements de fer, d'arsenic et de cuivre. La présence de gisements aurifères était déjà connue vers la fin du XVIII siècle mais, à l'issue de difficultés politiques, seulement après la moitié du XIX siècle l'exploitation des filons se fait d'une façon semi industrielle, même si les entreprises restent cantonées au plan local. L'activité minière du Malcantone se maintient avec difficulté jusqu'au début du XX ème siècle grâce au courage de nombreux opérateurs locaux et étrangers. La figure dominante de ces exploitations reste celle de l'ingénieur minier Vinasco Baglioni, personnage particulier et malchanceux qui a lié son nom aux mines de Miglieglia et à la fonderie de Molinazzo di Monteggio.

Zusammenfassung

Die Sulfid-Vererzungen des Malcantone, der Landschaft zwischen Lugarnersee und Lago Maggiore, liegen im paläozoischen Sockel der Südalpen und sind gebunden an spätpaläozoisch-alpine Bruchsysteme. Die drei Hauptzonen unterscheiden sich durch die vorherrschenden Paragenesen: Die innerste Zone (Novaggio–Miglieglia–Aranno–Ponte–Aranno–Curie) enthält Antimonsulfide, begleitet von Bleigtanz, Zinkblende, Kupferkies (Chalkopyrit), Gold und Baryt; das angrenzende Band (Monte Mondini, Astano, Lema, Torri) weist Pyrit, Arsenkies, Pyrrhotin, Kupferkies, und die äusserste Zone Lager von Eisen, Arsen und Kupfer auf. Goldhaltige Erzlager waren schon gegen Ende des 18. Jahrhunderts bekannt. Wegen politischer Schwierigkeiten wurden diese aber erst in der Mitte des 19. Jahrhunderts in halb-industrieller Weise ausgebeutet und zwar vorwiegend in lokalem Rahmen. Die Bergbautätigkeit im Malcantone setzt sich fort bis anfangs 20. Jahrhundert, dank der Risikobereitschaft zahlreicher einheimischer und fremder Unternehmer, von denen Vinasco Baglioni, ein aktiver aber wenig erfolgreicher Bergbauingenieur hervorsticht. Sein Name ist mit den Minen von Miglielia eng verbunden. (OH).

La regione

La Regione Malcantone è situata nella parte meridionale del Cantone Ticino, a Ovest di Lugano. E' compresa fra il fiume Vedeggio a Est, le rive del lago di Lugano fra Agno e Ponte Tresa, e il corso della Tresa fino a Fornasette a Sud, il confine di Stato con l'Italia fra Fornasette, il Monte Lema e il Monte Pola a Ovest e a Nord dal Monte Gradiccioli ai limiti comunali di Arosio e Bosco Luganese. Il Malcantone è diviso in due parti dal torrente Magliasina che sfocia nel Lago di Lugano fra Magliaso e Castano, formando un grande delta. Il paesaggio è caratterizzato da una serie di colline arrotondate che testimoniano il passaggio dei ghiacciai in epoca quaternaria. Altra caratteristica è la catena montuosa che dal Monte Gradiccioli (1936 m) degrada fino alla Tresa (241 m) passando per il Monte Pola, il Poncione di Breno, il Monte Lema, il Monucco e il Motto Croce. La regione ha una superficie di ca. 85 km² e conta 26 comuni per un totale di ca. 20'000 abitanti.

Geologia

L'area malcantonese appartiene allo Zoccolo pre - varisico delle Alpi meridionali che, in Ticino, affiora fra il versante meridionale della Valle del Ticino e la copertura mesozoica, esposta a sud di Lugano. Il basamento cristallino rappresenta un complesso litologico crostale, che si estende a meridione del lineamento insubrico, fra le Alpi austriache ed il Piemonte.

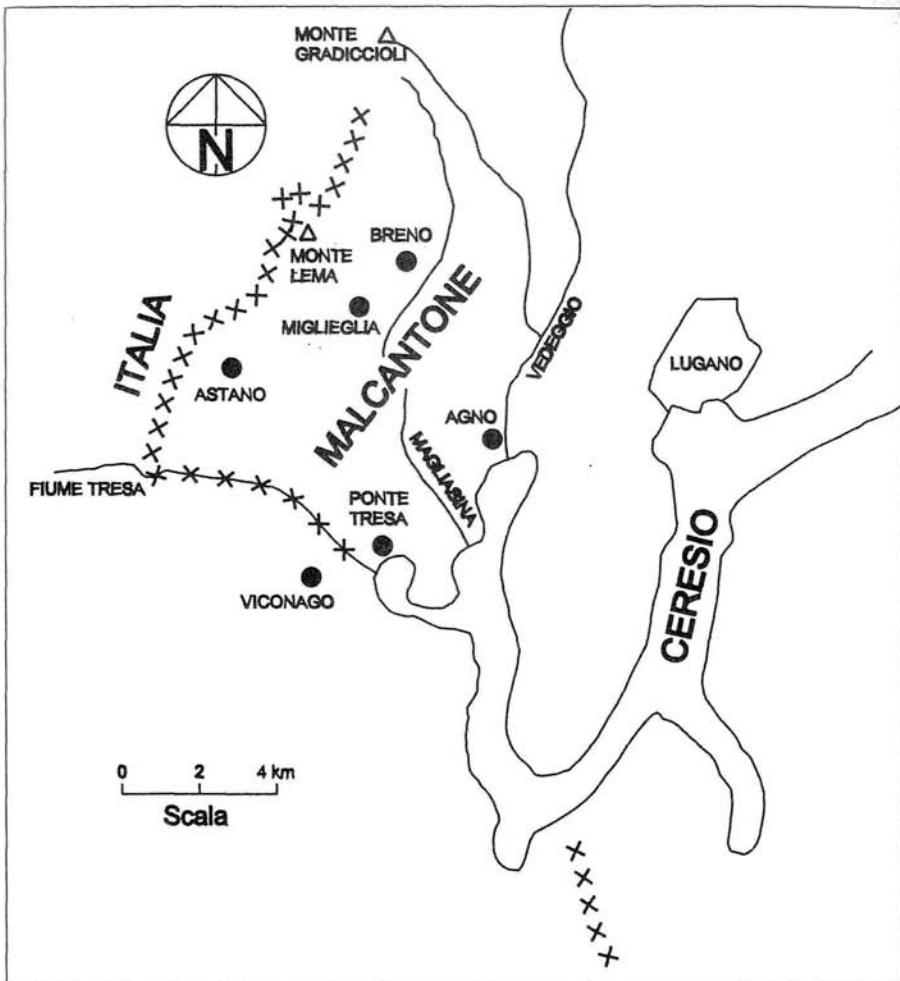


Fig. 1: Estensione geografica del Malcantone.

Lo zoccolo delle Alpi meridionali è formato da due unità tettoniche: la Zona di Ivrea-Verbano e da quella di Strona-Ceneri. La prima, di grado metamorfico medio-alto, rappresenta una porzione di crosta inferiore ed è costituita prevalentemente da derivati basici (gabbri) contenenti corpi ultrabasici e da paragneiss; la seconda, con grado metamorfico medio rappresenta un'unità crostale intermedia-superiore ed è formata da due unità litologiche: una metapelitica intrusa da corpi granitoidi ordoviciani ed una prevalentemente metaarenacea. Il contatto fra le due unità è sottolineato da una fascia di litotipi basici.

Il complesso della Zona di Strona - Ceneri ha avuto origine, fra il Proterozoico ed il Paleozoico inferiore, dallo smantellamento di uno scudo con età di 2-2.5 miliardi di anni e dalla deposizione di sedimenti argilloso-arenacei. Questa sequenza detritica è

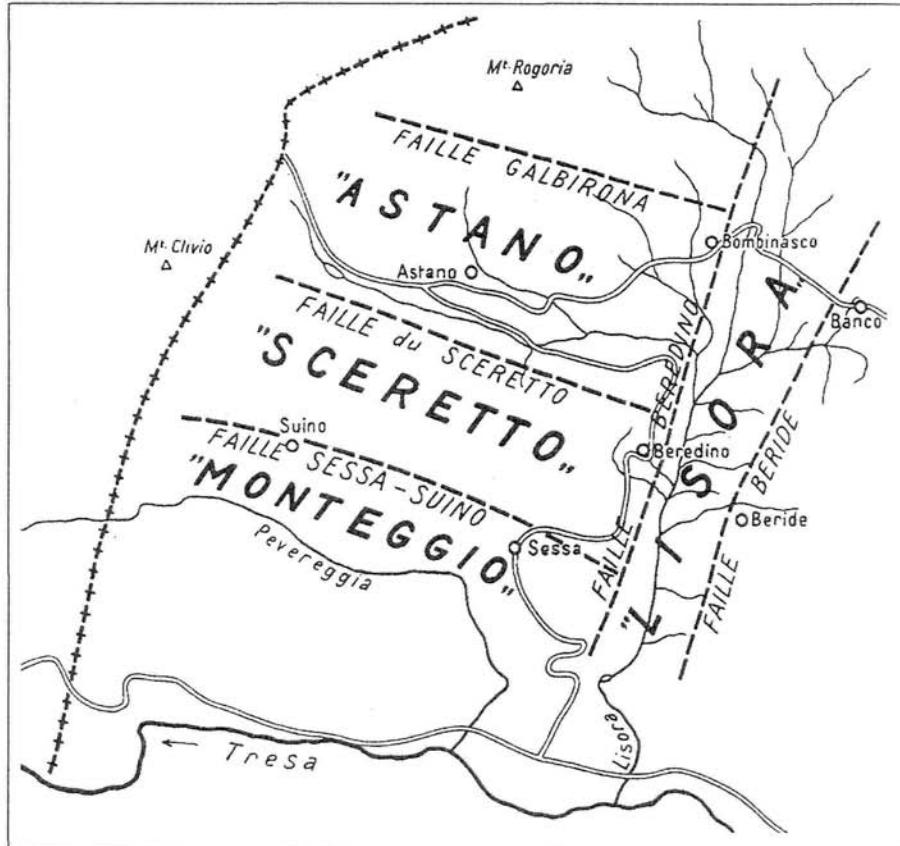


Fig. 2: Carta tettonica della regione di Astano. Da: Du Buis (1933), parzialmente modificata.

stata successivamente metamorfosata e deformata durante un evento tettonico-metamorfico Ordoviciano. Questo evento, di grado anfibolitico, è associato alla messa in posto di corpi intrusivi granitici - granodioritici con età Rb-Sr di 450 Ma. Un successivo evento tettonico-metamorfico tardo paleozoico (Varisico), di grado da anfibolitico agli scisti verdi, ha contribuito alla riorientazione dei contatti litologici ed allo sviluppo di una foliazione pervasiva in tutte le litologie. Una fase tardo - paleozoica è responsabile dello sviluppo di fasce di deformazione duttile in facies degli scisti verdi fra cui, quella della Val Colla, rappresenta l'esempio più significativo nell'area ticinese.

Durante la fase orogenetica alpina lo zoccolo è stato interessato da un'intensa attività tettonica fragile con formazione di una complessa rete di faglie e zone di spinta (SCHUMACHER, 1988). I sedimenti non metamorfizzati di età permo-carbonifera, rappresentati da affioramenti poco estesi con prevalenza di arenaria e conglomerati, sono prevalentemente localizzati lungo le zone di disturbo tettonico.

