

Il giacimento manganeseifero di Canneto (Pisa)

Prima descrizione del complesso minerario e proposta di una minerogenesi a due fasi: primaria ed epigenetica idrotermale

The manganese deposit of Canneto (Pisa, Italy)

The first description of the mining complex and proposal of a two-phase minerogenesis: primary and epigenetic-hydrothermal

Luca Tinagli^{1, 2}, Antonio Muti¹, Gianluca Salvador¹

Riassunto

La miniera di manganese di Canneto si trova nell'area geotermica di Larderello, Toscana. Lo sfruttamento è avvenuto dal 1930 al 1943 attraverso gallerie, trincee e impianti posti sul versante N-W del Monte di Canneto. Il confronto tra le carte minerarie d'archivio e le gallerie esplorate ha consentito di delineare il patrimonio sotterraneo esistente. La mineralizzazione manganeseifera è ospitata nei Diaspri, tra i Basalti a letto e i Calcari a Calpionella a tetto. Il corpo minerario principale è di tipo stratiforme con spessore medio di 1,5 m, seguito da lenti e vene. Le vene sono subverticali, con spessore variabile (mm-cm), e tagliano gli strati dei Diaspri. L'integrazione tra osservazioni di terreno e la lettura dei *reports* minerari suggerisce una duplice genesi della mineralizzazione a manganese: i) pre-arricchimento primario nei Diaspri (Giurassico Sup.); ii) rimobilizzazione epigenetica idrotermale (Pliocene-Quaternario).

Parole chiave: mineralizzazione a manganese, Canneto, archivi minerari, attività idrotermale.

Abstract

The manganese mine of Canneto is located in the geothermal area of Larderello, Tuscany. The area is characterized by several intrusive rocks -buried or exhumed – that have produced ore deposits or geothermal fluids. The hydrothermal rocks and ore deposits (base metals sulfides, magnesite calcedony, etc.) characterizes the area. The ubiquitous occurrence of Pliocene-Quaternary hydrothermalism makes it difficult to discriminate the primary and/or epigenetic nature of deposits commonly interpreted as primary, like the manganese ore jasper-deposits

The mining activity of Canneto started in 1930 with the first mining permission. In 1934 thanks to the Lamberti property are made the main tunnels, trenches and the building of inclined shafts, mining washery, basins, and storage silo. The mine closed in 1943 due to economic difficulties. The reserves estimated after the mine closure are around 180,000 tons of Mn-ore. Nowadays, the mining plants and some tunnels are always present, testifying to the mining history. The present study documents (photos, surveys, geological survey) the open tunnels and compares them with the tunnels shown by the mining maps collected in the Archivio Storico Regione Toscana (ASRT). The results show that a part of the underground heritage is always present and partially accessible. Also, the mining plants are partially preserved in an environment of natural, rural and geological value. For these reasons and the proximity to the village, Canneto could become a geosite.

The mining activity exploited the stratiform body of manganese ore on the NW side of Monte Canneto. The manganese ore deposit is completely hosted within jasper (Diaspri formation of the Ligurian Units). The jaspers are interbedded – in stratigraphic succession – between basalts at the bottom and Calpionella limestone at the top. In addition to the main ore body, minors lens and veins are also present. The steeply-dipping veins have an overall NNE-SSW strike and a thick from millimetric to centimetric with local enrichment. These veins are in specific levels of the jasper succession exploited in some tunnels (e.g. upper level of the Mine of the East excavation). The veins are filled by manganese minerals like pyrolusite ($Mn^{4+}O_2$), the most abundant, braunite ($Mn^{2+}Mn^{3+}_6(SiO_4)_9$) and manganite ($Mn^{3+}O(OH)$). The grade of the manganese ore was about 43 wt%. However, the ore also had a significant amount of silica, making it sub-economic for the steel industry. The veins cut the jaspers strata and locally form manganese enrichment. Under microscopic observation, the veins appear

¹ Associazione Culturale Parchi Geostorici ONLUS

² Università degli Studi di Pisa, Dipartimento di Scienze della Terra

Autore di riferimento: Luca Tinagli - ltinagli88@gmail.com - luca.tinagli@phd.unipi.it

surrounded by a leached halo of the jasper rocks. In addition, also the breccia was recognized on the walls of the veins and within the Mn-minerals like jasper millimetric clasts. The leaching is also evident at the outcrop scale in the fractured rocks. The tunnels offer clear outcrops. The main gangue minerals are quartz in hyaline crystals that grow within veins and geodes within the jasper. Also, calcedony is present with bluish, white, or orange colors. In conclusion, thanks to joining mining maps/reports review and field survey, a new genetic model for the manganese ore deposit is suggested. The deposit initially forms with a primary enrichment during the jasper sedimentation, Upper Jurassic. After the diagenesis and Apennine orogenesis, the Pliocene hydrothermal fluids circulation remobilizes the manganese and forms the present deposit.

Keywords: Mn-ore, Canneto, mining archives, hydrothermal activity.

Introduzione

Nella prima metà del XX secolo il manganese era particolarmente richiesto per l'industria dell'acciaio e, secondariamente, per la produzione di leghe metalliche e vetro (Corpo Reale delle Miniere, 1932; Sacchi *et al.*, 2022). Nell'Appennino settentrionale furono molte le attività di ricerca e sfruttamento del manganese che hanno lasciato tracce non trascurabili sul territorio (Mastrangelo *et al.*, 1975). Dal punto di vista geologico le mineralizzazioni si trovano all'interno dei Diaspri delle Unità Liguri (es. Canneto) ma anche di altre litologie sedimentarie come quelle presenti nella Scaglia Toscana della Falda Toscana (Cortesogno *et al.*, 1979; Bambini *et al.*, 2009).

Per Canneto, se si escludono quelle di Marrucci (1994) e Orlandi (2007), come per molte miniere di piccole e medie dimensioni, non ci sono approfondite descrizioni di tipo geo-giacimentologico, storico o tecnico e non ci sono approfondite descrizioni in letteratura. L'assetto stratiforme delle mineralizzazioni ha fatto ipotizzare una loro origine primaria. In Toscana piccole mineralizzazioni a manganese sono comuni (es. Montioni e Rapolano Terme; Costantini *et al.*, 2002). A Canneto, tuttavia, si assiste ad un arricchimento non trascurabile che ha reso la miniera tra le maggiori d'Italia nel secolo scorso (Bureau of Mines, 1950). Un tale arricchimento potrebbe essere un carattere primario o collegato a fenomeni idrotermali di età pliocenica-quadernaria ben documentati nell'area (es. Dini *et al.*, 2022). In Toscana, la quasi onnipresenza dell'idrotermalismo rende difficile discriminare la natura di mineralizzazioni comunemente interpretate come primarie.

A Canneto parte dei lavori in sotterraneo e degli impianti dell'attività mineraria (1930-1943) sono ancora in parte visibili. Il presente contributo documenta le gallerie ancora esistenti comparandole con quelle presenti alla chiusura dell'attività grazie ai documenti e alle cartografie minerarie conservate presso l'Archivio Storico Regione Toscana (ASRT). In relazione al confronto tra dati di archivio e dati di terreno è stata inoltre proposta una differente interpretazione genetica del giacimento manganesifero. Viene infine suggerita una possibile valorizzazione del sito della miniera di manganese del Monte di Canneto grazie anche alle attività divulgative svolte durante le Giornate Nazionali delle Miniere.

Inquadramento geografico e geologico

La miniera di Canneto si trova nel Comune di Monteverdi Marittimo in provincia di Pisa (Toscana), all'interno dell'area geotermica di Larderello. Il complesso minerario si trova a N-E di Canneto, tra i 400 e i 510 m di quota sul versante nord-occidentale del Monte di Canneto (fig. 1). Una serie di piccole ricerche si trovano anche nel versante sud-occidentale del monte (figg. 1 e 4).

La mineralizzazione a manganese è interamente ospitata all'interno della formazione dei Diaspri (radiolariti con interstrati argillitici) delle Unità Liguri. I Diaspri sono rocce sedimentarie ben stratificate, con strati di 5-10 cm di radiolariti (rocce silicee), con intercalazioni di sottili livelli argillitici di spessore medio di 3 cm (Mazzanti, 1966; Costantini *et al.*, 2002). I Diaspri poggiano in continuità stratigrafica sulla formazione dei Basalti con le tipiche strutture a *pillow* (cuscino) e sempre per contatto stratigrafico passano superiormente ai Calcari a Calpionella che coprono la sommità e il versante orientale del Monte di Canneto (fig. 1).

L'esplorazione geotermica degli anni '80 nell'area, oltre a perforare pozzi tutt'oggi attivi, ha portato alla scoperta di rocce granitiche, confermando così l'ipotesi della presenza di corpi intrusivi profondi nel sistema geotermico. In particolare, nell'area del Monte Canneto fu individuato un corpo intrusivo a 4000 m circa di profondità, associato a rocce termometamorfiche e idrotermali (Villa *et al.*, 1987; Franceschini, 1994).

Giacitura e Mineralogia della mineralizzazione

Il giacimento manganesifero viene individuato nei primi anni '30. Nel 1936 il giacimento viene stimato in 30.000 t di minerale al 35-40% di manganese. Il corpo mineralizzato è definito un "banco" con potenza variabile da 0,8 a 3,5 m (La Magona di Cecina, 1936b). Il "banco", tuttavia, è un corpo stratiforme, paraconcordante con una potenza media di 1,3 m circa – fino a 3,5 m – con immersione di 40° circa verso N-NW in modo analogo agli strati di Diaspro (Corpo Reale delle Mi-

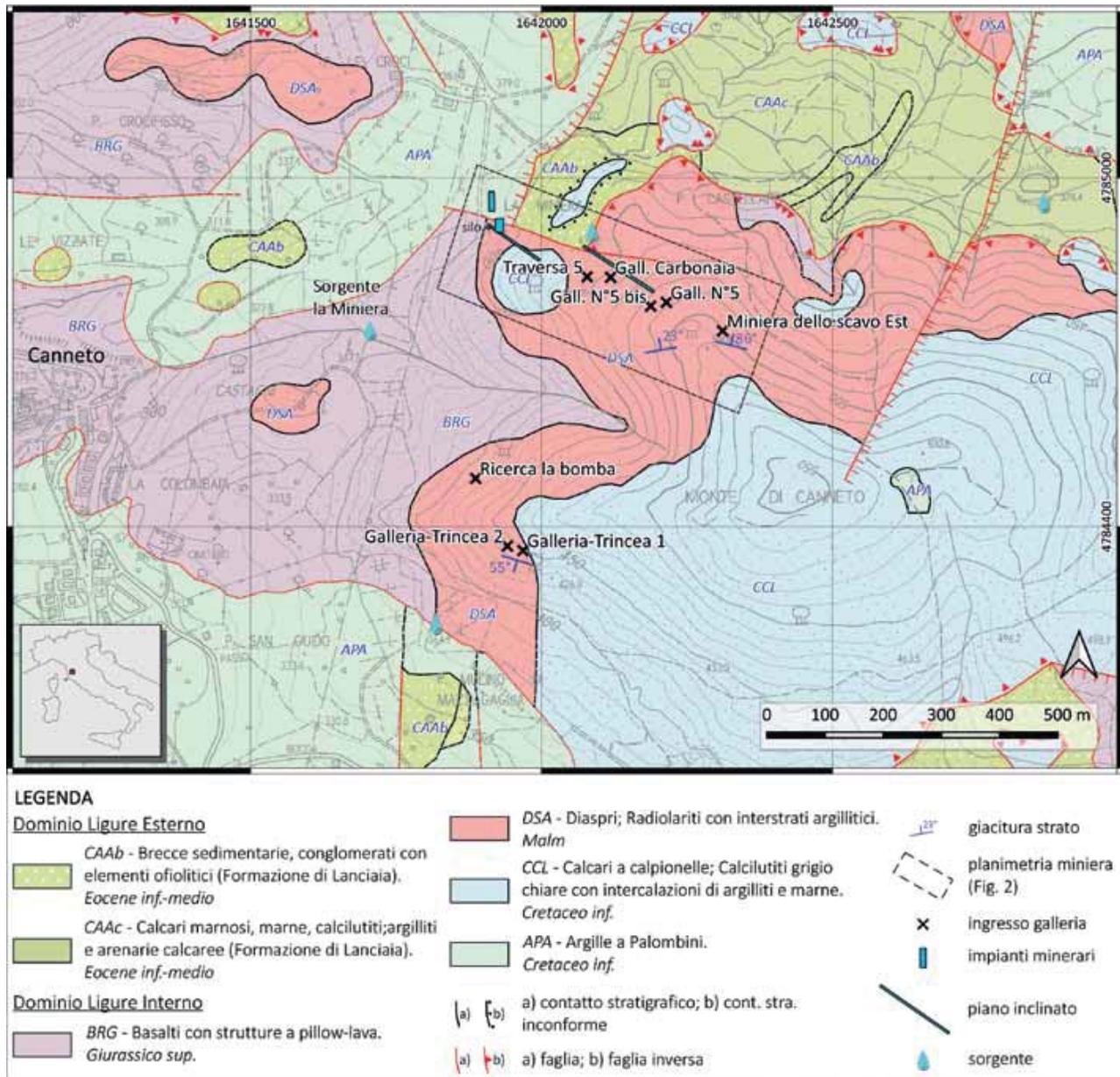


Fig. 1 – Inquadramento geografico e geologico della Miniera di Canneto (PI). Base topografica e geologica dal database geologico della Regione Toscana.

