

Società Speleologica Italiana

OPERA IPOGEA

Journal of Speleology in Artificial Cavities

Anno XXVI - 1 / 2024



«L'ERMA» di BRETSCHNEIDER



OPERA IPOGEA
Anno XXVI / Numero 1 / 2024

OPERA IPOGEA

Journal of Speleology in Artificial Cavities
Memorie della Commissione Nazionale Cavità Artificiali

Autorizzazione del Tribunale di Bologna n. 7702 dell'11 ottobre 2006
Rivista Semestrale della Società Speleologica Italiana ETS

Editore «L'ERMA» di BRETSCHNEIDER

ISBN brossura: 978-88-913-3256-1 / ISBN pdf: 978-88-913-3257-8 / ISSN: 1970-9692 / CDD 551.44
DOI: 10.48255/1970-9692.XXVI.2024.1 / 1. Speleologia

www.operaipogea.it

Facebook: operaipogea

Rivista dell'Area 10 "Scienze dell'antichità, filologico-letterarie e storico-artistiche"
Classificata dall'Agenzia Nazionale di Valutazione del Sistema Universitario e della Ricerca (ANVUR)
quale rivista scientifica rilevante ai fini dell'Abilitazione Scientifica Nazionale (ASN)

Direttore Responsabile

Stefano Saj / studiosaj@aruba.it

Direttore Editoriale

Massimo Mancini / maxman@unimol.it

Comitato Scientifico

Roberto Bixio / Centro Studi Sotterranei / Genova
Anna Boato / Università degli Studi di Genova / Genova
Elena Calandra / Istituto Centrale per l'Archeologia - MiC / Roma
Vittoria Caloi / Istituto Nazionale di Astrofisica / Roma
Marilena Cozzolino / Università degli Studi del Molise / Campobasso
Carlo Ebanista / Università degli Studi del Molise / Campobasso
Francesco Faccini / Università degli Studi di Genova / Genova
Angelo Ferrari / IMC - Consiglio Nazionale delle Ricerche / Montelibretti (RM)
Carla Galeazzi / Centro Ricerche Sotterranee Egeria / Roma
Ilaria Gnecco / Università degli Studi di Genova / Genova
Paolo Madonia / Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia / Roma
Roberto Maggi / Università degli Studi di Genova / Genova
Massimo Malagugini / Università degli Studi di Genova / Genova
Massimo Mancini / Università degli Studi del Molise / Campobasso
Mariano Martini / Università degli Studi di Genova / Genova
Alessandro Naso / Università degli Studi di Napoli "Federico II" / Napoli
Roberto Nini / Associazione Culturale Subterranea / Narni (TR)
Mario Parise / Università degli Studi di Bari "Aldo Moro" / Bari
Mark Pearce / University of Nottingham / United Kingdom
Stefano Saj / Centro Studi Sotterranei / Genova
Gianluca Soricelli / Università degli Studi del Molise / Campobasso
Marco Vattano / Università degli Studi di Palermo / Palermo
Boaz Zissu / Bar-Ilan University / Ramat-Gan / Israel

Comitato di Redazione

Michele Betti, Roberto Bixio, Sossio Del Prete, Andrea De Pascale, Carla Galeazzi, Carlo Germani, Massimo Mancini, Stefano Saj

Indirizzo della Redazione

c/o Studio Saj / Corso Magenta 29/2, 16125 Genova - Italia

Composizione e impaginazione «L'ERMA» di BRETSCHNEIDER

Anno XXVI / Numero 1 / 2024

Foto di copertina

Monti del Matese / Galleria drenante della Sorgente Majella / Fiume Biferno / Bojano / CB
(foto Nicola Paolantonio)

Foto quarta di copertina

Monti del Matese / Galleria superiore non in esercizio / Ambiente di giunzione con la Finestra S. M. dei Rivoli superiore / Bojano / CB
(foto Nicola Paolantonio)

Immagine delle copertine interne

Grotta del cane presso il Lago di Agnano (NA), 1780 circa. Incisione all'acquaforte tratta da:
Voyage pittoresque à Naples et en Sicile, par Jean-Claude Richard de Saint-Non. Éd. Houdaille, Paris, 1836.

Acquisti e abbonamenti

Anno 2024 <https://www.lerma.it/catalogo/rivista/239>

Arretrati 1999-2023 (salvo disponibilità) biblioteca@socissi.it

Indice

Le gallerie di captazione delle Sorgenti del Fiume Biferno e la galleria di valico nei Monti del Matese (Molise / Campania). Aspetti storici, idrogeologici e strutturali di un'opera di ingegneria idraulica del Novecento.

5

Massimo Mancini, Paolo Di Ludovico, Paolo Gioia, Lorenzo Petracchini, Domenico Barberio

Un nuovo ipogeo artificiale nel sottosuolo di Napoli.

39

La cava di tufo e la cisterna di Corso Vittorio Emanuele.

Rosario Varriale

Inventory of artificial cavities in the Nevşehir province (Turkey): 2023 update.

53

Ali Yamaç, Bilgin Yazlık, Roberto Bixio, Carla Galeazzi, Mario Parise

Argentiera di Sant'Anna (Stazzema, Toscana):

77

uno straordinario esempio di attività mineraria rinascimentale.

Diego Pieruccioni, Simone Vezzoni, Danilo Magnani, Nadia Ricci, Francesca Braccini

Recensioni

Il torrente Seccata e le sue risorse minerarie.

99

Katia Rizzo

Des monuments sortis de l'ombre. Les souterrains-refuges.

100

Roberto Bixio

Argentiera di Sant'Anna (Stazzema, Toscana): uno straordinario esempio di attività mineraria rinascimentale

Argentiera di Sant'Anna (Stazzema, Tuscany): an extraordinary example of Renaissance mining activity

Diego Pieruccioni^{1,2}, Simone Vezzoni³, Danilo Magnani⁴, Nadia Ricci⁴, Francesca Braccini⁵

RIASSUNTO

Il complesso minerario dell'Argentiera di Sant'Anna di Stazzema è ubicato nelle Alpi Apuane meridionali e rappresenta una eccezionale testimonianza dell'attività estrattiva per la produzione di argento in epoca Rinascimentale, anche se, alcuni autori, hanno ipotizzato saltuarie attività già a partire dal periodo etrusco/romano. Alcune gallerie sono state successivamente riprese ed allargate nel corso del XIX e XX secolo con parziale obliterazione delle tracce delle lavorazioni più antiche. Le gallerie minerarie risultano tutt'ora ben visibili e caratterizzate, per lunghi tratti, da gallerie di piccole dimensioni di forma a "ogiva". Il rilievo topografico dell'intero complesso minerario ha permesso di delinearne il patrimonio sotterraneo che consiste di 12 ingressi principali e 12 scavi minori per uno sviluppo spaziale complessivo di 3,5 km di gallerie. Il rilevamento ha, inoltre, permesso di stimare che circa il 34% delle gallerie non è stato modificato durante le ultime fasi di lavorazione, preservandone le originali caratteristiche morfologiche e le tecniche di scavo manuale.

Parole chiave: mineralizzazione a piombo-zinco-argento, basamento Paleozoico, Argentiere di Sant'Anna, miniera rinascimentale, Alpi Apuane.

ABSTRACT

This study concerns the Argentiera di Sant'Anna mining complex, located in the southern Apuan Alps near the village of Sant'Anna di Stazzema. The area contains many mineral deposits, including Pb-Zn(-Ag) and pyrite±baryte±Fe-oxide ores, and minor deposits like Cu(-Au) and Hg ores. The mining activity in the Argentiera di Sant'Anna mines can be traced back to the Etruscan/Roman period, although there is no evidence to support this. The first documents describing mining activity from the site date back to the 13th century under the nobles of Corvaia and Valleccchia. In 1513, with the "Lodo of Pope Leone X", the mines passed to the Republic of Florence, which exploited them for almost a century under the leadership of the De Medici family. Many of the excavations were resumed during the 19th and 20th centuries, and the mining area passed into the hands of many different companies who performed only modest research activities without ever going into production. This allowed many ancient excavations made during the Renaissance period with hammers and chisel to be preserved. More modern activities have only partially obliterated the ancient excavations, which are still clearly visible with small galleries and a characteristic "coffin" shape. The mineralization exploited in this mining complex consists of lenses of galena (PbS) and sphalerite (ZnS) mixed with Ag-rich-tetrahedrite with thicknesses generally in centimetres and only occasionally in decimetres, developed along the main schistosity of the rock. The host rock is the Filladi inferiori formation of Cambrian-Lower Ordovician age (ca. 540-470 Ma), consisting of whitish quartzitic phyllites and phyllites rich in tourmaline. The exploration and topographic survey of the gallery system that makes up the mining complex of Argentiera di Sant'Anna, along with the comparison with existing cartography, have allowed us to outline the underground heritage present in the area. The mining complex consists of 12 main galleries and 12 minor excavations, totalling a spatial development of 3,5 km, of which approximately 34% are ancient galleries entirely hand-dug dating back to at least the 16th century. Almost all these excavations are easily accessible, except for two galleries known in the literature as "Pungitopi Gallery" and "Buca Piena Gallery", which have their entrance completely blocked by landslide debris. The purpose of this study is to explore and document the mining complex of the Argentiera di Sant'Anna to draw attention to this important site for its preservation and cultural enhancement.

Keywords: Pb-Zn(-Ag) ore, Palaeozoic basement, Argentiere di Sant'Anna, Renaissance mines, Apuan Alps.

INTRODUZIONE

La Versilia è un piccolo territorio stretto fra il Mar Ligure e le Alpi Apuane meridionali (Toscana settentrionale) che lega il suo nome al turismo, prevalentemente balneare, e ai luoghi di divertimento notturni. Se la costa

versiliese è la meta turistica per eccellenza, negli ultimi anni, sempre più appassionati scelgono mete alternative rivolte all'escursionismo nei principali siti del Geoparco UNESCO delle Alpi Apuane. Tuttavia, molti siti rimangono pressoché sconosciuti e faticano ad entrare nei tradizionali itinerari turistici ma anche in percorsi di valo-

Autore di riferimento: Diego Pieruccioni / diego.pieruccioni@isprambiente.it

¹ Servizio Geologico d'Italia – Istituto Superiore per la Ricerca e la Protezione Ambientale.

² Gruppo Speleologico Archeologico Versiliese.

³ Istituto di Geoscienze e Georisorse – Consiglio Nazionale delle Ricerche.

⁴ Gruppo Speleologico Archeologico Apuano.

⁵ Gruppo Speleologico Torrentistico Speolo.

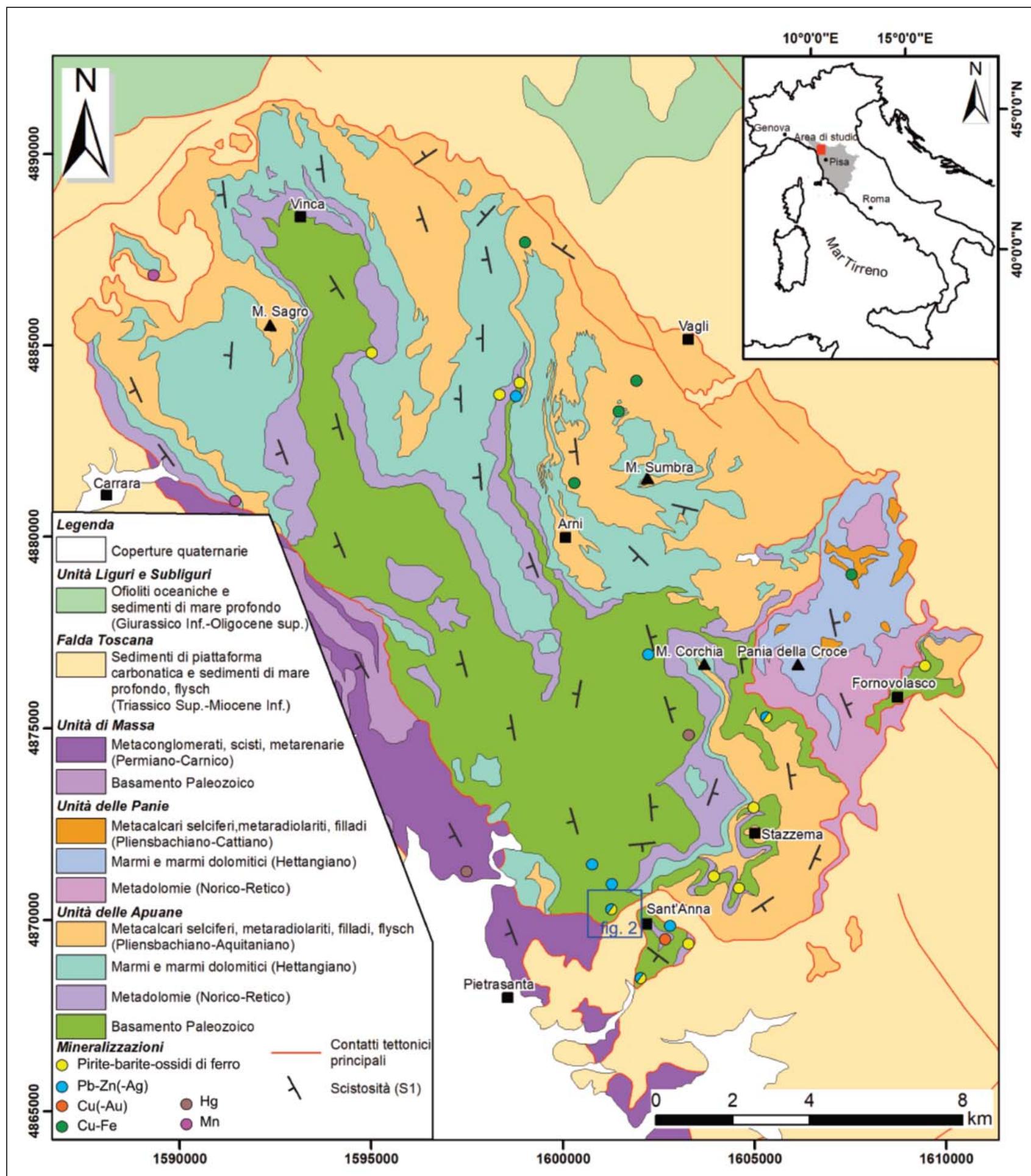


Fig.1 - Schema geologico delle Alpi Apuane (basato su Carmignani & Kligfield, 1990, e modificato da Pieruccioni *et al.*, 2023). Sistema di coordinate proiettate: Monte_Mario_Italy_zone_1.