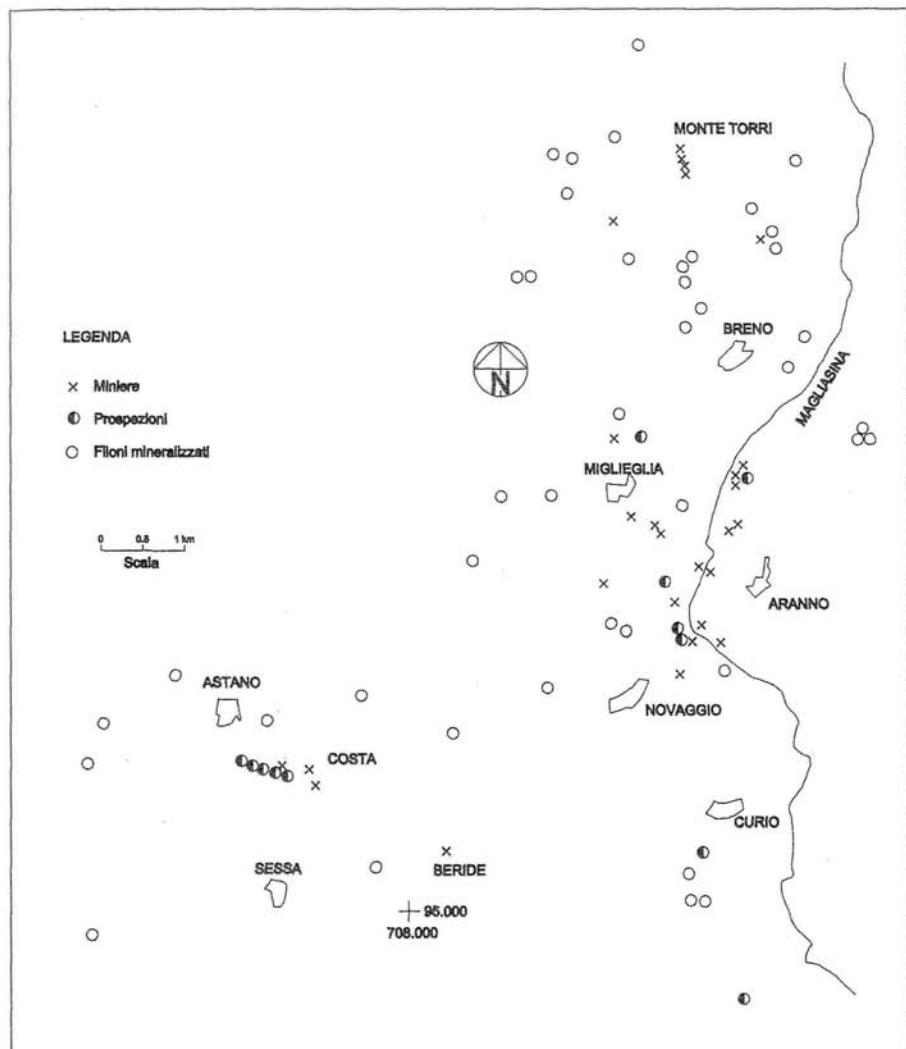


Fig. 3: Riassunto dei principali dati minerari esistenti. Informazioni da DEVINCENTI (1858), KELTERBORN (1923), WENGER et al. (1994), OPPIZZI & VANINI (1995), STEIGER (1997).

Le vulcaniti permiane, che giacciono discordanti sullo zoccolo, sono costituite da grandi masse di rioliti e riocaciti in affioramento soprattutto nella zona meridionale. Il basamento e le vulcaniti permiane sono interessate da un complesso sistema di faglie e di fratture di importanza regionale, generate durante una intensa fase di attività tettonica rigida, in risposta alle fasi evolutive finali dello zoccolo.

La complicata situazione geologica del Malcantone è caratterizzata, nella zona settentrionale, da una complessa tettonica plicativa con assi subverticali („Schlingen“)

e in quella meridionale da una tettonica duttile con numerose interdigitazioni litologiche e strutture plicative, successivamente rimaneggiate da faglie e zone di spinta. I sistemi fragili principali del Malcantone sono orientati N-S fino a NE-SW, con piani molto inclinati a subverticali. Il sovrascorrimento di Arosio - Mugena mette in contatto, lungo una fascia di spinta relativamente estesa e poco inclinata verso N, sedimenti non metamorfizzati di età permiana e vulcaniti o sedimenti silicizzati, con le rocce dello zoccolo pre-varisico in facies anfibolitica. Le mineralizzazioni a solfuri del basamento malcantonese, legate ai sistemi fragili di età tardo-paleozoica - alpina, si differenziano in tre zone principali in relazione alle loro paragenesi (KÖPPEL, 1966). Nella zona più interna sono presenti solfuri di antimonio (tetraedrite, jamesonite, antimonite, antimonio, gudmunite, bournonite, miargirite e pirargirite) associate a galena, sfalerite, calcopirite e oro. Occasionalmente compaiono grandi quantità di barite (Novaggio-Miglieglia-Aranno-Ponte Aranno-Curio). Questa zona confina, a nord, sud e ovest, con una fascia mineralizzata a pirite - arsenopirite - pirrotina - calcopirite. Nella zona più esterna sono presenti giacimenti di ferro, arsenico e rame con presenza occasionale di sfalerite e galena (Monte Mondini, Astano, Lema, Torri). L'oro compare associato a pirite, arsenopirite e calcopirite (Breno), a sfalerite e galena (Astano), in filoni a ganga fluoritica (Miglieglia) e nelle zone ricche in antimonite.

Non vi sono mineralizzazioni ad E della zona con solfuri di antimonio, ma nella parte E di quest'ultima si trova un'area dove sono frequenti vene con quarzo-ankerite-sfalerite-barite e pochi solfuri di antimonio, principalmente rappresentati da jamesonite.

L'evoluzione geologica delle mineralizzazioni del Malcantone è attualmente ancora dibattuta e solo KÖPPEL (1966) ha affrontato il problema rappresentato dalla loro genesi, mediante l'impiego di geotermometri. Secondo questo autore, lo sviluppo delle strutture alle quali sono associate le mineralizzazioni a solfuri, sono di età tardo paleozoica (Carbonifero superiore - Permiano). Indicazioni geotermometriche ricavati dalle coppie arsenopirite - pirrotina, arsenopirite - sfalerite, pirrotina - sfalerite e dalla sfalerite, indicano temperature di formazione comprese tra 200 e 350° C.

Le ricerche

Il relativamente abbondante contenuto di minerali interessanti quali oro, argento e ferro nelle mineralizzazioni malcantonesi, ha impresso una forte spinta nello sfruttamento di vene e filoni, coltivati a più riprese nelle diverse miniere aperte nella regione, dal secolo scorso e all'inizio del novecento.

Oggi una buona parte di queste tracce non è più visibile a causa di smottamenti e della vegetazione che le ha nascoste è anche chiaro che non tutti i filoni e le mineralizzazioni sarebbero stati sfruttabili.

Lo sfruttamento

Per ciò che riguarda lo sfruttamento dei giacimenti minerari, il distretto malcantonese può essere diviso in tre parti distinte:

- la zona Astano - Sessa.
- la zona Novaggio - Miglieglia - Aranno
- la zona del Monte Torri sopra Breno.

Nelle prime due zone prevalgono i filoni a sulfuri contenenti oro e argento, mentre al Monte Torri si trova il filone a limonite, derivante dall'alterazione superficiale di una vena a sulfuri. I filoni della zona Astano - Sessa sono più potenti di quelli del triangolo Novaggio, Miglieglia, Aranno e sono stati oggetto di uno sfruttamento molto più intenso.

Già nel 1785 Giovan Battista Trecini presenta una domanda di sfruttamento al Landfogto Wild. I Cantoni Sovrani, per non meglio precisate ragioni politiche, non accordarono il permesso di intraprendere i lavori (LIEBENAU, 1900). Nel 1803, anno dell'indipendenza del Ticino, il Governo cantonale rifiuta una domanda di sfruttamento presentata da Francis d'Omar che in seguito sarà direttore delle miniere di Viconago, località italiana situata a qualche chilometro di distanza da Ponte Tresa. Nel 1804 il Commissario di Governo di Lugano comunica al Piccolo Consiglio del Cantone Ticino, che alcuni cittadini di Novaggio hanno scoperto delle "ramificazioni d'oro" nel sito Alle Bolle (Astano) e a Tortoglio nel Comune di Breno (SCHNEIDERFRANKEN, 1943).

Nel 1806 alcuni cittadini di Astano e Sessa cominciano a macinare minerali provenienti dai filoni di Astano. I minerali vengono frantumati in piccoli mulini smontabili detti "Piemontesi" perché in uso da tempo nelle valli piemontesi a Sud del Monte Rosa, dove esistono filoni con mineralizzazioni simili a quelle del Malcantone.

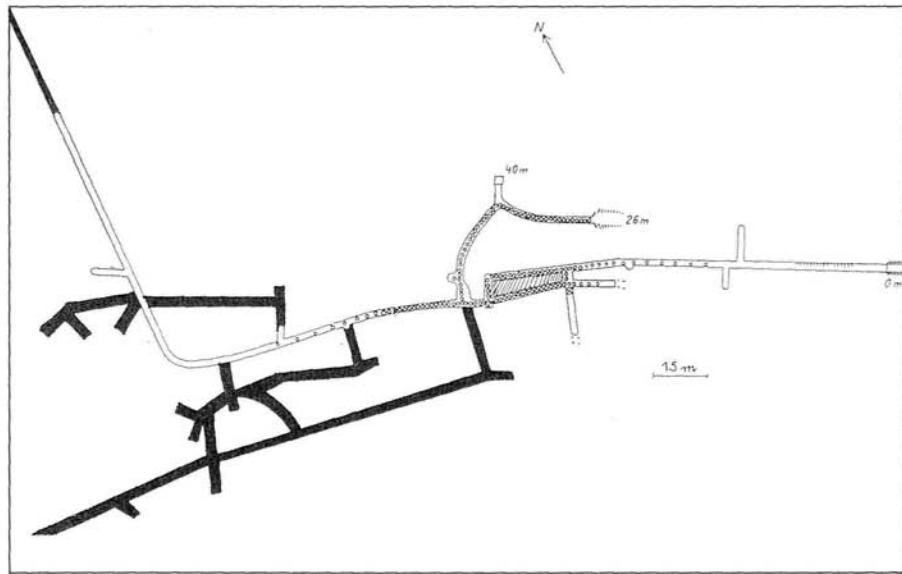


Fig. 4: Piano della miniera "Costa", dall'epoca di Vinasco Baglioni a quella della società "Mines de Costano SA" (in nero nel disegno).

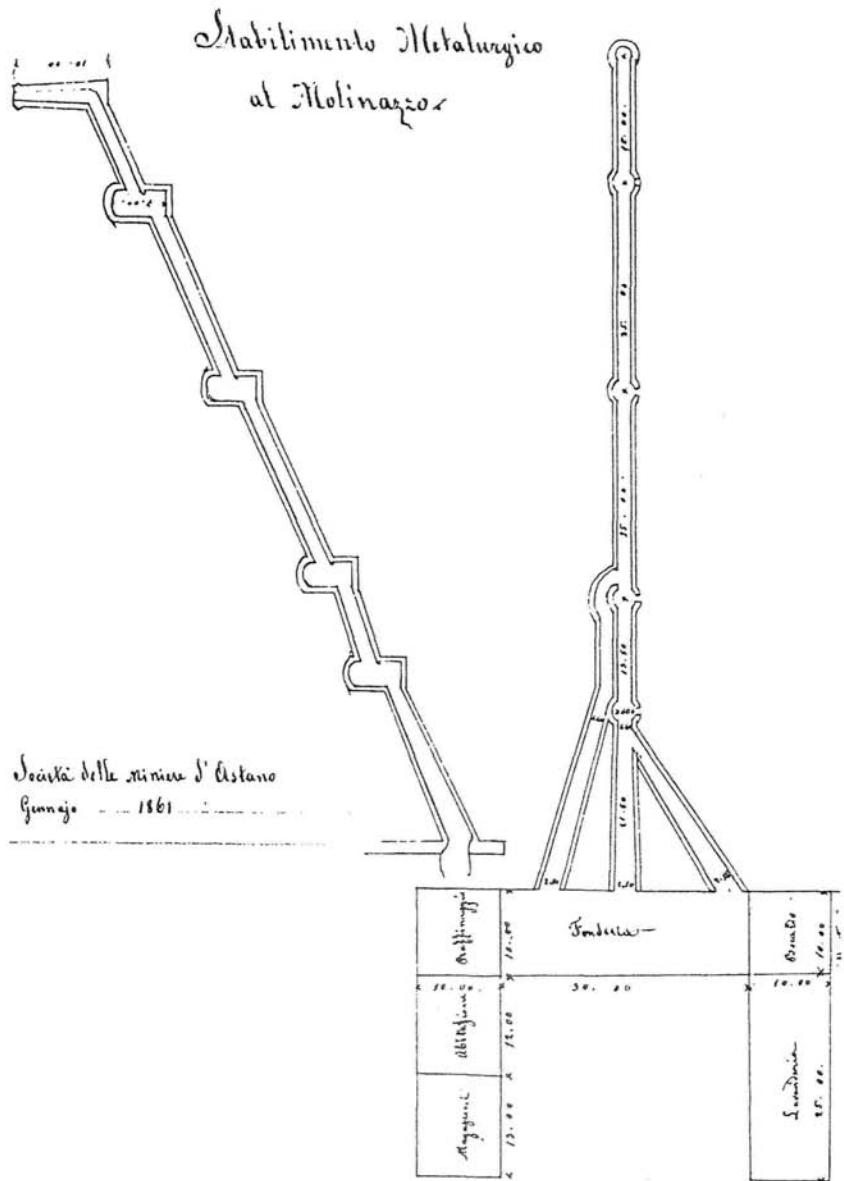


Fig. 5: "Stabilimento Metallurgico al Molinazzo". Tratto da un disegno originale di Vinasco Baglioni.

