

Ministero della Cultura

Soprintendenza Archeologia Belle Arti e Paesaggio per la Città metropolitana di Torino

Soprintendenza Archeologia Belle Arti e Paesaggio per le province di Alessandria Asti e Cuneo

Soprintendenza Archeologia Belle Arti e Paesaggio per le province di Biella Novara Verbano-Cusio-Ossola e Vercelli

Quaderni

di Archeologia del Piemonte

Torino 2022

6

Direzione e Redazione

Soprintendenza Archeologia Belle Arti e Paesaggio per la Città
metropolitana di Torino
Piazza S. Giovanni 2 - 10122 Torino
Tel. 011-5220411
Fax 011-4361484

Direttore della Collana

Luisa Papotti - Soprintendente Archeologia Belle Arti e Paesaggio
per la Città metropolitana di Torino

I contributi sono sottoposti a peer-review

Comitato Scientifico

Deborah Rocchietti
Alberto Crosetto
Francesca Garanzini

Coordinamento

Deborah Rocchietti

Comitato di Redazione

Maurizia Lucchino
Susanna Salines

Segreteria di Redazione

Maurizia Lucchino

Editing ed elaborazione immagini

Susanna Salines

Progetto grafico

LineLab.edizioni - Alessandria

Editing dei testi, impaginazione e stampa

Aziende Grafiche Torino srl - Collegno (TO)

Quando non diversamente indicato, i disegni dei reperti sono in
scala 1:3 (ceramica, vetri), in scala 1:2 (industria litica levigata,
metalli), in scala 1:1 (industria litica scheggiata)

Il volume è stato pubblicato con il contributo della
Fondazione Cassa di Risparmio di Torino

con la collaborazione della



Società Piemontese
di Archeologia e Belle Arti

È possibile consultare gli articoli pubblicati in questo
volume nel sito istituzionale della Soprintendenza:
<http://www.sabap-to.beniculturali.it/index.php/attivita/editoria>

© 2022 Ministero della Cultura

Soprintendenza Archeologia Belle Arti e Paesaggio
per la Città metropolitana di Torino

Soprintendenza Archeologia Belle Arti e Paesaggio
per le province di Alessandria Asti e Cuneo

Soprintendenza Archeologia Belle Arti e Paesaggio
per le province di Biella Novara Verbano-Cusio-Ossola
e Vercelli

ISSN 2533-2597

Contributi

Tra archeologia e geologia: la miniera Pietra Bianca 2 in val Sessera e le sue installazioni esterne

Maurizio Rossi* - Anna Gattiglia* - Paolo de Vingo** - Bruno Ancel*** - Vincent Serneels**** - Elena Egidio***** - Alessandro Borghi***** - Daniele Castelli***** - Piergiorgio Rossetti***** - Silvia Chersich* - Renato Nisbet*****

Il quadro storico

L'intera val Sessera, in provincia di Biella, esemplifica con evidenza il ritmo discontinuo della produzione minerario-metallurgica nel Piemonte preindustriale, così come già sintetizzava con efficacia e obiettività il geografo R. Blanchard (BLANCHARD 1954, p. 497).

Non fanno eccezione Pietra Bianca e la vicina Rondolere, i cui documenti storici si disperdono nei secoli, facendo capolino negli anni 1230, 1337, 1570, 1612, 1784-1807.

Dai tre documenti del 1230 (ORDANO 1970, pp. 224-234) emerge che nel triangolo compreso tra le località *Assolata*, *Quadra* e *Montucio*, odierne alpi Isolà, Campo della Quara e Montuccia, il Comune di Vercelli è intenzionato a promuovere lo sfruttamento di giacimenti polimetallici, di cui è iniziato il riconoscimento. In tale triangolo i giacimenti ferriiferi sono solo a Pietra Bianca, per cui è possibile che coincidano con le *ferrere* che i signori *de Bulgaro* detengono nel 1337 presso l'Alpe Montuccia (BORRELO - TALLONE 1928, pp. 55-57), che fronteggia Pietra Bianca dalla riva destra del Sessera.

Dopo lungo silenzio, la miniera di Pietra Bianca, allora detta "delle Rondolere", riemerge dal 1570 nel quadro di ripristino dell'autorità ducale attuato da Emanuele Filiberto, con una infeudazione a Geronyma Saura, cameriera della consorte del duca e moglie di Pietro Liato, signore di Castelletto Cervo, il cui figlio Filiberto la venderà nel 1612 a Giovanni Oreggia di Andorno (ROSSI *et al.* 2021b, pp. 331, 333).

In seguito, la memoria fisica, e anche amministrativa, della miniera si perde: nel 1784 la Camera dei Conti di Vittorio Amedeo III non trova diritti feudali pregressi, per cui accoglie la richiesta di concessione ventennale di Giovanni Battista Rej di Bioglio, indicando il giacimento come "scoperto" allora (DUBOIN *et al.* 1860, pp. 963-964).

Il minerale si rivelerà ben presto insufficiente a far marciare l'alto forno eretto nel 1788 a Rondolere: per alimentarlo si esplorerà l'importazione da Traversella (val Chiusella), sfidando il prezzo esorbitante del trasporto. Nonostante i progressi tecnologici compiuti costruendo un forno di arrostitimento presso la miniera e modificando il camino dell'alto forno, da bitroncopiramidale (alla bergamasca) a ellissoidale scaleno (alla contese), l'estrazione a Pietra Bianca termina nel 1804:

la sopravvivenza sino al 1813 dello stabilimento di Rondolere, a opera del biellese Luigi Ramella, non è legata alla vicinanza della miniera, ma al funzionamento della fucina, che trasforma in attrezzi agricoli ghisa importata da Ivrea o da località del Dipartimento della Sesia (ROSSI - GATTIGLIA 2015). (M.R. - A.G. - P.d.V.)

La miniera

Si tratta di una piccola miniera sfruttata su meno di 100 m² (figg. 1-2), in roccia dura ma fratturata, per cui i paramenti coincidono sovente con i piani di frattura e le tracce di utensili non sempre si conservano bene. L'estrazione ha interessato un filone orientato ovest-nord-ovest/est-sud-est, inclinato a nord, perturbato da una faglia subverticale FG1 e da una seconda faglia FG2 inclinata a sud.

In superficie, un allineamento di depressioni T è indice di un cantiere arcaico ricolmato.

All'estremità ovest di T un imbuto dà accesso a un cantiere sotterraneo superiore CT1, con una camera visibile su 7,5x5 m², in gran parte ricolmata, tranne al centro, occupato da un corridoio discendente delimitato da muri in pietra a secco; l'altezza tra suola e volta è <1,7 m; il margine ovest è mascherato da ripiene moderne e l'assenza di fori di barramina suggerisce che si tratti di escavazioni arcaiche. Alla base di CT1 il corridoio si collega a un cantiere su faglia CT2.

CT2 si sviluppa per oltre 16 m di lunghezza, meno di 2 m di larghezza e oltre 2 m di altezza all'incrocio del filone con la faglia FG1, con cicatrici del punteruolo usato per la preparazione dei fori da mina.

Più in basso, il cantiere del pilastro CT3, visibile su 12x5 m² e alto ca. 2 m, attraversa la faglia FG2, sostenuto da un pilastro e da puntelli lignei; vi sono ripiene contenute da muri e anche la suola appare ricolmata; a nord-est vi è l'innescio di una galleria di ricerca GR2.

Da CT3 parte verso sud-ovest una galleria inferiore GR1, lunga 13 m, spaziosa dove priva di crolli (1,5-2 m di larghezza per oltre 2 m di altezza), ma quasi ostruita da crolli dove incrocia FG1; verso nord-ovest, lungo FG1, una galleria dirocata GR3 pare dirigersi verso l'alveo a lato della miniera.