Geological sketch map of the Apuan Alps (based on Carmignani & Kligfield, 1990, and modified after Pieruccioni *et al.*, 2023). Projected Coordinate System: Monte_Mario_Italy_zone_1.

rizzazione culturale, scientifica e didattica. Gli esempi più eclatanti sono i siti minerari situati nelle zone pedemontane e montane della Versilia che, con la loro storia, hanno da sempre segnato questo territorio. Con la chiu-

sura delle attività estrattive alla fine degli anni '80 del secolo scorso, i siti minerari sono stati dimenticati. Abbandonati, sono diventati in alcuni casi oggetto di furti ai manufatti e ai documenti in essi custoditi. Solo negli

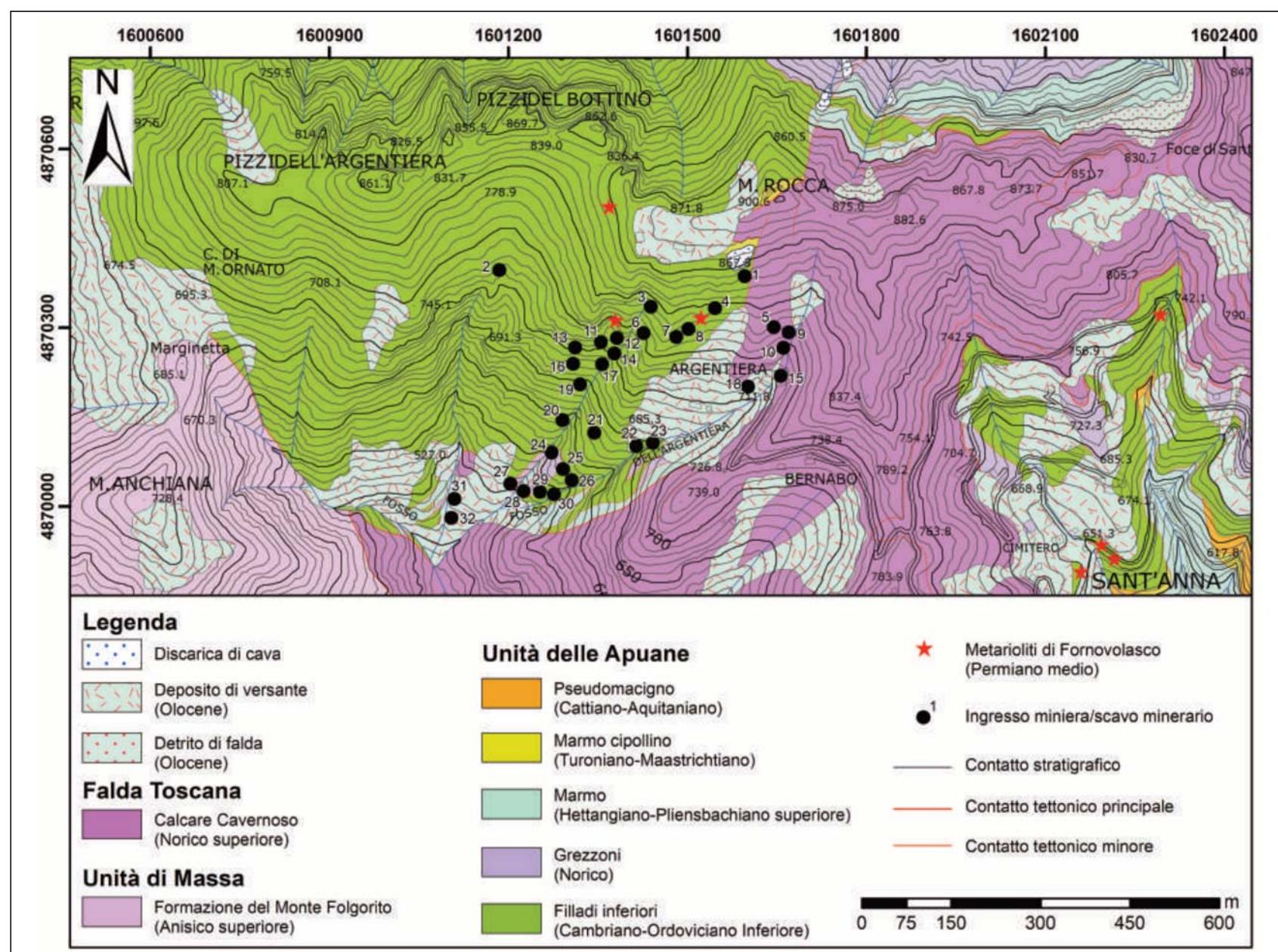


Fig. 2 - Carta geologica del complesso minerario dell'Argentiera di Sant'Anna (basata su Conti *et al.*, 2010, e modificata da Pieruccioni *et al.*, 2018b) con ubicazione degli ingressi minerari: 1) scavo 1; 2) scavo 2; 3) galleria Le Trincee; 4) pozzo Rava; 5) ingresso alto galleria della Fontana; 6) Ingresso n. 2 della Rava; 7) pozzo chiuso sopra la Rava; 8) galleria Rava; 9) galleria Fontanina; 10) galleria Fontana; 11) galleria Buca Piena; 12) ingresso n. 3 di Borratana; 13) ingresso alto di Busatrave; 14) ingresso n. 2 di Borratana; 15) galleria dell'Acqua; 16) galleria di Busatrave; 17) galleria di Borratana; 18) galleria Bussoli; 19) galleria Felcini; 20) galleria Santa Barbara; 21) galleria del Fabbro; 22) galleria del Metato; 23) galleria Pungitopi; 24) Ribasso Santa Barbara; 25) scavo 3; 26) Corsinello 5; 27) Corsinello 1; 28) Corsinello 2; 29) trincea; 30) scavo 4; 31) Corsinello 3; 32) galleria Cerpelli. Sistema di coordinate proiettate: Monte_Mario_Italy_zone_1.

*Geological map of the Argentiera di Sant'Anna mining complex (based on Conti *et al.*, 2010, and modified after Pieruccioni *et al.*, 2018b). See Fig. 1 for its location. Mining entrances: 1) mining work 1; 2) mining work 2; 3) Le Trincee gallery; 4) Rava shaft; 5) high entrance of Fontana gallery; 6) entrance no. 2 of Rava gallery; 7) closed shaft above the Rava gallery; 8) Rava gallery; 9) Fontanina gallery; 10) Fontana gallery; 11) Buca Piena gallery; 12) entrance no. 3 of Borratana gallery; 13) high entrance of Busatrave gallery; 14) entrance no. 2 of Borratana gallery; 15) Acqua gallery; 16) Busatrave gallery; 17) Borratana gallery; 18) Bussoli gallery; 19) Felcini gallery; 20) Santa Barbara gallery; 21) Fabbro gallery; 22) Metato gallery; 23) Pungitopi gallery; 24) Ribasso Santa Barbara; 25) mining work 3; 26) Corsinello 5; 27) Corsinello 1; 28) Corsinello 2; 29) trench; 30) mining work 4; 31) Corsinello 3; 32) Cerpelli gallery. Projected Coordinate System: Monte_Mario_Italy_zone_1.*

ultimi anni alcuni siti sono stati parzialmente valorizzati grazie all'impegno di comunità ed associazioni locali, in collaborazione con enti pubblici e di ricerca. Fra questi, l'area delle miniere di mercurio di Levigiani e il sito archeominerario del Canale della Radice a Mulina di Stazzema, attraggono migliaia di escursionisti. Gli altri siti sono oggetto di visite sporadiche nel corso dell'anno, prevalentemente in occasione di eventi divulgativi e scientifici.

Il presente contributo si propone come ulteriore stimolo alla valorizzazione storica, culturale e scientifica di uno dei più importanti siti minerari dimenticati della Versilia, l'Argentiera di Sant'Anna di Stazzema. L'area mineraria si trova nell'alta Valle dell'Argentiera, all'interno della cornice orografica che si estende dal M. Anchiana ad ovest, ai Pizzi dell'Argentiera e del Bottino a nord, ed il paese di Sant'Anna a sud-est (figg. 1 e 2).

L'Argentiera è un esempio eccezionale di complesso minerario rinascimentale per l'estrazione dell'argento che, da quel periodo in poi, ha subito limitate modifiche. Lo scopo dello studio è stato, quindi, quello di riesplorare gli ambienti con tecniche speleologiche, acquisire un nuovo rilievo topografico e la documentazione fotografica del complesso minerario sotterraneo.

INQUADRAMENTO GEOLOGICO

L'Appennino Settentrionale è una catena montuosa originata dalla convergenza (Cretaceo-Eocene) e successiva collisione (Oligocene-Miocene Inferiore) tra la placca europea e quella africana (ad es., Carmignani e Kligfield, 1990; Molli, 2008). Questo processo ha portato all'accavallamento e alla deformazione di unità tettoniche che si trovavano fra le due placche, sia di derivazione oceanica (unità liguri) che continentale (unità toscane).

Le Alpi Apuane rappresentano una delle migliori aree dell'Appennino Settentrionale (fig. 1) dove, grazie ai processi tettonici e all'erosione, è possibile osservare le parti più profonde della catena, quella che i geologi chiamano "finestra tettonica". Da questa "finestra", circondata da rocce non metamorfiche, l'originaria copertura oramai erosa, si può osservare il Complesso Metamorfico Apuano formato da rocce che furono sepolte fino ad alcuni chilometri di profondità durante la formazione dell'Appennino. Nelle Alpi Apuane, quindi, si può osservare una delle unità tettoniche più superficiali, la Falda Toscana e le tre unità geometricamente inferiori che formano il Complesso Metamorfico Apuano; dall'alto verso il basso, sono: l'Unità di Massa, l'Unità delle Panie e l'Unità delle Apuane (Pieruccioni *et al.*, 2023; fig. 1).

L'Argentiera di Sant'Anna si trova nella porzione meridionale delle Alpi Apuane, in una zona di contatto fra la Falda Toscana e l'unità metamorfica delle Apuane (figg. 1 e 2). L'unità superiore, la Falda Toscana, è costituita da una successione di rocce sedimentarie o debolmente metamorfiche (Cerrina Feroni *et al.*, 1983; Carosi *et al.*, 2003) rappresentate da rocce carbonatiche mesozoiche di mare poco profondo e da rocce di mare profondo di età terziaria (ad es., Fazzuoli *et al.*, 1994; Ciarapica e Passeri, 2002; fig. 1). Alla base di questa unità sono presenti rocce evaporite (prevalentemente a gesso e anidrite) del Triassico Superiore (Norico, circa 227-208 milioni di anni fa), dal tipico aspetto vacuolare, conosciute con il nome di Calcare Cavernoso. Questa roccia, nella zona di contatto con le sottostanti unità metamorfiche, è formata da una breccia di origine tettonica (cataclasite), prodotta durante l'accavallamento della

Falda Toscana al di sopra del Complesso Metamorfico Apuano e che contiene clasti delle rocce circostanti (ad es., Baldacci *et al.*, 1967; Conti *et al.*, 2019) (figg. 2 e 3a).

Al fine del presente lavoro, l'Unità delle Apuane è la più interessante poiché ospita le principali mineralizzazioni delle Alpi Apuane (fig. 1). L'Unità delle Apuane è posta geometricamente al di sotto della Falda Toscana, alla base è costituita da rocce paleozoiche, conosciute con il nome di Filladi inferiori, formate da sedimenti del Cambriano-Ordoviciano Inferiore (circa 540-470 milioni di anni fa; Paoli *et al.*, 2017; Pieruccioni *et al.*, 2018b; 2023). Durante il Permiano medio (circa 270-260 milioni di anni fa), fu interessata dall'intrusione di corpi granitici, noti con il nome di Metatiroliiti di Fornovolasco (Pieruccioni *et al.*, 2018a; 2020; Vezzoni *et al.*, 2018). La successione di rocce paleozoiche, le più antiche dell'area, è ricoperta da rocce carbonatiche di mare poco profondo del Mesozoico e silicoclastiche del Terziario (Patacca *et al.*, 2013; Conti *et al.*, 2019).

Le rocce prodotte in oltre 500 milioni di anni sono state coinvolte nei movimenti relativi fra la placca Europea e quella Africana, che le hanno impilate, portate a diversi chilometri di profondità, deformate e, infine, riesumate. Questi processi, conosciuti con il nome di orogenesi Alpina, hanno prodotto l'attuale aspetto dell'Appennino e, più in generale, della catena Alpina. Inoltre, hanno causato la ricristallizzazione e riorganizzazione delle originali rocce sedimentarie e magmatiche con la formazione di nuovi minerali, fra cui clorite, mica chiara, e cloritoide. Studiando queste rocce e utilizzando alcuni di questi minerali, come la mica chiara, si può ricostruire la storia delle Alpi Apuane. La formazione di questa catena montuosa può essere suddivisa in due principali fasi. La prima fase, di "seppellimento" (D_1), è avvenuta circa 20 milioni di anni fa (Miocene Inferiore; cfr. Di Vincenzo *et al.*, 2022 e suoi riferimenti bibliografici), e le rocce sono state portate, per quanto riguarda l'Unità delle Apuane, a temperature di circa 350-450 °C e 4-6 kbar (12-18 km di profondità; ad es., Jolivet *et al.*, 1998; Molli *et al.*, 2002; 2018). A queste condizioni, si sviluppano numerosi processi, fra i quali la ricristallizzazione, conosciuti come metamorfismo. All'evento metamorfico si deve anche la formazione dei caratteristici marmi delle Alpi Apuane, in cui le originali rocce carbonatiche del Mesozoico hanno subito una ricristallizzazione assumendo il tipico aspetto saccaroides dei marmi. Dopo questa prima fase, circa 12-10 milioni di anni fa (Miocene Medio; cfr. Di Vincenzo *et al.*, 2022 e suoi riferimenti bibliografici), le rocce spinte dai processi tettonici, hanno iniziato una lenta fase di risalita (D_2), responsabile dell'attuale aspetto delle Alpi Apuane (ad es., Carmignani e Kligfield, 1990).

