

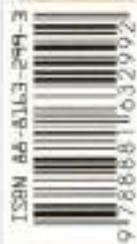
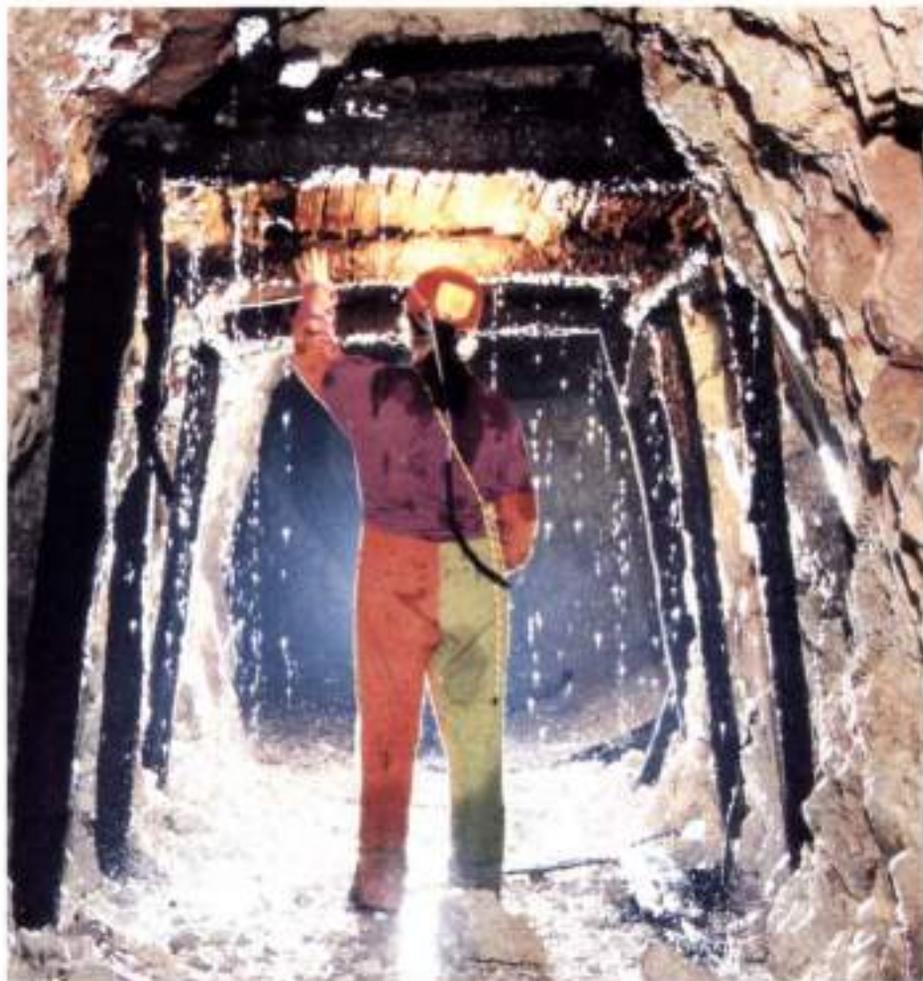


**SOCIETÀ
SPELEOLOGICA
ITALIANA**

**COMMISSIONE
NAZIONALE
CAVITÀ
ARTIFICIALI**

OPERA IPOGEEA

Alla scoperta delle antiche opere sotterranee



2002

1

SPECIALE MINIERE

**Le miniere di bauxite di Cusano Mutri
La leggenda dei "Venediger"**

ITINERARI: la miniera di Gambatesa

CONVEGNI: Miniere di Montagna

Le miniere di bauxite di Cusano Mutri

(Monti del Matese - Campania)



Sossio Del Prete^(1, 2), Rita Mele⁽²⁾,
 Francesco Allocca^(1, 3), Bernardino Bocchino⁽¹⁾

(1) Gruppo Speleologico Natura Esplora - www.gne.speleo.it

(2) Autorità di Bacino Nord-Occidentale della Campania

(3) Dip. Scienze della Terra, Univ. di Napoli

Abstract

In this paper the authors report the data of eleven bauxite mines in Cusano Mutri land, in the Matese Mountain. The bauxite deposits are the result of the continental phase in tropical environment during the geological evolution of area in the Albo-Cenomanian age (about 90-110 million years before present). This rock is mostly constitute of aluminium oxide and represent the raw materials for the extraction of metallic aluminium. The quarrying of bauxites from the Cusano Mutri deposit was done in 1919-1921 by Società Anonima Monte Mutri and then from 1939 by the Società Anonima Montecatini, till 1963. During research we have explored eleven mines and in this paper we present the data of these mines that are composed of the sub-horizontal gallery with the average width of 1,6 meters and the average high of 2 meters for a planimetric development variable between from about 10 meters till more than 1500 meters. Today only these mines are open for exploration because some others are obstructed by landslides. Now, the mines are desert but represent an important shelter for the local fauna.