GR1 si collega a un traverso-banco inferiore TB, lungo 10 m, che si sviluppa su di una faglia verticale FG3 per poi svoltare a est; è largo 0,8-1,3 m e

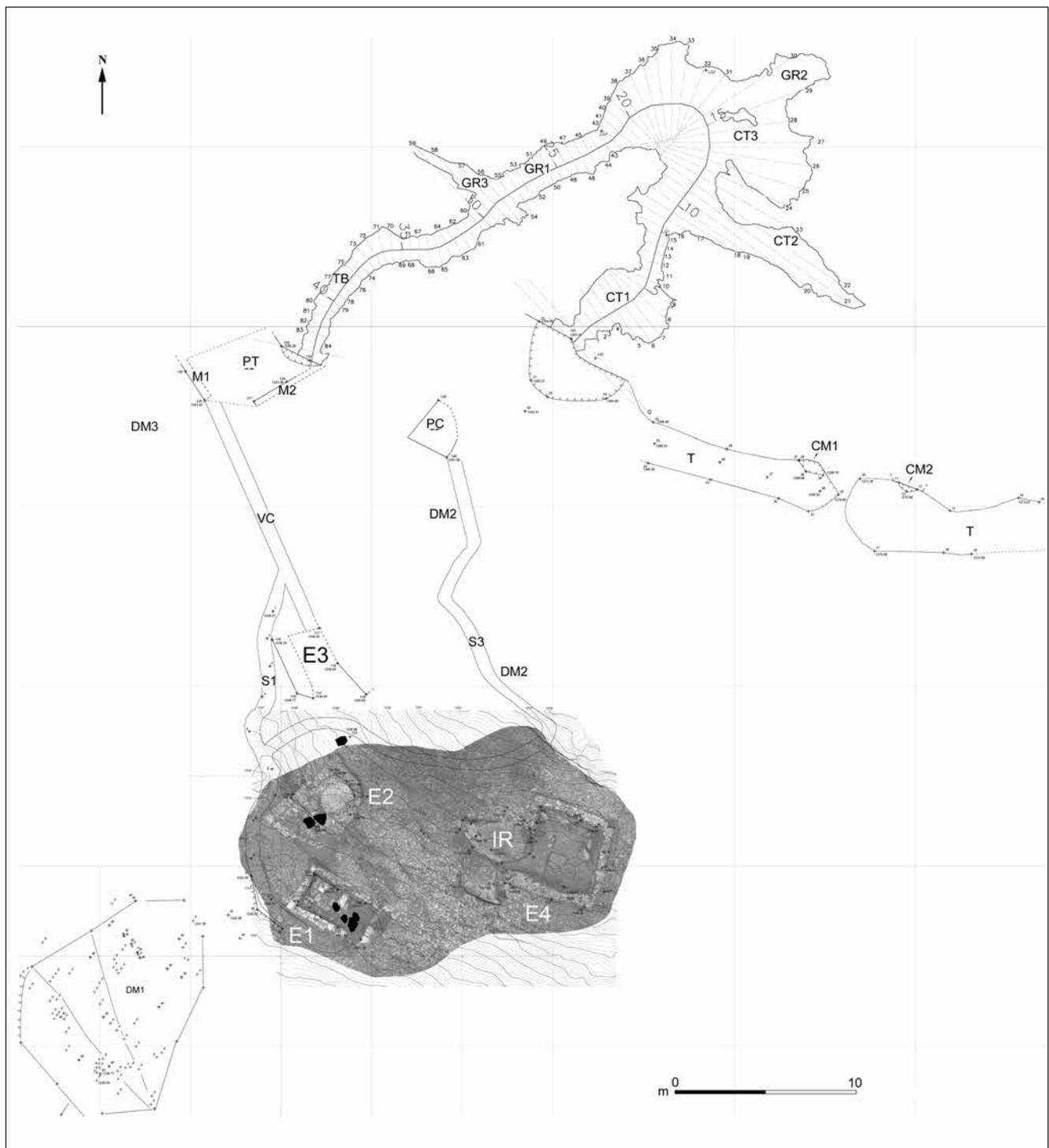


Fig. 1. Bioglio. Pietra Bianca 2. Planimetria generale quotata (elab. M. Rossi). Rilievo topografico del versante mediante stazione totale (SAP - Società Archeologica); rilievo topografico sotterraneo e dell'area di scavo mediante laser scanner e restituzione digitale (Geoworks). Tratto continuo = strutture delimitabili; tratteggio = strutture non delimitabili con precisione. CM1-CM2 = ingressi di camere di abbattimento sotterranee non rilevate; CT1 = cantieri di abbattimento arcaico; CT2-CT3 = cantieri di abbattimento moderni (1784-1804); DM1 = falda detritica con minerale magnetico e spezzoni di agglomerato argilloso termoalterato a magnetite, quarzo e scorie; DM2 = discarica di minerale magnetico infradecimetrico; DM3 = discarica di minerale magnetico ultradecimetrico; E1-E4 = ruderi di edifici minerari moderni (1784-1804); GR1-GR2 = gallerie moderne (1784-1804); GR3 = galleria arcaica; IR = masso con iscrizione rupestre 1784 / P(ermessione) •; M1-M2 = muri moderni (1784-1804); ●● = massi-frantoio manuali MF1-MF7; PC = piattaforma contemporanea; PT = piazzola davanti all'ingresso del traverso-banco moderno; S1, S3 = sentieri contemporanei; T = trincea a cielo aperto arcaica parzialmente ricolmata; TB = traverso-banco moderno (1784-1804); VC = via di carreggio moderna (1784-1804).

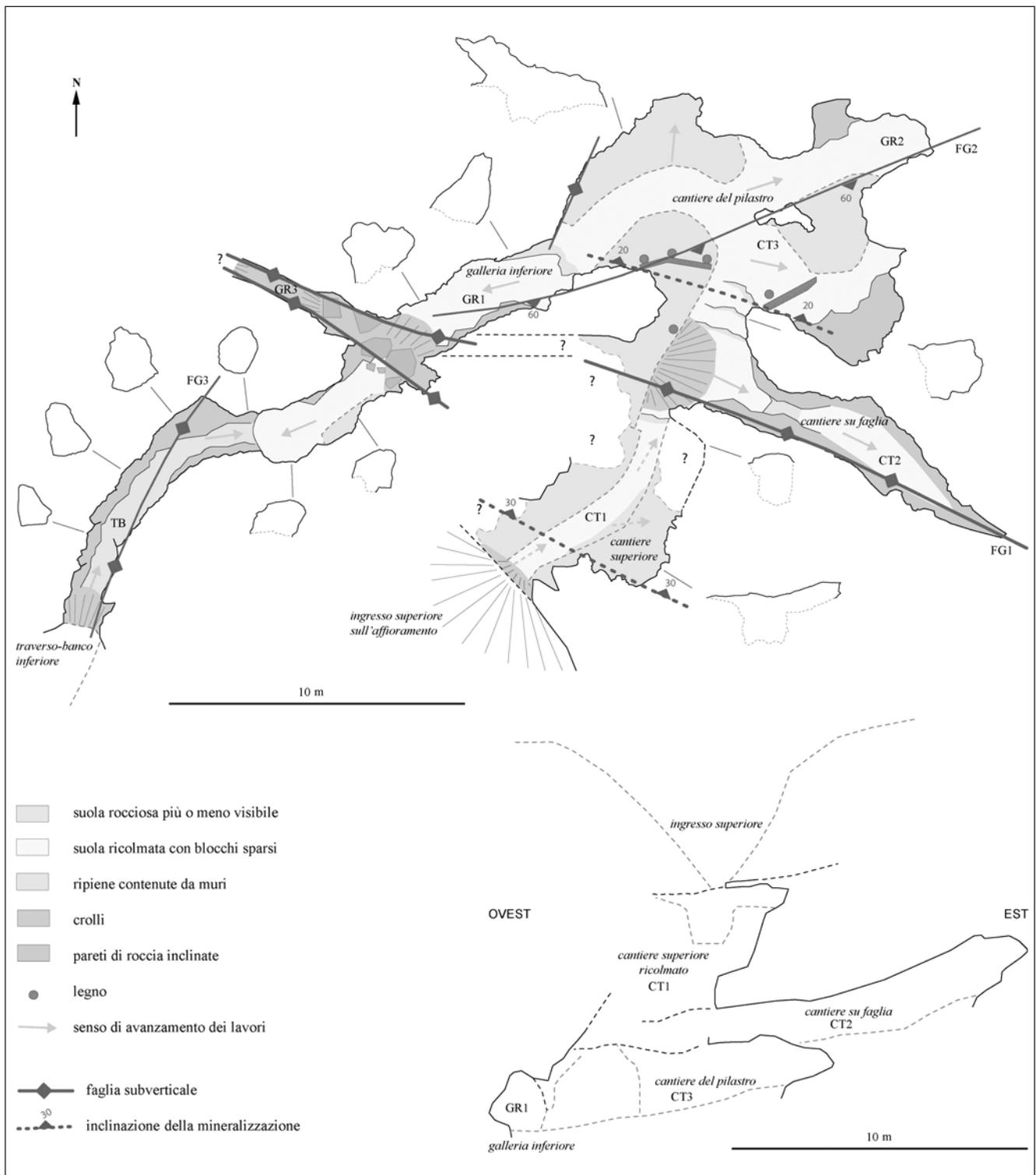


Fig. 2. Miniera sotterranea di magnetite, planimetria e sezione (elab. B. Ancel su rilievo mediante laser scanner Geoworks).

alto 1,4-1,9 m; considerando l'andamento lievemente discendente e la scomodità dell'evacuazione dall'alto, non serviva all'eduzione (la fratturazione del massiccio offre un drenaggio naturale), ma al trasporto,

anche se la maggior parte dello sterile era gestita in sotterraneo.