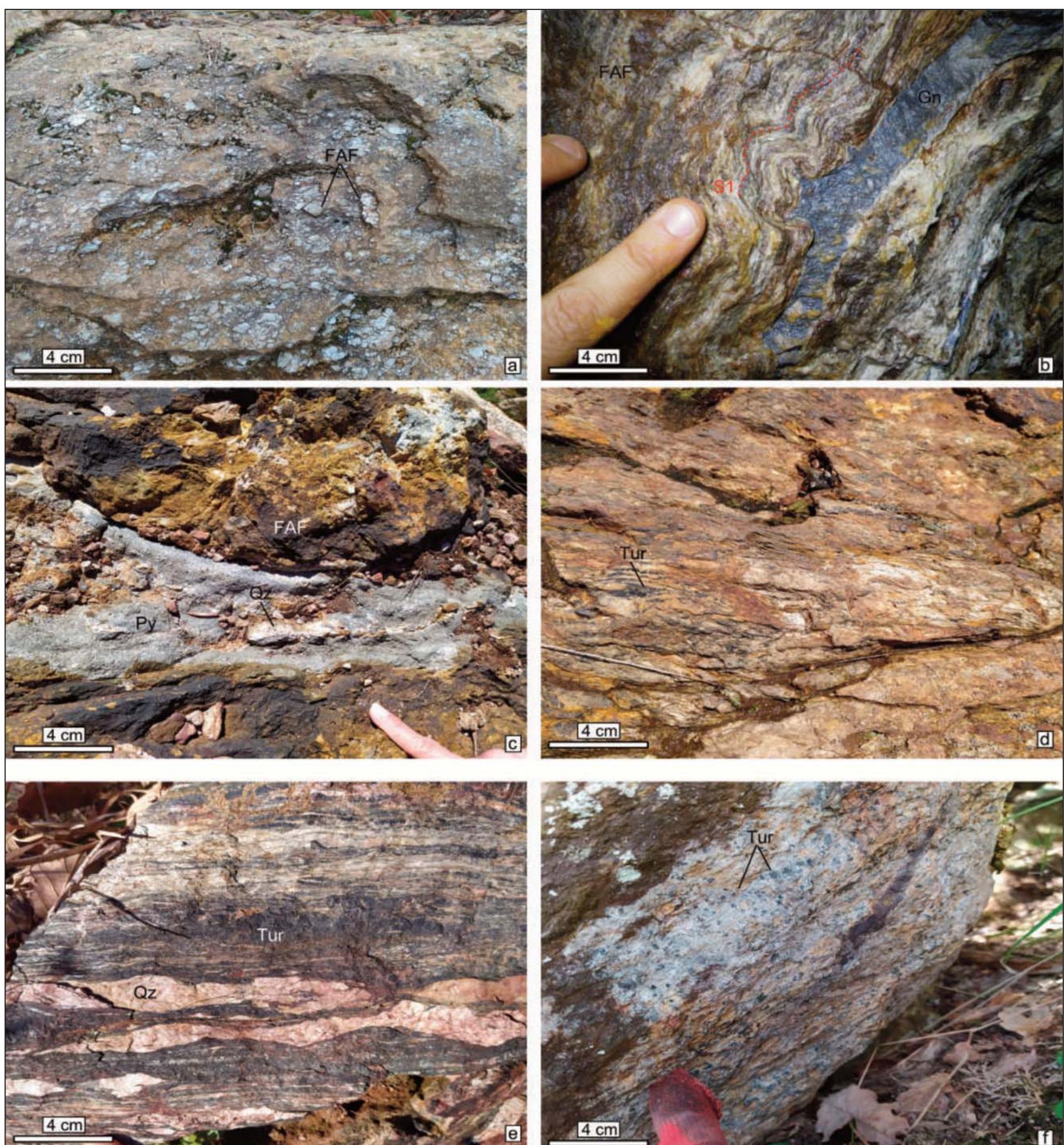


Fig. 3a. Formazione del Calcare Cavernoso nella sua facies cataclastica in cui sono evidenti frammenti della formazione delle Filladi inferiori (FAF) affiorante all'ingresso della Galleria dell'Acqua; b) filone di galena±sfalerite±tetraedrite (Gn) presente lungo la scistosità principale (S1) delle Filladi inferiori (FAF) che regista le intense deformazioni che queste rocce hanno subito durante il ciclo orogenico "alpino"; c) filone di pirite (Py) e quarzo (Qz) incassato all'interno della formazione delle Filladi inferiori (FAF) affiorante presso l'ingresso alto di Busatrave; d) formazione delle Filladi inferiori nella sua facies sbiancata contenente livelli centimetrici di tormalina (Tur) affiorante presso l'ingresso della Galleria Borratana; e) livello decimetrico di tormalina (Tur) e quarzo (Qz) presente all'interno della formazione delle Filladi inferiori affiorante presso il Monte Rocca; f) Metariolite di Fornovolasco affiorante presso l'ingresso n. 3 di Borratana, con orbicoli millimetrici di tormalina (Tur).

Calcare Cavernoso formation in its cataclastic facies in which fragments of the Filladi inferiori formation (FAF) are evident; b) galena±sphalerite±tetrahedrite vein (Gn) developed along the main schistosity (S1) of the Filladi inferiori formation (FAF) that records the intense deformations that these rocks underwent during the "Alpine" orogenic cycle; c) pyrite (Py) and quartz (Qz) vein embedded within the Filladi inferiori formation (FAF) cropping out at the high entrance of Busatrave gallery; d) Filladi inferiori formation in its bleached facies containing centimetre levels of tourmaline (Tur) cropping out at the entrance of the Borratana Gallery; e) decimetric level of tourmaline (Tur) and quartz (Qz) present within the Filladi inferiori formation cropping out near Mt. Rocca; f) Fornovolasco Metarhyolite cropping out at entrance no. 3 of Borratana Gallery, with millimetric orbicules of tourmaline (Tur).

I GIACIMENTI MINERARI DELLE ALPI APUANE E LA LORO FORMAZIONE

La lunga e complessa storia geologica delle Alpi Apuane ha permesso la formazione di numerose tipologie di mineralizzazioni, seppur generalmente di modeste dimensioni (fig. 1). La frase dei vecchi minatori della Versilia, riportata da Baldi (2021), riassume bene questa condizione: “*Quando Dio ebbe creato tutte le miniere del mondo, era sopra di noi e così ci scosse il sacco, ecco perché abbiamo poco ma di tutto*”. Tuttavia, per importanza mineraria e storica, due sono le principali mineralizzazioni coltivate sulle Apuane: quelle a barite, pirite ed ossidi di ferro e quelle a piombo, zinco e argento (denominate di seguito Pb-Zn(-Ag)). I principali corpi mineralizzati sono stati individuati nella parte meridionale delle Alpi Apuane, nei territori comunali di Pietrasanta, Seravezza e Stazzema, in provincia di Lucca.

La mineralizzazione coltivata all’Argentiera di Sant’Anna è prevalentemente quella a Pb-Zn(-Ag) con galena (solfuro di piombo; PbS) e sfalerite (solfuro di zinco; ZnS) associate a concentrazioni variabili, ma sempre piuttosto modeste, di un minerale dalla formula complessa, la tetraedrite (fig. 3b). Particolarmente in quest’ultimo minerale, può essere contenuto l’argento (Ag) che può raggiungere il 20-30 % in peso nella tetraedrite della vicina miniera del Bottino (Benvenuti *et al.*, 1989) e il 14 % in peso in quella presente nella Galleria Santa Barbara all’Argentiera (Nannucci, 1989).

La mineralizzazione si trova generalmente sotto forma di livelli centimetrici, allungati e deformati durante l’evento metamorfico Alpino (fig. 3b). Raramente, sono stati segnalati corpi mineralizzati con spessori che possono raggiungere un metro presso la Galleria Rava, Felcini e Fontana (Capacci, 1906; Pelloux, 1922). In alcune gallerie è presente anche una mineralizzazione a pirite (solfuro di ferro; FeS₂) ed ossidi di ferro (ematite - Fe₂O₃; magnetite - Fe₃O₄), di spessore da centimetrico a metrico, sempre allungati e deformati (fig. 3c). Le mineralizzazioni sono all’interno della formazione più antica delle Alpi Apuane (Filladi inferiori; figg. 1 e 2). Questa formazione è stata datata con metodi radiometrici (Paoli *et al.*, 2017; Pieruccioni *et al.*, 2018b) e biostratigrafici (Pieruccioni *et al.*, 2023) al Cambriano-Ordoviciano Inferiore (circa 540-470 milioni di anni), ed è caratterizzata da un’ampia variabilità di colore, tessiture e composizione mineralogica (Vezzoni *et al.*, 2020). Nell’area mineraria dell’Argentiera, le Filladi inferiori sono spesso sbiancate, costituite da quarzo, mica chiara e quantità variabili di clorite e di un minerale dal blu scuro al nero chiamato tormalina (figg. 3d e 3e). Associate a queste rocce, sono stati osservati caratteristici corpi massivi con “orbicoli” di tormalina (fig. 3f) che possono raggiungere 4 centimetri di diametro; sono note in letteratura con il nome di Meta-

rioliti di Fornovolasco. Lo studio di queste rocce ha mostrato che si tratta di originali rocce magmatiche, simili ad un granito, che si misero in posto nel Permiano medio (circa 260-270 milioni di anni fa) all’interno delle Filladi inferiori (Pieruccioni *et al.*, 2018a; 2020; Vezzoni *et al.*, 2018) (fig. 3f).

Le nuove scoperte hanno permesso di aggiungere una tessera alla ricostruzione del *puzzle* geologico sulla formazione dei giacimenti minerari delle Alpi Apuane, entrando in un dibattito scientifico che va avanti da oltre 50 anni (ad es., Carmignani *et al.*, 1972; Benvenuti *et al.*, 1989; Nannucci, 1989; Ciarapica *et al.*, 1985). I nuovi dati di terreno corredati dalle analisi di laboratorio hanno messo in evidenza che le mineralizzazioni delle Alpi Apuane sono state generate dall’azione di fluidi caldi e ricchi in metalli, prodotti dalla messa in posto dei corpi magmatici del Permiano medio. I giacimenti, durante il ciclo orogenico “Alpino”, hanno subito la stessa storia metamorfica e deformativa delle rocce incassanti, facendogli assumere l’attuale assetto geologico (Pieruccioni *et al.*, 2018b; Vezzoni *et al.*, 2018; 2020).

NOTE SULLA STORIA DELL’ATTIVITÀ MINERARIA

In questa nota ci soffermeremo sulla storia mineraria dell’Argentiera di Sant’Anna che si intreccia con quella degli altri siti versiliesi caratterizzati da mineralizzazioni a Pb-Zn(-Ag). Per queste aree, sono state proposte varie ipotesi sull’inizio delle attività minerarie (cfr. Baldi, 2021 e suoi riferimenti bibliografici) ma, ad oggi, non ci sono dati certi precedenti al XIII secolo.

Alcuni autori hanno sostenuto che già gli Etruschi, e in seguito i Romani, abbiano eseguito i primi lavori di sfruttamento minerario, basandosi sulla presenza di gallerie di ridotte dimensioni e iscrizioni rinvenute in prossimità di ingressi minerari (Pilla, 1845; D’Achiardi, 1872; Blanchard, 1887; Sagui, 1920). Simonin (1858) riteneva probabile che la colonia etrusca di Lucca si dedicasse alla coltivazione delle miniere di Pb-Zn(-Ag) e che il porto di Luni, alla foce del fiume Magra, fosse sorto per il commercio dell’argento. Lo stesso nome *Lunae*, ora Luni, deriverebbe dal nome del prezioso metallo che gli Etruschi avevano dedicato alla Luna. La coltivazione sarebbe proseguita sotto il primo periodo del dominio romano, cessando del tutto per disposizione del Senato di Roma con l’interdizione di ogni attività mineraria in questa parte della penisola, come riferisce Plinio il Vecchio in *Naturalis Historia*. Tuttavia, la mancanza di ulteriori e più dettagliate fonti storiche e di dati archeologici per questo periodo non consente, ad oggi, di verificare tale ipotesi.

Il primo documento che testimonia la presenza di attività minerarie in Versilia è del 13 maggio 1203, il

cosiddetto “Lodo di Terrarossa”. Il lodo regolava una disputa tra i signori di Vezzano, quelli di Versilia e i loro consorti contro il vescovo di Luni ed i marchesi Malaspina, stabilendo che a questi ultimi fosse destinato un terzo del prodotto estratto all’“Argentiera” (Repetti, 1833; Panichi, 1910). Va ricordato come, in quel periodo, per “Argentiera” si intendessero tutte le località di estrazione e lavorazione dell’argento e, quindi, non è chiaro a quale area mineraria si riferisse il lodo. Un documento successivo del 9 ottobre 1219 attesta la presenza di più siti per l’estrazione dell’argento poiché sancisce che le miniere dell’*Argentiera di Vallebuona* e quelle di *Galleni* sono di proprietà dei nobili di Vallecchia, mentre quelle di Stazzema (altri autori riportano erroneamente Farnocchia; vedi Baldi, 2021) sono di proprietà di quelli di Corvaia, due famiglie feudali della zona (Repetti, 1833; Jervis, 1881; Panichi, 1910). Con questi nomi, probabilmente, ci si riferiva alle aree minerarie conosciute attualmente con il nome di Pollone nel Comune di Pietrasanta, Bottino – Sciorinello e forse Gallena, ed Argentiera di Sant’Anna in quello di Stazzema. Tuttavia, questo è un periodo di forte instabilità politica per l’area versiliese che durerà fino al XVI secolo. I territori versilie, così come le miniere, passarono in più riprese sotto il controllo territoriale delle famiglie feudali della zona, Lucca, Pisa, Firenze, Genova e, per un breve periodo, il regno di Francia (Simi, 1855; Jervis, 1881; Baldi, 2021) e questa condizione pregiudicò inevitabilmente lo sviluppo di rilevanti e durature attività estrattive (Pipino, 1977; Paolicchi, 1981). In questo quadro, attività minerarie, almeno saltuarie, sono testimoniate dai documenti sulla vendita di “corbe di vena dell’argento” tra il 1243 e il 1249 (Baldi, 2021; Gruppo Archeologico Camaiore, 2022; Archivio di Stato di Lucca) e dalle richieste di permessi per concessioni minerarie sotto la dominazione genovese con il Banco di San Giorgio fra il 1446 e il 1484. In quest’ultimo periodo, la maggior parte dei documenti riguardano le attività per l’estrazione del ferro, mentre per le mineralizzazioni ad argento sono conosciuti solo una richiesta di concessione, probabilmente del 1456, e il relativo rinnovo del 1460 (Pipino, 1977).

La fase di instabilità politica terminò nel 1513, con il “Lodo di Papa Leone X” che assegnò il Capitanato di Pietrasanta, che raggruppava gli attuali territori comunali di Pietrasanta, Stazzema, Seravezza e Forte dei Marmi e, ovviamente, tutte le principali aree minerarie della Versilia, alla Repubblica di Firenze (Paolicchi, 1981). La stabilità economico-amministrativa del territorio dette impulso, in pieno spirito rinascimentale, all’avvio di imprese industriali. Dal 1539 sotto Cosimo I De Medici vennero riprese anche le attività di ricerca e coltivazione, tra cui quelle dell’Argentiera di Sant’Anna (Targioni Tozzetti, 1773), spinto anche da un

favorevole contesto economico in Europa che incoraggiava gli investimenti nell’estrazione dell’argento e che perdurò fino verso la metà del XVI secolo (Farinelli, 2017). In questo periodo, oltre alla attività mineraria, vennero intraprese una serie di opere, sia connesse all’attività mineraria come i nuovi forni fusori presso il Bottino, denominati “fabbrica dell’argento” (Fabretti e Guidarelli, 1980; Benvenuti *et al.*, 1992) sia il Palazzo Mediceo, residenza della famiglia De Medici durante le visite alle cave e alle miniere e, oggi, patrimonio UNESCO.

La manodopera specializzata, composta da fonditori, affinatori, saggiatori e minatori, fu reclutata da zone di lingua tedesca, in particolare dal Tirolo, note in tutta Europa per la capacità nelle attività di estrazione e metallurgia (Fabretti & Guidarelli, 1980; Garofani, 2007; Marcon, 2023) e, per questo motivo, identificata come “*todeschi*” o “*alemanni*” (Marcon, 2024). I compiti di minor specializzazione furono, invece, affidati ai lavoratori locali. Questa suddivisione rifletteva l’assenza di manodopera specializzata dovuta alla sostanziale inattività mineraria nei secoli precedenti. Solo nelle ultime fasi delle attività estrattive Medicee, verso la fine del XVI secolo, si poté incominciare ad utilizzare lavoratori locali anche per le mansioni più qualificate (Farinelli, 2017). Per quanto riguarda le tecniche minerarie utilizzate si possono ricavare dalla lettura di tre libri finemente illustrati il “*De La Pirotechnia*” di Vannuccio Biringuccio (1540), lo “*Schwazer Bergbuch*” (Anonimo, 1556; il “*libro delle miniere di Schwaz*” in Tirolo; figg. 4a, b, c), e il più famoso “*De Re Metallica*” di Georgii Agricolae (1556). Questi libri sono una fonte storica unica per ricostruire lo stato delle conoscenze nell’“arte mineraria” del XVI secolo (Lefèvre, 2010). Dopo la morte di Cosimo I, avvenuta nel 1574, l’attività mineraria proseguì anche sotto Francesco I e, successivamente, Ferdinando I. Durante la gestione di quest’ultimo si verificò un calo delle percentuali d’argento e di piombo ricavate dal minerale, tale da indurre Ferdinando I a sospettare che vi fosse una frode da parte degli addetti alla miniera, con sottrazione di gran parte dell’argento prodotto. Per questo motivo, il 18 settembre del 1592, i lavori minerari si interruppero bruscamente (Panichi, 1910; Pelloux, 1922; Garofani, 2007). Questo, però, fu anche un periodo di forte crisi per l’industria mineraria dell’argento in Europa poiché il costo del metallo crollò a seguito dell’apporto di grandi quantitativi di argento dalle Americhe. La crisi, che in un primo momento favorì l’afflusso di manodopera specializzata dall’Europa centrale, finì per determinare la chiusura definitiva della produzione di argento in periodo rinascimentale (Farinelli, 2017).