Keywords

Mines, bauxite, aluminium, Cusano Mutri, Matese Mountain

Riassunto

Nell'ambito di un programma di ricerca sui siti minerari in Campania, in questa nota vengono presentati i risultati relativi alle esplorazioni condotte presso il giacimento bauxitico della Regia Piana a Cusano Mutri (BN), sui Monti del Matese. I depositi bauxitici del Matese rappresentano un importante livello guida di età medio cretacea nell'ambito della successione mesozoica di piattaforma carbonatica che costituisce l'ossatura del massiccio. La loro genesi è associata ad una fase di continentalità in ambiente tropicale che interessò l'area in questione tra l'Albiano ed il Cenomaniano (circa 90-110 milioni di anni fa). Le bauxiti, essendo ricche di ossidi di alluminio, ne rappresentano anche la principale fonte di estrazione e proprio per questo scopo, agli inizi del 1900, la Società Anonima Monte Mutri, prima, e la Società Anonima Montecatini, poi, si dedicarono per alcuni decenni all'attività estrattiva della bauxite presente in quest'area del Matese che portò alla realizzazione di diverse gallerie minerarie e cunicoli esplorativi di cui solo undici risultano oggi ancora esplorabili.

Parole chiave

Miniere, bauxite, alluminio, Cusano Mutri, Monti del Matese

Premessa

Il presente lavoro rappresenta il primo contributo ad un programma di ricerca a medio e lungo termine relativo alla "Ricerca e studio dei principali siti minerari in Campania" che gli autori hanno iniziato nella seconda metà del 2000 (Del Prete et alii, 2001).

In Campania, pur essendo assenti minerali di alto pregio per la sua natura geologica costituita da terreni sedimentari e vulcanici effusivi, non è mancato lo sviluppo di una cospicua attività mineraria (talora anche di rilevante interesse economico) che ha spaziato dalla bauxite al manganese, dallo zolfo alla lignite.

Le ricerche in corso prevedono una serie di step di avanzamento che consistono in una preliminare fase di acquisizione ed elaborazione di dati storico bibliografici, spesso difficilmente reperibili sia per la rarità delle fonti ricercate che per le difficoltà di consultazione di particolari archivi e biblioteche; in una fase di ricerca attiva sul campo, volta alla individuazione dei singoli accessi, molto spesso franati o nascosti dalla vegetazione; in una fase di rilievo e studio delle gallerie trovate e del loro stato di conservazione; ed, infine, in una fase conclusiva di elaborazione e presentazione dei risultati della ricerca che ha lo scopo di far ritornare alla memoria un pezzo di archeologia industriale della nostra regione e del nostro paese, per poterla adeguatamente valorizzare e, soprattutto, conservare per le generazioni future.

Cenni sull'industria dell'alluminio e sulla bauxite in Campania

L'alluminio, di colore bianco argenteo, è l'elemento metallico più abbondante sulla Terra e costituisce circa l'8,5% della crosta terrestre. Il basso peso specifico, l'alta conduttività termica ed elettrica ed un'elevata resistenza agli sforzi lo rendono un metallo molto usato. Tuttavia, non essendo un elemento abbastanza inerte chimicamente, non lo si può trovare in natura allo stato libero ma soltanto combinato con ossigeno e/o altri elementi, principalmente sotto forma di silicati, ossidi (bauxite), miscele di fluoruri (criolite) e solfa-

ti. Tra questi, la bauxite rappresenta la principale fonte di estrazione di questo metallo (vd. Appendici 1 e 2).