Gli scavi sono iniziati, probabilmente senza polvere pirica, con una trincea subverticale profonda

almeno 5 m, prolungata da un cantiere sotterraneo; è possibile che su FG1 si impostasse una galleria alla profondità di ca. 15 m.

Dopo un periodo di abbandono, crolli e ricolmata della trincea, i lavori moderni a polvere pirica hanno comportato lo sgombero parziale di T, la riapertura di CT1, la sistemazione di un passaggio protetto da ripiene, lo scavo discendente del filone sino a 13 m di profondità, con installazione di puntelli lignei, accantonamento delle ripiene dietro muri e scavo di TB. (B.A.)

Le costruzioni esterne alla miniera

Il versante sottostante la miniera (fig. 1) ospita i ruderi di quattro costruzioni in pietra a secco (E1, E2, E3, E4). Incassate nel versante, prima degli scavi esse affioravano appena dalla copertura colluviale e non se ne potevano stabilire età e funzione, anche se la

vicinanza alla miniera suggeriva un legame con essa.

Tale lettura era sostenuta dalla presenza, a monte di E2, di un blocco in monzonite (MF1, figg. 1 e 11), la cui faccia superiore, concava e liscia, alludeva alla comminazione manuale del minerale e, di conseguenza, al masso-frantoio.

Su di un masso inamovibile in quarzomicascisto, cui si addossa il lato ovest di E4, si notava inoltre l'iscrizione I784 / P • (fig. 1, IR), collegabile alla "permissione" di sfruttamento rilasciata quell'anno.

Attirava infine l'attenzione una falda detritica in forte pendenza, ricoperta da humus, che dai terrazzini artificiali di E1 ed E2 discende a ventaglio sulla sottostante pista stradale (fig. 1, DM1). Accanto al 20% di quarzomicascisti autoctoni e al 30% di spezzoni di ganga a magnetite, nella composizione di DM1 entra infatti il 50% di spezzoni di un agglomerato termoalterato, con una frazione argillosa termometamorfosata, a struttura vacuolare, rinsaldante elementi clastici (tra cui magnetite e scorie).

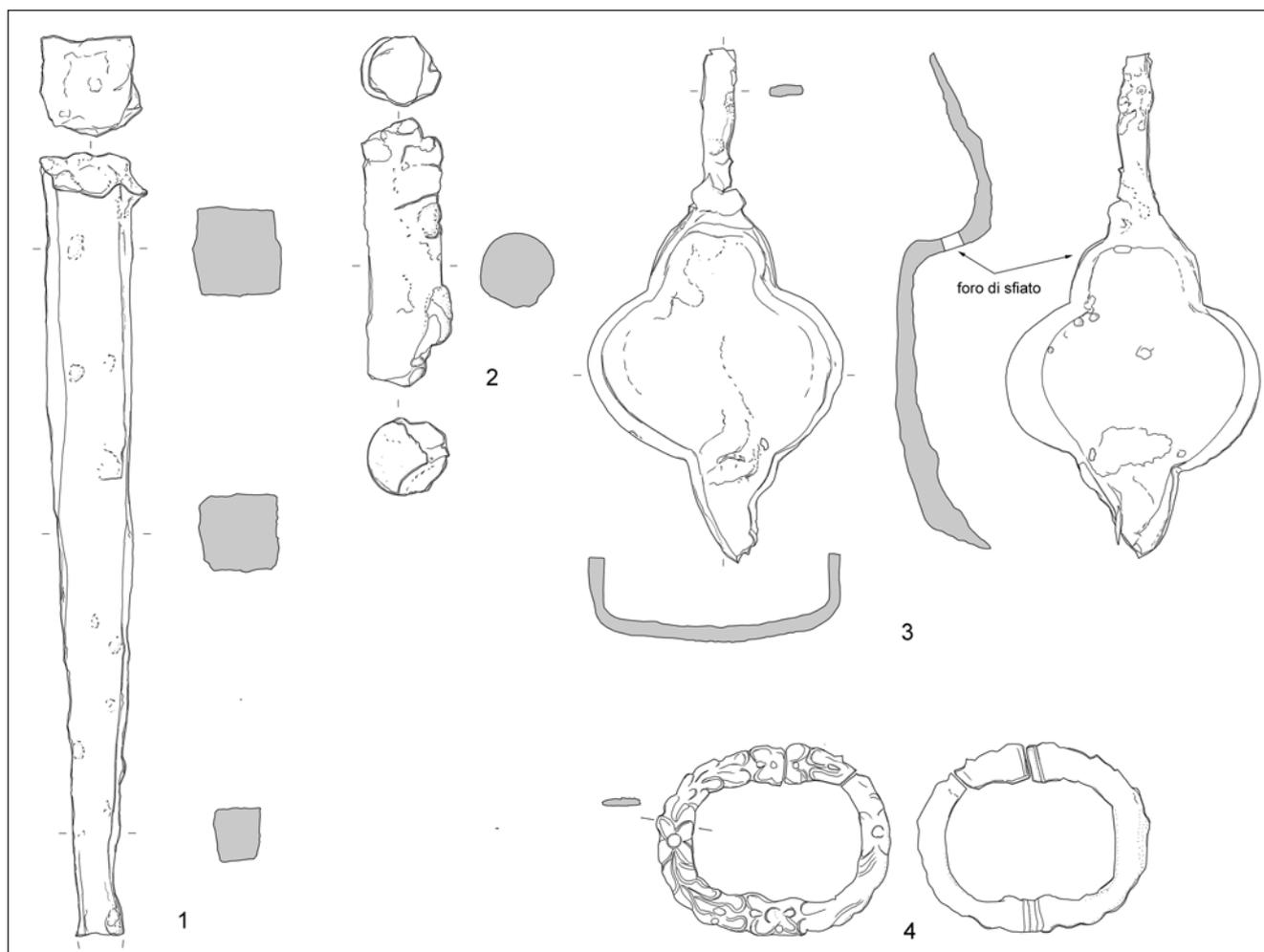


Fig. 3. Reperti da E4. In acciaio: punteruolo (1); frammento di barramina (2); lucerna (3). In lega di rame: fibbia per scarpa maschile (4) (dis. A. Gattiglia).