Fig. 1 – Geological map of the Canneto Mine area, Pisa. Topographical and geological layers by the geological database of the Tuscany Region.

niere, 1939). Oltre al banco principale sono descritte “tasche” (lenti) e noduli, molto ricchi ma rari (Corpo delle Miniere, 1951). Il manganese si trova sotto forma di pirolusite ($Mn^{4+}O_2$), braunite ($Mn^{2+}Mn^{3+}_6(SiO_4)_2O_2$) e, secondariamente, manganite ($Mn^{3+}O(OH)$) (Cinelli, 1958; Orlandi, 2007). In alcune relazioni sono descritti anche carbonati di manganese, tra cui la rodrosite (Cinelli, 1958; Grimaldi, 1936).

Nel 1958 furono stimate riserve per 180.000 t di minerale al 30% di manganese con 180 t di minerale già stoccati nei piazzali delle trincee (Corpo delle miniere, 1958).

Storia dell’attività mineraria

L’attività della miniera inizia nel 1930 con un primo permesso di ricerca (D.M. 10/06/1930) richiesto dal perito minerario Ing. Alfonso Vianello. Il giacimento viene esplorato attraverso lo scavo di 35 trincee che produssero 80 t di minerale al 47% di manganese (Corpo Reale delle Miniere, 1932). A quota 440 m vengono scavate, a breve distanza tra loro, le gallerie N° 1 e N° 2 per esplorare il banco mineralizzato (Cinelli, 1958; fig. 3). Ad una quota superiore di 18 m viene scavata la galleria N° 3 (figg. 2 e 3). Con il proseguire dei

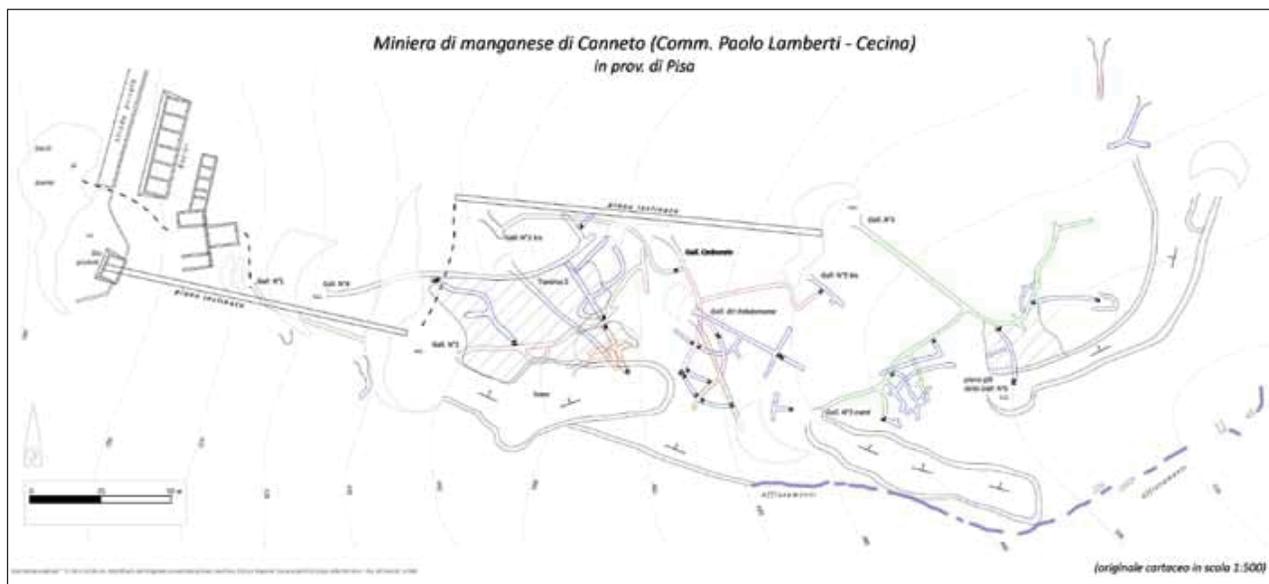


Fig. 2 – Planimetria generale della Miniera di manganese di Canneto della proprietà Lamberti. La planimetria mostra gli impianti (ancora presenti) sulla sinistra collegati dalla strada costruita appositamente, i due piani inclinati e il complesso di trincee e gallerie oggi quasi del tutto collassate; disegno digitalizzato dall'originale conservato presso l'Archivio Storico Regione Toscana - Corpo Reale delle Miniere, Dis. di Firenze; faldone 5358, tavola "Miniera di Manganese di Canneto (Comm. Paolo Lamberti - Cecina) in prov. di Pisa, Scala 1:500, 1941" (grafica L. Tinagli).

Fig. 2 – General plan of the manganese Mine of Canneto, Lamberti property. The plan shows the mining plants, the private road, the two inclined shafts and the trenches and tunnels complex today almost completely collapsed; digitalized drawing from the original copy preserved at the Archivio Storico Regione Toscana - Corpo Reale delle Miniere, Dis. di Firenze, folder 5358, tavola "Miniera di Manganese di Canneto (Comm. Paolo Lamberti - Cecina) in prov. di Pisa, Scala 1:500, 1941" (graphics L. Tinagli).

lavori queste gallerie verranno cancellate dalla grossa trincea di quota 440 m (fig. 2).

Il permesso concesso a Vianello, dopo una proroga, venne trasferito nel 1934 al Cav. Uff. Paolo Lamberti della Magona di Cecina con D.M. 2/06/1934. Al Lamberti si devono le principali attività estrattive e infrastrutturali, tra cui la costruzione di una nuova strada camionabile di 2,5 km che collegherà Canneto con Pomarance, la costruzione degli impianti di trattamento, lo scavo di nuove trincee e delle sei principali gallerie fatte sia per tracciare il giacimento sia per il suo sfruttamento. Le principali gallerie scavate (Cinelli, 1958; fig. 2) saranno:

- Galleria N° 1: quota 400 m. Segue il banco mineralizzato per 20 m, per poi interrompersi per una faglia.
- Galleria N° 2 (o "di Sant'Antonio"): quota 400 m, distante 12 m dalla Galleria N° 1. Segue il banco mineralizzato per 80 m.
- Galleria N° 3: quota 458 m. Segue per 20 m il banco mineralizzato. Al suo termine una discenderia di 55 m la collega alla N° 4.
- Galleria N° 4: quota 425 m. Aperta nelle rocce di letto incontra dopo 70 m il banco mineralizzato.
- Galleria N° 5: quota 482 m. Scavata in traverso-banco, dopo 56 m incontra il banco mineralizzato con un'alta concentrazione, seguita per 12 m verso ovest e per circa 90 m verso est. La galleria è stata

unita a giorno con due fornelli e collegata alla N° 6 con una rimonta.

- Galleria N° 6: quota 482 m. Segue il banco mineralizzato, successivamente asportata dallo scavo a cielo aperto.

La miniera aveva quattro principali cantieri a cielo aperto tra le quote 490 e 540 m (Corpo Reale delle Miniere, 1940; 1941); nelle cartografie minerarie sono riportate tre trincee principali (fig. 2).

Con lo sviluppo dei lavori di esplorazione e sfruttamento (1937) viene preferita la coltivazione a cielo aperto portando così alla eliminazione di alcune gallerie (Corpo Reale delle Miniere, 1945). Accertata la continuità del livello manganesifero, tra il 1937 e il 1938 vengono fatte delle ricerche anche nel versante meridionale tramite piccole gallerie e trincee (fig. 4; Corpo Reale delle Miniere, 1945). Nel 1938 viene rilasciata la concessione mineraria (D.M. 14/01/1938). Lo sfruttamento verrà eseguito principalmente a cielo aperto, mentre i lavori in sotterraneo serviranno, in alcuni casi, principalmente al tracciamento. L'abbattimento in galleria verrà effettuato con il metodo dei gradini rovesci con ripiena (Corpo Reale delle Miniere, 1941).

La Seconda guerra mondiale avrà pesanti ripercussioni sull'attività della miniera. Gli impianti subiranno danni a causa dei bombardamenti. L'attività mineraria cesserà nei primi mesi del 1943. Tutta-

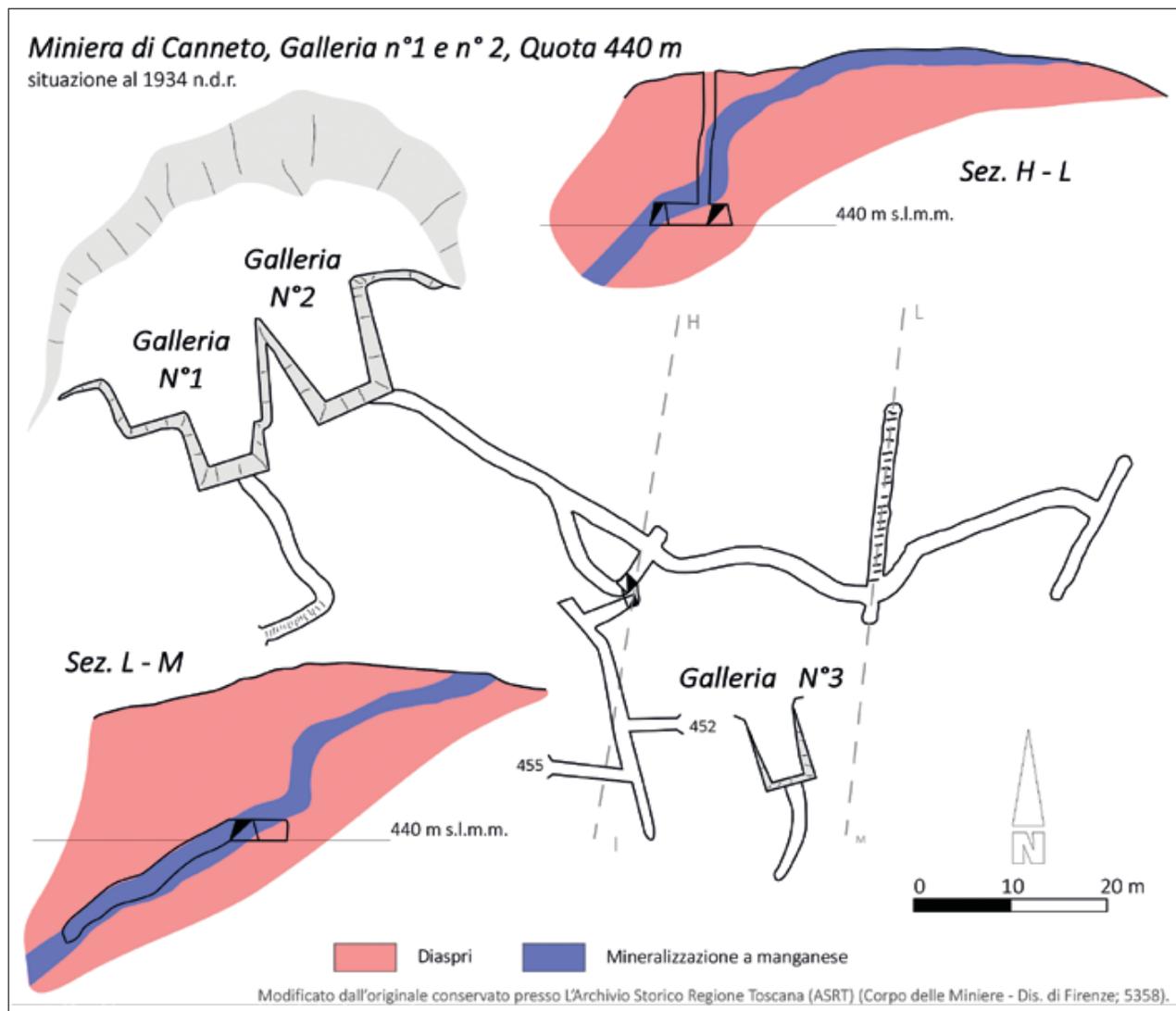


Fig. 3 – Planimetria della Galleria N° 1 e N° 2 della Miniera di Canneto (disegno L. Tinagli; modificato dall'originale conservato presso l'Archivio Storico Regione Toscana – Corpo Reale delle Miniere, Dis. di Firenze, faldone 5358, tavola con planimetria e sezioni).