Terminata l’attività cinquecentesca le miniere dell’Argentiera di Sant’Anna, così come le altre miniere d’argento, rimasero sostanzialmente abbandonate per

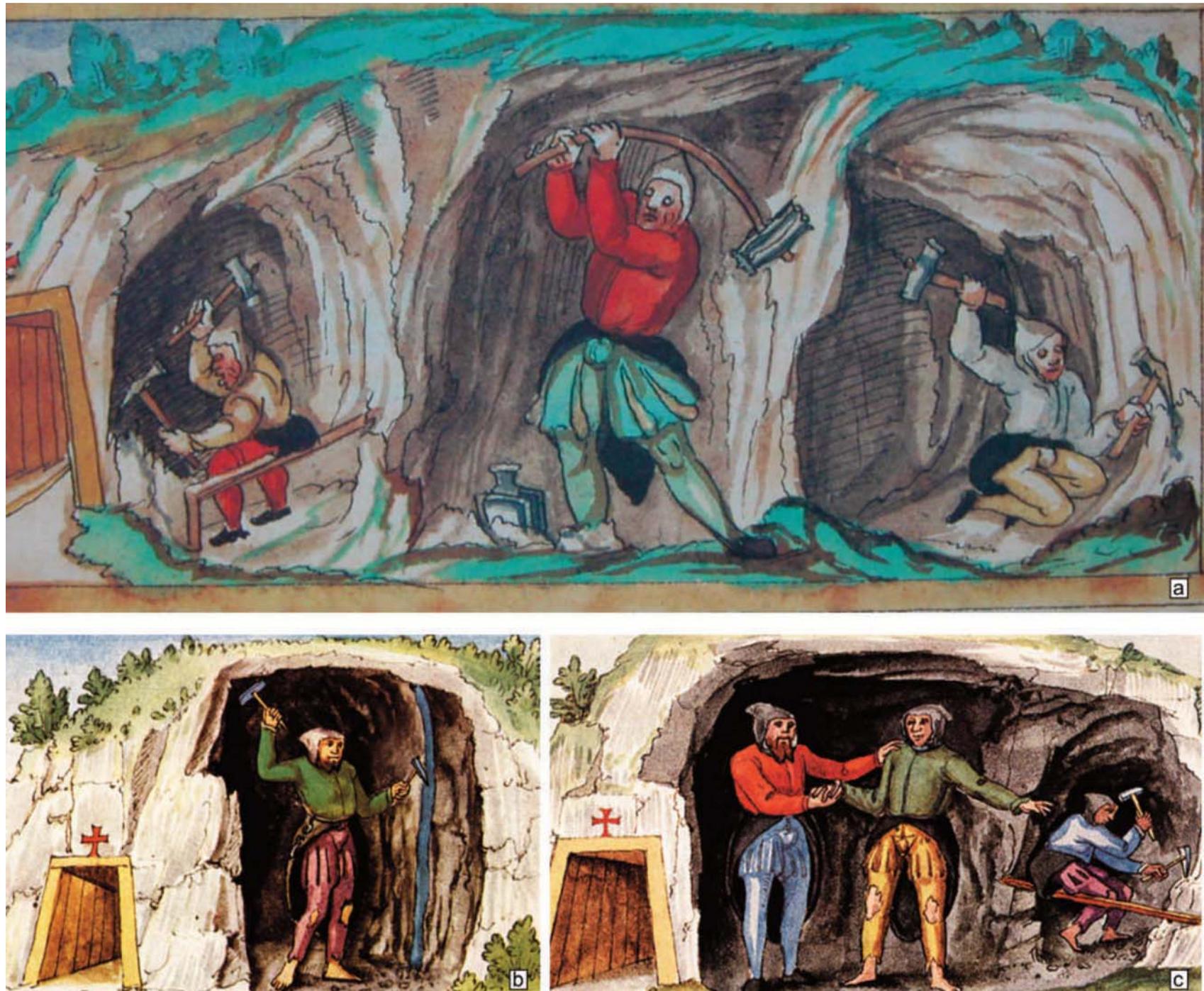


Fig. 4a,b,c. Illustrazioni inerenti l'attività mineraria tratte da "Schwazer Bergbuch" ("il libro delle miniere di Schwaz" in Tirolo) del 1556.

Illustrations relating to the mining activity taken from "Schwazer Bergbuch" ("the book of the Schwaz mines" in Tyrol) of 1556.

più di due secoli (Simi, 1855), ad eccezione di tentativi rapidamente falliti. Tra questi tentativi vanno ricordati quelli del frate Bonaventura Paci e, di un certo, Capitano Escoviel del 1697 (Benvenuti *et al.*, 1992) e del colonnello inglese Giacomo Mill del 1755 (Baldi, 2021). Le gallerie antiche furono periodicamente visitate per cercare di comprendere la presenza, l'andamento e i quantitativi di mineralizzazioni rimaste dopo le coltivazioni rinascimentali. Questo periodo, sebbene di scarso interesse dal punto di vista estrattivo, è però prolifico di dettagliate descrizioni e cartografie sullo stato dei lavori minerari (ad es., le relazioni di Targioni Tozzetti del 1743 e quelle di Angerstein del 1751 riportate in Targioni Tozzetti, 1773; Mazzoni, 1766; Baldracco, 1833; Caillaux, 1857) che ci permettono di ricostruire la situazione in cui versavano le miniere in quei due secoli. La carta del 1766 - "Pianta Topogra-

fica ed altimetrica minerale della Montagna Acuti e de suoi monti aggiacenti nel Capitanato di Pietrasanta" di Carlo Maria Mazzoni (figg. 5a e 5b), cartografo e ingegnere del granducato di Toscana (Sammuri e Pantaloni, 2018), ci fornisce un dettaglio estremo dello stato delle gallerie del complesso dell'Argentiera di Sant'Anna e del Bottino - Sciorinello con informazioni anche di carattere geologico (vedi anche CASTORE - Cartografia Storica Regionale).

Nel 1829 vengono ripresi i lavori presso la miniera del Bottino e Gallena da parte della Società Mineralogica del Bottino, sotto la direzione dell'Ingegnere Baldaracco e, pressoché contemporaneamente, Giuseppe Naro Peres acquista terreni e ricerca capitali che, nel 1832, serviranno a fondare l'*Etablissement Metallurgique* operante all'Argentiera di Sant'Anna e al Pollone. Entrambe le società affrontarono problemi economici

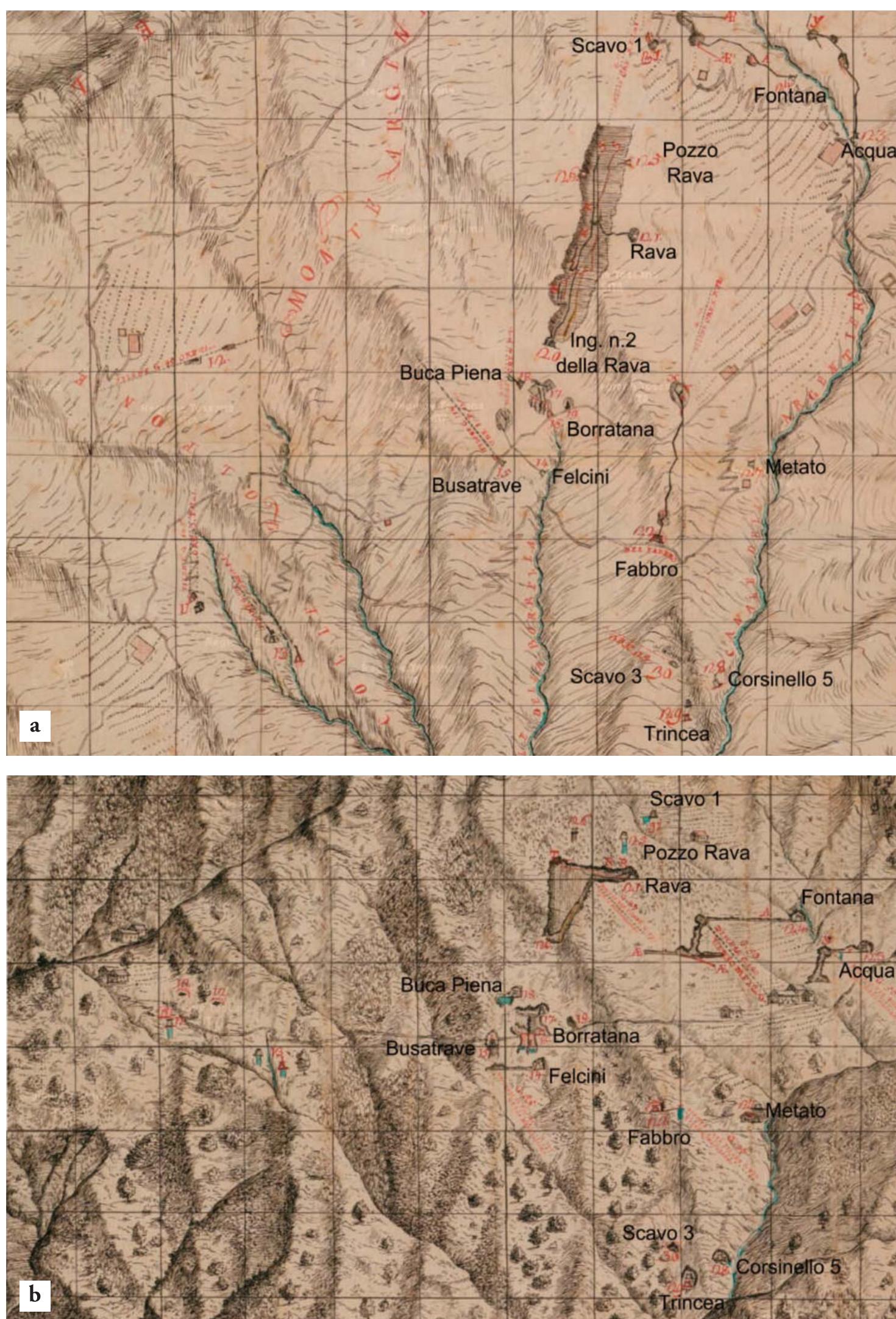


Fig. 5. a) Carta topografica e (b) sezione relativa all'area dell'Argentiera di Sant'Anna estratta dalla carta di Mazzoni (1766). Fonte Progetto CASTORE – Cartografia Storica Regionale, Regione Toscana e Archivi di Stato toscani, consultabile alla pagina https://www502.regione.toscana.it/searcherlite/cartografia_storica_regionale_scheda_dettaglio.jsp?imgid=5000.

Topographic map and (b) section relating to the Argentiera di Sant'Anna area extracted from map of Mazzoni (1766). Source CASTORE Project – Regional Historical Cartography, Tuscany Region, available at https://www502.regione.toscana.it/searcherlite/cartografia_storica_regionale_scheda_dettaglio.jsp?imgid=5000.

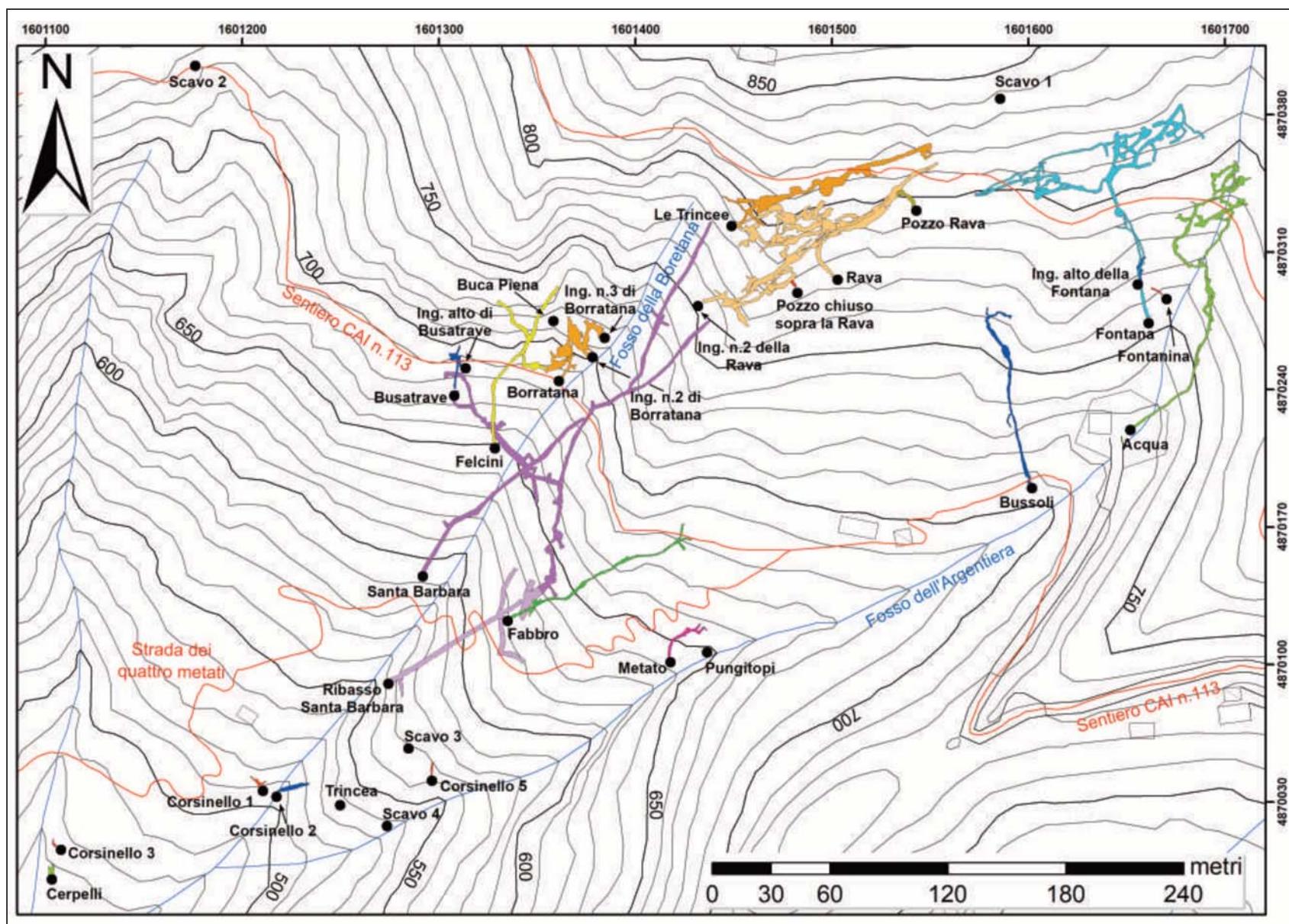


Fig. 6 - Carta topografica e planimetrie delle gallerie del complesso minerario dell'Argentiera di Sant'Anna.
Topographic map and plans of the galleries of the Argentiera di Sant'Anna mining complex.

con due destini differenti. L'*Etablissement Metallurgique* fallirà velocemente nel 1837 (Jervis, 1881; Haupt, 1889; Federigi, 1990; Baldi, 2021) mentre la Società Mineralogica del Bottino cambiò denominazione in Compagnia del Bottino nel 1836 e, successivamente, in Compagnia Anonima del Bottino nel 1842 e proseguirà con profitto i lavori minerari fino al 1883 (Benvenuti *et al.*, 1992). La miniera del Pollone fu oggetto di sporadiche lavorazioni sotto il console Gustavo Haner, poi Pellegrino Pieri e infine Blanchard, sebbene le notizie riportate da vari autori siano a volte contrastanti (Caillaux, 1857; Jervis, 1881; Haupt, 1889; Capacci, 1906; Pelloux, 1922; Federigi, 1990; Baldi, 2021). Nel 1907 la proprietà passò nelle mani del signor Daniele Geminiani di Viareggio, che proseguì l'attività con modesti interventi (Capacci, 1906; Pelloux, 1922; Baldi, 2021).