Le indagini archeologiche del 2017-2019, svolte dall'Università di Torino (Dipartimento di Studi Storici) in regime di concessione ministeriale, hanno

confermato il legame delle costruzioni con la miniera, identificando in E1 una forgia, in E2 un forno di arrostitimento, in E4 un edificio polifunzionale, dove,

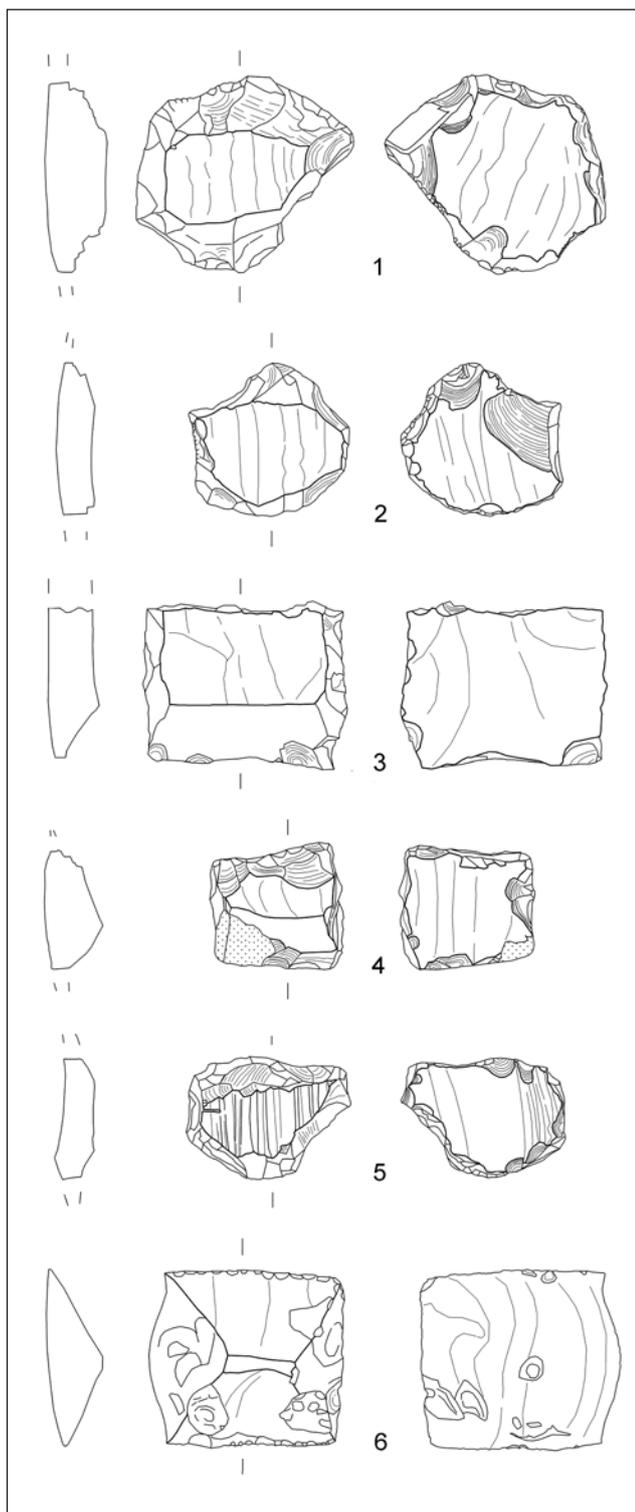


Fig. 4. Pietre focaie per acciarino o arma da fuoco (in selce bionda 1-5, in selce beige 6). Provenienza: dal pendio sottostante E4 (1); dall'interno di E4 (2-4); dall'interno di E2 (5-6) (dis. A. Gattiglia).



Fig. 5. Forno di arrostitimento E2 dopo l'ultimazione dello scavo e del consolidamento: veduta frontale da sud, veduta dall'alto della camera di arrostitimento da nord-ovest, dettaglio del lastricato interno da est (foto M. Rossi).

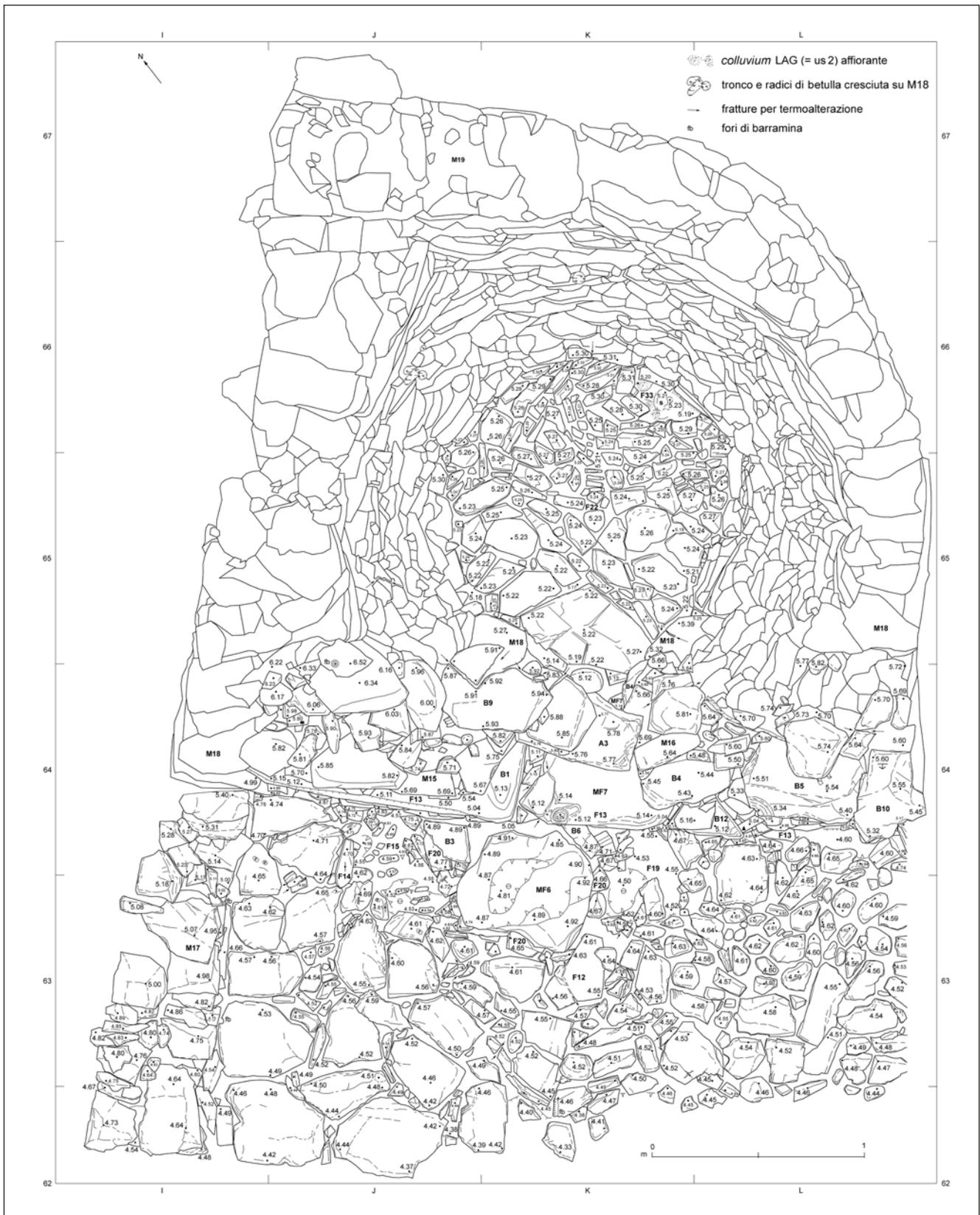


Fig. 6. Planimetria quotata del forno di arrostitimento E2 e dell'area circostante dopo l'ultimazione dello scavo e del consolidamento (elab. M. Rossi). Rilievo topografico del settore nord mediante laser scanner (Geoworks); rilievo plani-altimetrico manuale del settore sud e disegno digitale del settore nord (M. Rossi - A. Gattiglia).

accanto a quelle metallurgiche, avvenivano attività domestiche e di allevamento. Lo studio chimico dei vari tipi di scorie chiarirà i singoli processi. Si sono inoltre rinvenuti altri 6 massi-frantoio (4 in E1, 2 in E2).

Nei tre edifici, che formano un agglomerato terrazzato abbarbicato al versante, erano in uso ceramiche di fine XVIII secolo (slip ware, invetriate, taches noires). Sono compatibili con tale data i reperti metallici (acciaio e bronzo) (fig. 3) e litici (pietre focaie in selce) (fig. 4). Gli strati di fondazione o di funzionamento degli edifici non differiscono per contenuto da quelli del deterioramento postfunzionale, a riprova della brevità e della specializzazione dell'occupazione stabile del versante; la frequentazione silvopastorale, documentata nel periodo 1789-1960, non ha lasciato tracce discriminabili.

La forgia dedicata alla miniera, autonoma dalle forge di processo o di prodotto annesse a forni, affinerie e fucine, è una costante sin dal Medioevo (BAILLY-MAÎTRE - BRUNO DUPRAZ 1994, pp. 75-82; BENOÎT 1997, pp. 52-63), nota in val Sessera anche ad Argentera inferiore. Il suo compito è ridurre gli spostamenti e i tempi di intervento per manutenzione e riparazione degli attrezzi minerari. Non stupisce quindi la vicinanza (200 m) agli impianti di Rondolere, poiché diversa era la funzione. Dal 1804 la forgia di Pietra Bianca è abbandonata e spogliata della copertura in lose, ma vi vengono dimenticati strumenti in acciaio e un sacco di carbonella. La ristrutturazione del settore nord-est, pur nel breve arco di vita dell'edificio, conferma la frequenza degli ammodernamenti degli stabilimenti metallurgici, nel continuo tentativo di ottimizzarne la resa.