In merito allo sviluppo delle attività estrattive nell'area di interesse, finalizzate alla produzione dell'alluminio, nel 1925 la Società Montecatini iniziò a svolgere studi sulle bauxiti dell'Italia centro meridionale, con particolare riguardo a quelle affioranti in Campania. In precedenza già tra il 1919 e il 1921, in alcune località dei monti del Matese orientale (Cusano Mutri - Cerreto Sannita), la Società Anonima "Monte Mutri" aveva svolto indagini e lavori minerari che portarono alla realizzazione di una decina di trincee, per un totale di 250 mc di scavo, con gallerie e rimonte per complessivi 450 ml lungo l'orizzonte bauxitico, continuati fino al 1925 quando furono interrotti per gli elevati costi di produzione (Franco, 1957, Crescenti e Vighi, 1970). La stessa Società costruì anche una teleferica interamente metallica che trasportava il minerale dal pianoro della Regia Piana-Pecorareccia, dove avveniva l'estrazione, alla strada rotabile di Cusano

LEGENDA

	Alluvioni; detrito di falda, breccie; sedimenti lacustri e fluvio-lacustri; lave e piroclastici (Quaternario)
	Conglomerati, sabbie e argille (Pliocene)
	Arenarie molassiche e flysch (Cenozoico)
	Calcarei, marne e arenarie (Miocene)
	Calcarei, calcari selcici e conglomerati (Mesozoico - Cenozoico)
	Calcarei e Dolomie (Mesozoico)

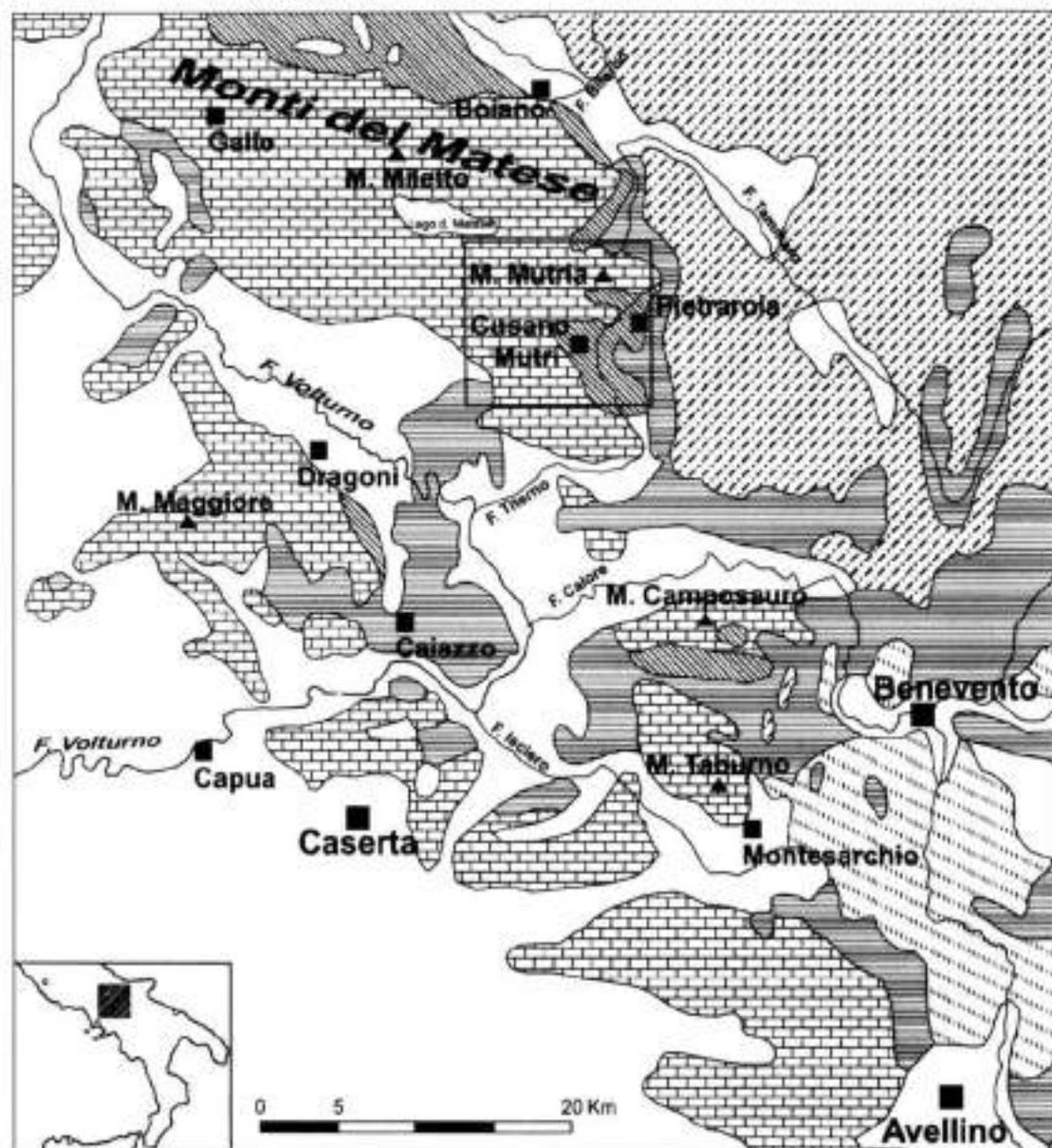


Fig. 1: ubicazione dell'area di interesse ed assetto geologico schematico dei Monti del Matese (da D'Argenio, 1963, modificata - legenda nella pagina a fianco).