Fig. 3 – Plan of the Tunnel N° 1 and N° 2, Canneto Mine (modified from the original preserved at the Archivio Storico Regione Toscana – Corpo Reale delle Miniere, Dis. di Firenze, folder 5358, table with plan and sections).

via, la concessione rimase attiva e nel 1944, alla morte del Comm. Paolo Lamberti, verrà trasferita ai tre nipoti eredi Paltrinieri: Antonio, Luciano e Vittorio (Paltrinieri, 1959; Corpo delle Miniere, 1951). Le crescenti difficoltà economiche porteranno la proprietà a smantellare e vendere i macchinari e gli impianti della miniera (Stefani, 1945). Il Corpo Reale delle Miniere, a seguito del non autorizzato abbandono delle attività e smantellamento dei macchinari, richiamerà ripetutamente la proprietà (Direzione Generale delle Miniere, 1959). Una relazione del 1951 illustra bene lo stato di abbandono della miniera: i macchinari sono stati venduti (il macchinario della laveria fu venduto alla Montecatini) e le gallerie sono inaccessibili per frane (Corpo delle Miniere, 1951).

Decaduta nel '59 la concessione Paltrinieri (D.M. 23/10/1959), l'anno seguente, viene accordato il permesso di ricerca (D.M. 29/10/1960) alla società Lardarello S.p.A. per ricerca di manganese e solfuri misti. Il permesso non ebbe esiti positivi.

Il minerale

Il manganese si trovava sotto forma di ossidi e silicati (pirolusite e braunite) ed era frammisto alla componente silicea della roccia incassante e/o del quarzo (Grimaldi, 1936).

In un rapporto del 1935 si legge che delle 3000 t di minerale estratto, due terzi con tenore di manganese del 35-45% furono vendute all'industria si-

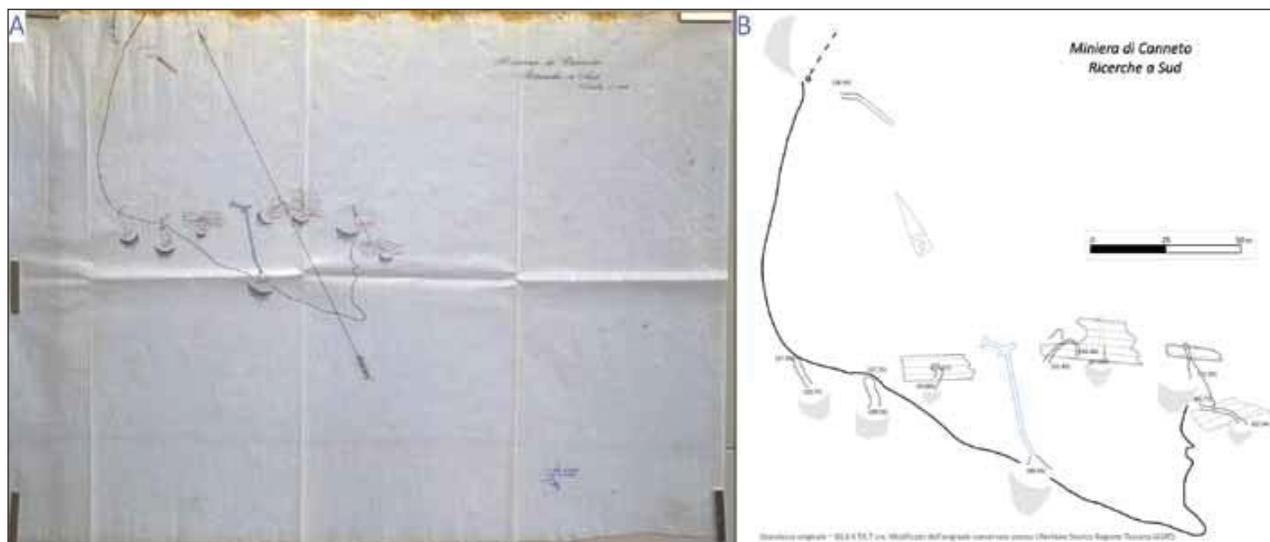


Fig. 4 – Planimetria delle ricerche a sud della Miniera di Canneto. A) Originale fotografato presso l'Archivio Storico Regione Toscana, Corpo Reale delle Miniere, Distretto di Firenze, faldone 5358, tavola "Miniera di Canneto – Ricerche a Sud, scala 1:500" foto L. Tinagli. B) Disegno digitale della planimetria originale (disegno L. Tinagli).

Fig. 4 – Plan of the southern mining prospecting of the Canneto Mine. A) Original photographed at the Archivio Storico Regione Toscana, Corpo Reale delle Miniere, Distretto di Firenze, faldone 5358, tavola "Miniera di Canneto - Ricerche a Sud, scala 1:500" photo L. Tinagli. B) Digital drawing of the original floor plan (drawing L. Tinagli).

derurgica italiana; le restanti, al tenore di 25-30%, rimasero invendute (La Magona di Cecina, 1936b). La quota non trascurabile di silice rendeva il minerale sub-economico. Nella miniera venivano prodotti tre tipi di qualità in base al contenuto di manganese: 1° al 46%; 2° al 36%; 3° al 25-26%. Del minerale abbattuto negli scavi il 20% era sterile, il restante 80% era equamente distinto in minerale di 1°, 2° e 3° classe (Busachi, 1936a). Il minerale di 1° qualità veniva venduto alle acciaierie e al "Consorzio Carburio di Calcio e Ferroleghe" (Busachi, 1936b). Il minerale di 2° e 3° aveva invece grossi problemi ad essere venduto, non trovando compratori in Italia, rendendo così la miniera a rischio di perdita. Solo la Francia era disposta a comprarlo ma, a causa delle sanzioni economiche, l'esportazione non era possibile (Busachi, 1936a). Per poter utilizzare il minerale di 2° e 3° qualità, abbassando quindi la percentuale in silice, venne installato un vaglio di tipo *Hancock*. Le prime prove di arricchimento vennero svolte negli impianti della miniera di pirite di Ravi-Marchi – nel grossetano – che possedeva un impianto analogo già in funzione (La Magona di Cecina, 1936a). Lo stesso procedimento messo a punto per Canneto fu poi utilizzato per l'arricchimento delle scorie ferrifere etrusche di Baratti e Follonica (Grimaldi, 1937). Tuttavia, il problema dell'alta percentuale di silice non fu mai risolto completamente. Nel 1941 furono eseguite ulteriori prove di arricchimento con tavole a separazione mediante flottazione senza esiti positivi (La Magona di Cecina, 1940).

Metodologie

Per la ricerca sul campo, oltre ai pochi dati in letteratura (Orlandi, 2007), è stato fatto ricorso alle indicazioni della gente del luogo. Le discariche e le trincee sono state i principali indizi per rintracciare gli ingressi delle gallerie che per la maggior parte risultano quasi del tutto franati o chiusi da materiale di riporto. Il posizionamento degli ingressi è stato fatto con un GPS portatile con precisione massima in XY di 3 m. Il rilievo topografico degli ipogei è stato effettuato con il metodo speleologico (Silvestro, 1999) e l'elaborazione dei dati è stata effettuata con i softwares VisualTopo © 5.10 e Csurvey ©.

Per conoscere l'entità degli scavi minerari è stato indispensabile consultare le carte minerarie conservate presso l'Archivio Storico Regione Toscana (ASRT; Firenze, Osmannoro) che raccoglie il fondo del Corpo Reale delle Miniere. Le carte sono state acquisite mediante una fotocamera reflex con una risoluzione di 36 megapixel posta su treppiede. Per lo scatto le carte sono state affisse ad una superficie metallica verticale mediante calamite e illuminate con due luci ausiliarie poste a 45° rispetto al piano della carta. I file nativi sono stati processati con Photoshop CC 2019©. I files digitalizzati sono stati georiferiti con QGIS 3.16.8©.

Le giaciture delle strutture geologiche (es. vene e strati) sono state misurate tramite l'applicazione FieldMove© installata su apposito tablet. I dati sono stati processati con il software Stereonet (Richard W. Allmendinger ©2011-2018). I campioni di roccia mine-



Fig. 5 – Silo di stoccaggio del minerale di manganese (giugno 2018, miniera di Canneto; foto L. Tinagli).

Fig. 5 – Silo for the Mn-ore stocking, (June 2018, Canneto mine; photo L. Tinagli).

realizzata sono stati collezionati principalmente nelle discariche minerarie e analizzati tramite stereomicroscopio.

Dati

Cartografia mineraria e rilievi ipogei

La perlustrazione sul terreno ha portato alla scoperta di sei ipogei, principalmente piccole gallerie. Di queste, tuttavia, solo una ha un certo sviluppo mentre le altre non superano le decine di metri.

Per la miniera di Canneto sono state trovate quattro planimetrie (fig.1, 2 e 3) più una della ricerca di manganese di Micciano (PI), sempre appartenente al permissionario Lamberti.

La consultazione dei documenti d'archivio (corrispondenze, relazioni tecniche e geologiche, ecc.) ha permesso di ricostruire l'attività della miniera e di gettare luce sulla natura del giacimento manganesifero. La figura 2 mostra il piano generale della miniera aggiornato al 1941. La planimetria illustra gli impianti ancora oggi visibili (edifici, bacini e silo fig. 5), i due