Il 1918 è un anno fondamentale per la storia mineraria versiliese poiché, per la prima volta, tutto il comprensorio a Pb-Zn(-Ag) fu riunito sotto un unico gestore, la Società Anonima Miniere dell'Argentiera – S.A.M.A. dell'On. Attilio Cerpelli. Questa società, tra

il 1920 ed il 1931, eseguì importanti lavori in tutti i cantieri minerari, concentrando gli sforzi presso la miniera del Bottino e La Rocca. Durante questa fase furono costruiti numerosi impianti, teleferiche e si diede inizio allo scavo della Galleria Cerpelli (figg. 2 e 6) che avrebbe dovuto raggiungere i livelli più profondi della miniera del Bottino, partendo dal versante verso Valdicastello Carducci. Lo scavo fu abbandonato dopo circa 90 m optando per il progetto di una teleferica tra la Galleria Santa Barbara (figg. 2 e 6) e gli impianti di Valdicastello Carducci, meno costosa e con più rapidi tempi di esecuzione (Baldi, 2021). Nel 1931, a seguito della crisi che aveva colto il settore minerario già a partire dal 1928, la società S.A.M.A. presenta domanda di rinuncia che verrà accettata solo nel 1934 (Benvenuti *et al.*, 1992; Garofani, 2007; Baldi, 2021).

Dopo la messa in liquidazione di tale società, nel 1935, la concessione mineraria passò alla Esercizi Depositi Escavazioni Minerarie - E.D.E.M. che rimase attiva fino al 1990, concentrandosi sulla coltivazione delle mineralizzazioni a pirite, barite e ossidi di ferro delle miniere del Pollone, Monte Arsiccio e Buca della

Vena. All'Argentiera di Sant'Anna si segnalano ancora le coltivazioni di piccoli corpi a pirite e barite presso le gallerie Santa Barbara e Ribasso Santa Barbara (figg. 2 e 6). Successivamente alla Seconda Guerra Mondiale, l'area dell'Argentiera di Sant'Anna fu oggetto solo di qualche lavoro di ricerca e di manutenzione fino al 1973, dopodiché l'intero sito fu definitivamente abbandonato (Baldi, 2021).

Dal 2003 i diritti estrattivi della concessione mineraria ex E.D.E.M., in cui ricade anche il complesso minerario dell'Argentiera di Sant'Anna, sono stati acquisiti dal Comune di Pietrasanta.

DESCRIZIONE DEL SITO MINERARIO

Il complesso minerario dell'Argentiera di Sant'Anna è costituito da 12 miniere principali e da 12 scavi minori per uno sviluppo complessivo di circa 3,5 km (figg. 2 e 6).

Gli scavi più antichi si trovano principalmente tra 800 m e 620 m slm, e consistono in gallerie con la caratteristica sezione a "ogiva" di dimensioni variabili, generalmente con un'altezza intorno a 1,60 m e larghezza di 50 cm (figg. 7a e 7b) anche se, in alcuni casi, decisamente inferiore (figg. 7c e 7d). Queste gallerie erano generalmente impostate lungo vene e/o fratture della roccia che facilitavano lo scavo e caratterizzate dalla presenza dei segni degli utensili utilizzati (fig. 7e). Le gallerie si collegano ai vuoti di coltivazione, spesso parzialmente e/o totalmente riempiti dagli scarti delle coltivazioni successive, nei quali si accede attraverso spazi lasciati fra muretti di pietra (ripiene minerarie) (fig. 7f). Nei vuoti raramente si riconoscono i segni degli utensili. Il contesto produttivo riassunto nel paragrafo precedente, ci fa ritenere che queste gallerie e questi vuoti di coltivazione possano essere stati scavati principalmente nel periodo rinascimentale, caratterizzato da una stabilità politica capace di sostenere una duratura attività mineraria. La presenza di manodopera "tedesca" ci consente di fare un parallelismo fra i rilievi effettuati in questo lavoro con le attività minerarie del Tirolo e delle aree limitrofe effettuate nello stesso periodo. In questo quadro, le descrizioni delle attività (si vedano le immagini riportate nel "Schwazer Bergbuch" del 1556; figg. 4a, 4b e 4c) e i rilievi effettuati in altre aree minerarie europee (ad es., Arles *et al.*, 2011) mostrano evidenti similitudini con quanto osservato presso le gallerie dell'Argentiera di Sant'Anna. Questa interpretazione è stata già fornita anche da precedenti autori (ad es., Mancini e Bachelli, 2008; Dini & Lorenzoni, 2010). In questo lavoro, segnaliamo la presenza di croci incise all'imbocco di alcune gallerie (ad es., Metato e Fabbro; figg. 7g, 7h e 7i) del tutto simili a quanto illustrato nel sopracitato libro (figg. 4b e 4c) e che, a co-

noscenza degli autori, non erano state precedentemente descritte.

Successivamente alla fase più antica, alcune porzioni delle gallerie sono state ampliate come evidenziato dalla presenza di fori da fioretto. Queste attività, come descritto nel paragrafo precedente, sono probabilmente da collegarsi alla necessità di accedere alle gallerie più antiche per indagare l'andamento delle mineralizzazioni in profondità. Probabilmente dello stesso periodo, XIX e XX secolo, sono anche le gallerie incontrate a quote inferiori per riprendere dal basso i corpi mineralizzati estratti nei vecchi lavori. Le gallerie sono di dimensioni maggiori, con altezze generalmente comprese tra 1,6 m e 2 m, e larghezza anche superiore a 1,5 m per garantire il transito dei carrelli sui binari *Decauville*. Di questo periodo rimane traccia anche nei documenti e nelle descrizioni delle attività minerarie (ad es., Capacci, 1906; Baldi, 2021).

Le principali gallerie dell'Argentiera di Sant'Anna, da quelle a quota più alta, sono: Le Trincee, Rava, Buca Piena, Fontana, dell'Acqua, Bussoli, Borratana, Busa Trave, Felcini, Pungitopi, Metato, Fabbro, Santa Barbara, Ribasso di Santa Barbara. Tra queste, Buca Piena e Pungitopi non sono attualmente accessibili. Di seguito una breve descrizione delle principali gallerie.

Galleria Le Trincee

L'ingresso (fig. 8a) si trova a quota 784 m slm lungo il Fosso della Boretana, poche decine di metri sotto la strada vicinale di Mont'Ornato (fig. 6). La galleria, scavata in direzione SW-NE (fig. 6), intercetta dopo circa 10 m dall'ingresso una larga frattura (trincea) orientata NW-SE, lunga 33 m e profonda circa 12 m (fig. 8b). Questa trincea, da cui probabilmente prende il nome la galleria, è stata verosimilmente prodotta dal distacco naturale di una grossa porzione di roccia nel versante, permettendo ai minatori, già in tempi antichi, di osservare la roccia nel sottosuolo alla ricerca dei minerali piombo-argentiferi. La galleria Le Trincee ha uno sviluppo spaziale di circa 192 m e un dislivello positivo di 21 m; si collega mediante vuoti di coltivazione parzialmente riempiti e discenderie alla sottostante galleria Rava (figg. 6 e 7c). L'intera galleria risulta riattivata e ampliata nel XIX secolo, come testimoniano le numerose tracce di fori di fioretto presenti lungo le pareti della miniera. A metà della galleria, in prossimità di un piccolo vuoto di coltivazione, si può osservare un pozzo con i segni lasciati dagli utensili durante lo scavo risalente alle fasi più antiche di lavorazione, probabilmente rinascimentale. Il pozzo sale per 8 m per immettersi in un piccolo condotto sub-orizzontale occluso da una frana. Questo cunicolo potrebbe essere collegato all'esterno e rappresentare l'ingresso n. 26 (figg. 5a e 5b) riportato da Mazzoni (1766) e descritto come "Pozzo totalmente ripieno...".

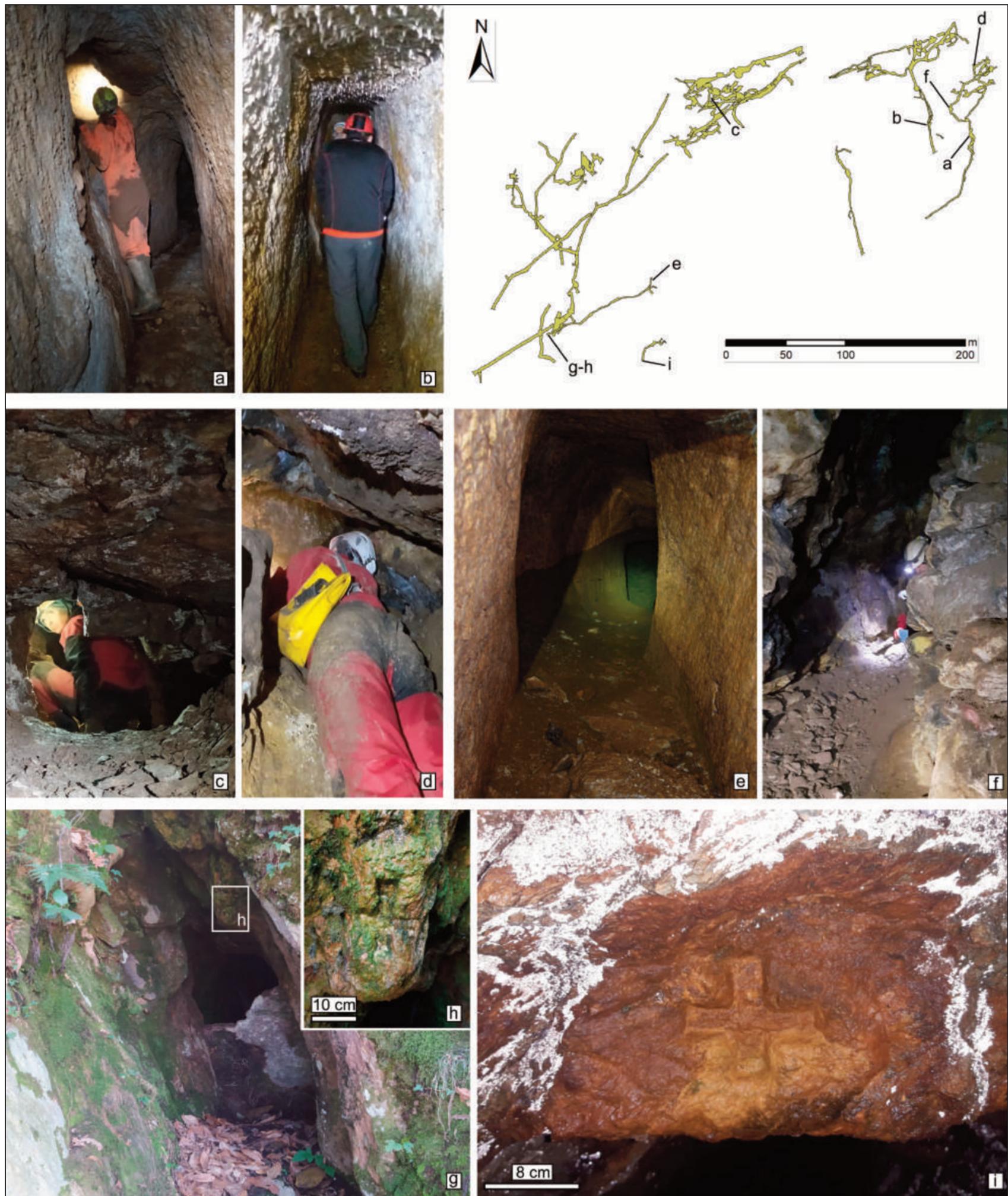


Fig. 7. a) Galleria di accesso della galleria dell'Acqua e (b) della Fontana in cui si vedono ancora i segni degli utensili sulle pareti; c) stretto passaggio che collega la galleria Le Trincee con la sottostante galleria Rava; d) stretto passaggio all'interno della galleria dell'Acqua; e) galleria di NW della galleria del Fabbro in cui sono ancora presenti i segni degli utensili sulle pareti; f) porzione di galleria parzialmente riempita con materiale di scarto (riempita) all'interno della galleria dell'Acqua; g) ingresso della galleria del Fabbro e ubicazione della croce (h); i) croce individuata in prossimità della volta dell'ingresso della galleria del Metato.

Entry tunnel to the Acqua and (b) the Fontana galleries where the signs of the tools can still be seen on the walls; c) narrow passage that connects the Le Trincee gallery with the underlying Rava gallery; d) narrow passage inside the Acqua gallery; e) NW tunnel of the Fabbro gallery in which the signs of the tools are still present on the walls; f) portion of the tunnel partially filled with waste material inside the Acqua gallery; g) entrance to the Fabbro gallery and location of the cross (h); i) cross identified near the vault of the entrance to the Metato gallery.



Fig. 8. a) Ingresso della galleria Le Trincee; b) trincea presente all'ingresso dell'omonima galleria; c) vuoto di coltivazione del XIX secolo all'interno della galleria Rava in cui sono ben evidenti le "ripiene" costruite a secco con il materiale di scarto derivante dall'attività estrattiva; d) galleria a sezione ridotta scavata durante le attività più antiche presente nella parte SW della galleria Fontana. Sulle pareti rocciose sono evidenti i segni degli utensili di scavo; e) ingresso della galleria dell'Acqua; f) angusta galleria presente nella parte settentrionale della galleria dell'Acqua; g) galleria Bussoli; h) piccola nicchia scavata sulla parete della galleria Bussoli usata dai minatori per riporvi le lucerne in fase di scavo; i) pozzo situato alla fine della galleria Bussoli che congiunge agli scavi minerari; l) galleria a sezione ridotta presente all'interno della galleria Borratana. Sulle pareti rocciose sono ancora evidenti i segni lasciati dagli utensili da scavo.