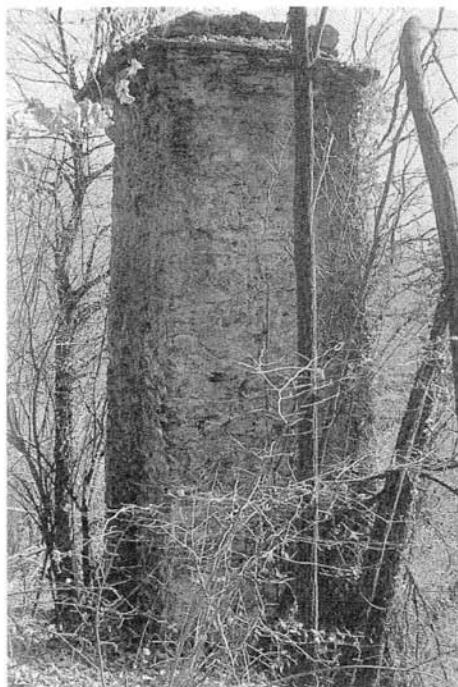


Fig. 6: Il "camino Baglioni" oggi, in località Molinazzo di Monteggio. (Foto. E. Steiger).

re di Astano" e Vinasco Baglioni, ingegnere minerario, inizia i lavori di sfruttamento alla Costa di Sessa e ad Astano, nella località Alle Bolle (SCHNEIDERFRANKEN, op. cit.). In questo periodo vengono fatte scavare dal Baglioni numerose trincee di sondaggio fra la località Alle Bolle e Prati di Là per sincerarsi dell'andamento del filone. Quasi tutte le prospezioni portano a mineralizzazioni ma i quantitativi di minerale, la sua concentrazione in oro e argento e la potenza del filone sono assai variabili.

La miniera Costa aveva due entrate, una superiore e l'altra inferiore ed all'inizio dei lavori i risultati furono soddisfacenti. Il 21 febbraio del 1861 venne inaugurata la fonderia a Molinazzo di Monteggio dove venivano trattati i minerali di Astano e anche quelli di Novaggio, Aranno e Miglieglia (GIANNINI, 1861).

Il minerale era frantumato in frantoi di tipo californiano (bocardi) mossi dall'acqua del vicino torrente Pevereggia. Dopo questa operazione si procedeva all'arrostimento o torrefazione del minerale per liberarlo dallo zolfo e dall'arsenico. I fumi che si liberano durante questa operazione sono tossici e per limitare le immissioni nell'atmosfera il Baglioni fece costruire un camino della lunghezza di circa 80 metri, in parte sotterraneo e in parte adagiato al fianco della collina. Lungo il camino vi erano quattro camere di condensazione dove si raccoglievano zolfo e arsenico. I fumi che uscivano dal forno di torrefazione e dai forni di fusione, lungo il percorso del

Le polveri ottenute venivano probabilmente trattate con mercurio per ottenere l'amalgama oro - argento. E' però anche possibile che le polveri medesime venissero commercializzate senza subire ulteriori trattamenti. Purtroppo non si hanno notizie precise riguardo queste operazioni.

In questo periodo di inizio secolo il Governo ticinese non concesse diritti di sfruttamento anche per "non ingelosire il vicino Stato Italiano".

La prima autorizzazione cantonale viene concessa solo nel 1816 a Antonio Maria Antognini che però non intraprende un lavoro di tipo industriale.

Nel 1828 entra in vigore la prima legge cantonale sulle miniere ma, anche con questo supporto il Cantone, è sempre restio nel concedere autorizzazioni di sfruttamento. Nel 1853 entra in vigore la seconda legge sulle miniere che obbliga la notifica della scoperta e la presentazione di campioni. E' solo nel 1856 che viene costituita la "Società Miniere



Fig. 7: Resti dello stabilimento Baglioni a Molinazzo di Monteggio (foto E. Steiger).

camino, venivano irrorati con acqua che usciva da tubi posti, lungo il camino stesso. Alla fine della condotta si trova il camino vero e proprio che ha una altezza di circa 7 metri, ancora ottimamente conservato anche l'ultimo tratto della condotta fumaria è ancora visibile.

Una volta torrefatto il minerale veniva fuso e si ottenevano dei lingotti piombosi contenenti argento e oro. Per compensare eventuali carenze di piombo, che fungeva da legante, il Baglioni importava della galena argentifera dalle miniere di Besano, presso Porto Ceresio (Italia).

Inizialmente l'operazione finale per ottenere argento e oro non veniva eseguita a Monteggio e attualmente non sappiamo dove ciò avvenisse. È però noto che il Baglioni intendeva ampliare lo stabilimento già nel novembre del 1861, come risulta dal resoconto di una visita effettuata da allievi del Liceo di Lugano. Questo resoconto è apparso sul giornale "Gazzetta Ticinese" del 16 dicembre 1861.

Effettivamente questo ampliamento ebbe luogo poiché in una carta topografica dell'atlante Sigfried del 1925 risultano due aggiunte laterali alla fonderia, che purtroppo non risultano nelle mappe comunali.

Sul terreno l'aggiunta dal lato Ovest è ancora visibile, anche se si tratta di un dirocato, si nota una galleria di adduzione per l'acqua. Oggi della fonderia rimangono solo le due costruzioni laterali, parte della condotta fumaria e il camino.

La miniera di Novaggio era situata in riva al torrente Magliasina una cinquantina di metri a valle del ponte Aranno. Fu sfruttata fra il 1857 e il 1859 e seguiva un filone di galena argentifera e aurifera. Lo sviluppo della galleria era di 60 metri. Verso la fine della prima guerra mondiale i lavori vennero ripresi e a 25 metri dall'entrata venne scavata una galleria laterale che seguiva una vena mineralizzata perpendicolare al filone principale. I risultati furono assai scarsi ed i lavori vennero sospesi (FEHLMANN, 1919). L'entrata di questa galleria è crollata negli anni cinquanta. Le miniere Baglioni e Franz si trovano a Miglieglia lungo il ruscello Gatín che inizia a pochi metri dal paese. I filoni sfruttati erano ad arsenopirite aurifera. Un'analisi effettuata da BURFORD nel 1933 fornì i risultati seguenti: arsenico 27%, oro 12 g e argento 38 g per tonnellata di minerale.



Fig. 8: La miniera Baglioni a Miglieglia. (Foto E. Steiger).

Più a monte delle miniere Baglioni e Franzi venne intrapreso lo scavo di una terza galleria chiamata Gatin, che non diede esito soddisfacente. Oggi questa galleria è completamente crollata.

Questi filoni erano stati notificati al Cantone da Pietro Delmenico di Novaggio nel 1858 e nel 1876 ne cedette i diritti a Vinasco Baglioni. Le miniere Baglioni e Franzi vennero definitivamente abbandonate nel 1894. La miniera Monda è situata ad Aranno in una valletta laterale in sponda sinistra della Magliasina. La coltivazione seguiva un filone a blenda, baritina e antimonite, senza oro né argento, che venne notificato da Marco Botarlini di Sessa nel 1857 e nel 1858 i diritti di sfruttamento passarono al Baglioni ma, data l'assenza dei due metalli preziosi gli scavi vennero abbandonati



Fig. 9: La miniera La Monda con il filone, circa al centro dell'imbocco.
(Foto E. Steiger).

Compradi minerali
Fonderia di Monteggio

e

Miniere annesse

LUGANO (SVIZZERA)



Fig. 10: La carta da lettere intestata della ditta di Vinasco Baglioni.

quasi subito. Fra il 1915 e il 1920, l'Ing. Maselli scoprì nelle immediate vicinanze della miniera un filone di blenda abbastanza interessante. Il contenuto di questo minerale era del 55.3% di zinco e del 27.2% di zolfo. Venne fatto scavare un pozzo della profondità di 8.5 metri per seguire la vena che aveva una potenza di 50 - 60 cm. Non venne intrapresa una attività estrattiva vera e propria e il pozzo venne colmato. La miniera Monda è oggi ancora accessibile senza pericolo, Dopo diverse peripezie finanziarie, nel 1881 la concessione di sfruttamento delle miniere di Astano-- Sessa passò dal Baglioni a Nicolas Lescanne-Perdoux di Parigi che però rimase attivo per un periodo brevissimo.

Nel 1883 Vinasco Baglioni morì nella sua casa a Molinazzo di Monteggio e le attività minerarie cessano definitivamente. La fonderia di Monteggio cadde in rovina e una parte dei macchinari venne venduta; il resto fu saccheggiato durante la prima guerra mondiale e venduto a commercianti di rottami di ferro.

Il Baglioni

La storia delle miniere malcantonesi è strettamente legata all'ingegnere Vinasco Baglioni, promotore intraprendente ma anche sfortunato. La biografia del Baglioni, incompleta e frammentaria descrive un'esistenza avventurosa e un po' spregiudicata:

- 1819 Vinasco Baglioni nasce a Pisogne (Brescia).
- ? Esperienza mineraria in Messico.
- 1852 Attivo a Gondo, miniera della valle di Zwischenbergen, Ancora oggi c'è una miniera che porta il nome di "Galleria Vinasque". Qui attacca anche il filone Camusetta che per ragioni sconosciute abbandona. Solo più tardi, nel 1894, questo filone ripreso dai Maffiola, risulterà essere il più ricco di tutta la zona. E' attivo anche a Siviez, nella valle di Nendaz (VS) dove sfrutta le miniere di galena.
- 1855 Il Conte dal Verme incarica il Baglioni di dirigere le operazioni di Astano.
- 1856 20 marzo. Costituzione della "Società miniere di Astano". Vinasco Baglioni inizia lo scavo delle gallerie Costa e Bolle e scava pure diverse trincee di sondaggio sulla piana di Astano.
- 1857 Abita a Casoro di Barbengo, presso l'avvocato Antonio Maselli. In seguito si trasferisce a Sessa e quindi alla Ressiga di Monteggio.
- 1858 8 gennaio. Rileva una concessione da Marco Botarlíni a Aranno.
- 1858 21 giugno. Rileva una concessione da Deregbus e Zappella a Croglio. L'ingegnere Giuseppe Devincenti di CasteIrotto elabora due mappe dei comprensori malcantonesi dove il Baglioni *"intende esplorar miniere"* e una della zona di Astano e Sessa, all'interno della quale *"gode della privativa per farvi lo studio dell'oro"*.

- 1861 Ottiene una concessione per sfruttare la miniera di scisti bituminosi a Meride. Non inizia i lavori.
- 1861 21 febbraio. Inaugurazione della fonderia di Molinazzo di Monteggio.
- 1865 Ottiene una concessione per lo sfruttamento di tutti i minerali in Vai Schons (GR), i minerali alpini molto probabilmente non gli interessavano, però all'Alp Taspin c'è un filone di galena, pirite, blenda e calcopirite.
- 1869 Fallimento della *Società miniere di Astano*. Fabbricati e macchinari vanno all'asta.
- 1873 20 gennaio. Il Governo accetta la domanda del Conte dal Verme di riacquistare concessioni e impianti.
- 1874 Incidente mortale ai minatori De Marchi e Summermatter.
- 1876 Baglioni assume in proprio la gestione delle miniere di Astano. Pietro Delmenico da Novaggio gli cede le concessioni di Miglieglia e Novaggio. Deve essere domiciliato a Molinazzo di Monteggio.
- 1878 16 ottobre. Riceve la concessione per sfruttare la miniera di Miglieglia. La concessione di sfruttamento a Astano passa a Nicolas Lescanne-Perdoux di Parigi.
- 1883 Vinasco Baglioni muore nella sua casa di Molinazzo.
- 1884 La miniera di Miglieglia Camareé viene definitivamente abbandonata.