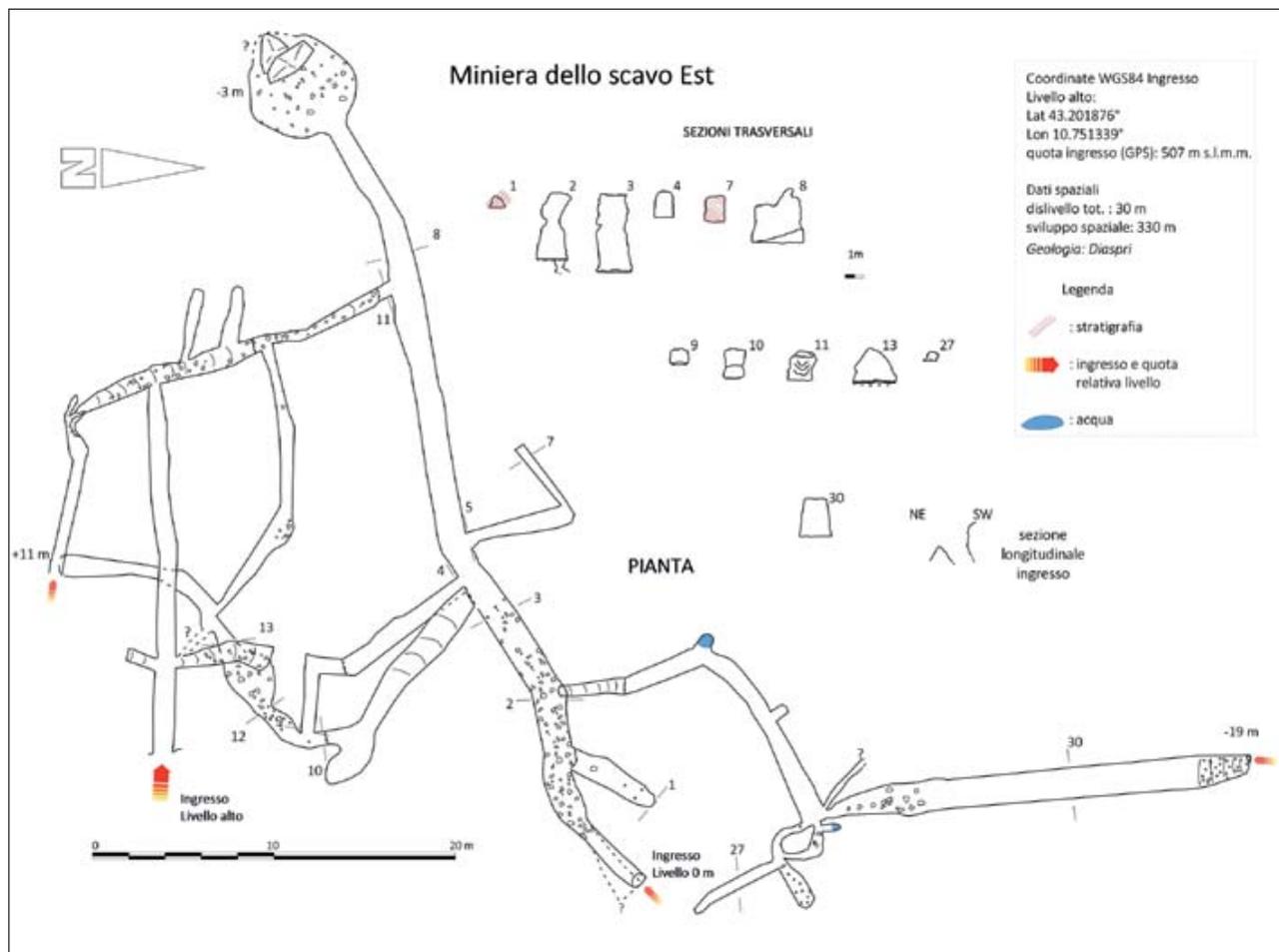


Fig. 6 – Rilievo della *Miniera dello scavo Est* nella parte orientale del complesso minerario del Monte Canneto. La miniera ha tre ingressi da cui si accede ai tre livelli principali (disegno L. Tinagli).

Fig. 6 – Survey of the *Miniera dello scavo Est* mine on the eastern side of Monte di Canneto (drawing L. Tinagli).



Fig. 7 – Ingresso alto della *Miniera dello scavo Est* all'interno di una grossa trincea (foto L. Tinagli).

Fig. 7 – Up entrance of the Miniera dello scavo Est from the big eastern trench (photo L. Tinagli).



Fig. 8 – Fornello d'ingresso al livello medio della *Miniera dello scavo Est*. L'ingresso si apre in una piccola trincea di sbancamento (foto L. Tinagli).

Fig. 8 – Entrance of the middle level of the Miniera dello scavo Est mine. The entrance open within a small excavation (photo L. Tinagli).

piani inclinati, i tre principali scavi a cielo aperto e il complesso di gallerie. Delle gallerie disegnate, dodici hanno un nome (es. Galleria Rabdomante). In questa carta non sono più presenti (cancellate dalla trincea) le originarie Gallerie N° 1 e la N° 3, raffigurate nella figura 3 che deriva dalla digitalizzazione parziale e modificata di un'altra tavola. La carta "*Miniera di Canneto – Ricerche a Sud, Scala 1:500*" riporta invece le ricerche fatte nella parte meridionale dell'affioramento (fig. 4).

L'ipogeo con maggior sviluppo si trova sul versante orientale dell'affioramento di Diaspri e si dispone in tre livelli principali con i relativi ingressi. Questo complesso è stato chiamato *Miniera dello scavo Est* perché si trova in prossimità di una grande trincea visibile nella planimetria mineraria (figg. 7 e 2). Nel piazzale della trincea è ancora presente un cumulo a forma trapezoidale di minerale scelto. Da questo livello – attraverso fornelli, discenderie o pozzi – si accede al livello intermedio, il più ampio della miniera. Anche questo livello ha un accesso dall'esterno tramite un fornello che si affaccia su una piccola trincea (fig. 8). Il livello intermedio contiene ancora i pali in legno dell'armatura (fig. 9). Il livello più basso della *Miniera dello scavo Est* si apre in prossimità di una piccola trincea. L'ingresso è quasi totalmente interrato ma al suo interno la galleria mantiene la sua sezione originaria (fig. 10). Il livello si trova inizialmente nelle Breccie ofiolitiche e Basalti a *pillow*, per poi passare ai Diaspri nella parte terminale.

Spostandoci a ovest e mantenendo all'incirca la stessa quota, all'interno di una trincea di sbancamento si apre la Galleria N° 5. Questa si trova in prossimità della partenza del piano inclinato superiore (fig. 2). La Galleria N° 5 alterna tratti originali a tratti collassati (fig. 11) e si sviluppa all'interno di Basalti con evidenti

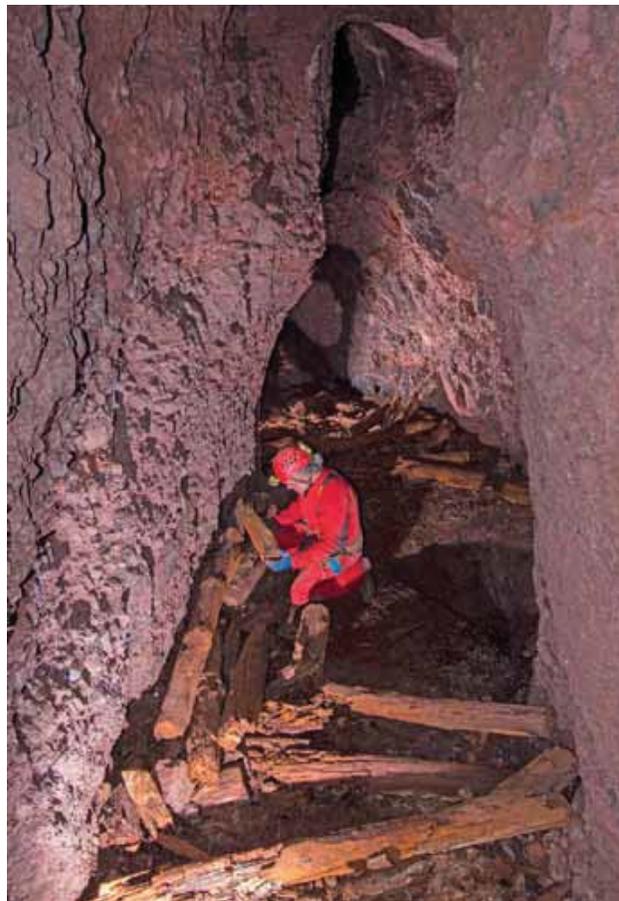


Fig. 9 – Aspetto del livello medio della *Miniera dello scavo Est* con i resti dell'armatura in legno (foto L. Tinagli).

Fig. 9 – Aspect of the middle level of the Miniera dello scavo Est mine with the rests of the rebar (photo L. Tinagli).

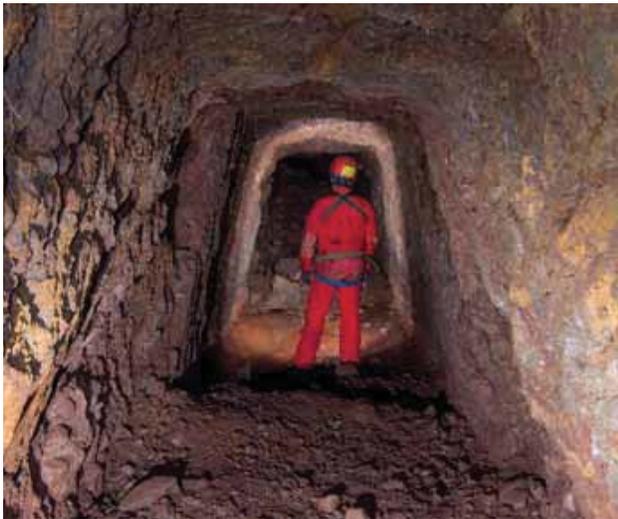


Fig. 10 – Tratto originario del livello inferiore della *Miniera dello scavo Est*. La galleria è stata scavata all'interno delle lave a pillow (Basalti) e delle breccie ofiolitiche (foto L. Tinagli).

Fig. 10 – Primary section of the lower level of the *Miniera dello scavo Est* mine. The tunnel is excavated within pillow lava (Basalt formation) and ophiolitic breccias (photo L. Tinagli).

strutture a *pillow* e Breccie ofiolitiche. Dalla Galleria N° 5, ad una quindicina di metri, si trova un piccolo collasso corrispondente alla Galleria N° 5 bis.

Nella parte centrale dell'area mineraria (figg. 1 e 2) è stata trovata solamente una piccola galleria, che potrebbe corrispondere alla Traversa 5. La galleria si apre nei Basalti e Breccie ofiolitiche e solo per un piccolo tratto mantiene la sezione originale (fig. 11).

Altri ingressi si trovano in prossimità del secondo piano inclinato. Entrambi gli ingressi sono collassati e si aprono nei Basalti (rocce di letto); in base alle cartografie dovrebbero corrispondere agli ingressi della Galleria N° 2 bis e Galleria Carbonaia (figg. 2 e 11).

Come indicato dai rapporti e dalle planimetrie minerarie (fig. 4) alcuni lavori di ricerca si trovano nella parte meridionale dell'affioramento di Diaspri. La prima, più a nord, è composta da un piccolo scavo in sotterraneo con due ingressi: fornello e galleria alla base. Lo scavo è stato chiamato *Ricerca la bomba* per la presenza al suo interno di materiale bellico della Seconda Guerra Mondiale (fig. 12). La galleria mostra affioramenti di mineralizzazioni a manganese in vene subverticali. Ancora più a sud alcune trincee e piccole gallerie testimoniano le prospezioni degli anni 1937-38: *Galleria-Trincea 1* e *Galleria-Trincea 2*.