Entrance to the Le Trincee gallery; b) trench located at the entrance to the tunnel of the same name; c) 19th-century cultivation void inside the Rava gallery in which the dry "fills" built with the waste material deriving from the mining activity is visible; d) reduced section tunnel excavated during the most ancient activities located in the SW part of the Fontana gallery. The signs of excavation tools are evident on the walls rock; e) entrance to the Acqua gallery; f) reduced section gallery located in the northern part of the Acqua gallery; g) Bussoli gallery; h) small niche dug on the wall of the Bussoli tunnel used by miners to store the lamps during excavation; i) shaft located at the end of the Bussoli gallery which connects to the mining excavations; l) reduced section gallery located in the Borratana gallery. The signs left by excavation tools are still evident on the walls rock.

Galleria Rava

Il suo livello principale si apre a quota 771 m slm sulla destra idrografica del Fosso dell'Argentiera (fig. 6). Questa galleria presenta altri due ingressi che abbiamo denominato "Pozzo Rava", ubicato a quota 800 m slm sempre in destra idrografica del Fosso dell'Argentiera e "galleria Rava ingresso n. 2" ubicato a quota 754 m slm in sinistra idrografica del Fosso della Boretana (fig. 6). La Rava è la miniera più estesa del complesso minerario, con 725 m di sviluppo spaziale accessibile e 68 m di dislivello complessivo, collegata alla soprastante galleria Le Trincee mediante una galleria di rimonta (figg. 6 e 7c). Il collegamento tra le due miniere avviene alla sommità di un ampio vuoto di coltivazione, orientato SW-NE ed inclinato di circa 50° verso SE, costituito da piccole camere e pilastri. L'intera galleria risulta parzialmente riattivata e allargata durante la ripresa delle attività minerarie del XIX e XX secolo (Capacci, 1906). Le principali tracce di coltivazioni antiche sono conservate in piccoli cunicoli al di sotto della "Galleria Rava ingresso n. 2". In alcuni casi, ulteriori tracce di vuoti di coltivazione e di gallerie antiche, riconoscibili da segni sulle pareti, sono state riempite da materiale di scarto e nascoste parzialmente da muretti a secco (fig. 8c).

Galleria Fontana

L'ingresso principale di questa galleria si apre a quota 747 m slm lungo il Fosso dell'Argentiera (fig. 6). La galleria di accesso si sviluppa all'interno della formazione del Calcare Cavernoso (fig. 3a) in direzione quasi nord-sud, e si estende per circa 56 m, per poi intercettare un pozzo inclinato che scende per circa 18 m e si collega agli scavi minerari all'interno delle Filladi inferiori e al contatto con i Grezzoni. Questa galleria di accesso si presenta di sezione ridotta, con altezza intorno a 1,7 m e una larghezza di circa 50 cm (fig. 7b). Le pareti sono completamente ricoperte dalle tracce lasciate dagli utensili durante lo scavo e sono presenti piccole nicchie probabilmente usate dai minatori per riporvi le lucerne in fase di lavorazione. Alla sommità del pozzo si collega anche un secondo cunicolo interamente scalpellinato che sale verso l'alto e si collega ad un secondo ingresso (ingresso alto della galleria Fontana) situato circa 20 m più in alto rispetto al principale. Il cunicolo è di dimensione estremamente ridotta, in alcuni punti anche 30 cm x 30 cm di sezione, scavato interamente nel Calcare Cavernoso, risulta parzialmente ostruito da alcune concrezioni che rendono difficile il collegamento fra esterno e interno. L'intera galleria Fontana presenta uno sviluppo spaziale di 616 m e un dislivello complessivo di 52 m; è costituita essenzialmente da due cantieri orientati circa SW-NE (fig. 6). La porzione sud-occidentale è caratterizzata da cunicoli e pozzi di piccole dimensioni, con segni di utensili (fig. 8d),

solo localmente ripresi dall'attività mineraria più recente. La porzione nord-orientale, invece, è caratterizzata da gallerie di dimensioni maggiori e di forma regolare, scavate probabilmente nel corso del XIX e/o XX secolo, come testimoniano le numerose tracce di fori da fiochetto. Questa porzione di miniera è caratterizzata anche dalla presenza di varie ripiene realizzate con il materiale di scarto, che hanno obliterato eventuali tracce di scavi precedenti.

Galleria dell'Acqua

Nota anche come "Galleria della Casa" (Capacci, 1906), si apre a quota 725 m slm lungo il Fosso dell'Argentiera a lato di un edificio (fig. 6), e presenta uno sviluppo spaziale di 382 m ed un dislivello complessivo di 17 m. La galleria di accesso si sviluppa all'interno della formazione del Calcare Cavernoso, inizialmente con direzione SW-NE per poi cambiare bruscamente e orientarsi quasi nord-sud. Questa galleria si presenta di sezione ridotta (1,2 m x 50 cm) (figg. 7a e 8e) con i classici segni di utensili sulle pareti lungo le quali si possono trovare anche piccole nicchie. La galleria si estende per circa 74 m fino ad un pozzo inclinato, in prossimità del contatto con le Filladi inferiori, che scende per circa 10 m e si collega agli scavi minerari inferiori. Questi ultimi sono rappresentati da piccoli cunicoli (figg. 7d e 8f) e vuoti di coltivazione, alti al massimo 1 m, che portano i segni delle vecchie coltivazioni, mentre sono rari i segni di ripresa dell'attività estrattiva in tempi più moderni, come segni di fori di fiochetto, visibili soprattutto nella parte terminale della galleria di accesso. Le zone percorribili sono quasi sempre racchiuse fra ripiene minerarie (fig. 7f), in alcuni punti si vede la mineralizzazione ancora in posto, parzialmente interessata da coltivazione. Per le caratteristiche delle gallerie, oltre che per la corrispondenza con la descrizione di Mazzoni (1766), possiamo ritenere che questa sia una delle gallerie che ha preservato quasi interamente le caratteristiche dello scavo rinascimentale.

Galleria dei Bussoli

Nota anche come "Galleria dei Bossoli" (Capacci, 1906), si apre a quota 707 m slm in destra idrografica del Fosso dell'Argentiera, pochi metri sotto la strada bianca che conduce ai ruderi di alcuni edifici (fig. 6). L'ingresso risulta parzialmente ostruito dai detriti franati durante la fase di scavo della strada, ma dopo pochi metri la galleria si apre all'interno della formazione del Calcare Cavernoso e si presenta in ottime condizioni. Il condotto di accesso, lungo 76 m, è parzialmente allagato (fig. 8g), anche qui sono ben visibili i segni lasciati dagli utensili di scavo e piccole nicchie (fig. 8h). La galleria termina con una discenderia molto inclinata (fig. 8i), profonda 18 m alla fine della quale si trovano due brevi cunicoli stretti e ostruiti da frane. Dal cuni-

colo di NE proviene una forte emissione di aria che fa ritenere ci sia un possibile collegamento con la soprastante galleria dell'Acqua o con altre gallerie minerarie al momento sconosciute. La discenderia e la parte terminale sono scavate nella formazione delle Filladi inferiori. La miniera ha uno sviluppo spaziale di 131 m per un dislivello complessivo di 21 m. Anche in questo caso, così come per la galleria dell'Acqua, la mancanza quasi totale di segni di scavo recenti (solo rari fori di fioretto presenti alla sommità della discenderia) fa supporre che questo ramo preservi quasi interamente i caratteri dello scavo rinascimentale. Da notare come Mazzoni (1766), nella sua carta mineraria, non riporti la presenza di questa galleria.

Galleria Borratana

Nota anche come "Tana" (Pelloux, 1922) o "Boccatana" (Biagioni, 2009) presenta l'ingresso principale a quota 684 m slm lungo il Fosso della Boretana sul sentiero CAI 113 (o sentiero SAV T11; fig. 6). Questa galleria si apre nella formazione delle Filladi inferiori, ed ha uno sviluppo spaziale di 176 m con un dislivello complessivo di 50 m. La galleria dopo alcuni metri si collega a due ampi vuoti di coltivazione che si sviluppano il primo verso il basso e il secondo verso l'alto per un dislivello complessivo di 53 m. Il vuoto di coltivazione che si sviluppa verso l'alto è orientato circa nord-sud e presenta vari cunicoli che si collegano ad altri quattro ingressi situati fra 699 e 710 m slm (fig. 6). Il vuoto di coltivazione che si sviluppa verso il basso risulta ad oggi chiuso in frana, ma in passato doveva collegarsi alla sottostante galleria Felcini (fig. 6). Lungo questo ripido vuoto sono ben visibili gli scalini scavati nella roccia che dovevano facilitare la salita e la discesa dei minatori durante le attività di coltivazione. All'interno di questo si apre una piccola galleria lunga una decina di metri, alta circa 1 m e larga circa 50 cm, dalla caratteristica forma a "ogiva", che presenta sulla volta le tracce lasciate dagli utensili di scavo (fig. 8l). La forma ci fa ritenere che questo scavo sia stato effettuato durante il periodo rinascimentale.

Galleria Busa Trave

Nota anche come "Pozzo al Trave" (Capacci, 1906) o "Galleria Fondoni" (Nannucci, 1989), apre l'ingresso principale a quota 675 m slm lungo il Fosso della Boretana, pochi metri sotto il sentiero CAI 113 (o sentiero SAV T11; fig. 6). La galleria è orientata circa nord-sud, dopo 15 m si collega ad un ampio pozzo che risale per 12 m fino all'esterno (ingresso alto di galleria di Busa Trave). Il sentiero CAI 113 supera il vuoto di coltivazione grazie a un sottile ponte ad arco in pietra (fig. 9a). L'intero complesso di gallerie presenta uno sviluppo spaziale di 44 m e mostra chiari segni di lavorazione moderna che ha obliterato eventuali tracce di

lavorazioni più antiche. Nella parte profonda del pozzo sono presenti gallerie completamente allagate.

Galleria Felcini

Si dischiude a quota 647 m slm lungo il Fosso della Boretana, circa 40 metri sotto il sentiero CAI 113 (o sentiero SAV T11; fig. 6), con uno sviluppo spaziale di 141 m ed un dislivello complessivo di 16 m. La galleria si apre nella formazione delle Filladi inferiori con orientamento nord-sud per poi girare bruscamente in direzione SW-NE. A circa 53 m dall'ingresso si incontra un vuoto di coltivazione che sale per quasi 12 m prima di chiudere in frana. In passato era collegato con il pozzo della soprastante galleria Borratana (fig. 6). La galleria principale conserva porzioni antiche nelle quali sono ancora visibili i segni degli utensili (fig. 9b). In molte parti la galleria è stata ingrandita come testimoniano sia la presenza di fori di fioretto che da alcune ripiene (fig. 9c). Il pozzo, invece, preserva l'originale aspetto con tracce ben visibili degli utensili di scavo.

Galleria del Metato

La galleria è accessibile a quota 638 m slm sulla destra idrografica del Fosso dell'Argentiera, a lato dei ruderdi di un "metato", edificio utilizzato per seccare le castagne, dal quale probabilmente prende il nome (fig. 6). È lunga 37 m, scavata nella formazione delle Filladi inferiori (fig. 9d) con direzione nord-sud per poi orientarsi circa SW-NE in prossimità del contatto con i Grezzoni. La parte iniziale di questa galleria risulta parzialmente ampliata dall'attività mineraria del XIX e/o XX secolo, come testimonia la presenza di numerosi fori di fioretto. Solo nella parte finale sono presenti piccoli cunicoli che chiudono in frana, con segni degli utensili. In alto, all'imbocco della galleria, in una superficie che reca i segni dello scavo manuale, è ben visibile una incisione a forma di croce (fig. 7i) del tutto simile a quella riportate nelle illustrazioni cinquecentesche delle figure 4b e 4c.

Galleria del Fabbro

Conosciuta anche come "Buca del Fabbro" (Mazzoni, 1766) e "Pozzo al Fabbro" (Capacci, 1906), è stata ricavata nelle Filladi inferiori (fig. 7g) lungo una vena di barite ancora visibile sulla volta della galleria, ubicata a quota 620 m slm lungo il sentiero denominato "Strada dei Quattro Metati" (fig. 6). La struttura è lunga 127 m, è leggermente inclinata e orientata circa SW-NE. Tutto il complesso si presenta a sezione ridotta, con alcuni tratti larghi solo pochi decimetri (fig. 9e); preserva quasi interamente le tracce delle coltivazioni rinascimentali (figg. 7e e 9f). Queste tracce risultano ben evidenti soprattutto nella parte finale della galleria con le caratteristiche già descritte per altre gallerie come, ad esempio, per la galleria Borratana. Il condotto termina pochi metri dopo una biforcazione (fig. 9g). Il cunicolo



Fig. 9. a) Ponte ad arco in pietra che sovrasta l'ingresso alto di Busatrave; b) galleria Felcini (foto di N. Vivoli); c) tratto di galleria Felcini allargato dall'attività mineraria probabilmente del XIX secolo. Localmente, sono presenti alcune "ripiene" costruite a secco con il materiale di scarto derivante dall'attività estrattiva (foto N. Vivoli); d) ingresso della galleria del Metato; e) galleria del Fabbro; f) sezione della galleria del Fabbro in cui è preservata l'originale forma a "ogiva"; g) bivio ubicato alla fine della galleria del Fabbro in cui risultano evidenti i segni di scalpello sulle pareti rocciose (foto L. Tinagli); h) tratto allagato nella parte terminale della galleria del Fabbro (foto L. Tinagli).

Stone arch bridge above the high entrance of Busatrave; b) Felcini gallery (photo by N. Vivoli); c) section of the Felcini gallery widened by mining activity in the 19th-century. Locally, there are some "fillings" built dry with the waste material deriving from mining activity (photo N. Vivoli); d) entrance to the Metato gallery; e) Fabbro gallery; f) section of the Fabbro gallery in which the original "ogive" shape is preserved; g) crossroads located at the end of the Fabbro gallery where chisel marks on the rock walls are evident (photo L. Tinagli); h) flooded section in the final part of the Fabbro gallery (photo L. Tinagli).

a SE chiude dopo alcuni metri dalla biforcazione (fig. 9f), quello verso NW è completamente allagato (fig. 7e). Inoltre, sempre in prossimità della biforcazione, è presente una discenderia a sua volta completamente allagata (fig. 9h). Mazzoni (1766) descrive con queste parole lo stato della miniera: “*Galleria in pietra morta detta la Buca del Fabbro, nella quale in punto V (n.d.a., cunicolo di SE) si vede un filone della stessa natura e filone della galleria 21 (n.d.a., galleria Rava). Nella altra galleria X (n.d.a., cunicolo di NW) non si è potuto osservare per essere ripiena di pietre e di acqua*” (fig. 5a). Quanto riferito rispecchia ciò che abbiamo potuto osservare. Durante la concessione S.A.M.A., da una planimetria mineraria, sembra che un rilevatore sia riuscito ad entrare per circa 40 metri all'interno della galleria allagata. All'ingresso della galleria sono presenti tre croci, due sulla parete di SE e una incisa sulla volta (figg. 7g e 7h) che presenta caratteristiche simili a quanto descritto per la galleria Metato (fig. 7i) e a quelle riportate nelle illustrazioni cinquecentesche delle figure 4b e 4c.