Non così prevedibile era la presenza di un forno di arrostitimento (figg. 5-6). Nei pressi della val Sessera, installazioni simili sono documentate nel 1751 alla miniera di Valbella a Cravagliana, in val Sesia, o, come parti di stabilimenti siderurgici, nel 1796-1813 a Campertogno, sempre in val Sesia, e nel 1806-1813 a Postua, in valle Strona. In quei casi, però, nei giacimenti di provenienza la magnetite è associata ad altri minerali ferrosi (ossidi, carbonati e soprattutto solfuri), che danno una massa di impurità da eliminare precocemente nei trattamenti, sia per evitare difetti in ghise e acciai, sia per ridurre peso e volume nei trasporti. Dalla stratigrafia osservata durante uno scavo infrastrutturale lungo la pista stradale a monte di Rondolere è noto che la discesa del minerale da Pietra Bianca non avveniva in canalizzazioni come ad Argentera superiore, ma con bestie da soma o a dorso d'uomo. I solfuri metallici associati alla magnetite di Pietra Bianca 2 sono però scarsi (vd. *infra*) e in una tratta così breve l'aumento di peso e volume non sarebbe significativo. Dallo scavo di E2 non è del resto emersa tormalina, principale minerale paragenetico della magnetite

di Pietra Bianca 2, che nel processo di arricchimento doveva essere eliminata in una fase precoce. Ne deriva che un pur basso tenore di solfuri bastava a giustificare la costruzione di un forno di arrostitimento.



Fig. 7. Edificio polifunzionale E4 dopo l'ultimazione dello scavo e del consolidamento: veduta generale dall'alto da nord-ovest, interno da sud, veduta nadirale del focolare in pietra e di alcune buche per pali da est (foto M. Rossi).

Non è stata oggetto di scavo la costruzione E3. Si può però notare che si trova 4,5 m a monte della bocca del forno di arrostitimento, all'estremo inferiore di un tracciato di 14 m, al cui termine superiore sta la piazzola terrazzata PT, antistante l'ingresso di TB; essendo rettilineo e in lieve costante discesa, questo tracciato differisce dai sentieri silvopastorali che risalgono il versante ed è identificabile con una via di carreggio (VC). Poiché a valle di PT vi è la discarica di ganga DM3, è probabile che il minerale uscito da TB fosse sottoposto su PT a cernita e frantumazione manuali e poi carrettato lungo VC sino a E3, da dove poteva passare in E2 con uno scivolo o tramoggia in legno non conservati. (M.R. - A.G. - P.d.V.)

Le analisi chimiche

Le analisi chimiche indicano che gli spezzoni di agglomerato termoalterato di DM1 sono materiali argillo-sabbiosi sottoposti a un fortissimo impatto termico, provenienti verosimilmente dalle pareti di un forno per il trattamento del minerale di ferro.

In uno dei campioni (VSR101), del peso di 500 g, si osserva in sezione un gradiente dell'impatto termico. Il blocco comprende due strati sovrapposti. La superficie rimasta a contatto con il fuoco è di colore rosso scuro, abbastanza regolare e piatta. Per uno spessore di 2-3 cm il materiale è fine, rosso mattone e contiene un 10% di frammenti di roccia chiara; ha l'aspetto di un materiale argilloso molto cotto non giunto a fusione. Il secondo strato è formato da una matrice bruno-nera (40%) e da numerosissimi frammenti di roccia, perlopiù spigolosi (60%), di dimensioni variabili da 1 a 30 mm. L'analisi rivela che questo strato è ricco in SiO_2 (79%), con debole proporzione di Al_2O_3 e Fe_2O_3 . Gli altri elementi hanno tenori molto bassi.

Un altro campione (VSR102), di 200 g, mostra un impatto termico più forte (oltre 1.200 °C). La superficie rimasta a contatto con il fuoco è bruna scura, ha subito fusione e mostra strutture di scorrimento viscoso e numerose bolle. In sezione il materiale è grigio scuro e poroso, con aspetto di scoria fayalitica. Il materiale fuso si insinua nello strato sottostante, che è simile allo strato esterno di VSR101. L'analisi rivela un tenore in ferro più alto (20%), risultato della contaminazione tra parete e minerale. Il campione è più ricco in Al_2O_3 , a conferma della natura argillosa. Lo spettro degli elementi minori e in tracce è diverso.

Questi residui sono molto differenti da quelli dell'alto forno e del forno di affinazione di Rondolere e potrebbero ricondursi ad attività di riduzione diretta di età precedente. (V.S.)

Lo studio petrografico e mineralogico

Le indagini si sono concentrate su due filoni tematici strettamente connessi: lo studio del sistema idrotermale a magnetite e tormalina all'interno della miniera e lo studio di parte delle strutture archeo-metallogurgiche emerse dagli scavi archeologici (forno di arrostitimento E2).

Per alcuni paramenti interni della miniera (fig. 9) e per la struttura del forno è stata svolta una mappatura fotografica con laser scanner, che ne ha permesso una visione di dettaglio tridimensionale e, per una parte della miniera, la localizzazione e mappatura del sistema idrotermale.

I campioni raccolti nella miniera sono stati analizzati, prima alla macroscale, poi alla microscale, mediante microscopia ottica, sia in luce trasmessa, sia in luce riflessa. Su alcuni campioni selezionati è stato sviluppato un approfondimento mineralogico mediante microscopia elettronica a scansione (*SEM-EDS*) e, per uno specifico campione di materiale incoerente prelevato dal forno, mediante diffrattometria per polveri.

L'andamento della coltivazione mineraria in sotterraneo segue la distribuzione spaziale di un sistema di vene idrotermali impostate all'interno di prevalenti quarzomicascisti della Zona Sesia-Lanzo (metamorfiti re-equilibrate in condizioni termo-bariche corrispondenti alla facies eclogitica durante il ciclo tettonico-metamorfico alpino di età terziaria). Il sistema idrotermale è multifasico, caratterizzato da una successione di vene a: I) tormalina \pm quarzo \pm carbonato; II) magnetite \pm biotite \pm quarzo (\pm solfuri); III) tormalina \pm magnetite \pm quarzo \pm solfuri, cui sono talora associate brecce idrotermali con matrice a tormalina, magnetite, carbonato e solfuri; IV) vene tardive a quarzo e vene tardive a carbonato.

Sulla base di stime geotermometriche relative alla coesistenza di albite e K-feldspato (presenti, quali prodotti di alterazione, nelle salbande delle vene), è possibile stimare temperature minime per la formazione del sistema idrotermale comprese tra 245 e 295 °C.

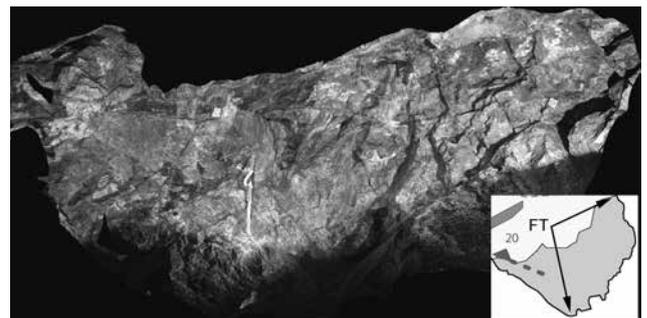


Fig. 9. Rilievo fotogrammetrico tridimensionale della fronte di taglio (FT) sud-est del cantiere CT3 (ril. Geoworks; elab. E. Egidio).