Verso il 1910 i fratelli Dubois, di origine francese ma domiciliati a Lugano iniziarono nuovi studi sui minerali del Malcantone. fecero riaprire le gallerie abbandonate da Lescanne-Perdoux, rimisero in ordine gli antichi cantieri ma non iniziarono nessun sfruttamento (DU BOIS, 1931). Agli inizi del 1924 il dott. Antoine Bron, industriale a Ginevra e presidente del Consiglio di Stato ginevrino, si interessò all'affare e inviò l'ing. John A. Burford a studiare i giacimenti sul posto (BURFORD, 1933). Nel 1924 ottenne i permessi di esplorazione e intraprese ad Astano diversi lavori di ricerca che furono abbandonati nel 1926. Nell'estate del 1927, su consiglio del chimico Prof. Duparc dell'Università di Ginevra ed in accordo con il dott. Bron, che era rimasto proprietario della concessione, i fratelli Dubois intrapresero una campagna



Fig. 11: Entrata della miniera La Costa a Sessa, come si presenta oggi.
(Foto E. Steiger).

geologica nella regione, seguita da due altre nell'estate del 1928 e nell'estate del 1929. Nel 1929 e all'inizio del 1930 i Dubois eseguirono a Ginevra, presso il laboratorio di chimica analitica del Prof. Duparc una serie di ricerche chimiche, mineralogiche e tecniche sui campioni di minerali raccolti nel Malcantone. Jean Dubois pubblicherà nel 1931 il suo lavoro di ricerca dal titolo "Les gisements de mispikel aurifères d' Astano (Tessin)". Le ricerche mineralogiche intraprese da J.A Burford vennero pubblicate nel 1933 sotto il titolo "Failles et Minerais du Malcantone(Tessin)". Nel 1933 viene costituita la società "Mines de Costano SA" con sede a Ginevra e capitale francese. Responsabile delle finanze dell'impresa era il dott. Bron che si avvaleva della collaborazione scientifica del Prof. Duparc e del geologo Jean Dubois. Segretario della società e membro del consiglio di amministrazione era l'Avv. Luigi Balestra di Lugano. Nel 1934 la società aveva il diritto di sfruttare le miniere di Astano e Sessa e nel 1935 ottenne anche la concessione per la miniera Alla Costa. A Beredino vennero costruiti gli impianti per il trattamento dei minerali allo scopo di ottenere un concentrato che dopo ulteriore lavorazione nelle officine di Hobokenen in Belgio, avrebbero fornito oro e argento. Gli impianti di Beredino erano costituiti da un frantoio per ridurre il materiale estratto dalla miniera, un mulino a palle per ottenere la polvere di minerale, un impianto di flottazione costituito da numerose vasche e da una vasca di raccolta del concentrato.

Poco sopra l'entrata inferiore della miniera Costa si trovava l'officina con i compressori che garantivano l'afflusso di aria fresca nelle gallerie. In prossimità dei frantoi c'era la cabina di trasformazione dell'energia elettrica. Dalle miniere superiori il



Fig. 12: Impianto di Beredino della società Mines de Costano, nel 1963.
(Foto E. Steiger).

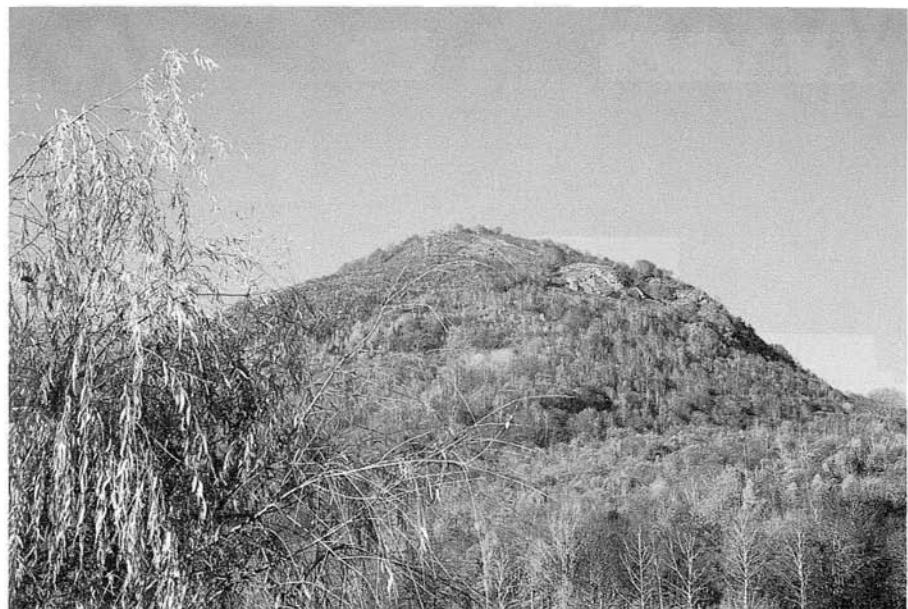


Fig. 13: Il Monte Torri ripreso da Breno. (Foto E. Steiger).

materiale veniva trasportato a Beredino con una teleferica. Nel 1939, con l'inizio della seconda guerra mondiale le attività vengono notevolmente ridotte poiché, nel Belgio occupato, non era più possibile inviare il concentrato per il trattamento finale. In Svizzera non esisteva nessun stabilimento in grado di eseguire queste operazioni. Durante il periodo bellico i lavori di scavo erano ridotti al minimo però vennero sempre eseguiti i lavori di manutenzione degli impianti. Nel 1944, dopo la liberazione di Parigi i lavori di scavo ripresero ma ci si rese subito conto che con le mutate condizioni economiche l'impresa non sarebbe più stata redditizia.

Per alcuni anni ancora si continuò con i lavori di manutenzione, poi, nel 1961, alla problema maggiore consiste nella composizione del minerale stesso e, in particolare, nell'elevata presenza di arsenico che aumenta notevolmente le difficoltà per ogni processo di lavorazione. Nel 1983 una società canadese, la Narex SA ha inoltrato una nuova richiesta di sfruttamento ma la concessione non è stata accordata.

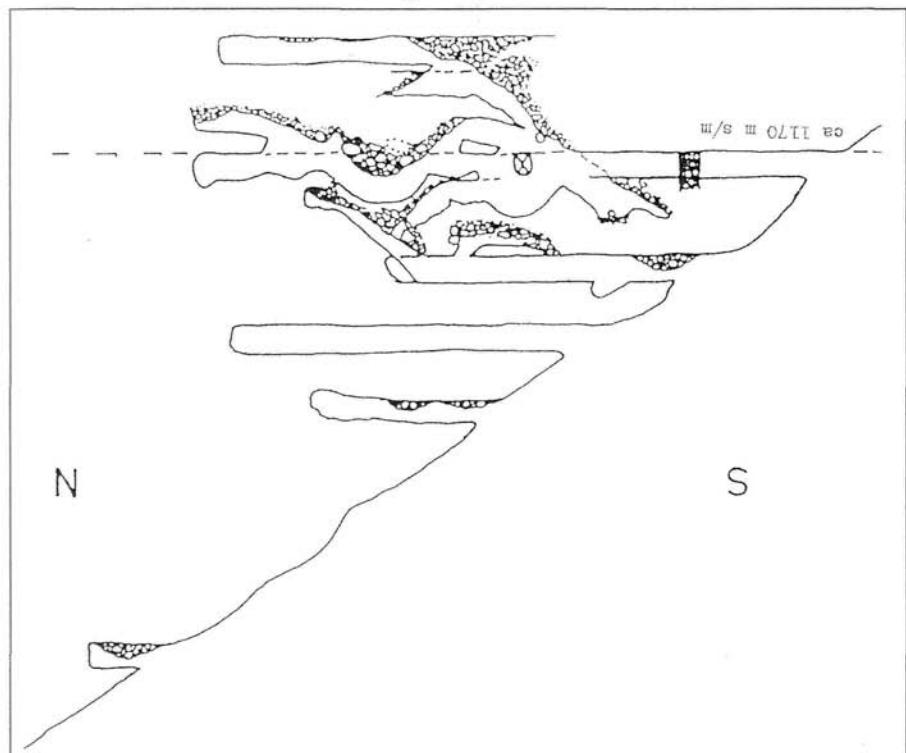
Il ferro del Monte Torri

Il filone del Monte Torri, sopra Fescoggia, è sicuramente il filone più potente del Malcantone. Si tratta di una fessura riempita da quarzo e pirite con la presenza accessoria di arsenopirite, calcopirite e pirrotina. Nel corso del tempo questi minerali in prossimità della superficie si sono trasformati in ossidi ferrosi formando un cappellaccio sfruttabile. Fra i minerali del filone è stata accertata anche una debole presenza di oro e di argento. Su questo giacimento e sul suo sfruttamento le notizie storiche

Fig. 15: Imbocco della galleria no. 4 al Monte Torti. (Foto E. Steiger).



Fig. 14: Le miniere del Monte Torti. Da KRAHNBUHL (1981), modificata.



sono piuttosto scarse e ciò a testimonianza della sua ridotta importanza economica.

Nel 1811 Martino Parini, proprietario di un maglio alla foce della Magliasina, scrisse al Gran Consiglio ticinese chiedendo "... la privativa per la carriera di ferro nel fondo comunale di Breno che potrebbe alimentare il suo negozio" (SCHNEIDER-FRANKEN, op. cit). Nel 1820 la concessione per sfruttare il filone del Monte Torri fu accordata per 20 anni alla ditta Franco Antonio Bianchi di Lugano, a condizione che i lavori "abbiano subito inizio" (ARCHIVIO CANTONALE). La condizione non venne rispettata e il Parini divenne il nuovo concessionario. Nel 1823 Angelo Parini (forse figlio di Martino) della Magliasina e il capitano Girolamo Grossi di Bioggio intrapresero i lavori di sfruttamento, che durarono fino al 1827. L'attività del Monte Torri cessò poi per oltre 30 anni. Nel 1859 il naturalista Luigi Lavizzari, descrivendo la sua escursione del 18 ottobre annotò: "... i filoni metalliferi di Breno sembrano



Fig. 16: Bocca di scarico del forno di arrostimento del Monte Torri. (Foto E. Steiger).

Fig. 17: Il forno di arrostimento del Monte Torri, dopo il restauro del 1998. (Foto E. Steiger).

Fig. 18: Resti dell'altoforno di Vezio, in sponda destra della Magliasina. (Foto E. Steiger).

tropo esigui per alimentare il lavoro di un'officina..” (LAVIZZARI, 1863).

Nel 1862 una compagnia di azionisti franco - tedeschi riprese le attività che durarono fino al 1870 (MAFFERETTI, 1985). Lungo il filone mineralizzato vennero scavate 6 o 7 gallerie una sopra l'altra, delle quali sono attualmente ancora visibili 3 gallerie e un inizio di scavo. L'ultima domanda di scavo, quella del 1943 inoltrata da Egidio Cattaneo, non ha un seguito pratico.

Il minerale ricavato veniva trasportato fino al forno di arrostimento (“regrana”) situato circa 500 m più a valle, lungo il sentiero che da Lot porta all’Alpe Magen. Qui il minerale veniva arrostito su di un fuoco di legna per liberarlo dall’arsenico e dallo zolfo che sarebbero stati di ostacolo al processo fusorio vero e proprio (MAISSE et al., 1996). Dopo il primo trattamento termico il minerale veniva trasportato a Vezio dove, in riva alla Magliasina qualche centinaio di metri a valle del ponte del Busgnone, sorgeva il forno fusorio. Di questa costruzione rimane ben poco: una breve sezione della parte centrale con la parte posteriore della bocca di carico e un canale di drenaggio che originariamente circondava parte del forno. La tipologia del manufatto non è nota ma si suppone non si discostasse molto dal classico altoforno “bergamasco” di cui sembrerebbe riprendere dimensioni e proporzioni.

E’ possibile che una parte delle pietre del forno siano state utilizzate per costruire un mulino, sorto a qualche metro di distanza dal manufatto originario. Il mulino e parte del forno fusorio sono andati distrutti con le alluvioni del 1951.

Il minerale veniva fuso mediante uso di carbone di legna che veniva prodotto abbondantemente nei boschi della regione. La ghisa ottenuta veniva colata in appositi stampi e si ottenevano lastre per camini. Di queste lastre ne esistono ancora due: una a Vezio e una a Mugena. E’ probabile che siano stati fusi anche altri oggetti ma a tale proposito non si hanno notizie. Dato che il Maglio di Aranno è stato costruito nel 1860, è

possibile che qualche pane di ghisa, prodotto durante il secondo periodo di sfruttamento (1862-1870), sia finito ad Aranno dove si fabbricavano oggetti di uso comune come falci, zappe e pale. Il forno di arrostimento di Fescoggia ha subito un restauro conservativo nel 1998.