Galleria Santa Barbara

L'ingresso si trova davanti ad un ampio piazzale a quota 585 m slm, lungo il sentiero denominato Strada dei Quattro Metati (figg. 6 e 10a). Questa miniera, aperta probabilmente con la ripresa dell'attività mineraria agli inizi del XIX secolo, ha uno sviluppo spaziale di 645 m e un dislivello complessivo di 40 m. La galleria di carreggio è ampia (fig. 10b), rimangono i segni della presenza dei binari per *Decauville*; si sviluppa prevalentemente in direzione SW-NE con due diramazioni orientate approssimativamente nord-sud. A circa 80 m dall'ingresso è presente una diramazione orientata NW-SE lungo la quale è possibile osservare ancora i resti della mineralizzazione a galena. La mineralizzazione è stata seguita sia verso il basso, mediante lo scavo di un pozzo di circa 18 m (Capacci, 1906) che risulta completamente allagato (fig. 10c), sia verso l'alto per circa 10 m, dove si notano ancora ben preservate alcune strutture lignee lasciate dell'attività mineraria (fig. 10d). Nella galleria in direzione sud la miniera è collegata, attraverso un vuoto di coltivazione profondo circa 30 m, alla sottostante galleria Ribasso di Santa Barbara (fig. 10e). Anche nel pozzo sono presenti resti di strutture lignee (figg. 10f e 10g).

Ribasso Santa Barbara

L'ingresso si trova a quota 555 m slm (figg. 6 e 10h), presenta uno sviluppo spaziale di 204 m e un dislivello complessivo di 30 m, considerando il collegamento con il soprastante livello Santa Barbara (fig. 6). Si tratta di una galleria di grandi dimensioni (fig. 10i) scavata per consentire il transito dei carrelli su binari (*Decauville*), dei quali si trova traccia lungo tutta la miniera. Il Ribasso

di Santa Barbara presenta un orientamento circa SW-NE con due gallerie ad essa ortogonali realizzate per saggiare la roccia alla ricerca di nuovi filoni metalliferi. Infatti, questa ricerca mineraria è stata attivata per riprendere dal basso la mineralizzazione a pirite e ossidi di ferro scoperta nella parte sud-orientale del cantiere di Santa Barbara, a contatto tra le Filladi inferiori ed i Grezzoni. Questa mineralizzazione è stata esplorata grazie a un pozzo di 30 m (che collega le due gallerie) nel quale è possibile osservare ancora i resti delle vecchie armature in legno realizzate durante la fase di escavazione (figg. 10 e, f, g).

Durante la fase di rilevamento e documentazione degli scavi minerari sono stati individuati anche gli ingressi della galleria Buca Piena, conosciuta anche come “Galleria Pollastrelli” (Pelloux, 1922), ubicata lungo un ramo laterale del Fosso della Boretana, e la galleria Pungitopi, o galleria “Scaletta dei Topi” (Capacci, 1906), ubicata lungo il Fosso dell'Argentiera a pochi metri di distanza della galleria Metato (fig. 6). Gli ingressi di queste due gallerie mostrano evidenti segni degli utensili usati nelle fasi di estrazione antica; purtroppo, il loro accesso agli ambienti sotterranei è ostruito da detriti. Da notare come già Mazzoni (1766) descriveva Buca Piena come “*Galleria in pietra morta, ripiena di pietre, e di acqua...*”, mentre non viene riportata la galleria Pungitopi.

Oltre agli scavi principali sopra descritti, sono presenti 12 scavi minori compresi tra le quote 840 m e 471 m slm, realizzati nel corso dei secoli per saggiare la roccia alla ricerca di nuovi filoni minerari (fig. 6). Circa 5 di questi scavi (scavo 1, 2, e 3, galleria Fontanina, Corsinello 5) rappresentano probabilmente antiche escavazioni riconducibili al periodo rinascimentale, in base alle numerose tracce di utensili rinvenute sulle pareti. Tra questi la galleria Fontanina e la galleria Corsinello 5 rappresentano, a nostro avviso, quelle più importanti.

La prima, ubicata lungo il Fosso dell'Argentiera a pochi metri dall'ingresso della galleria Fontana, consiste in un piccolo cunicolo di 7 m di sviluppo spaziale ed un'altezza massima di 80 cm scavato nel Calcare Cavernoso.

La seconda, che si trova lungo il Fosso dell'Argentiera a poche decine di metri dal Ribasso di Santa Barbara, consiste in una piccola galleria lunga 8 m e larga circa 50 cm, con la caratteristica sezione a “ogiva”.

Uno scavo minore, denominato Trincea (fig. 6), si trova sul crinale roccioso che separa il Fosso della Boretana dal Fosso dell'Argentiera; è rappresentato da una trincea a cielo aperto in cui si rinvengono segni di lavorazione antica quasi totalmente obliterati dalle operazioni di ricerca mineraria del XIX e/o XX secolo, come dimostrato dalla presenza di numerosi fori di fioretto.



Fig. 10. a) Ingresso della galleria Santa Barbara; b) galleria concrezionata ubicata nella parte NW della galleria Santa Barbara; c) pozzo allagato all'interno della galleria Santa Barbara; d) pozzo all'interno della galleria Santa Barbara in cui sono preservati tratti attrezzati con vecchie impalcature di legno; e, f, g) vuoto di coltivazione ubicato nella parte SE della Galleria Santa Barbara che si collega con il sottostante Ribasso. Sono ancora presenti varie impalcature in legno per il sostegno della volta della galleria (foto G. Ianett); h) ingresso del Ribasso Santa Barbara (foto G. Ianett); i) galleria di accesso al Ribasso Santa Barbara (foto G. Ianett).

Entrance to the Santa Barbara gallery; b) concretioned tunnel located in the NW part of the Santa Barbara gallery; c) flooded shaft inside the Santa Barbara gallery; d) shaft inside the Santa Barbara gallery where equipped with old wooden scaffolding are preserved; e, f, g) cultivation void located in the SE part of the Santa Barbara gallery which connects with the underlying Ribasso di Santa Barbara. Various wooden scaffoldings to support the tunnel vault are still preserved (photo G. Ianet); h) entrance to Ribasso di Santa Barbara (photo G. Ianett); i) entry tunnel to the Ribasso di Santa Barbara (photo G. Ianett).

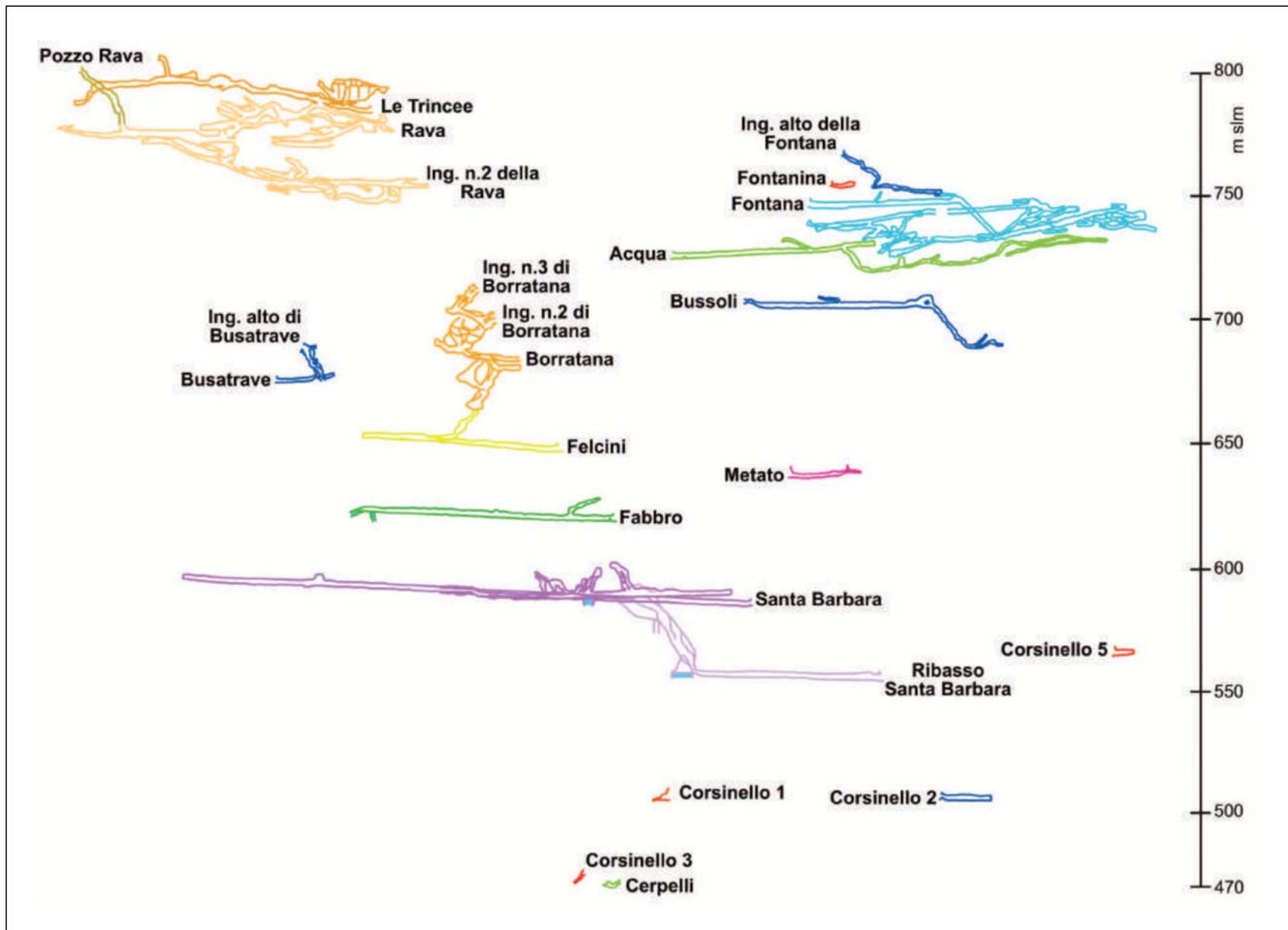


Fig. 11. Sezione altimetrica del complesso minerario dell'Argentiera di Sant'Anna. Per l'ubicazione delle gallerie vedi figura 6.
Altimetric section of the Argentiera di Sant'Anna mining complex. For the location of the galleries see figure 6.

Alcuni degli scavi minori sopra menzionati erano già stati censiti nella carta di Mazzoni (1766) (figg. 5a e 5b).

Altri scavi minori, come pozzo chiuso sopra la Rava, Corsinello 1, 2, 3, scavo 4 (fig. 6), sono stati realizzati tra il XIX e/o XX secolo per saggiare la roccia alla ricerca di nuovi filoni metalliferi o, come nel caso della galleria Cerpelli (fig. 6), per collegare il complesso minerario del Bottino, situato sul versante settentrionale dei Pizzi dell'Argentiera, con gli impianti di lavorazione di Valdicastello Carducci. In tutti questi scavi sono evidenti i fori di fioretto rimasti lungo le pareti.

CONCLUSIONI

Il presente studio restituisce una osservazione dettagliata del complesso minerario dell'Argentiera di Sant'Anna. Durante il rilevamento sono state individuate 12 gallerie principali e 12 scavi minori ubicate tra 840 m e 471 m slm, confrontati con quanto descritto da precedenti autori. L'intero complesso minerario ha uno sviluppo

spaziale di 3,5 km ed un dislivello complessivo di oltre 360 m (figg. 6 e 11). L'analisi preliminare delle morfologie delle gallerie e dei segni di utensili sulle pareti ha permesso di individuare una successione cronologica degli eventi di scavo. Circa il 34% delle gallerie, approssimativamente 1,2 km, risulta essere di piccole dimensioni, scavate interamente a mano, con una caratteristica forma a ogiva. Queste caratteristiche, associate alla analisi delle fonti storiche, fanno ritenere che questi scavi siano stati condotti durante il periodo Rinascimentale, durante il governo di Cosimo I De Medici e dei suoi successori. Ulteriori indagini archeologiche e radiometriche saranno utili per poter dare definitiva conferma a questa interpretazione.

Le gallerie si presentano generalmente in buone condizioni con alcune porzioni franate e/o allagate. I vuoti di coltivazione sono stati parzialmente riempiti dagli scarti delle lavorazioni successive (ripiene), pertanto, è possibile avere al presente una visione limitata dell'intero complesso. Soltanto due gallerie, individuabili sul terreno e descritte in letteratura con il nome di galleria Pungitopi e galleria Buca Piena (fig. 6), ri-

sultano non più accessibili per la presenza di detriti agli ingressi.

Il rilevamento, così come la segnalazione di incisioni a forma di croce presso gli ingressi di alcune gallerie (ad es., del Fabbro, e del Metato) (figg. 7g-i), mostrano le potenzialità ancora inesplorate di questo straordinario sito minerario. Ci auguriamo che questo lavoro possa costituire la base per ulteriori indagini geologiche e archeologiche, anche con l'obiettivo di progetti mirati alla valorizzazione del patrimonio archeo-minerario dell'Argentiera di Sant'Anna e, in generale, dei siti minerali della Versilia.

RINGRAZIAMENTI

Si ringraziano Luca Tinagli (Gruppo Speleologico Archeologico Livornese) e Nicola Vivoli (Gruppo Speleologico Archeologico Apuano) per aver fornito alcune foto delle gallerie, Gabriele Ianett (Gruppo Speleologico Archeologico Versiliese) per il grande impegno profuso nell'esplorazione del sito minerario, e Luca Santini (Gruppo Archeologico Camaiore) per le discussioni sulla ricostruzione delle vicende storiche. Infine, un sentito ringraziamento ad Andrea Dini (Istituto di Geoscienze e Georisorse – Consiglio Nazionale delle Ricerche) per aver incoraggiato questo lavoro grazie a preziose discussioni sulle peculiarità geologiche e storiche del sito.