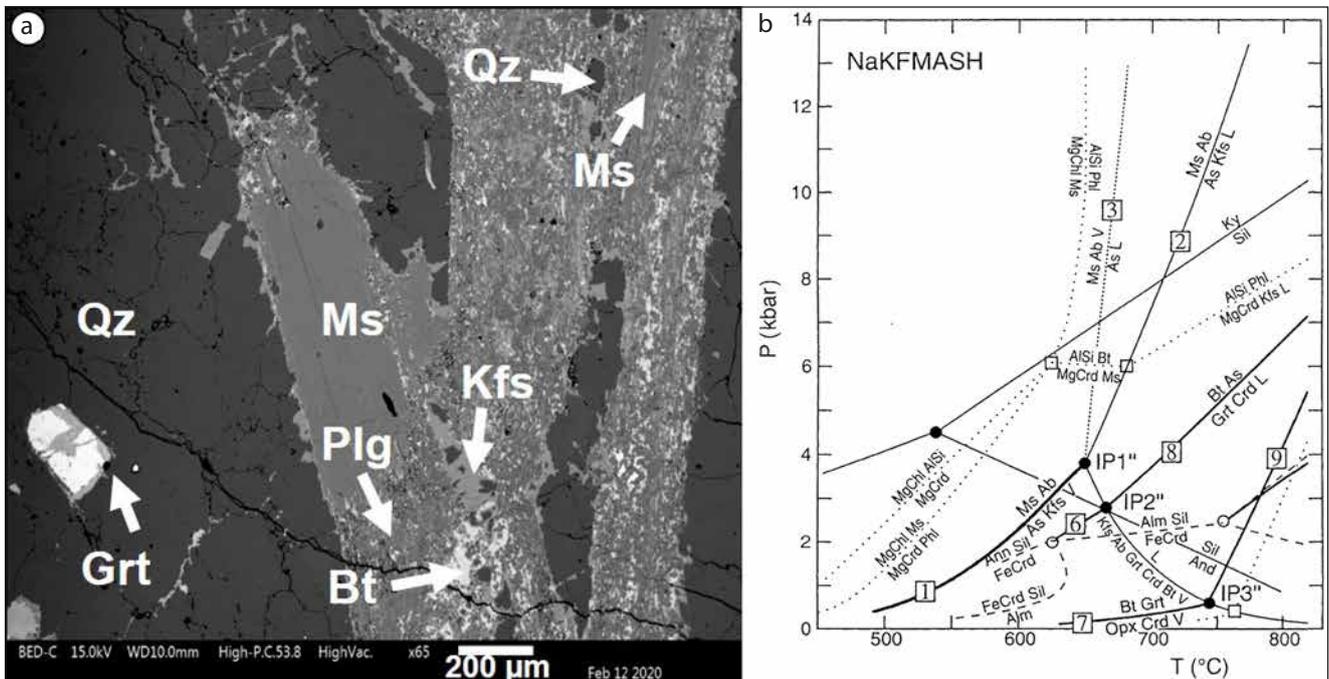


Fig. 10. Immagine in microscopia elettronica della microstruttura di reazione incompleta: muscovite + plagioclasio + quarzo \rightarrow K-feldspato + sillimanite + vapore/fuso (Bt = biotite; Grt = granato; Kfs = K-feldspato; Ms = muscovite; Plg = plagioclasio; Qz = quarzo) (a); diagramma pressione-temperatura in cui la curva di riferimento per tale reazione a bassa pressione [1] è inspessita (b) (da SPEAR *et al.* 1999, modificato).

La successione di eventi idrotermali ricostruita è coerente con quella nota in letteratura per altre porzioni del complesso e articolato sistema idrotermale (da tardo- a post-magmatico) che affiora non soltanto in alta val Sessera, ma anche più a sud-ovest, in bassa valle Cervo, al tetto del cd. Plutone di Biella di età oligocenica (ROSSETTI *et al.* 2007).

Lo studio petrografico e mineralogico di alcuni campioni della struttura E2 ha permesso di precisare i litotipi locali utilizzati per la sua realizzazione e di correlarne la posizione con la distribuzione dei fenomeni di alterazione termica legati ai processi metallurgici. Alcuni campioni della mineralizzazione (rinvenuti all'interno di E2 durante lo scavo archeologico) risultano costituiti da magnetite e sono caratterizzati dall'assenza di solfuri. Ciò suggerisce che il forno fosse funzionale all'arricchimento del materiale estratto (mediante ossidazione dei solfuri metallici), in preparazione del successivo trattamento nell'alto forno di Rondolere.

Per quanto riguarda i lapidei costituenti il lastricato interno della camera di arrostitimento, in uno dei campioni analizzati è stata individuata una microstruttura (fig. 10a) interpretabile come risultato di una reazione progradata, per quanto incompleta considerato il contesto ambientale, del tipo: muscovite + plagioclasio + quarzo \rightarrow K-feldspato + sillimanite + vapore/fuso.

Il confronto con reazioni simili determinate sperimentalmente (fig. 10b) suggerisce che tale microstruttura si sia formata, in condizioni di bassa pressione, a temperature di circa 500 °C. (E.E. - A.B. - D.C. - P.R.)

I profili pedologici

Lo studio della stratigrafia archeologica si è avvalso di profili pedologici, dentro e fuori l'area di scavo, al fine di descrivere l'uso del suolo con parametri naturalistici anziché culturali. Il raffronto tra le due letture e la discussione interdisciplinare affinano le ipotesi archeologiche.

Alcuni profili registrano le profonde modificazioni del versante causate da attività estrattive, costruzione, funzionamento e decadimento degli edifici.

Nel profilo PP2, la posizione superficiale dell'orizzonte B suggerisce che, per costruire E1, il suolo originario sia stato asportato, come indica l'incassatura nel terreno dell'edificio. In PP3, la successione coluviale normale è sepolta sotto una falda di detriti di origine antropica comprendente macerie e ganga (DM1). In PP5 e PP6 compare un orizzonte BA con matrice bruno-giallastra più chiara del sottostante orizzonte A bruno scuro: normalmente, con la profondità la sostanza organica diminuisce e il colore

degli orizzonti si schiarisce; l'inversione osservata suggerisce che lo strato superficiale sia un orizzonte B di riporto che abbia in seguito subito pedogenesi.

Le modificazioni si limitano all'area occupata dagli edifici: poco al di fuori di essa permane l'evoluzione pedogenetica tipica dell'alta val Sessera, influenzata da attività silvopastorali.

In PP1, 9 m a valle di E1, non compaiono già più minerale magnetitico e carboni di legna, con scheletro meno abbondante che nei profili antropici minerario-siderurgici. In PP4a e PP4b non vi sono perturbazioni antropiche nella composizione dei sedimenti e nell'andamento degli strati, nonostante che la profonda incassatura artificiale di E1 disti poche decine di centimetri. (S.C.)

Le analisi archeobotaniche

Lo studio dell'abbondante contenuto vegetale degli strati della forgia E1 ha messo in luce aspetti interessanti. Sono stati determinati 320 frammenti.

Tanto nell'accumulo di carbonella F3, quanto nella falda di scorie e carboni F7, non sono infrequenti gli elementi di cannello, derivati da rami o polloni non spaccati longitudinalmente.

In F7 i carboni di cannello sono 2 su 51 (3,9%), entrambi di faggio, con diametri di 14 e 21 mm.

In F3, un insieme omogeneo formato da tipici carboni di carbonella, i frammenti di cannello sono 46 su 263 (17,5%): percentuale elevata, riferibile a una gestione del bosco atta a non intaccare piante adulte. Il diametro medio dei cannelli è 23 mm, con minimo di 13 mm e massimo di 62 mm. Tutti gli elementi misurabili sono cortecciati e indicano taglio autunnale. Si tratta quasi esclusivamente di faggio. L'unico cannello di betulla ha un diametro di 46 mm ed è formato da due frammenti congruenti, il che conferma l'omogeneità del campione. Gli altri frustoli sembrano derivare da spacchi.

Ancora in F3 un carbone di faggio mostra una successione irregolare di anelli: ai più antichi visibili segue una serie di cerchie quasi prive di legno estivo. Le possibili cause sono molteplici, variando da cicli patologici a carico della pianta ad attività umana ripetuta e defogliazione.

L'unico frammento con tracce di utensili da taglio è un rametto cortecciato di faggio da F7, con diametro di 13 mm e una superficie obliqua netta angolata di 36° rispetto all'asse del ramo.