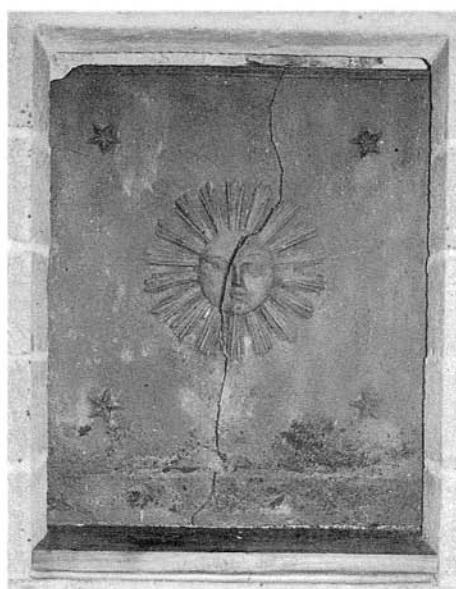


Fig. 19: Una delle due lastre in ghisa prodotta con il minerale del Monte Torri. Si tratta dell'esemplare di Vezio. (Foto E. Steiger).

Bibliografia

- AA.VV. (1984): Registro delle scoperte e delle miniere del Cantone Ticino. Museo di Storia Naturale, Lugano.
- BALLANTI, D. (1994): Alla scoperta delle miniere. Corriere del Ticino.
- BAZZURRI, A. (1989): Le miniere del Malcantone. Ed. Credito Svizzero per la Cultura, Lugano, 1-7.
- BERTOLIATTI, F. (1986): Profilo storico di Sessa. Edizioni Arktos: 1-165.
- BIANCONI, G. (1969): Il maglio di Aranno. Il Nostro Paese 74-75, 50-56.
- ENTE TURISTICO MALCANTONE (1998): Maglio di Aranno. Mostra permanente „Il ferro e l’oro“
- FEHLMANN, H. (1919): Der Schweizerische Bergbau während des Weltkrieges Bern: 1-316.
- GRÄTER, P. (1951): Geologie und Petrographie des Malcantone (südliches Tessin). Schweiz. mineral. petrogr. Mitt. 31/2, 361-483.
- KELTERBORN, P. (1923): Geologische und petrographische Untersuchungen im Malcantone (Tessin). Verh. Natf. Ges. Basel 34, 128-232.
- KRÄHENBÜHL, H. (1981): Der frühere Erzabbau im Malcantone. Bergknappe 5/1, 2-9.
- KRÄHENBÜHL, H. (1985): Erzabbau im Malcantone. Auszug aus dem Artikel „Der frühere Erzabbau im Malcantone“ erschienen im Bergknappe 15.1.1981. Minaria Helvetica 5, 13-17.
- KÖPPEL, V. (1966): Die Verzungen im insubrischen Kristallin des Malcantone (Tessin) und geotermometrische Untersuchungen in Arsenkies-Zinkblende, Arsenkies-Magnetkies und Magnetkies-Zinkblende führenden Paragenesen. Beitr. Geol. Schweiz, Geotechn. Serie 40, 1-123.
- LAVIZZARI, L. (1863): Escursioni nel cantone Ticino. Lugano, 1-978.
- LIEBENHAU T. DI (1900): Per una storia delle miniere nel Ticino. Boll. Storico della Svizzera italiana, 11-12: 136-138.
- LAURERI, S (1985): Histoire des Mines de Costano. Minaria Helvetica 5.
- LOCATELLI, R. (1999): Malcantone, California del Ticino. Rivista di Lugano, LXI/17.
- LURATI, C. (1858): Le sorgenti solforose di Stabio, le acque ferruginose del S. Bernardino e le altre fonti minerali della Svizzera italiana col quadro mineralogico della stessa. Lugano: 1-277.
- MAFFERETTI, N. (1985): Le miniere di ferro sul Monte Torri. Almanacco Malcantonese 44, 69-70.
- MEISSER N., OPPIZZI P., STEIGER E. & VANINI F. (1996): L’attività siderurgica del Monte Torri: ricerche mineralogiche nelle scorie. Geologia Insubrica 1/1+2: 53-63
- OPPIZZI, P. (1995): Tettonica e metamorfismo nella parte centrale del settore W dello zoccolo pre-varisico delle Alpi meridionali. Diss UNI Losanna, 1-394.
- REINHARD, M. (1964): Über das Grundgebirge des Sottoceneri im Süd-Tessin und die darin auftretenden Ganggesteine. Beiträge zur geologischen Karte der Schweiz, N.F. 117, 1-89.
- SCHNEIDERFRANKEN, I. (1943): Ricchezze del suolo ticinese. Studio economico sullo sfruttamento delle pietre da costruzioni e delle materie prime minerali. Istituto editoriale ticinese, Bellinzona, 1-215.
- SCHMUTZ, L., GRÄSER, S., EICHEN, R., STÖKLIN, D., RÜEGG, H.R. & DÜGGELIN, M. (1982): Kupfer - Sekundärminerale aus der Schweiz, Teil II. Urner Mineralienfreund 2, 29-56.
- SCHMUTZ, L., BACHMANN, A., EICHIN, R., RÜEGG, H.R., & VOGEL, C. (1986): Antimon-Minerale aus dem Malcantone. Schweizer Strahler 20/6, 249-289.

- SCHUMACHER, M. (1990): Alpine basement thrust in the eastern Seengebirge, Southern Alps (Italy/Switzerland). *Eclogae Geol. Helv.* 83, 645-663.
- STAFFIERI, G.M. (1985): Malcantone. Testimonianze culturali nei comuni malcantonesi. Lugano-Agno, 1-118.
- STEIGER, E. & LOCATELLI, R. (1999): Malcantone, California del Ticino. *Rivista di Lugano* no. 17: 6-13.
- WENGER, C., STEIGER, R. & BIANCONI, F. (1994): Carta delle materie prime minerali della Svizzera. Note esplicative. Commissione geotecnica svizzera, 1-107.

Indirizzo del autore: Elio Steiger
Colombra
6852 Genestrerio

Dr. Paolo Oppizzi
San Rocco
6872 Salorino

Museo cantonale di storia naturale
Viale Cattaneo 4
6900 Lugano

*Markus Felber e Vincent Grandgirard,
a nome del Gruppo di Lavoro per la Protezione dei Geotopi in Svizzera*

Miniere e giacimenti minerari nell'inventario dei geotopi di importanza nazionale

Riassunto

L'inventario dei geotopi di importanza nazionale, realizzato dal Gruppo di lavoro dell'Accademia Svizzera di Scienze Naturali, comprende poco più di 400 oggetti, di cui 33 geotopi a carattere minerario. Alla complessa definizione dei geotopi di questo tipo non concorrono solo aspetti legati alle Scienze della Terra (geologia, petrografia, morfologia, mineralogia) ma pure e soprattutto componenti di ordine storico-archeologico e socio-economico. I geotopi a carattere geo-minerario elencati nell'inventario nazionale risultano essere, nella maggior parte dei casi, già valorizzati didatticamente e turisticamente grazie a iniziative locali.

Zusammenfassung

Das Inventar der Geotope nationaler Bedeutung, erstellt von der Arbeitsgruppe Geotopschutz Schweiz der SANW, beinhaltet 400 Objekte; davon sind 33 Geotope von bergbaulichem Interesse. Zur komplexen Bestimmung von Geotopen dieser Art trägt nicht nur eine Bewertung der erdwissenschaftlichen Komponenten (Geologie, Morphologie, Petrographie, Mineralogie) bei, sondern auch die geo-historischen, sozio-ökonomischen sowie archäologischen Aspekte. Die im Inventar aufgenommenen Geotopen von historisch-bergbaulichem Interesse sind in den meisten Fällen schon heute touristisch und didaktisch bewertet. (OH).

Résumé

L'inventaire des géotopes d'importance nationale, réalisé par le Groupe de travail pour la protection des géotopes de l'Académie suisse des sciences naturelles, recense plus de 400 objets, parmi lesquels 33 géotopes "miniers". Les géotopes de ce type sont particulièrement complexes. Ils sont en effet définis à la fois par des caractéristiques propres aux sciences de la Terre (géologiques, pétrographiques, minéralogiques, géomorphologiques) et (surtout!) par leurs composantes historiques ou archéologiques et socio-économiques. Pour la plupart, les géotopes "miniers" inventoriés ont fait l'objet d'une mise en valeur didactique ou touristique au niveau local ou régional.

Introduzione

La realizzazione di un *Inventario dei geotopi di importanza nazionale* rientra nella variegata attività promossa dal *Gruppo di Lavoro per la Protezione dei Geotopi in Svizzera*, costituito tra la fine del 1993 e l'inizio del 1994 sotto l'egida dell'Accademia Svizzera di Scienze Naturali. La redazione di un primo inventario è stato svolto in forma collettiva da parte del Gruppo di lavoro e con la partecipazione di un centinaio di collaboratori esterni che hanno segnalato geotopi degni di essere inclusi in un inventario, seppur formale, di oggetti di importanza nazionale. Gli autori riferiscono quindi a nome del Gruppo di Lavoro.

L'inventario svizzero comprende 401 oggetti o aree di particolare interesse geologico, geomorfologico, petrografico, paleontologico, mineralogico, geominerario, idrogeologico e geostorico, valutati da un gruppo di esperti provenienti dai più disparati campi di attività: università e istituti di ricerca, amministrazioni cantonali e federale, protezione dell'ambiente e pianificazione, musei e dal settore del libero professionismo.

L'elenco dei geotopi di importanza nazionale non ha comunque pretesa di completezza ed ha i seguenti obiettivi:

- sensibilizzare l'opinione pubblica al riguardo del concetto di geotopo, dell'importanza e della necessità di una loro protezione,
- la messa a disposizione degli ambienti interessati (ad esempio le amministrazioni cantonali) di un inventario per l'adozione di specifiche misure di gestione,
- la proposta di un preciso punto di riferimento per la discussione di nuovi disposti giuridici che possano contribuire alla realizzazione, in tempi brevi, di un inventario federale sistematico e vincolante.

Definizione di Geotopo

I geotopi sono porzioni limitate della geosfera di particolare significato geologico, geomorfologico o geocologico. Essi rappresentano importanti testimonianze della storia della Terra e consentono di comprendere l'evoluzione del paesaggio. Geotopi statici sono considerati quelli nei quali i processi di formazione sono conclusi; se essi sono invece ancora in corso, si parla di geotopi attivi. I geotopi devono essere conservati per le generazioni future. Essi vanno protetti contro ogni intervento che possa comprometterne la sostanza, la struttura, la forma e l'evoluzione naturale.

La protezione dei Geotopi

Le zone di protezione di geotopi sono aree operative nelle quali sono in vigore o sono previste norme o misure per la conservazione o la gestione di geotopi. Queste zone si fondano su inventari e devono essere stabilite e garantite attraverso procedure pianificatorie. L'inserimento di zone di protezione di geotopi nei documenti pianificatori come piani direttori, piani regolatori ecc. testimonia che la conservazione dei geotopi ha, oltre a quello puramente scientifico, anche un interesse pubblico ampiamente riconosciuto.