Mutri (Maranelli, 1939). La Società Montecatini rilevò le miniere nel 1939 quando, dopo una campagna di prospezioni effettuate tra il 1937 ed il 1938, ebbero inizio le ricerche e le attività estrattive che proseguirono fino al 1963-1965, con interruzioni nel periodo bellico (1943-1945) e nel 1950. Nei due siti minerari di Regia Piana-Pecorareccia

la Società Montecatini realizzò trincee, gallerie rimonte e sondaggi per un totale complessivo di 880 ml e circa 1200 mc di scavo (Crescenti & Vighi, 1970).

Per ciò che concerne le rocce bauxitiche affioranti nei Monti del Matese, le ipotesi sulla loro origine attualmente accertate, le fanno derivare da sedimenti alloctoni, deposi-

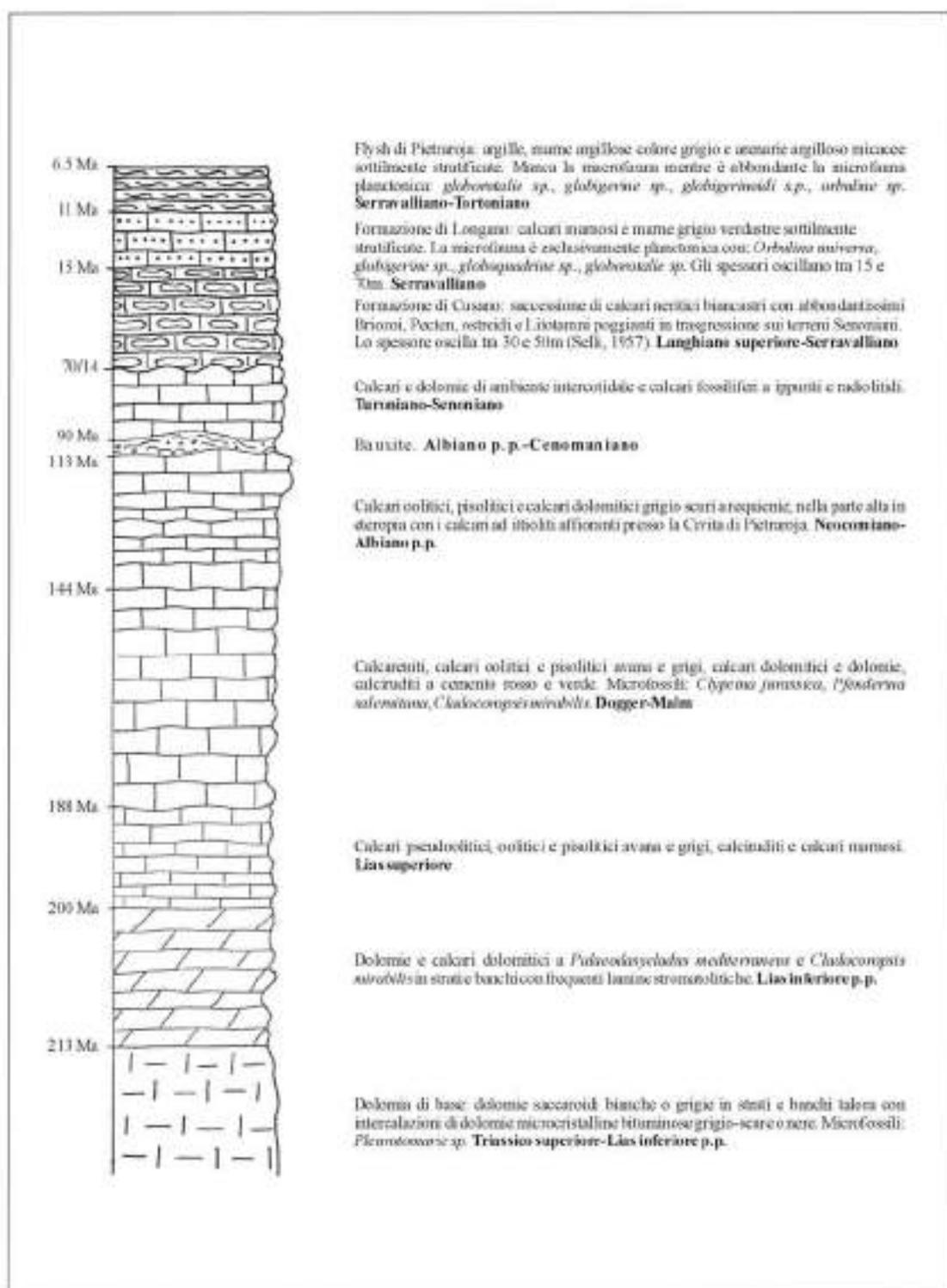


Fig. 2: colonna stratigrafica della successione dei terreni costituenti l'ossatura dei monti del Matese sud orientali. Le età, in milioni di anni, e gli spessori sono puramente indicativi (grafica degli Autori).

tatisi sulla superficie erosa dei calcari in una fase trasgressiva tra il Cretacico medio e il Cretacico superiore. In particolare, secondo Crescenti & Vighi (1970) l'area di deposizione era subpianeggiante, con piccole zone depresse, dove l'acqua, proveniente dai rilievi circostanti, depositava le frazioni argillose prodotte dalla dissoluzione dei calcari o dall'alterazione dei loro costituenti minori.

L'asporto e la deposizione di tali prodotti avveniva durante periodi di pioggia intensi, il che ha permesso accumuli successivi di minerali argillosi in queste depressioni, dove l'acqua, restando per più tempo, favoriva l'alterazione delle argille e la formazione delle bauxiti.

La presenza in tutta l'area di tutti i termini di passaggio tra un'argilla ed una bauxite indica che l'acqua depositava su tutta la superficie pianeggiante i minerali argillosi che aveva in carico. Al termine delle piogge, una velocità differente del deflusso delle acque

avrebbe fatto sì che nelle zone periferiche, dove l'acqua rimaneva meno tempo, si trovino delle argille con un contenuto variabile di ossidi di alluminio, invece nelle zone centrali, dove l'acqua permaneva più a lungo, si sia avuta la formazione di bauxite vera e propria, riscontrabile oggi in lenti sparse nell'orizzonte di trasgressione.