Una limitata quantità di carboni (11) proviene da una ripiena a diretto contatto con la suola di CT1, in un settore dove questa è priva di fori di barramina e parzialmente coperta da un muro di contenimento poggiate sulla stessa suola. I reperti (9 *Fagus*, 1 *Al-*

nus, 1 *Juniperus*) hanno caratteri omogenei, diversi da quelli riscontrati in F3 e F7: sono infatti inferiori al centimetro e hanno subito un forte processo di mineralizzazione; provenendo da ambiente sotterraneo, è possibile che ciò dipenda da condizioni tafonomiche e forse anche da processi crono-pedosedimentari diversi da quelli subiti dagli altri campioni.

Caratteristiche morfologiche solo in parte simili hanno 38 frammenti provenienti dal deposito di pendio a media profondità, di cui 35 di *Fagus* e 3 di *Juniperus*: hanno infatti dimensioni ridotte, ma solo 2 presentano elevato grado di mineralizzazione; inoltre, oltre il 70% degli elementi è solo parzialmente bruciato e mantiene ampie parti celluloso-legnose: si può pensare ai residui di una copertura forestale incendiata, successivamente rideposti, ipotesi avvalorata dal fatto che mentre F3 e F7 sono accumuli dell'attività della forgia E1, il deposito colluviale di versante è di origine naturale, precedente alla installazione siderurgica.

Il complesso esaminato è dominato dal Faggio (95,7%), con percentuali basse o minime di tre soli altri *taxa*: *Betula* 2,7%, *Juniperus* 1,1%, *Alnus* 0,5%. La Betulla, presente sia in F3, sia in F7, probabilmente rientrava tra le essenze utilizzate saltuariamente nella produzione di carbonella; la presenza occasionale di Ginepro sembra testimoniare zone a suolo impoverito e un contesto forestale degradato; l'Ontano indica prossimità di corsi d'acqua. Questa composizione è simile a quella riscontrata a Rondolere. Il legno di Faggio per la produzione di carbone da impiegare nei processi metallurgici è del resto generalizzato su di un arco cronologico molto esteso. (R.N.)

La cronologia

Le escavazioni minerarie con uso di mine, l'iscrizione rupestre, la via di carreggio, le costruzioni in pietra a secco e i materiali mobili a queste associati disegnano un quadro cronologico coerente, ristretto al ventennio 1784-1804, connesso con le prime fasi dello stabilimento di Rondolere.

In tale quadro non trovano però spazio, in ottica crono-tecnologica, gli spezzoni di agglomerato termoalterato di DM1, i massi-frantoio e alcuni sporadici materiali mobili (Rossi *et al.* 2021b, pp. 350-351).

Nessuno spezzone di agglomerato termoalterato aderisce ai muri del XVIII secolo, il che esclude che a quell'epoca tale materiale fosse allo stato pastoso e che la sua formazione si colleghi al funzionamento degli edifici portati in luce. Resta quindi valida l'ipotesi che sul versante sia esistito un impianto di riduzione diretta premoderno, avvalorata dalle analisi chimiche che stabiliscono una netta differenza tra

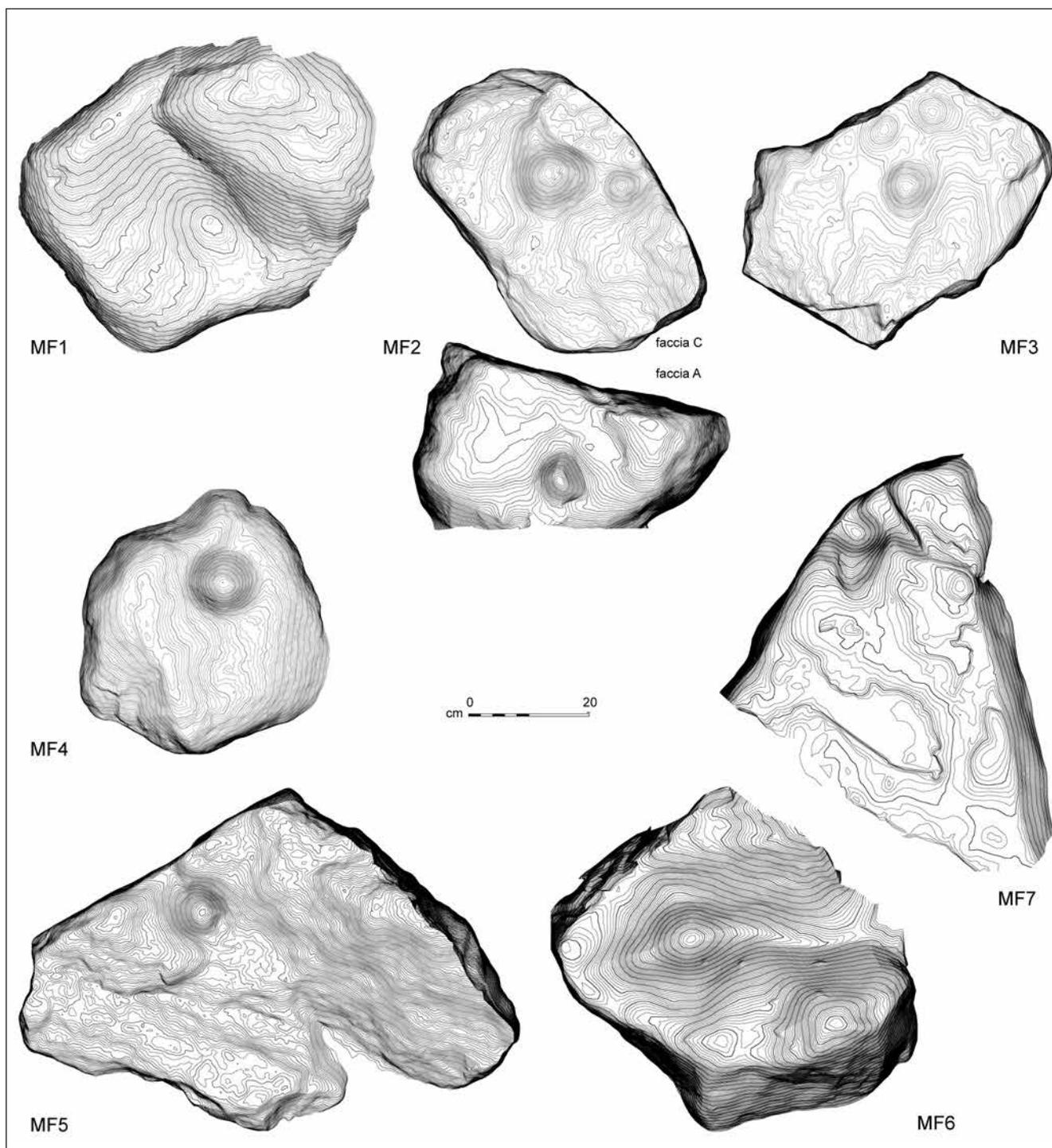


Fig. 11. Rappresentazioni microtopografiche a isoipse dei massi-frantoio (equidistanza = 1 mm; rilievi con laser scanner Geoworks).

la temperatura più alta raggiunta nel forno di arrostitamento (500 °C) e quella che ha fuso il rivestimento del perduto forno di riduzione (oltre 1.200 °C). Se le sue fondamenta non sono state rinvenute, nonostante le indagini all'apice della falda a conoide DM1, ossia in corrispondenza dei terrazzini artificiali ospitanti E1

ed E2, lo si deve probabilmente al profondo taglio operato nel terreno a fine XVIII secolo per fondare i due edifici, rispecchiato anche dalla successione pedologica (vd. *supra*), che può avere causato l'eradicazione del manufatto, con conseguente scivolamento delle macerie lungo il versante.

In alcuni spezzoni si nota del resto un condotto troncoconico a sezione ellittica interpretabile come impronta di un ugello in terracotta di tipo tardoantico o medievale (ESCHENLOHR *et al.* 1991, pp. 58-63; SERNEELS - BECK 1998, pp. 49, 56-58; VALENTI 2013, pp. 7-8), laddove gli ugelli moderni erano in rame o acciaio (PINI 1779-1780, I, p. 112; II, p. 260, tav. XI; HASSENFRAZ 1812, p. 13, tavv. 40-41).