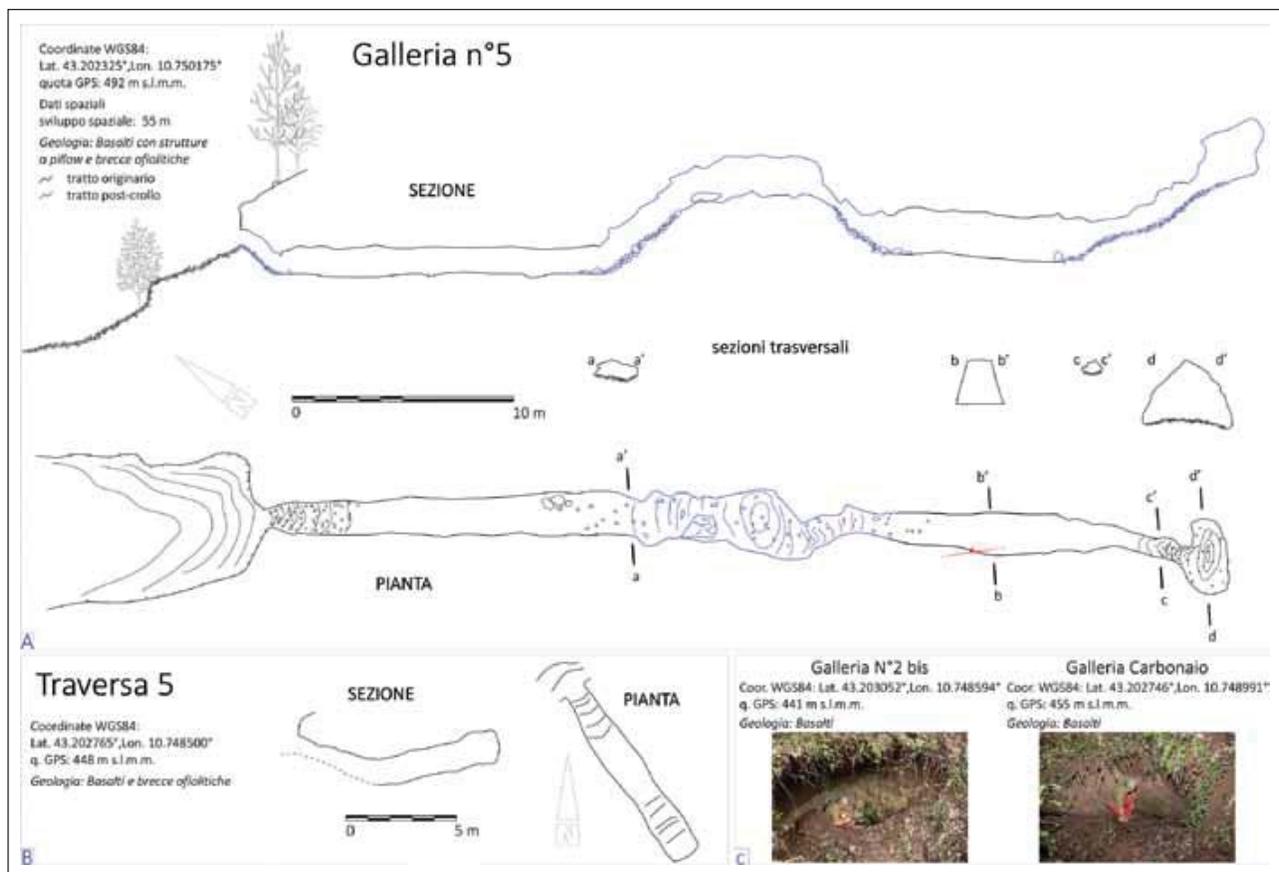


Fig. 11 – A) Tratto preservato della Galleria N° 5. La galleria, scavata per il primo tratto nei Basalti a pillow e Breccie ofiolitiche, alterna tratti originari a tratti collassati. B) Piccola porzione rimanente della Traversa 5. C) Ingressi collassati della Galleria N° 2 bis e Galleria Carbonaia. (disegno L. Tinagli).

Fig. 11 – A) Preserved section of the Galleria N° 5 tunnel excavated in the Basalts and ophiolitic Breccia. The tunnel has primary and collapsed sections. B) Short section of the collapsed Traversa 5. C) Collapsed entrances of the Galleria N° 2 bis and Galleria Carbonaia (drawing L. Tinagli).

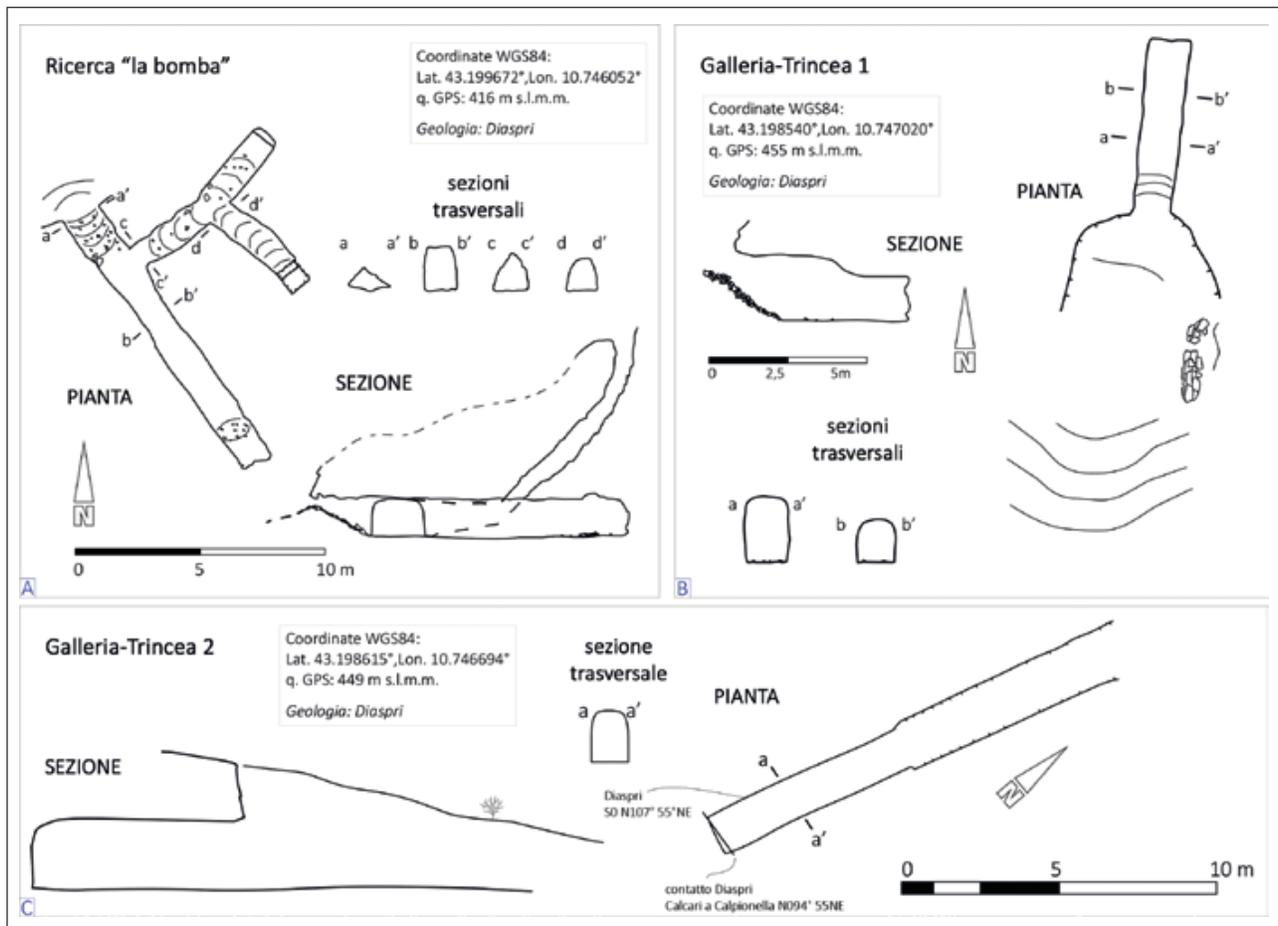


Fig. 12 – Rilievi delle ricerche a sud. A) – Ricerca la bomba. B) Galleria-Trincea 1. C) Galleria-Trincea 2 con il contatto stratigrafico Diaspri-Calcarei a Calpionella al fondo.

Fig. 12 – Southern prospecting surveys. A) – Ricerca la bomba. B) Galleria-Trincea 1. C) Galleria-Trincea 2 with stratigraphic contact between Diaspri-Calcarei at the end.

La seconda mostra il contatto stratigrafico tra Diaspri e Calcarei a Calpionella (fig. 12).

La mineralizzazione a manganese

Dalla consultazione dell'archivio si sono potute raccogliere maggiori informazioni sul giacimento manga-

nesifero. Le relazioni minerarie descrivono un banco mineralizzato (principalmente pirolusite) con locali "ingrossamenti colonnari", tasche e noduli particolarmente ricchi (Corpo delle Miniere, 1951). Analisi chimiche effettuate nel 1934 riportano un minerale con il 66% in peso di ossidi di manganese e quasi il 30% di silice (tab. 1; Gallo, 1934).

Il banco mineralizzato non è stato osservato; solo

Analisi chimica del minerale di manganese (Gallo, 1934)											
	MnO ₂	SiO ₂	Mn ₂ O ₃	CaO	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	SO ₃	P ₂ O ₅	MgO	H ₂ O *	Tot
wt%	50,6	29,07	16,40	1,15	0,88	0,78	0,35	0,04	tr	0,15	100
*	sostanze non dosate e perdite										

Tab. 1 – Analisi chimiche del minerale di manganese effettuate dal Prof. Gallo; percentuali in peso di ossidi (Gallo, 1934).

Tab. 1 – Chemical analysis in weight percent oxides analysis carried out by Prof. Gallo (Gallo, 1934)



Fig. 13 – Struttura a *pillow* delle lave basaltiche (livello basso della *Miniera dello scavo Est*) (foto L. Tinagli).

Fig. 13 – *Pillow structure of the Basalt lavas (lower level of the Miniera dello scavo Est mine) (photo L. Tinagli).*

un affioramento all'interno della *Miniera dello scavo Est* mostra un orizzonte apparentemente manganeseifero spesso circa 1,5 m (fig. 15a). L'affioramento è compatibile con la sezione geologica di figura 3 raffigurante il corpo minerario esplorato dalle prime due gallerie. Le principali strutture mineralizzate osservate, sul terreno e nei campioni raccolti in discarica, sono le vene (figg. 15c; 16c, d, g e h). Le vene hanno uno spessore variabile da millimetrico fino ad un massimo di 3-4 cm, tagliano ad alto angolo gli strati dei Diaspri e, solo secondariamente, impregnano i livelli argillitici (fig. 15c). Le vene sono tagliate da faglie di medio/alto angolo. Alcuni campioni mostrano uno spessore delle vene maggiore in cui cristallizzano Mn-minerali dall'aspetto botroidale (fig. 16d). Le vene sono ospitate in una roccia bianca decolorata dall'originario color rosso, quindi molto probabilmente impoverito in ferro e manganese (fig. 15c). Nelle zone decolorate attraversate da vene si osservano delle microbreccie (clasti da millimetrici a centimetrici; figg. 16g, h). Uno degli affioramenti più chiari delle vene manganeseifere si trova nel livello superiore della *Miniera dello scavo Est*. Le vene sono caratterizzate da uno spessore che non supera qualche centimetro, con un orientamento medio di N 010-020° e un'immersione ad alto angolo preferenzialmente orientale (fig. 17). La giacitura dei Diaspri invece mantiene un regolare andamento E-W con immersione a medio angolo verso nord.

Alcuni blocchi (30 x 40 cm) della discarica sembrano corrispondere ad una mineralizzazione di entità maggiore (fig. 15b); quasi completamente mineralizzati, alla rottura mostrano dei relitti centimetrici di roccia incassante (Diaspro), decolorata e fratturata (figg. 16f, h). In discarica e in affioramento, sono molto comuni campioni all'apparenza totalmente mineralizzati (ne-



Fig. 14 – Tratto interno del livello inferiore della *Miniera dello scavo Est*. La foto mostra il tipico andamento a medio angolo degli strati di diaspro (foto L. Tinagli).

Fig. 14 – *Inner tunnel in the low level of the Miniera dello scavo Est mine. The picture shows the typical aspect of the diaspri strata with gentle dipping (photo L. Tinagli).*

ri), anche alla rottura, ma che ad un'analisi più accurata risultano intensamente fratturati (vene di Mn-minerali; es. fig. 16f). La colorazione nera di questi è data da sottili spalmature e/o sottili zone sostituite da Mn-minerali in cui però la percentuale è minoritaria sul totale della roccia.

I solfuri sono completamente assenti. Oltre ai Mn-minerali, si osservano nelle porzioni mineralizzate (con Diaspro decolorato e microbrecciato; fig. 16h) o sterili, del Quarzo e del Calcedonio (figg. 16b, e).

Il Quarzo, abbondante, si presenta in cristalli ialini, tozzi, di lunghezza millimetrica all'interno di vene e geodi (fig. 16e). Il Calcedonio, invece, ha colorazioni variabili dal bianco, blu e arancione (fig. 16b). Come nei campioni macroscopici, anche a scala dell'affioramento si osserva la decolorazione degli strati di Diaspro. La decolorazione, spesso totale, si osserva nelle zone mineralizzate ricche in vene di Mn-minerali (figg. 15c; 16f).