(Strasser et al. 1995)

Acquisizione dei dati

L'inventario fa seguito al *Rapporto strategico sulla protezione dei geotopi in Svizzera* (Strasser et al. 1995), nel quale sono stati evidenziati la necessità sia di un inventario sia di migliori disposti legislativi. L'allestimento dell'inventario ha richiesto due anni di lavoro ed è stato realizzato in diverse tappe:

- la preparazione di un formulario di inchiesta finalizzato alla raccolta di proposte di geotopi,
- l'invio dei formulari a tutti gli ambienti interessati e sensibili alla protezione della natura: amministrazioni cantonali e federale, associazioni protezionistiche nel campo delle scienze della Terra, società scientifiche, docenti e ricercatori nell'ambito universitario e non, geologi professionisti, musei ecc. (sono stati inviati 1000 formulari fra singole persone e enti pubblici o privati),
- la raccolta di circa 700 proposte e loro elaborazione elettronica presso l'Istituto di Geografia dell'Università di Friborgo,
- una prima valutazione, da parte del *Gruppo di lavoro per la protezione dei Geotopi in Svizzera*, delle proposte ricevute e la scelta di circa 400 geotopi di importanza nazionale,
- la verifica critica dell'elenco provvisorio da parte di tutti i partecipanti all'inchiesta e da parte delle amministrazioni cantonali e federale,
- l'aggiornamento dell'inventario, tenendo conto di nuove proposte (circa 150) e relative correzioni,
- la raccolta di dati minimi per l'allestimento del documento finale (indicazione e denominazione del geotopo, descrizione delle sue principali peculiarità naturalistiche, coordinate indicative, ecc.) e redazione per il simposio ASSN/SANW di Airolo di una prima lista di geotopi di importanza nazionale,
- raccolta ed esame di nuovi suggerimenti e proposte di correzione, allestimento dell'inventario definitivo in vista della sua pubblicazione.
- pubblicazione dell'Inventario dei geotopi di importanza nazionale nel fascicolo degli Atti del Simpsio SANW/ASSN di Airolo (GEOLOGICA INSUBRICA, 4/1, 1999).

Valutazione dei geotopi

La scelta dei geotopi è avvenuta tenendo conto di vari, seppure diversificati criteri di valutazione già applicati ed in uso in altre nazioni al riguardo dei geotopi (Lagally et al. 1993, Nature Conservancy Council 1991); criteri, poi, in parte rielaborati, uniformati e proposti dal Gruppo di Lavoro per la Protezione dei Geotopi in Svizzera (Strasser et al. 1995; Grandgirard, 1997). Gli elementi di valutazione considerati nel nostro caso per una, il più possibile oggettiva valutazione dei geotopi geo-minerari di importanza nazionale, sono i seguenti: **la rarità, la completezza** (il geotopo come insieme di fenomeni complessi che si presenta di regola con tutta una serie di manifestazioni di accompagnamento), **la rappresentatività o l'esemplarità** (quale testimonianza ad esempio di un particolare periodo geologico, di un particolare aspetto morfologico), **lo stato di conservazione e la naturalità** (che considera sia le altera-

zioni naturali sia gli interventi antropici, tenuto conto comunque che l'uomo può contribuire in modo determinante all'apertura di affioramenti, ad es. tramite cave), il **valore scientifico** (cioè l'importanza che un determinato sito riveste non tanto per un pubblico più vasto, ma piuttosto, e a titolo di esempio, per la comprensione di complessi fenomeni a livello scientifico), la **località-tipo o il profilo-tipo** (che si riferiscono a serie geologiche tipiche e note nella letteratura nazionale ed internazionale come affioramenti di riferimento), la **minaccia** (cioè il grado di distruzione o di importante modifica incombente su un singolo oggetto), il **significato storico-culturale** (che tiene conto della valenza dell'oggetto come testimonianza storica e archeologica di una ben precisa attività estrattiva o di coltivazione mineraria strettamente connesse all'attività socio-economica di un determinato periodo), la **visibilità, l'accessibilità, la localizzazione geografica e il valore didattico** (dal livello elementare a quello universitario).

Risultati: *l'Inventario dei geotopi di importanza nazionale*

L'inventario dei geotopi di importanza nazionale recensisce 401 oggetti uniformemente ripartiti sul territorio svizzero (Fig. 1) ed è rappresentativa dei molteplici e complessi aspetti delle Scienze della Terra in Svizzera.

Se da un lato la procedura ed i mezzi utilizzati non permettono la redazione di un inventario esaustivo (susceptibile quindi di adattamenti e di correzioni), dall'altro, gli obiettivi prefissati sono comunque stati raggiunti, suscitando innanzitutto una importante riflessione e discussione negli ambienti coinvolti e interessati ed in particolare fra le amministrazioni cantonali e federale. Numerosi sono infatti i Cantoni che proprio in questi anni si sono dotati o hanno dato avvio ad un inventario cantonale dei geotopi. Inoltre *l'Ufficio federale per l'ambiente, le foreste e il paesaggio*, unitamente al *Servizio idrologico e geologico nazionale*, hanno costituito di recente un nuovo gruppo di lavoro allo scopo di riprendere i lavori sin qui svolti, soprattutto in vista di un inventario "ufficiale" e di fornire indicazioni più precise al riguardo degli aspetti legislativi nel campo dei geotopi. Infine, la raccolta di dati e l'allestimento di un primo inventario ha permesso al *Gruppo di lavoro per la protezione* di accrescere la propria presenza in seno agli organi di informazione nazionali, che hanno dato ampio spazio a questa iniziativa, presentata in occasione del *Simposio Geotopi* svoltosi ad Airolo nell'ambito della 178. assemblea dell'Accademia Svizzera di Scienze Naturali (ASSN/SANW) svoltasi il 26 ed il 27 settembre 1998.

I singoli geotopi a carattere minerario, geo-minerario, storico-minerario, archeologico-industriale che sono di particolare interesse per le scienze della Terra figurano nella tabella annessa (Fig. 2). L'inventario definitivo e completo, proposto dal *Gruppo di Lavoro per la protezione dei geotopi in Svizzera*, verrà pubblicato a ottobre 1999, negli Atti del Simposio ASSN/SANW di Airolo con un'edizione speciale della rivista di Scienze della Terra *Geologia Insubrica* (vol. 4, fasc. 1). Il volume è ottenibile presso la Redazione della Rivista (c/o Museo cantonale di storia naturale, viale Cattaneo 4, 6900 Lugano) al prezzo di fr 30.-.

Miniere e giacimenti minerari inclusi nell'*Inventario dei geotopi di importanza nazionale*

Di regola, la caratterizzazione di siti di tipo minerario si differenzia da quella di altri geotopi, in quanto alla definizione dei primi concorrono tutta una serie di aspetti di tipo geologico, petrografico, storico, archeologico, ecologico, socio-economico e industriale. La valutazione risulta quindi assai complessa per questo gruppo di geotopi. Generalmente si osserva come le componenti naturalistiche (geologiche e petrografiche nel caso specifico) possano risultare addirittura secondarie rispetto agli altri aspetti sopra elencati e in particolar modo a quelli socio-economici e di archeologia industriale. Ad esempio, uno sguardo agli inventari e alle legislazioni esistenti nei paesi anglosassoni, mostra che questi ultimi per primi, già attorno alla metà di questo secolo, si sono impegnati nella tutela degli oggetti e dei siti a carattere minerario, confermando così l'importanza della componente storica (Lagally et al. 1993, Nature Conservancy Council 1991). L'accettazione da parte dell'opinione pubblica di geotopi di tipo minerario, della loro tutela e conservazione, della loro gestione (anche con grossi investimenti finanziari), risulta infatti molto più semplice rispetto ad un affioramento geologico, magari anche di enorme importanza scientifica, ma di più difficile "lettura" e più "distanse" dalla realtà locale.

Non va inoltre dimenticato che la valorizzazione di un geotopo minerario implica spesso un non indifferente aspetto turistico, di ricerca di avventura e non da ultimo

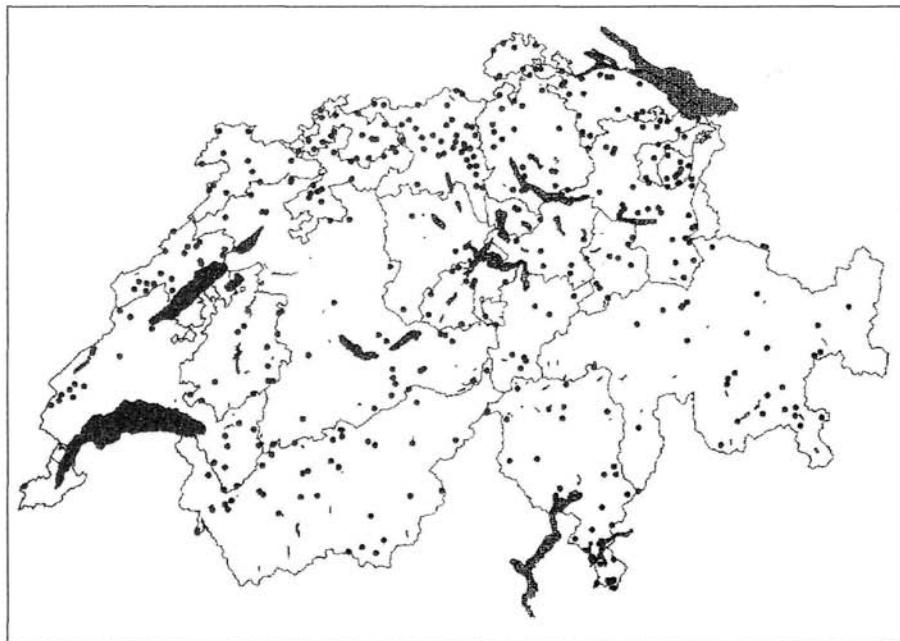


Fig. 1: Carta della distribuzione dei geotopi in Svizzera. (elaborazione grafica dei dati eseguita da J. Schenker, BUWAL).

Ct.	Nome del geotopo, località	Descrizione sommaria
AG	Salinen von Zurzach	Kulturhistorisches Denkmal. Die Salzschicht befindet sich in einer Tiefe von 464 m.
AG	Salinen von Schweizerhalle-Riburg	Kulturhistorisches Denkmal. 1836 führte eine Bohrung in 107 m Tiefe zu einer 7 m mächtigen Salzschicht.
AG	Bergwerk Herznach	Ehemaliges Bergwerk (1920-1967) in stark kondensierter und fossilreicher Serie von eisenoolithischen Gesteinen des frühen Callovian bis mittleren Oxfordian.
AR	Kohlenflöz Sturzenegg (Herisau)	Flöz Kohle mit Süßwasserkalk-Lagen und verkieselten Hölzern (OMM), Abbaustollen.
BE	Zweilütschinen	Eisenhochofen des 17. Jh. (1638).
BE	Trachsellauenen	Stollen und Aufbereitungsanlage des Blei-Silberbergbaus im 18. und 19. Jh.
BL	Huppergrube, Lausen	Bohnerzformation, Rohmaterial für Keramik; einzigartiger Aufschluss, Dokument für Gebirgsbau Tafeljura.
BL	Silberloch bei Röschenz	Bachhöhle mit Paläokarsttaschen (Boluston), spätmittelalterlicher Bergbau.
BL	Gipsgrube Wissbrunn, Zeglingen	Schichtfolge mittlerer - oberer Muschelkalk, Gips- und Anhydritschichten im Kernbereich einer Jurafalte mit Ueberschiebungs- und Faltungsstrukturen, einzigartiger Aufschluss (BLN 1105).
FR VD	Gorges de la Veveyse de Fégire	Magnifique coupe à travers les écailles ultrahelvétiques des Pléiades.
GE	Vallon de la Roulavaz (Dardagny)	Molasse bitumineuse avec galeries d'exploitation (fin du 19ème siècle - début du 20ème siècle), improprement appelées grottes. Moraine de fond würmienne à galets striés. Poudingue de l'alluvion ancienne (début du Würm?).
GL	Kupferbergwerk Mürtschen, Obstalden	Kupfervererzung, ehemaliger Abbau und Reste des Bergwerkes, Natur- und Kulturdenkmal.
GL	Eisenbergwerk Guppen, Schwanden	Historisches Bergwerk.
GL	Landesplattenberg, Engi	Ehemaliges Bergwerk in den oligozänen Dachschiefern, von paläontologischer Bedeutung (Fossilien, «Fischschiefer») und kulturhistorischer Bedeutung (Bergregal); im Zusammenhang mit dem Abbau der Glarner Dachschiefer stehen auch weitere Abbaustellen (Neuer Plattenberg, Schwarzkopf) sowie der Bergsturz von Elm, 1881 (732.300/198.350).
GR	In den Zügen	Schluchtlandschaft mit beeindruckener Geologie und interessanten Einblicken, Wasserfall, geol. Lehrpfad. Bergaugebiet am Silberberg, zwischen Davos-Montstein und Jenisberg.
GR	Falotta, oberhalb Alp digl Platz	Manganerzlagerstätte mit sedimentären Vererzungen im Radiolarit und tektonisch angereicherten Erzkörpern. Mineralogische Typlokalität.
GR	Parsettens, Tinizong	Manganerz-Lagerstätte, Typlokalität für die Mineralien Parsettensit, Tinzenit und Sursassit.
GR	Falotta, oberhalb Alp digl Platz	Manganerzlagerstätte mit sedimentären Vererzungen im Radiolarit und tektonisch angereicherten Erzkörpern. Mineralogische Typlokalität.