I massi-frantoio noti dall'archeologia e dalla manualistica tecnica sono medievali (BAILLY-MAÎTRE - BRUNO DUPRAZ 1994, pp. 89-91; BAILLY-MAÎTRE *et al.* 2013, pp. 60-64, 70-71) o protomoderni (*La mine mode d'emploi* 1992, pp. 36-37, 78; *Das Schwarzer Bergbuch* 2006, I, p. 38; II, p. 234; SLOTTA 2012, p. 594). Gli esemplari di Pietra Bianca (fig. 11) sono perciò relitti rimaneggiati del primo sfruttamento, probabilmente rinvenuti sul posto dalle maestranze settecentesche e reimpiegati come materiale edilizio comune (MF2, MF3, MF4, MF5, MF7) o con funzione imprecisata (MF1, MF6), ancorché diversa

dall'originaria: a fine XVIII secolo, per frantumare il minerale si usavano infatti frantoi idromeccanici (anche in val Sessera); poiché a Pietra Bianca 2 non è disponibile forza idraulica, la frantumazione manuale si sarebbe avvalsa di magli in acciaio, che avrebbero impresso sulla liscia superficie dei massi stimate che sono invece assenti.

Il quadro degli indizi di sfruttamento presettecentesco è completato da 2 biette in acciaio incompatibili con le tecniche estrattive del XVIII secolo, 2 orli di olle fittili di tipo medievale e un frantumatore manuale in gneiss massiccio.

Nel complesso, i materiali presettecenteschi non rimandano all'epoca di Geronima Saura, ma alle attività segnalate dai documenti del XIII-XIV secolo. Queste dovevano però avere una portata minore di quanto la critica storica recente si sia sforzata di fare apparire, costruendo ipotesi sull'esistenza di un vilaggio minerario pur in assenza di dati archeologici (ROSSI *et al.* 2021a, p. 291). (M.R. - A.G. - P.d.V.)

* Il Patrimonio Storico-Ambientale - corso Tassoni 20 - 10143 Torino
presidenza@aipsam.org
anna.gattiglia@aipsam.org
valorizzazione@aipsam.org

** Dipartimento di Studi Storici - Università degli Studi di Torino - via S. Ottavio 20 - 10124 Torino
paolo.devingo@unito.it

*** Musée des mines d'argent - 10 rue du Château - 05120 L'Argentière-la-Bessée
brancel@orange.fr

**** Département de Géosciences - Université de Fribourg - chemin du Musée 6 - 1700 Fribourg
vincent.serneels@unifr.ch

***** Dipartimento di Scienze della Terra - Università degli Studi di Torino - via Valperga Caluso 35 - 10125 Torino
elena.egidio@unito.it
alessandro.borghini@unito.it
daniele.castelli@unito.it

***** Dipartimento di Studi sull'Asia e sull'Africa Mediterranea - Università Ca' Foscari Venezia - Ca' Cappello - San Polo 2035 - 30125 Venezia
renato.nisbet@unive.it

Bibliografia

- BAILLY-MAÎTRE M.-C. - BRUNO DUPRAZ J. 1994. *Brandes-en-Oisans. La mine d'argent des Dauphins (XII-XIVe s.)*. Isère, Lyon (Documents d'archéologie en Rhône-Alpes, 9).
- BAILLY-MAÎTRE M.-C. *et al.* 2013. BAILLY-MAÎTRE M.-C. - MINVIELLE LAROUSSE N. - KAMMENTHALER É. - GONON T. - GUONOVA G., *L'exploitation minière dans la vallée du Chassezac (Ardèche). Le plomb, l'argent et le cuivre au moyen âge (XIe-XIIIe siècle)*, in *Archéologie médiévale*, 43, pp. 47-76.
- BENOÎT P. 1997. *La mine de Pampailly. XVe-XVIIIe siècles. Brussieu - Rhône*, Lyon (Documents d'archéologie en Rhône-Alpes, 14).
- BLANCHARD R. 1954. *Les Alpes Occidentales. VI. Le versant piémontais*, 2, Grenoble-Paris.
- BORELLO L. - TALLONE A. 1928. *Le carte dell'archivio comunale di Biella fino al 1379*, II, Torino (Biblioteca della Società storica subalpina, 104).
- CALLERI G. 1966. *Alpeggi biellesi*, Biella.
- DUBOIN F.A. *et al.* 1860. DUBOIN F.A. - DUBOIN C. - MUZIO A. - CANONICA D. - COTTIN G., *Raccolta per ordine di materie delle leggi cioè editti, patenti, manifesti, ecc. emanate negli stati di terraferma sino all'8 dicembre 1798 dai sovrani della real casa di Savoia*, XXIV, XXVI, Torino.
- ESCHENLOHR L. *et al.* 1991. ESCHENLOHR L. - SERNEELS V. - HILTPOLD B., *Les bas fourneaux mérovingiens de Boécourt, les Boulies (JU, Suisse)*, Porrentruy (Cahier d'archéologie jurassienne, 3).

- HASSENFRATZ J.H. 1812. *La sidérotechnie, ou l'art de traiter les minerais de fer pour en obtenir de la fonte, du fer, ou de l'acier*, III, Paris.
- La mine mode d'emploi* 1992. *La mine mode d'emploi. La Rouge Myne de Saint Nicolas de la Croix dessinée par Heinrich Groff*, a cura di E. Brugerolles - H. Bari - P. Benoit - P. Fluck - H. Schoen, Paris.
- ORDANO R. 1970. *I Biscioni*, II, I, Torino (Biblioteca storica subalpina, 181).
- PINI E. 1779-1780. *De venarum metallicarum excoctione*, I-II, Milano.
- ROSSETTI P. et al. 2007. ROSSETTI P. - AGANGI A. - CASTELLI D. - PADOAN M. - RUFFINI R., *The Oligocene Biella pluton (western Alps, Italy): new insights on the magmatic vs. hydrothermal activity in the Valsessera roof zone*, in *Periodico di mineralogia*, 76, 2-3, pp. 223-240.
- ROSSI M. - GATTIGLIA A. 2015. *Il forno di affinazione di Rondolere (1788-1813)*, in *Archeologia delle aree montane europee: metodi, problemi e casi di studio*, a cura di U. Moscatelli - A.M. Stagno, in *Il capitale culturale*, 12, pp. 149-182.
- ROSSI M. et al. 2021a. ROSSI M. - DE VINGO P. - GATTIGLIA A. - ANSELMETTI E. - CASTELLI D. - CHERSICH S. - NISBET R. - ROSSETTI P., *Nascita e metamorfosi di una fonderia di solfuri misti tra i monti dell'alta val Sessera (Biella): Piana del Ponte dal XVIII secolo a oggi*, in *Piemonte archeo-minerario. Miniere e opifici da risorsa strategica a patrimonio storico-ambientale*, a cura di P. de Vingo, Firenze (ArcheoAlpMed, 3), pp. 235-330.
- ROSSI M. et al. 2021b. ROSSI M. - DE VINGO P. - GATTIGLIA A. - ANCEL B. - CHERSICH S. - NISBET R. - ROSSETTI P. - SERNEELS V., *Una miniera di magnetite e le sue installazioni mineralurgiche in alta val Sessera (Biella): Pietra Bianca 2 tra tardo medioevo ed età napoleonica*, in *Piemonte archeo-minerario. Miniere e opifici da risorsa strategica a patrimonio storico-ambientale*, a cura di P. de Vingo, Firenze (ArcheoAlpMed, 3), pp. 331-355.
- Das Schwazer Bergbuch* 2006. *Das Schwazer Bergbuch*, I-III, a cura di C. Bartels - A. Bingener - R. Slotta, Bochum.
- SERNEELS V. - BECK B. 1998. *Les scories du Mont Chemin et l'utilisation de la magnétite pour fabriquer du fer par la méthode directe de réduction*, in *Minaria Helvetica*, 18b, pp. 43-65.
- SLOTTA R. 2012. *Der (Silber-)Bergbau als Kunst-Katalysator, in Der alteuropäische Bergbau. Von den Anfängen bis zur Mitte des 18. Jahrhunderts*, a cura di C. Bartels - R. Slotta, Münster (Geschichte des deutschen Bergbaus, 1), pp. 591-618.
- SPEAR et al. 1999. SPEAR F.S. - KOHN M.J. - CHENEY J.T., *P - T paths from anatectic pelites*, in *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 134, pp. 17-32.
- VALENTI M. 2013. *Miranduolo (Chiusdino - SI). Campagna di scavo 2013: nuovi dati sul villaggio di VIII secolo d.C.*, in *FOLDER. The Journal of Fasti Online*, 299, pp. 1-17.