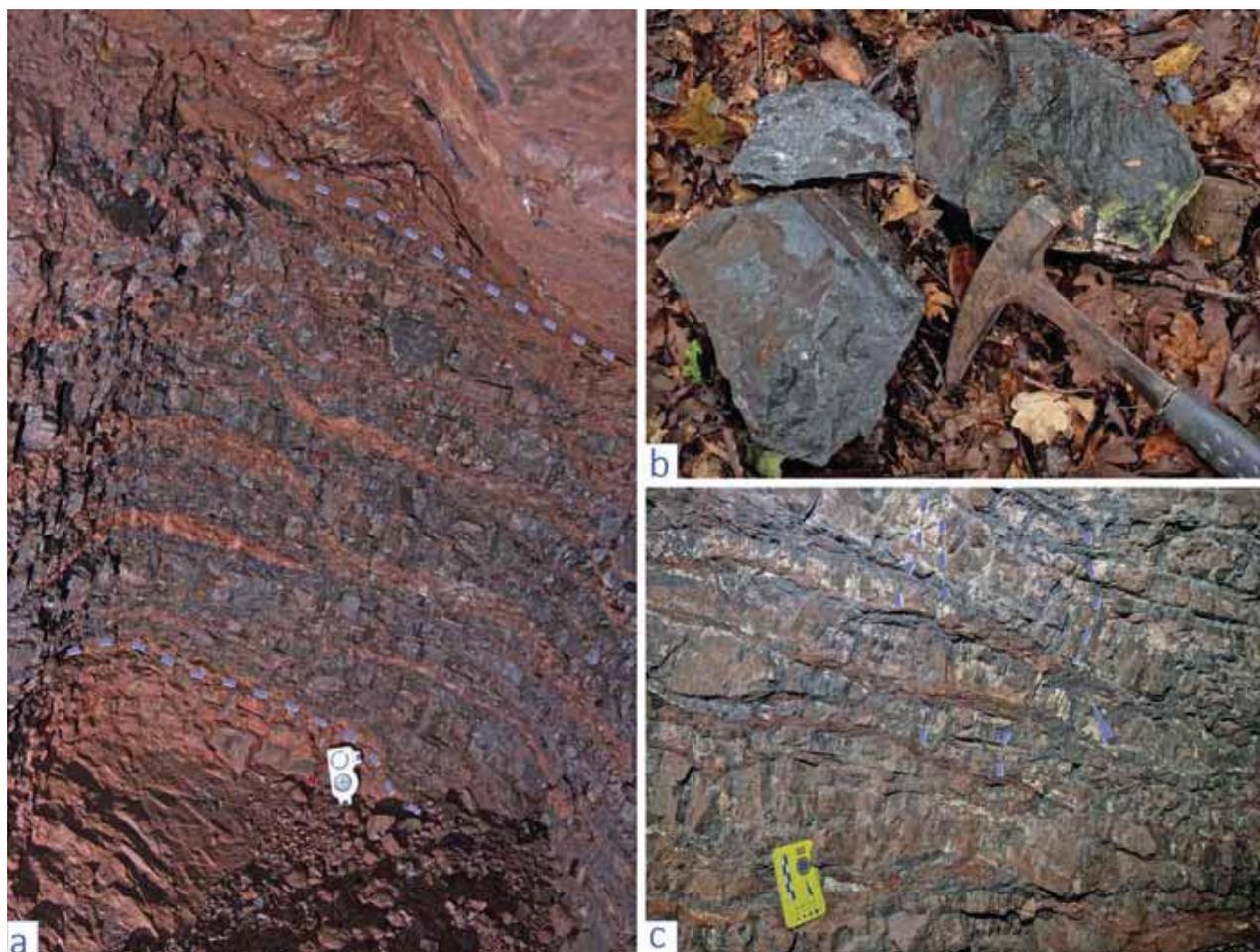


Fig. 15 – Affioramenti e campioni della mineralizzazione manganesifera. a) Livello manganesifero all'interno della successione dei Diaspri; *Miniera dello scavo Est*, livello intermedio. b) Mineralizzazione massiva con strutture di sostituzione (relitti di Diaspro decolorato). c) Orizzonte di Diaspri alterati e attraversati da un fitto sistema di vene NNE-SSW a Mn-minerali; *Miniera dello scavo Est*, livello superiore.

Fig. 15 – Outcrops and samples of the Mn-mineralization. a) Mn-rich level within the Jaspers (Diaspri) formation; *Miniera dello scavo Est*, middle level. b) Sample showing the massive mineralization with substitution textures (Jasper relicts). c) Mn-veins in leached level in the Jasper formation with NNE-SSW strike; *Miniera dello scavo Est*, upper level.

Discussione

Il patrimonio ipogeo

La consultazione dell'ASRT ha permesso di analizzare le cartografie minerarie e confrontarle con i rilievi eseguiti. In particolare, la planimetria “Miniera di manganese di Canneto” (fig. 2) è stata la più utilizzata per un confronto. Nella planimetria mineraria esistono undici gallerie principali con un nome (es. Galleria del Rabbomante, fig. 2). Delle rimanenti sono state trovate la: Galleria N° 5, Galleria N° 5 bis, Galleria Carbonaia, Traversa 5 e Galleria N° 2 bis. Oltre a queste, tre gallerie sono state trovate nella parte meridionale corrispondenti alle “Ricerche a Sud” (figg. 4 e 12). L'ipogeo con il maggior sviluppo, denominato *Miniera dello scavo Est*, non è stato possibile ricondurlo con certezza a gallerie presenti nel-

la planimetria della miniera (fig. 2). La planimetria è stata georiferita con GIS ma il risultato non è stato tale da poter ottenere una corrispondenza esatta. La parte est della planimetria, infatti, mancava di punti di controllo certi per una georeferenziazione di qualità. Tuttavia, i dati cartografici indicano con certezza che la grande trincea (figg. 2 e 7) dove si apre la *Miniera dello scavo Est* corrisponde alla trincea più a est della planimetria di figura 2. La non piena corrispondenza deve essere ricondotta alla planimetria mineraria che, molto probabilmente, non riporta tutte le gallerie presenti, nonostante l'anno di produzione (1941), a miniera praticamente chiusa. Insieme alle attività di esplorazione e documentazione, nell'area mineraria e del borgo di Canneto sono state promosse attività divulgative attraverso lo svolgimento delle edizioni 2017-2019 della Giornata Nazionale delle Miniere.

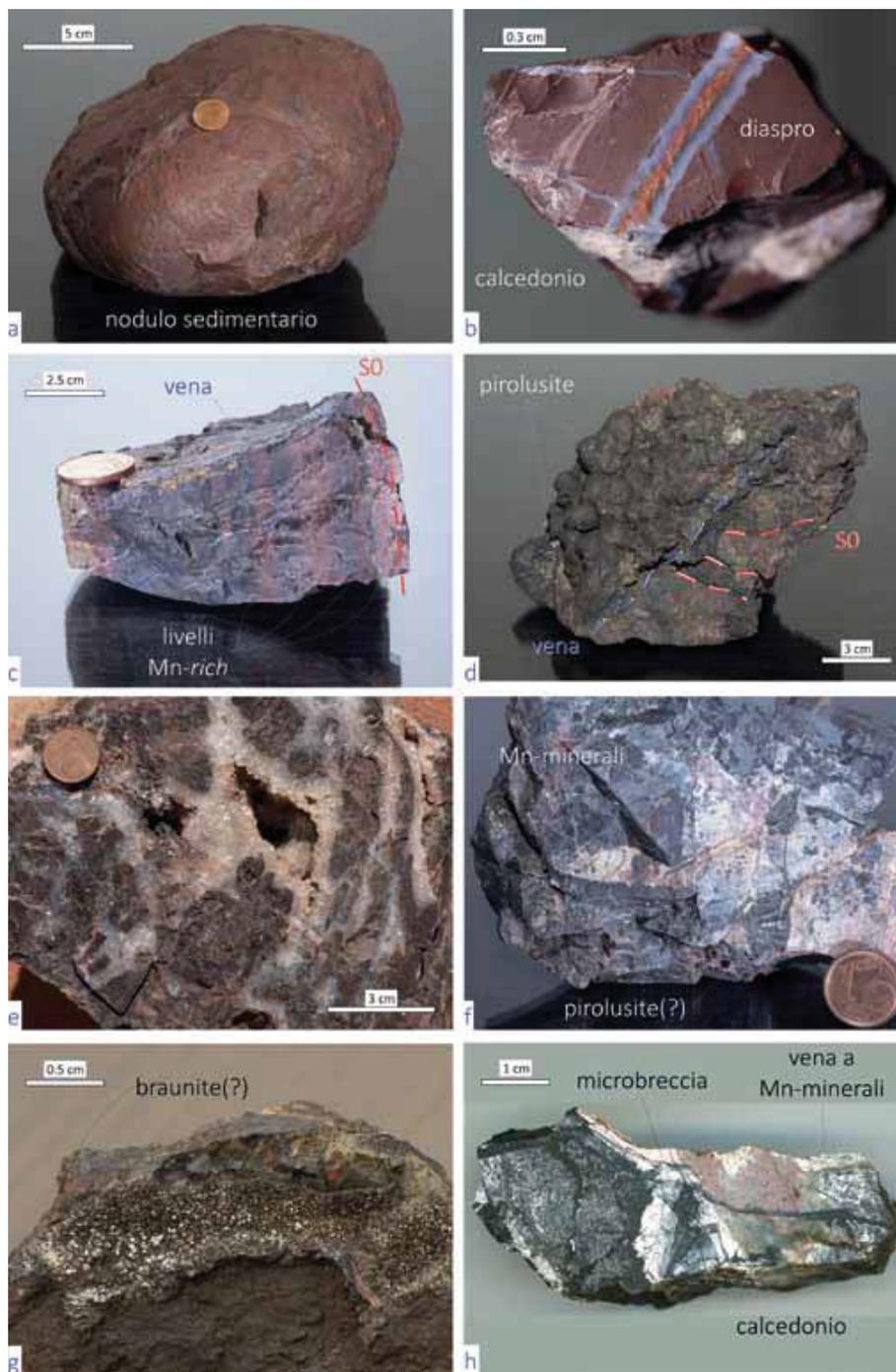


Fig. 16 – Campioni macroscopici di strutture e mineralizzazioni a manganese nei Diaspri (foto L. Tinagli). a) Nodulo sedimentario dei Diaspri. b) Diaspro attraversato da vene di Calcedonio con colori variabili dal blu all'arancio. c) Particolare dell'alternanza di livelli scuri (ricchi in manganese) e livelli rossastri (poveri in manganese), il campione rappresenta uno strato di Diaspro che è tagliato (bordo superiore) da una vena di Mn-minerali. d) Pirolusite dal tipico aspetto botroidale con inclusi clasti di Diaspro, la concrezione si forma all'interno di una vena, gli strati (SO) sono a medio angolo con la vena; e) vene e geodi di quarzo ialino nei Diaspri. f) Campione attraversato da vene con cristalli millimetrici di pirolusite. g) Cristalli sub-millimetrici di braunite(?). h) Scansione della superficie tagliata di un Diaspro mineralizzato. Il campione mostra la mineralizzazione a manganese (nero) che taglia la roccia incassante (Diaspro) decolorata, la foto mostra anche la brecciatura della roccia. Campioni macroscopici di strutture e mineralizzazioni a manganese nei Diaspri (foto L. Tinagli).

Fig. 16 – a) Sedimentary nodule of the jasper. b) Blu and orange calcedony in veins jasper hosted. c) Alternance of dark level and red level (manganese-poor), the sample cut the strata with Mn-veins. d) Mineralized vein with botryoidal pyrolusite, jasper clasts (microbreccia) also occurred. The vein cut the jaspers strata (SO). e) Quartz veins and geode hosted in the jaspers. f) Pyrolusite with fibrous-radiated texture in a mineralized and leached jasper sample. g) Sub-millimetric crystals of euhedral braunite(?). h) Jasper affected by leaching and brecciation with mineralization of quartz and calcedony and cut by Mn-mineral veins (photo L. Tinagli).