Fig. 2: Elenco delle miniere e dei giacimenti di interesse geologico, geologico-minerario e archeologico-industriale proposti per l'*Inventario dei Geotopi di importanza nazionale*. (da: Gruppo di Lavoro per la Protezione dei Geotopi in Svizzera, 1999).

Ct.	Nome del geotopo, località	Descrizione sommaria
JU	Mines de fer pisolithique, Delémont	Les plus grands gisements de fer pisolithique en Suisse; exploités jusque dans les années 1950.
NE	Mines d'asphalte du Val-de-Travers	Seules mines d'asphalte d'Europe à avoir été exploitées pendant si longtemps (300 ans) et dont les hydrocarbures étaient exportés dans le monde entier. L'asphalte imprègne l'Urgonien supérieur et l'Aptien à 8-12%. Plus de 100 km de galeries ont été creusées. Ce site est aujourd'hui transformé en musée et accueille près de 20'000 visiteurs par an.
SG	Eisenerzbergwerk Gonzen (Sargans)	Intaktes Stollensystem mit Schaubergwerk. Bestandteil des BLN-Objektes "Churfürsten-Alvier-Gonzen".
SG-TG	Bentonit- und Glastuffvorkommen Rengishalden (Bischofszell TG, Niederhelfenschwil SG)	Haupt- und Erstfundstelle von vulkanogenem Bentonit und Glastuff in der OSM des Schweizer Mittellandes. Probeabbau der Georg Fischer AG, 1949-50.
SH	Gipsmuseum Oberwiesen (Schleitheim)	Gipsmuseum und Besucherbergwerk.
TI	Area archeologico-mineraria della Valle Morobbia (Carena)	Distretto minerario già attivo nell'Alto Medioevo per l'estrazione di ferro, caratterizzato dalla presenza di un centinaio di gallerie, cunicoli, trincee ed assaggi, come pure da importanti testimonianze quali forni, magli, carbonaie.
TI	Miniere di Medeglia	Giacimento di minerali a solfuri nello zoccolo pre-varisico in situazione di forte disturbo tettonico; attività documentata dal '900 in poi.
TI	Astano-Sessa	Distretto minerario, fra i più grandi in Svizzera, attivo dal 1800 per l'estrazione di minerali industriali (oro, argento, piombo, ferro ecc.); di grande interesse per la sua estensione, la storia, l'ampia documentazione e per le implicazioni socio-economiche a livello regionale.
TI	Monte San Giorgio	Successione di rocce di età triassico-giurassica comprendente numerosi livelli con faune fossili di eccezionale conservazione e pregio scientifico, note a livello mondiale (IFP 1804). Il geotopo comprende anche una serie di testimonianze storiche dell'attività estrattiva negli Scisti bituminosi e delle strutture di archeologia-industriale ancora presenti.
VD	Salines de Bex	Trias supérieur à anhydrite, gypse et halite. Le sel est exploité depuis le 15ème siècle au moins. Une partie des galeries est aménagée pour les touristes (y compris documentation et musée).
VS	Goppenstein	Mine de plomb et de zinc. Une partie des galeries existent toujours et la restauration de l'ensemble des installations est envisagée.
VS	La Mèreune	Mine de charbon dont les bâtiments existent toujours. Une partie des galeries sont encore accessibles mais dangereuses.
VS	Gondo	Filons aurifères redressés à la verticale qui ont été exploités jusqu'à la fin du 19ème siècle. Une partie des galeries existent toujours.
ZH	Benken	Quarzsandgrube Obere Meeressmolasse (Miozän), Graupensande an der Basis (heute verschüttet).
ZH	Kohlebergwerk Käpfnach bei Horgen	Abbau von Kohle aus der OSM, einzigartiges Natur- Kulturdenkmal.

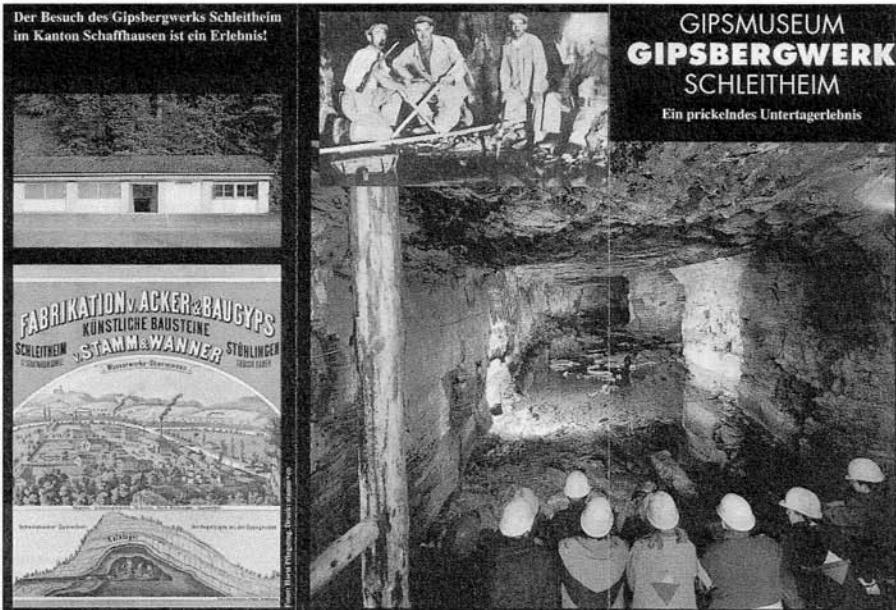


Fig. 3: Prospetto della Miniera e del Museo del Gesso di Schleitheim. L'organizzatore offre "una emozionante avventura nel sottosuolo". (per gentile concessione della Direzione della Miniera e Museo del Gesso di Schleitheim).

economico, permettendo il coinvolgimento di risorse finanziarie locali e favorendo la ricerca di un passato recente a fini storico-didattici (Fig. 3). In altri casi, la sinergia fra servizi archeologici (che in alcune nazioni o cantoni dispongono di efficaci disposti legislativi e pianificatori orientati verso una tutela del patrimonio archeologico-industriale) e altre istituzioni regionali hanno permesso la protezione di importanti siti geo-minerari. Oppure ancora, sono le stesse società minerarie, un tempo attive nella coltivazione, a riproporre e ad aprire, in forma diversa, le loro strutture a un pubblico più vasto.

La scelta dei "geotopi minerari" proposti per l'inventario svizzero, in analogia a quanto osservato in altre nazioni e tenuto conto dei criteri di valutazione espressi in precedenza (rarità, completezza, rappresentatività, esemplarità, stato di conservazione, valore scientifico, significato storico-culturale, accessibilità, valore didattico), è stata enormemente facilitata dall'esistenza di innumerevoli iniziative locali sia a livello turistico-didattico sia scientifico-archeologico (Fig. 2).

Alcuni esempi di geotopi di tipo geo-minerario

Fra i geotopi inventariati figurano importanti località note a livello internazionale come ad esempio le Miniere di Asfalto della Val de Travers, attiva dal 1700 fino al 1986 per la produzione di minerale destinato addirittura al mercato mondiale. Infatti

le strade di importanti città (Parigi, Londra, New York, Sydney ecc.) sono state asfaltate con il minerale proveniente dalla miniera di *La Presta* nella Val de Travers (NE). Il giacimento e le sue strutture, oggetto oggi di valorizzazione turistica, possono essere visitate giornalmente in estate (è consigliata la prenotazione).

Pure accessibile al pubblico è la miniera di carbone di Käpfnach sul Lago di Zurigo. Le visite ai filoni di minerale e alle vecchie strutture dismesse della miniera sono garantite settimanalmente da un gruppo sorto per iniziativa locale. La miniera di carbone, fra le più grandi in Svizzera, è conosciuta dal 1500 ed ha prodotto il suo massimo sforzo durante la Seconda Guerra mondiale con una resa annua massima di 13'000 t e con l'impiego di 220 minatori (Stünzi 1982, Bosshard 1982, Pfister 1982).

La Svizzera non possiede grandi giacimenti di minerale di ferro; inoltre, solo pochi giacimenti hanno avuto uno sfruttamento di lunga durata e, fra questi, il complesso minerario Ferro-Manganese del Gonzen, sopra Sargans (Epprecht 1987) coltivato, a più riprese, sull'arco di più di 2000 anni, dall'epoca neolitica al 1966, anno della chiusura della miniera (Imper 1998). L'attività della miniera conobbe la sua massima

Fig. 4: Sfruttamento dell'asfalto nella miniera di *La Presta* nella Val de Travers. (per gentile concessione della direzione della miniera).



Fig. 5: Minatori all'entrata della miniera di carbone *Gottshalden* di Käpfnach (anno 1919). (da Stünzi 1982, per gentile concessione del Bergwerkverein Käpfnach).



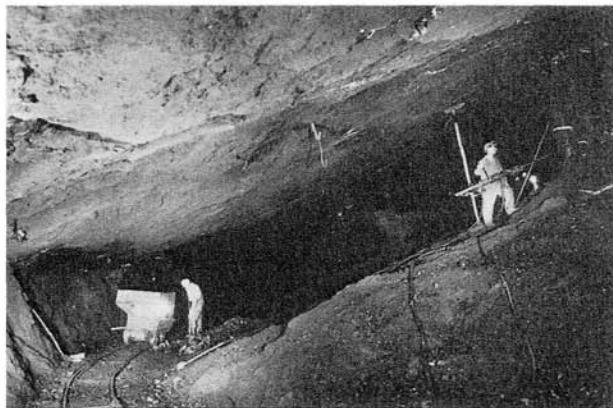


Fig. 6: Miniera di Ferro-Manganese del Gonzen presso Sargans, anno 1943.
(da Epprecht 1987, per gentile concessione della "Pro Gonzenbergwerk").

espansione all'inizio del XX secolo e fra le due guerre, seppure con notevoli variazioni dovute alla fluttuazione del prezzo del ferro grezzo sul mercato europeo, raggiungendo fra la fine del 1942 e il 1944 il ragguardevole numero di 378 impiegati. All'inizio degli Anni '50, l'apertura di nuovi cunicoli (fra cui la "galleria di base") e notevoli miglioramenti nella tecnica di coltivazione, nel recupero e nel trasporto del minerale, hanno permesso un importante incremento della produzione. A partire dal 1963, fuoriuscite di gas metano richiesero importanti investimenti destinati alla sicurezza degli impianti e dei minatori. Questi problemi e il drastico calo dei prezzi della materia prima ferrosa (prezzo *f.o.b.* a Basilea: fr 66.70/t nel 1959, fr 39.15/t nel 1966) portarono, nel 1966, al licenziamento dei 119 impiegati e alla chiusura della miniera. Dal 1983 è attiva l'associazione "Pro Gonzenbergwerk" che ha provveduto a riaprire la "galleria di base" e a sistemare parte delle strutture interne, permettendo così l'accesso guidato a migliaia di visitatori all'anno. La "miniera turistica" ("Schaubergwerk") del Gonzen costituisce oggi uno degli esempi più completi e significativi in Svizzera.

Il Monte San Giorgio costituisce un geotopo che raggruppa più componenti naturalistiche (paleontologiche, geologiche e geo-minerarie). Infatti uno dei giacimenti fossili più importanti al mondo è venuto alla luce grazie agli scavi industriali di fine '800 e inizio '900, aventi come scopo la coltivazione di scisto bituminoso destinato alla produzione di unguento ittiolo ("Saurolo") per l'industria farmaceutica (Felber, 1991). Tentativi di produrre, nella seconda metà del 1800, gas per l'illuminazione dei lampioni della Città di Milano e il progetto di estrarre carburante per trattori dalla roccia durante la Seconda Guerra mondiale, sono falliti, dando spazio invece alle ricerche scientifiche promosse innanzitutto dall'Istituto di Paleontologia dell'Università di Zurigo (Kuhn-Schnyder & Vonderschmitt 1953; Kuhn-Schnyder 1963; Rieber 1965; Peyer 1974; Furrer 1995), ma pure dal Museo Civico di storia naturale di Milano e dal Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università di Milano (Pinna 1978; Tintori 1990). Le formazioni del Triassico medio del Monte San Giorgio, uniche al mondo per la presenza di una significativa ed eccezionale fauna

Fig. 7: Stabilimento industriale dello Spinirolo presso Meride, dove veniva prodotto l'unguento ittiolo commercializzato con il nome di "Saurolo". (archivio Ing. Sommaruga c/o Museo cantonale di storia naturale di Lugano).