BIBLIOGRAFIA

- ARLES A., CLERC P., TEREGEOL F., HECKES J., 2011, La photogrammétrie appliquée à l'archéologie minière: premiers essais, in Rapport d'étude IRAMAT–CNRS, Université d'Orléans, Centre Ernest Babelon, Deutsches Bergbau-Museum, Bochum.
- BALDACCI F., ELTER P., GIANNINI E., GIGLIA G., LAZZAROTTO A., NARDI R., TONGIORGI M., 1967, Nuove osservazioni sul problema della Falda Toscana e sulla interpretazione dei Flysch arenacei di tipo "Macigno" dell'Appennino Settentrionale, in Memorie della Società Geologica Italiana, 6, pp. 213-244.
- BALDI M., 2021, Le miniere delle Alpi Apuane (Toscana): Storia dello sfruttamento minerario dall'antichità al XX secolo, Volume 3034, Ed. BAR international series.
- BALDRACCO C., 1833, Relazione sulla miniera di galena argentifera detta del Bottino nel Vicariato di Pietra-Santa in Toscana, in Bollettino Regio Ufficio Geologico Italiano, 5, 52 pp.
- BENVENUTI M., LATTANZI P., TANELLI G., 1989, Tourmalinite associated Pb-Zn-Ag mineralization at Bottino, Apuan Alps, Italy: Geological setting, mineral textures and sulfide chemistry, in Economic Geology, 84(5), pp. 1277-1292, <https://doi.org/10.2113/gsecongeo.84.5.1277>.
- BENVENUTI M., BRIZZI G., DINI A., 1992, La miniera piombo-argentifera del Bottino (LU), (1° parte), in Rivista Mineralogica Italiana, 4, pp. 219-234.
- BLANCHARD F., 1887, Le mine de plomb argentifère près de Seravezza (Toscana), Italie, depuis les Etrusques et les Romains jusqu'à nos jours, in Bulletin de la Société de l'Industrie Minérale, 1, pp. 201-241.
- CAILLAUX A., 1857, Sur les mines de la Toscane, in Bulletin de la Société de l'Industrie Minérale, 2, pp. 383-407.
- CAPACCI C., 1906, Sui filoni metalliferi di Val di Castello (Pietrasanta), Relazione mineraria, ex archivio Ri.Min S.p.A.
- CARMIGNANI L. e KLIGFIELD R., 1990, Crustal extension in the Northern Apennines: the transition from compression to extension in the Alpi Apuane core complex, in Tectonics 9(6), pp. 1275-1303, <https://doi.org/10.1029/TC009i006p01275>.
- CARMIGNANI L., DESSAU G., DUCHI G., 1972, I giacimenti minerali delle Alpi Apuane e loro correlazioni con l'evoluzione del gruppo montuoso, in Memorie della Società Geologica Italiana, 11, pp. 417-431.
- CAROSI R., LEONI L., MONTOMOLI C., SARTORI F., 2003, Very low-grade metamorphism in the Tuscan Nappe, Northern Apennines, Italy: relationships between deformation and metamorphic indicators in the La Spezia mega-fold, in Schweizerische Mineralogische und Petrographische Mitteilungen, 83(1), pp. 15-32.
- CERRINA FERONI A., PLESI G., FANELLI G., LEONI L., MARTINELLI P., 1983, Contributo alla conoscenza dei processi metamorfici di grado molto basso (anchi-metamorfismo) a carico della Falda Toscana nell'area del ricoprimento apuano, in Bollettino della Società Geologica Italiana, 102, pp. 269-280.
- CIARAPICA G., OLIVIERO S., PASSERI L., 1985, Inquadramento geologico delle principali mineralizzazioni apuane e indizi a favore di una metallogenesi triassica, in l'Industria Mineraria, 1, pp. 19-37.
- CIARAPICA G. e PASSERI L., 2002, The paleogeographic duplicity of the Apennines, in Bollettino della Società Geologica Italiana, 1, pp. 67-75.
- CONTI P., MASSA G., MECCHERI M., CARMIGNANI L., 2010, Geological map of the Stazzema area (Alpi Apuane, Northern Apennines, Italy), Litografia artistica cartografica, Firenze, Zenodo <https://doi.org/10.5281/zenodo.5089600>.
- CONTI P., CARMIGNANI L., MASSA G., MECCHERI M., PATACCA E., SCANDONE P., PIERUCCIONI D., 2019, Note illustrative alla Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50,000 F. 249-Massa Carrara, ISPRA, Roma.
- D'ACHIARDI A., 1872, Mineralogia della Toscana, Tipografia Nistri, Pisa, Vol. 1.
- DINI A., LORENZONI M., 2010, Cerussite, Bournonite e Barite della Miniera dell'Argentiera di Sant'Anna (Stazzema, Lucca), in Rivista Mineralogica Italiana, 1, pp. 56-61.
- DI VINCENZO G., GODARD G., MOLLI G., 2022, Dating low-grade deformation: Role of lithology and strain partitioning on Ar isotope records in the Alpi Apuane of Northern Apennines (Italy), in Tectonics, 41(7), e2022TC007248, <https://doi.org/10.1029/2022TC007248>.
- FABRETTI M. e GUIDARELLI A., 1980, Ricerche sulle iniziative dei Medici nel campo minerario da Cosimo I a Ferdinando I, in Spini G (a cura di), Potere centrale e strutture periferiche nella Toscana del '500, Olschki Editore.
- FARINELLI, R., 2017, Le miniere di Rocca San Silvestro nella prima età moderna. Organizzazione produttiva, culturale materiale, tecniche estrattive e metallurgiche nell'impresa di Cosimo I. Siena: Nuova Immagine
- FAZZUOLI M., PANDELI E., SANI F., 1994, Consideration on the sedimentary and structural evolution of the Tuscan Domain

- since early Liassic to Tortonian, in *Memorie della Società Geologica Italiana*, 48, pp. 31-50.
- FEDERIGI F., 1990, Economia e capitalismo in Versilia tra Granducato e Regno, in *Istituto Storico Lucchese sezione "Versilia"* (a cura di), *Studi Versilieci*, Vol. VIII-IX, pp. 27-68.
- GAROFANI I., 2007, Archeologia industriale in Alta Versilia, La miniera del Bottino e gli stabilimenti industriali dell'Argentiera, in *Istituto Storico Lucchese sezione "Versilia"* (a cura di), *Studi Versilieci*, Vol. XV, pp. 8-84.
- HAUPT T., 1881, Rendimento di conto del mio servizio in Italia, *Tipografia dei Successori Le Monnier*, Firenze.
- JERVIS G., 1881, I tesori sotterranei dell'Italia, *Tipografia Ermanno Loescher*, Torino.
- JOLIVET L., Faccenna C., Goffé B., Mattei M., Rossetti F., Brunet C., Storti F., Funiciello R., Cadet J.P., D'Agostino N., Parra T., 1998, Midcrustal shear zones in post-orogenic extension: example from the Northern Tyrrhenian Sea, in *Journal of Geophysical Research*, 103(B6), pp. 12123-12160, <https://doi.org/10.1029/97JB03616>.
- LEFÈVRE W., 2010, Picturing the World of Mining in the Renaissance – The Schwazer Bergbuch (1556), Berlin, MPI for the History of Science.
- MANCINI S., BACHELLI M., 2008, L'arte mineraria della Germania, Austria e Tirolo nelle industrie estrattive della Versilia del XVI secolo, in *Atti del XIV Convegno Regionale di Speleologia del Trentino Alto Adige*, Bolzano 16-19 ottobre 2008.
- MARCON G., 2023, Chapter 1 Inveigled or Invited? The Migration of German Miners to the Medici Mines in Sixteenth-Century Tuscany, in Bernardi C., Müller V.F., Stojić B., Vilhelmsen V. (a cura di), *Moving Workers: Historical Perspectives on Labour, Coercion and Im/Mobilities*, Berlin, Boston: De Gruyter Oldenbourg, pp. 15-38, <https://doi.org/10.1515/978311137155-002>.
- MARCON G., 2024, One gets rich, one hundred more work for nothing: German miners in Medici Tuscany, in Batista A., Müller V. F., Peres C. (a cura di), *Coercion and Wage Labour, Exploring work relations through history and art*, UCL Press.
- MAZZONI C.M., 1766, Pianta Topografica ed altimetrica minerale della Montagna Acuti e de suoi monti aggiacenti nel Capitanato di Pietrasanta, Archivio di Stato di Firenze, Miscellanea di Piante, consultabile alla pagina https://www502.regione.toscana.it/searcherlite/cartografia_storica_regionale_scheda_dettaglio.jsp?imgid=5000.
- MOLLI G., 2008, Northern Apennine-Corsica orogenic system: An updated overview, in Siegesmund S., Fügenschuh B., Froitzheim, N. (a cura di), *Tectonic Aspects of the Alpine-Dinaride-Carpathian System*, Geological Society of London Special Publication, 298, pp. 413-442, <http://dx.doi.org/10.1144/SP298.19>.
- MOLLI G., GIORGETTI G., MECCHERI M., 2002, Tectono-metamorphic evolution of the Alpi Apuane Metamorphic Complex: new data and constraints for geodynamic models, in *Bollettino della Società Geologica Italiana*, Vol. Spec. 1, pp. 789-900.
- MOLLI G., BROVARONE A.V., BEYSSAC O., CINQUINI I., 2018, RSCM thermometry in the Alpi Apuane (NW Tuscany, Italy): New constraints for the metamorphic and tectonic history of the inner northern Apennines, in *Journal of Structural Geology*, 113, 200-216, <https://doi.org/10.1016/j.jsg.2018.05.020>.
- NANNUCCI M.S., 1989, Le mineralizzazioni a Pb-Ag-(Zn) di S. Barbara (Alpi Apuane): Studio giacentologico ed ipotesi minerogenetica, Tesi di Laurea non pubblicata, Università degli Studi di Firenze.
- PANICHI U., 1910, Notizie intorno alle miniere di Val di Castello, in *Report archivio Ri.Min S.p.A*, T811.
- PAOLI G., STOKKE H.H., ROCCHI S., SIREVAAG H., KSIENZYK A.K., JACOBS J., KOŠLER J., 2017, Basement provenance revealed by U-Pb detrital zircon ages: A tale of African and European heritage in Tuscany, Italy, in *Lithos*, 277, pp. 376-387, <https://doi.org/10.1016/j.lithos.2016.11.017>.
- PAOLICCHI C., 1981, I paesi della pietra piegata, Container Edizioni, Marina di Massa, Vol. 1.
- PATACCA E., SCANDONE P., CONTI P., MANCINI S., MASSA G., 2013, Ligurian-derived olistostrome in the Pseudomacigno formation of the Stazzema zone (Alpi Apuane, Italy). Geological implications at regional scale, in *Italian Journal of Geosciences*, 132(3), pp. 463-476, <https://doi.org/10.3301/IJG.2013.05>.
- PELLOUX A., 1922, La zona metallifera del Bottino e della Valle Di Castello suoi minerali e sue miniere, in De Stefani C. (a cura di), *Itinerario geologico della Versilia, Memorie della Società Lunigianese "G. Capellini"*, Vol. III, pp. 39-83.
- PIERUCCIONI D., GALANTI Y., BIAGIONI C., MOLLI G., 2018a, Geology and tectonic setting of the Fornovolasco area, Alpi Apuane (Tuscany, Italy), in *Journal of Maps*, 14(2), pp. 357-367, <https://doi.org/10.1080/17445647.2018.1476985>.
- PIERUCCIONI D., VEZZONI S., PETRELLI M., 2018b, A petrographic and U-Pb geochronological approach to the reconstruction of the pre-alpine history of Alpi Apuane (Tuscany), in *Atti della Società Toscana di Scienze Naturali Memorie Serie A*, 125, pp. 69-80, <https://doi.org/10.2424/ASTSN.M.2018.24>.
- PIERUCCIONI D., GALANTI Y., BIAGIONI C., D'ORAZIO M., MOLLI G., VEZZONI S., 2020, Fornovolasco (Alpi Apuane, Tuscany, Italy): Type locality for the Permian felsic magmatism in the Northern Apennines, in *International Journal of Earth Sciences*, 109, pp. 2133-2134, <https://doi.org/10.1007/s00531-020-01887-9>.
- PIERUCCIONI D., SPINA A., BROGI A., CAPEZZUOLI E., ZUCCHI M., VEZZONI S., LIOTTA D., SORCI A., MOLLI G., 2023, The Fornovolasco area (Alpi Apuane, Northern Apennines): a review and update on its Palaeozoic succession, middle Permian magmatism, and tectonic setting, in *Italian Journal of Geosciences*, 142(3), pp. 359-382, <https://doi.org/10.3301/IJG.2023.25>.
- PILLA L., 1845, Cenni sulla ricchezza minerale della Toscana, Presso Rocco Vannucchi, Pisa.
- PIPINO G., 1977, Il Banco di San Giorgio e le miniere di Pietrasanta (1446-1484), in *L'Industria Mineraria*, pp. 244-251.
- REPETTI E., 1833, *Dizionario geografico, fisico e storico della Toscana*, Tipi di A. Tofani, Firenze, Vol. 1.
- SAGUI C., 1920, Roma in rapporto alla decadenza mineraria. Le miniere del Bottino e le loro antiche lavorazioni, in *Memorie della Società Lunigianese "G. Capellini"*, Vol. II.
- SIMI E., 1855, *Saggio corografico sull'Alpe della Versilia e la sua ricchezza minerale*, Tipografia dei Fratelli Frediani, Massa.
- SIMONIN M. L., 1858, De l'exploitation des mines et métallurgie en Toscane pendant l'antiquité et le moyen age, in *Annales des Mines et Métallurgie*, serie 5, tome XIV, pp. 557-615.
- TARGIONI TOZZETTI G., 1773, *Relazioni d'alcuni viaggi fatti in diverse parti della Toscana per osservare le produzioni naturali, e gli antichi monumenti di essa*, Edizione seconda, con

- copiose giunte. Tomo sesto. Stamperia granducale per Gaetano Cambiagi, Firenze.
- VEZZONI S., BIAGIONI C., D'ORAZIO M., PIERUCCIONI D., GALANTI Y., PETRELLI M., MOLLI G., 2018, Evidence of Permian magmatism in the Alpi Apuane metamorphic complex (Northern Apennines, Italy): New hints for the geological evolution of the basement of the Adria plate in *Lithos*, 318-319, pp. 104-123, <https://doi.org/10.1016/j.lithos.2018.08.003>.
- VEZZONI S., PIERUCCIONI D., GALANTI Y., BIAGIONI C., DINI A., 2020, Permian hydrothermal alteration preserved in polymetamorphic basement and constraints for ore-genesis (Alpi Apuane, Italy), in Montomoli C., Iaccarino S., Langone A. (a cura di), Subduction and exhumation of the lithosphere: The contribution of structural geology, petrology and geochronology, in *Geosciences*, 10, 399, <https://doi.org/10.3390/geosciences10100399>.
- FONTI ARCHIVISTICHE**
- CAPACCI C., 1906, *Sui filoni metalliferi di Val di Castello (Pietrasanta)*, Relazione mineraria, ex archivio Ri.Min S.p.A., report T815.
- MAZZONI C.M, 1766, *Pianta Topografica ed altimetrica minerale della Montagna Acuti e de suoi monti aggiacenti nel Capitanato di Pietrasanta*, ARCHIVIO DI STATO DI FIRENZE (ASF), Miscellanea di Piante, consultabile alla pagina https://www502.regione.toscana.it/searcherlite/cartografia_st
- onica_regionale_scheda_dettaglio.jsp?imgid=5000, (ultima consultazione: 22 gennaio 2024).
- PANICHI U., 1910, *Notizie intorno alle miniere di Val di Castello*, in Report archivio Ri.Min S.p.A, T811.
- FONTI CLASSICHE**
- ANONIMO, 1556, *Schwazer Bergbuch*.
- GEORGII AGRICOLAE, 1556, *De re metallica*, libri I-XII.
- PLINIO IL VECCHIO, *Naturalis historia*, libro III, cap. 24.
- PLINIO IL VECCHIO, *Naturalis historia*, libro XXIII, cap. 21.
- VANNUCCIO BIRINGUCCIO, 1540, *De la pirotechnia. Libri X*.
Dove ampiamente si tratta non solo di ogni sorte e' diversita di miniere, ma anchora quanta si ricerca intorno a la prattica di quelle cose di quel si appartiene a l'arte de la fusione over gitto di metalli come dogni altra cosa simile a questa.
- RISORSE DIGITALI**
- ARCHIVIO DI STATO DI LUCCA (ASLu), <<https://archiviodistatoinlucca.cultura.gov.it/home>>, ultima consultazione: 6 febbraio 2024.
- CASTORE, Cartografia Storica Regionale, <https://www502.rezione.toscana.it/searcherlite/cartografia_storica_regionale_scheda_dettaglio.jsp?imgid=5000>, ultima consultazione: 22 gennaio 2024.





ISSN 1970-9692
ISBN 9788891332561



OPERA IPOGEA

Journal of Speleology in Artificial Cavities



L'ERMA
di BRETSCHNEIDER