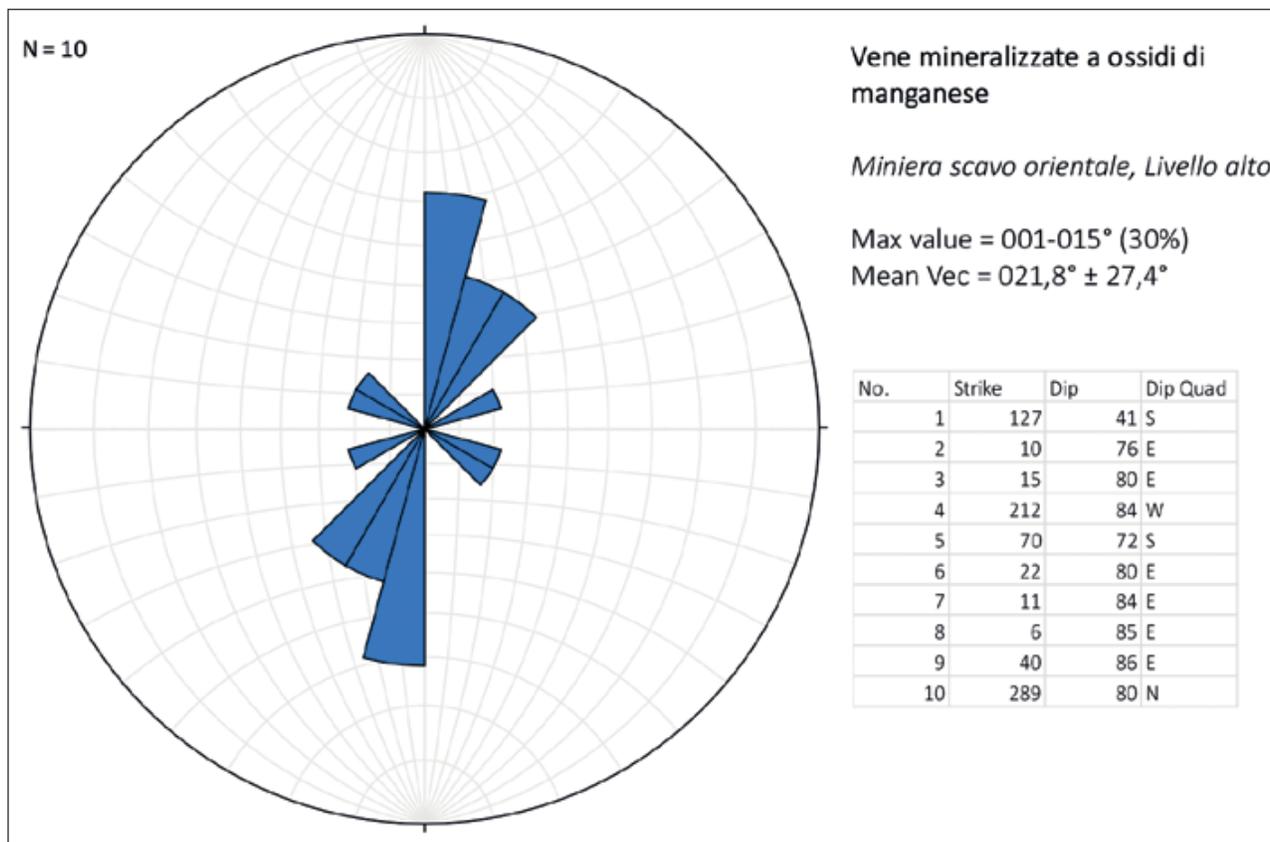


Fig. 17 – Rose diagram della direzione delle vene mineralizzate a manganese all’interno dei Diaspri (*Miniera dello scavo Est, livello superiore*) (disegno L. Tinagli).

Fig. 17 – Rose diagram showing the strike of the Mn-mineralized veins Jasper-hosted (*Miniera dello scavo Est, upper level*) (drawing L. Tinagli).

Genesi del giacimento a manganese

In affioramento le strutture mineralizzate più comuni sono le vene (fig. 15c). Le relazioni minerarie descrivono un corpo mineralizzato paraconcordante con gli strati di Diaspro con locali ingrossamenti colonnari, noduli e “tasche”, quest’ultimi due molto ricchi in minerale (Cinelli, 1958). La presenza del corpo paraconcordante sarebbe in accordo con la genesi primaria della mineralizzazione; genesi ipotizzata per molti casi di studio simili (es. Bonatti, 1975; Robb, 2005; Bau et al., 2014; Josso et al., 2017).

Negli affioramenti in superficie o in galleria non è stato osservato il “banco” mineralizzato. Lo stato attuale delle gallerie e degli affioramenti non permette probabilmente l’osservazione diretta del “banco” descritto nei reports. Solo con un accurato lavoro sul campo – con la pulizia dalla fitta vegetazione e lo scavo di alcuni probabili ingressi – sarebbe forse possibile osservare il corpo coltivato ad alto tenore.

Gli ingressi chiusi della Galleria N° 2 bis e della Galleria Carbonaia sono alcuni esempi (fig. 11). Solo nella *Miniera dello scavo Est*, un tratto di galleria del livello intermedio, intercetta un livello arricchito in manganese (fig. 15a). L’affioramento è compatibile con le sezioni geologiche di figura 3 raffigurante il corpo

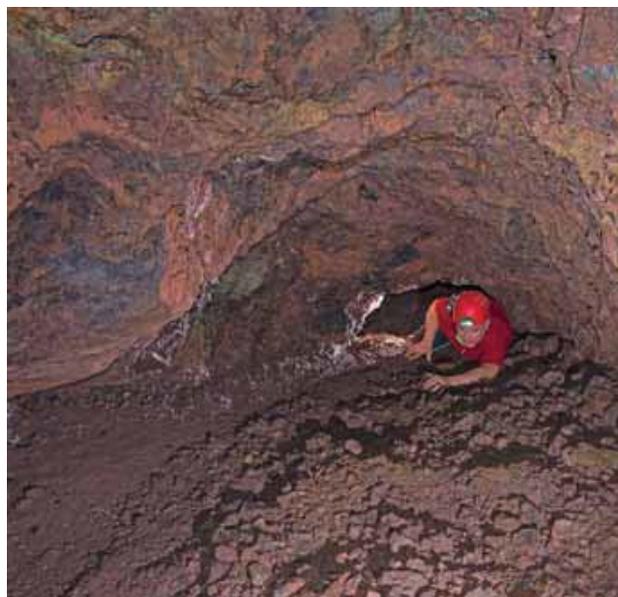


Fig. 18 – Tratto collassato della Galleria N° 5 (foto L. Tinagli).
 Fig. 18 – Collapsed section of the tunnel Galleria N° 5 (photo L. Tinagli).

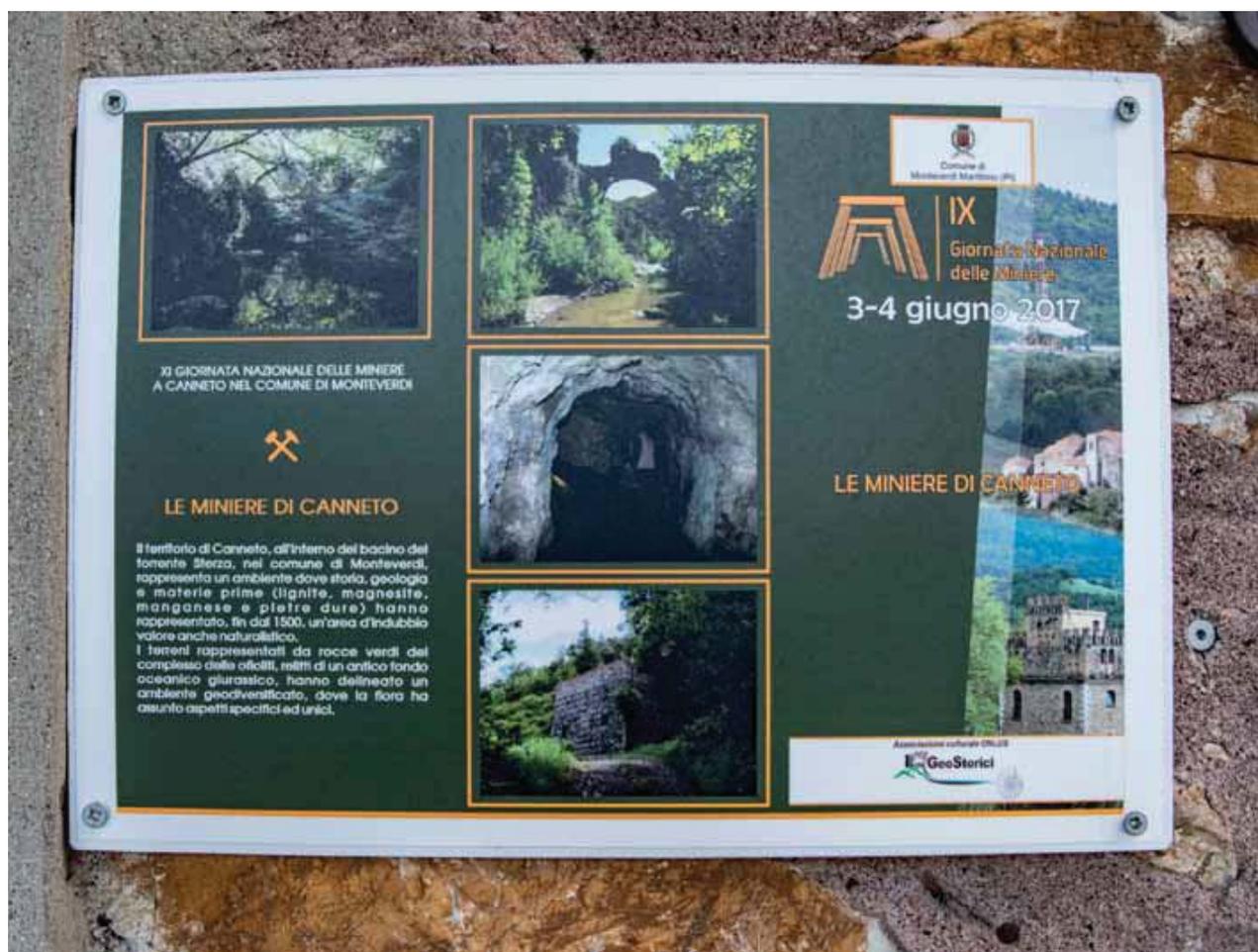


Fig. 19 – Targa della IX Giornata Nazionale delle Miniere, 2017. A destra, sullo sfondo è possibile osservare la malta rossastra derivante dagli scarti della laveria e riutilizzata nell’edilizia del paese (foto L. Tinagli).

Fig. 19 – Plaque of the IX National Day of the Mines, 2017. On the right background, it is shown the reddish cement used for the local buildings. The cement comes from the waste of the washery (photo L. Tinagli).

mineralizzato nelle prime due gallerie scavate. Anche il livello ricco in vene manganesifere orientate NNE-SSW (fig. 15c) potrebbe, in teoria, coincidere con il corpo mineralizzato descritto, poiché le vene si trovano in un livello paraconcordante con gli strati di Diaspro. Questo orizzonte, però, non sembra essere particolarmente ricco.

Le relazioni descrivono anche noduli e lenti (“tasche”) di minerale. I noduli manganesiferi, in senso stretto, non sono stati osservati, ma solo noduli decimetrici non mineralizzati (fig. 16a). Invece, mineralizzazioni più ricche e massive sono state osservate nei blocchi presenti in discarica (fig. 15b). Questi campioni sembrano corrispondere a zone di sostituzione secondaria (reliqui di Diaspro decolorati) piuttosto che ad un livello primario arricchito in manganese. Zone che potrebbero rappresentare il *target* minerario oggi difficilmente osservabile in affioramento. Se fosse corretta l’interpretazione di uno spesso, e relativamente ricco, corpo mineralizzato, i livelli fratturati ricchi in vene di Mn-minerali potrebbero corrispondere alle porzioni periferiche del corpo mineralizzato. Le vene spie-

gherebbero poi gli ingrossamenti colonnari menzionati nelle relazioni minerarie. Il duplice aspetto della mineralizzazione – corpo paraconcordante e vene e/o filone – suggerisce una minerogenesi più complessa. L’analisi degli affioramenti e dei campioni ha evidenziato la presenza di vene a Mn-minerali incassate in rocce decolorate dalle pareti brecciate. La brecciatura si osserva anche nei livelli o vene di Mn-minerali massivi in cui sono frammisti clasti di roccia incassante. La presenza di questi clasti, inoltre, ha contribuito ad abbassare la concentrazione in manganese del minerale abbattuto.