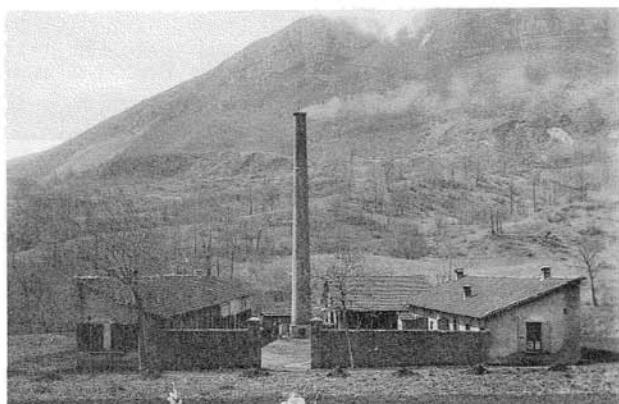
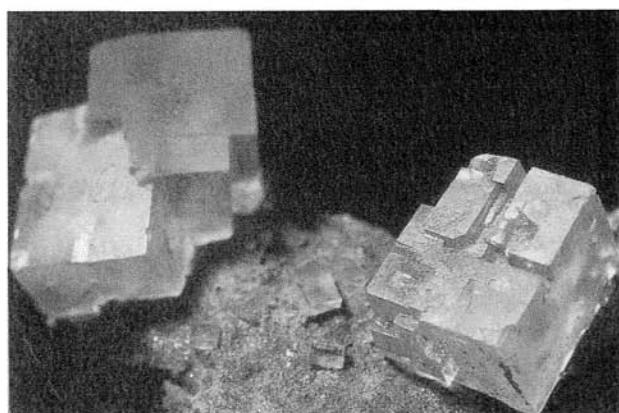


Fig. 8: Cristalli di Sale della Miniera di Bex (dimensione dei singoli cristalli 1,7 cm circa). (per gentile concessione della direzione della Société vaudoise des Mines et salines de Bex).



fossile costituita soprattutto da rettili, pesci e molluschi, rappresentano quindi un importante geotopo anche per gli aspetti storici e di archeologia industriale. Se da un lato gran parte delle miniere è crollata e, ad eccezione delle discariche e di qualche tratto di binario, non vi è quasi più traccia dell'attività estrattiva, resta pur sempre visibile lo stabilimento in cui veniva fabbricato il "Saurolo". Si tratta di un notevole documento di archeologia industriale poiché rappresenta la testimonianza di un singolare processo produttivo che, a livello alpino, conosce pochi paragoni. L'attività estrattiva dello scisto bituminoso, che si è protratta per quasi tutto il 1900, ha avuto notevoli implicazioni socio-economiche per un piccolo paese di campagna, qual'era la Meride di un tempo (G. Gentilini, comunicazione orale).

Le formazioni ad anidrite, gesso e salgemma della regione di Ollon-Bex-Villars (Canton Vaud), nota anche come "*Montagne salifère*" sono oggetto, da circa 400 anni di sfruttamento industriale del sale (Badoux 1982). Parte degli impianti di estrazione del sale, unitamente a un Museo del sale sono oggi gestiti dalla Ditta "Société vaudoise des Mines et salines de Bex" e sono accessibili al pubblico.

Ringraziamenti

Gli autori ringraziano la direzione delle *Miniere di asfalto della Val de Travers*, la direzione della Società *Eisenbergwerk Gonzen di Sargans*, il *Bergwerkverein di Käpfnach*, la direzione del *Museo e Miniera di Gesso di Schleitheim* e la Direzione della *Société vaudoise des Mines et salines de Bex*. Un particolare ringraziamento al Collega Giorgio Gentilini per la messa a disposizione di preziose informazioni sull'attività estrattiva del Monte San Giorgio, raccolte nell'ambito di un programma di ricerca documentaristica promosso dal Museo cantonale di storia naturale di Lugano. Jürg Schenker del BUWAL/UFAFP ha cortesemente elaborato la carta della distribuzione dei geotopi in Svizzera (Fig. 1).

Informazioni sui geotopi

Ulteriori informazioni possono essere ottenute, consultando l'ampia offerta delle pagine web del GeoForum (www.geoforum.ethz.ch) che riporta, nelle tre lingue nazionali il *Rapporto strategico*, i programmi di attività del Gruppo di lavoro per la Protezione dei geotopi in Svizzera, l'elenco delle numerose iniziative in corso, un'ampia bibliografia a carattere internazionale e estratti di articoli di stampa.

Bibliografia

- BADOUX H., 1982: *Mine de sel de Bex. Aperçu géologique e minier*. Association pour la mise en valeur de l'histoire e du site des mines et salines de Bex. Ed. Aminsel, 22 pp.
- BERGER J.P., 1998: *Géotopes et collectionneur de fossiles: dangers et avantages*. In: Felber M. (ed.) Atti del Simposio Geotopi di Airolo (SANW/ASSN). Geol. Insubr., 4/1 (in stampa).
- EPPRECHT W. , 1987: *2000 Jahre Eisenerbergwerk Gonzen Sargans*. Pro Gonzenbergwerk, Sargans :40 p.
- FELBER M., 1991: *Dai rettili e dai pesci fossili di 200 milioni di anni fa all'unguento ittiolo*. Vivere, rivista di salute, alimentazione e tempo libero. Parte I: 4/gennaio-febbraio :17-19; parte II: 4/marzo-aprile:25-28.
- FELBER M., 1998: *Il Gruppo di Lavoro per la Protezione dei Geotopi in Svizzera: dal rapporto strategico all'inventario*. In: Felber M. (ed.) Atti del Simposio Geotopi di Airolo (SANW/ASSN). Geol. Insubr., 4/1 (in stampa).
- FURRER H., 1995: *The Kalkschieferzone (Upper Meride Limestone; Ladinian) near Meride (Canton Ticino, Southern Switzerland) and the evolution of a Middle Triassic intraplatform basin*. Eclogae geol.Helv. 88/3:827-852.
- GRANDGIRARD V., 1997a: *Géomorphologie, protection de la nature et gestion du paysage*. Thèse de doctorat No 1163, Université de Fribourg, Institut de Géographie, Imprimerie St-Paul, Fribourg.
- GRANDGIRARD V., 1997b: *Géomorphologie et gestion du patrimoine naturel. La mémoire de la Terre est notre mémoire*. Geographica Helvetica, 2:47-56.
- GRANDGIRARD V., 1998: *L'évaluation des géotopes*. In: Felber M. (ed.) Atti del Simposio Geotopi di Airolo (SANW/ASSN). Geol. Insubr., 4/1 (in stampa).

- Gruppo di Lavoro per la Protezione dei Geotopi in Svizzera, 1999: *Inventario dei geotopi di importanza nazionale*. In: Felber M. (ed.) Atti del Simposio Geotopi di Airolo (SANW/ASSN). Geol. Insubr., 4/1 (in stampa).
- IMPER D., 1998: *Der Eisenbergewerk Gonzen bei Sargans*. Der Anschnitt, 50/4:154-162.
- KUHN-SCHNYDER E., 1963: *I Sauri del Monte San Giorgio*. Arch. Stor. Tic. 4/16:811-854.
- KUHN-SCHNYDER E. & VONDERSCHMITT L., 1953: *Geologische und Paläontologische Probleme des S-Tessins*. Eclogae geol. Helv. 46/2:223-236.
- KÜTTEL P., 1998: *Geotop- und Biotopschutz - Zentrale Elemente des Naturschutzes*. In: Felber M. (ed.) Atti del Simposio Geotopi di Airolo (SANW/ASSN). Geol. Insubr., 4/1 (in stampa).
- JORDAN P., 1998: *Geotope erfassen - Geotope schützen: rechtliche Situation in der Schweiz*. In: Felber M. (ed.) Atti del Simposio Geotopi di Airolo (SANW/ASSN). Geol. Insubr., 4/1 (in stampa).
- LAGALLY et al. 1993: *Geowissenschaftliche schutzwürdige Objekte in Oberbayern. Ergebnisse einer Erstaufnahme. Erdw. Beiträge zum Naturschutz*. Bayerische Geologische Landesamt, München, 168 pp.
- Nature Conservancy Council, 1991: *Earth science conservation in Great Britain, a strategy*. NATURE CONSERVANCY COUNCIL (1990): Earth science conservation in Great Britain. A strategy. English Nature, Peterborough.
- PINNA G., 1978: *Il giacimento paleontologico di Besano*. Quad. doc. regionale 2, 102 pp.
- PEYER B., 1974: *Die Triasfauna der Tessiner Kalkalpen*. Njbl. Natf. Ges. Zürich :1-119.
- RIEBER H., 1965: *Zur Wirbellosen-Fauna der Grenzbitumenzone der mittleren Trias des Monte San Giorgio (Kt. Tessin, Schweiz)*. Eclogae geol. Helv. :1083-1092.
- STRASSER A., HEITZMANN P., JORDAN P., STAPFER A., STÜRM A., VOGEL A., WEIDMANN M., 1995: *Geotopi e protezione di oggetti relativi alle scienze della Terra in Svizzera: un rapporto di strategia*. Gruppo di Lavoro per la Protezione dei Geotopi in Svizzera, 26 pp.
- STÜNZI H., 1982: *Kohlenförderung in Käpfnach – vierhundert Jahre Horgner Geschichte*. Horgner Jahrheft 1982:1-41
- TINTORI A., 1990: *The Triassic fishes localities in Italy*. Riv. Ital. Pal. Stratigr. 91/2:197-210.

Indirizzo degli autori: Dr. Markus Felber *

Dipartimento del Territorio
Museo cantonale di storia naturale,
Viale Cattaneo 4
6900 Lugano
e-mail: mfelber@tinet.ch

Dr. Vincent Grandgirard *
coordinatore e segretario per i lavori dell'inventario
Istituto di geografia dell'Università,
Perolles,
1700 Friborgo
e-mail: Vincent.Grandgirard@unifr.ch

*Gruppo di lavoro per la protezione dei Geotopi in Svizzera
c/o Accademia Svizzera di Scienze naturali
Bärenplatz 2
3011 Berna

SGHB SCHWEIZERISCHE GESELLSCHAFT FÜR HISTORISCHE BERGBAUFORSCHUNG
SSHM SOCIETE SUISSE D'HISTOIRE DES MINES
SSSM SOCIETA SVIZZERA DI STORIA DELLE MINIERE

Jahresbeitrag der Gesellschaft/Cotisation annuelle:
Einzelmitglied/membre personel Fr. 30.00 (Kollektiv/collective Fr. 50.00)
Preis Einzelheft/Prix bulletin (numero): Fr. 20.00
Konto/compte PC 80-27704-5

MINARIA HELVETICA ist das Publikationsorgan der SGHB und wird den Mitgliedern gratis zugestellt.
MINARIA HELVETICA est le bulletin de la SSSH, il sera envoyé à titre gratuit aux membres de la société.

Internet: **WWW.SGHB.CH**

Für alle Korrespondenz / Pour toute correspondance

SGHB – Schweizerische Gesellschaft für historische Bergbauforschung
Naturhistorisches Museum
Augustinergasse 2
CH-4001 Basel

Vorstand der Gesellschaft/Composition du comité:

Präsidentin/présidente:	Verena Obrecht-Schaltenbrand (VOS), Frenkendorf
Vizepräsident/vice-président:	Dr. Vincent Serneels (VS), Fribourg
Sekretär/secrétaire:	Prof. Dr. Stefan Graeser (SG), Basel
Kassier/caissier:	Markus Oldani (MO), Olten
Redaktoren/rédacteurs:	Dr. Urspeter Schelbert (UPS), Walchwil Dr. Rainer Kündig (RK), Mettmenstetten
Beisitzer/membres:	Hans-Peter Stoltz (HPS), Pratteln Otto Hirzel (OH), Davos Stefan Ansermet (SA), Cheseaux-sur-Lausanne Dr. Paolo Oppizzi (PO), Salorino

Minaria Helvetica 19b

Auflage/Tirage: 850
Druckerei/Imprimerie: Fotorotar AG, 8132 Egg