La presenza di vene a Mn-minerali, il quarzo e il calcedonio suggeriscono una fase secondaria idrotermale della mineralizzazione. Fenomeni idrotermali sono molto comuni nell’area. L’esempio più vicino (un paio di km) è Monterufoli – nota località mineraria e mineralogica – in cui sono presenti depositi idrotermali a magnesite, dolomite e quarzo/calcedonio (Benvenuti *et al.*, 2015). La quasi onnipresenza in Toscana centro-meridionale dell’idrotermalismo plio-quadernario rende difficoltoso individuare il suo impatto su possibili

giacimenti primari. L'ipotesi idrotermale, tuttavia, si accorda bene con la presenza al di sotto del Monte di Canneto di un'intrusione granitoide con la relativa aureola termometamorfica e zona di alterazione idrotermale (Franceschini, 1994). Pertanto, un'età pliocenica-quadernaria della fase idrotermale è verosimile; anche se una possibile rimobilizzazione più antica avvenuta durante l'orogenesi appenninica deve essere presa in considerazione.

Il tipo di mineralizzazione e il contesto geologico, tuttavia, rientrano nel quadro delle mineralizzazioni primarie ospitate nelle coperture sedimentarie (Diaspri) di rocce ofiolitiche (es. Zarasvandi *et al.*, 2016). Una fase primaria spiegherebbe bene l'origine del manganese e di alcune caratteristiche della mineralizzazione (es. paraconcordanza). Strutture come vene, breccie, decolorazione della roccia in prossimità delle mine-

ralizzazioni Calcedonio/Quarzo, suggeriscono invece una fase secondaria (epigenetica) di rimobilizzazione locale (all'interno della formazione dei Diaspri) del manganese a causa di fluidi idrotermali. La fase idrotermale (epigenetica) avrebbe quindi rimobilizzato il manganese (e ferro) accumulatosi durante la sedimentazione dei Diaspri rendendo così economico, per l'epoca, il giacimento manganesifero.

Il ferro, presente in piccole percentuali all'interno della mineralizzazione (tab. 1), non forma minerali macroscopici propri anche se la loro presenza è da indagare meglio con indagini microscopiche. Tuttavia, stimando una quantità di Fe_2O_3 dell'1-2 wt% per i livelli radiolaritici e di 3-5 wt% per quelli argillitici (Barrett, 1981) sembra che una parte del ferro lisciviato sia completamente uscito dal complesso mineralizzato (Diaspri) affiorante.

Conclusioni

La miniera di manganese di Canneto conserva ancora parte delle sue gallerie e strutture minerarie. Gli affioramenti offerti dalle gallerie minerarie permettono di indagare più a fondo la natura della mineralizzazione. La consultazione degli archivi minerari è stata indispensabile ad associare il patrimonio ipogeo rilevato a quello presente alla chiusura della miniera. La miniera di Canneto è inserita in un contesto dove natura, georisorse e ambiente si intrecciano e coesistono facendo di Canneto un potenziale geosito. Il presente contributo ne fornisce una prima descrizione.

La mineralizzazione a Mn-minerali è stata osservata principalmente in vene di spessore millimetrico-centimetrico e secondariamente in zone di sostituzione. In prossimità delle vene si osservano decolorazione, brecciatura e silicizzazione dei Diaspri; strutture da ricondurre a circolazione di fluidi idrotermali che avrebbero mobilizzato localmente il manganese già presente nella roccia. Infatti, l'origine del manganese è da ricondurre ad una genesi primaria – idrotermalismo di fondo oceanico o precipitazione diretta coeva alla sedimentazione – comune in rocce come i Diaspri. L'interpretazione della minerogenesi vede una prima fase di arricchimento primario nel Giurassico Superiore e una seconda fase epigenetica idrotermale in cui il manganese viene rimobilizzato e riprecipitato in vene o in ammassi per sostituzione, probabilmente tra il Pliocene e il Quaternario. Il manganese riprecipita come pirolusite, braunite e manganite a cui si associano quarzo e calcedonio. Un sistema idrotermale di bassa temperatura relativo all'intrusione pliocenica di Canneto-Monteverdi M.mo è coerente con la fase epigenetica.

Ringraziamenti

Gli autori ringraziano Sandro Ferri e Carlo Macchioni per la ricerca sul campo e per le iniziative divulgative. Un grazie va anche alla Tenuta di Canneto, in particolare a Carlo Venturi. Per la ricerca e la consultazione in archivio è stato indispensabile l'aiuto e la disponibilità della Dott.ssa Chiara Marzi.

Bibliografia

- Bambini A. M., Brogi, A., Cornamusini G., Costantini A., Lazzarotto A., 2009, *Nuovi dati litostratigrafici e biostratigrafici sulla scaglia toscana nella Toscana meridionale (area di Rapolano Terme)*, in Bollettino della Società Geologica Italiana, 128(3), pp. 669–693, <https://doi.org/10.3301/IJG.2009.128.3.669>
- Barrett T. J., 1981, *Chemistry and mineralogy of Jurassic bedded chert overlying ophiolites in the North Apennines, Italy*, Chemical Geology, 34(3-4), pp. 289-317, [https://doi.org/10.1016/0009-2541\(81\)90118-2](https://doi.org/10.1016/0009-2541(81)90118-2),

- Bau M. S. K. K., Schmidt K., Koschinsky A., Hein J., Kuhn T., Usui, A., 2014, *Discriminating between different genetic types of marine ferro-manganese crusts and nodules based on rare earth elements and yttrium*, in *Chemical Geology*, 381, pp. 1-9, <https://doi.org/10.1016/j.chemgeo.2014.05.004>.
- Benvenuti M., Boschi C., Dini A., Ruggieri G., Arias A., 2015, *Geothermal resources, ore deposits and carbon mineral sequestration in hydrothermal areas of Southern Tuscany*, in *Geological Field Trips*, 7(1), pp. 2-91.
- Bonatti E., 1975, *Metallogenesis at oceanic spreading centers*, in *Annual Review of Earth and Planetary Sciences*, 3, 401.
- Bureau of Mines, 1950, *Materials Survey Manganese*, Compiled for the Materials Office, National Security Resources Board, United States, 1950.
- Corpo Reale delle Miniere, 1932, *Relazione sul servizio minerario nell'anno 1930*, XLI, 55, Istituto Poligrafico dello Stato, p. 193.
- Corpo Reale delle Miniere, 1940, *Relazione sul servizio minerario e statistica delle industrie estrattive nell'anno 1937*, XLIII, 63, Istituto Poligrafico dello Stato, p. 545.
- Corpo Reale delle Miniere, 1941, *Relazione sul servizio minerario e statistica delle industrie estrattive nell'anno 1938*, XLIV, 64, Istituto Poligrafico dello Stato, pp. 613-614.
- Corpo Reale delle Miniere, 1945, *Relazione sul servizio minerario e statistica delle industrie estrattive nell'anno 1940*, LI, 66, Istituto Poligrafico dello Stato, pp. 625-626.
- Cortesogno L., Lucchetti G., Penco, A. M., 1979, *Le mineralizzazioni a manganese nei diaspri delle ofioliti liguri: mineralogia e genesi*, in *Rendiconti della Società Italiana di Mineralogia e Petrologia*, 35(1), pp. 151-197.
- Costantini A., Lazzarotto, A., Liotta D., Mazzanti R., Mazzei R., Salvatorini G., 2002, *Note illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1: 50.000, Foglio 306 – Massa Marittima*, Servizio Geologico d'Italia, Roma (2000), p. 174.
- Dini A., Benvenuti M., Boschi C., Brogi A., Buracchi E., Capezzuoli E., Casini A., Chiarantini L., Cornamusini G., Costagliola P., Costantini A., Foresi L.M., Lazzarotto A., Liotta D., Pagani G., Rielli A., Rocchi S., Ruggieri G., Talarico F., Tavarnelli E., Vezzoni S., 2022, *Itinerario 6 – Colline Metallifere*, in: Conti P., Conticelli S., Cornamusini G., Marroni M., 2022 (a cura di), *Guide Geologiche Regionali - Toscana*, Società Geologica Italiana, pp. 195-214.
- Franceschini F., 1994, *L'intrusione monzogranitica di M. Te Canneto (Monteverdi Marittimo, Toscana meridionale) e la sua aureola termometamorfica*, in *Bollettino della Società Geologica Italiana*, 112(3-4), pp. 53-943.
- Josso P., Pelleter E., Pourret O., Fouquet Y., Etoubleau J., Cheron S., Bollinger C., 2017, *A new discrimination scheme for oceanic ferromanganese deposits using high field strength and rare earth elements*, in *Ore Geology Reviews*, 87, pp. 3-15, <https://doi.org/10.1016/j.oregeorev.2016.09.003>.
- Marrucci A., 1994, *Le miniere di manganese a Canneto e Poggio al Quattrino (Micciano)*, in *La Comunità di Pomarance*, 8, pp. 24-26.
- Mastrangelo F., Natale P., Zucchetto S., 1975, III – Liguria, in Castaldo G. e Stampanoni G. (a cura di), *Memoria Illustrativa della Carta Mineraria d'Italia. Scala 1:100.000*, Stabilimento Tipografico Ugo Pinto, pp. 71-77.
- Mazzanti R., 1966, *Geologia della zona di Monteverdi Marittimo Canneto (provincia di Pisa)*, Giardini.
- Orlandi P., 2007, *Siti di interesse minerario e mineralogico del territorio della Provincia di Pisa*, Piano Territoriale di Coordinamento Approvato con Deliberazione di Consiglio Provinciale n. 100 del 27/07/2006.
- Robb L., 2005, *Introduction to ore-forming processes*. John Wiley & Sons.
- Sacchi E. M., Betti M., Magnoni M., Magnoni M., Munari I., Viola P., Tamburini A., 2022, *Le miniere di ferro e di manganese a Monte San Vicino (Fabriano, Marche)*, in *Opera Ipogea 1-2022*, pp. 39-46.
- Silvestro C., 1999, *Il rilievo delle grotte*, in *Quaderni Didattici n. 3*, Società Speleologica Italiana.
- Villa I. M., Gianelli G., Puxeddu M., Bertini G., & Pandeli E., 1987, *Granitic dykes of 3.8 Ma age from a 3.5 km deep geothermal well at Larderello (Italy)*. *Rendiconti della Società Italiana di Mineralogia e Petrologia*, 42, p. 364.
- Zarasvandi A., Rezaei M., Sadeghi M., Pourkaseb H., Sepahvand M., 2016, *Rare-earth element distribution and genesis of manganese ores associated with Tethyan ophiolites, Iran: A review*, in *Mineralogical Magazine* 2016, 80 (1), pp. 127–142, doi: <https://doi.org/10.1180/minmag.2016.080.054>

Fonti Archivistiche

Archivio Storico Regione Toscana (ASRT) / Fondo: Distretto minerario di Firenze / Serie: Concessioni minerarie e permessi di ricerca:

- Busachi A., 1936a, *Lettera dell'Ing. A. Busachi alla On. Direzione Generale dell'Industria – Ministero delle Corporazioni – oggetto: Giacimento di Manganese Canneto (Monteverdi M.mo) Memoriale a S.E. il Capo del Governo del Cav. Uff. Paolo Lamberti, 11/02/1936, faldone 5638 III/B.*
- Busachi A., 1936b, *Lettera Permesso di Ricerca per manganese di Canneto (Monteverdi M.mo) all'On. Direzione Generale dell'Industria – Ministero delle Corporazioni, 04/05/1936; faldone 5638 III/B.*
- Cinelli V., 1958, *Lettera dell'Ing. Vittorio Cinelli al Ministero dell'Industria e Commercio – Direzione Generale delle Miniere – «Concessione mineraria di minerale di manganese denominata "Canneto" sita del comune di Monteverdi Marittimo Prov. Di Pisa», 05/09/1958, faldone 5638 III/B.*
- Corpo Reale delle Miniere, 1939, *Verbale di costatazione infortunio*, faldone 5638 III/B.
- Corpo delle Miniere, 1951, *Distretto di Firenze «Rapporto sulla visita eseguita il 24 agosto 1951 alla miniera di manganese, denominata "Canneto", sita in territorio di Monteverdi Marittimo (Pisa)», Report interno, faldone 5638 III/B.*