Bardossy et alii (1977), invece, ritengono che sebbene si sia generata una forte degradazione dei calcari di letto, il loro residuo insolubile, piuttosto basso, non fosse sufficiente da solo a contribuire alla formazione delle bauxiti. Analisi di carattere mineralogico portano gli Autori a supporre che alla loro formazione abbiano contribuito anche depositi eolici di natura piroclastica. Tale ipotesi sarebbe ulteriormente avvalorata dal rinvenimento di intercalazioni piroclastiche nei sedimenti cretacei del pozzo da ricerca "Frosolone" perforato ad Isernia. A questi materiali si aggiungevano, inoltre, le polve-



Foto 1: panoramica della superficie morfostutturale della Regia Piana ribassata tettonicamente rispetto alla retrostante dorsale di Monte Mutria (foto S. Del Prete).



Foto 2: lembo di paleosuperficie di età albiana affiorante sul pavimento della miniera M1 (foto B. Bocchino).

ri eoliche che, derivanti dall'erosione delle aree cratoniche presenti lungo il margine meridionale della Tetide, raggiungevano le piattaforme carbonatiche a quel tempo ancora coperte da una bassa lama d'acqua (Bardossy et alii, 1977; Boni & D'Argenio, 1978).

Inquadramento geologico dell'area di studio

Il gruppo montuoso del Matese costituisce un importante massiccio carbonatico che culmina a 2050 m s.l.m. nel Monte Miletto ed è delimitato ad ovest e sud-ovest dalla valle del fiume Volturno, a sud dal fiume Calore, ad est dal fiume Tammaro e a nord-est dal fiume Biferno (fig. 1). Esso è ubicato al confine campano molisano ed è costituito principalmente da terreni di età meso-cenozoica in facies di piattaforma e margine di piattaforma carbonatica facenti parte della più ampia unità stratigrafico-strutturale denominata Piattaforma Abruzzese Campana

(Ippolito et alii, 1975).

La successione litologica dei terreni di questa Unità supera i 3000 metri di spessore ed è costituita da depositi prevalentemente dolomitici che vanno dal Trias superiore al Lias inferiore e da depositi prevalentemente calcarei che vanno dal Lias medio al



Foto 3: ingresso della miniera M1. Si noti sulla sinistra il contatto stratigrafico tra il livello bruno rossastro di bauxite ed i sovrastanti calcari turoniani (foto F. Allocca).

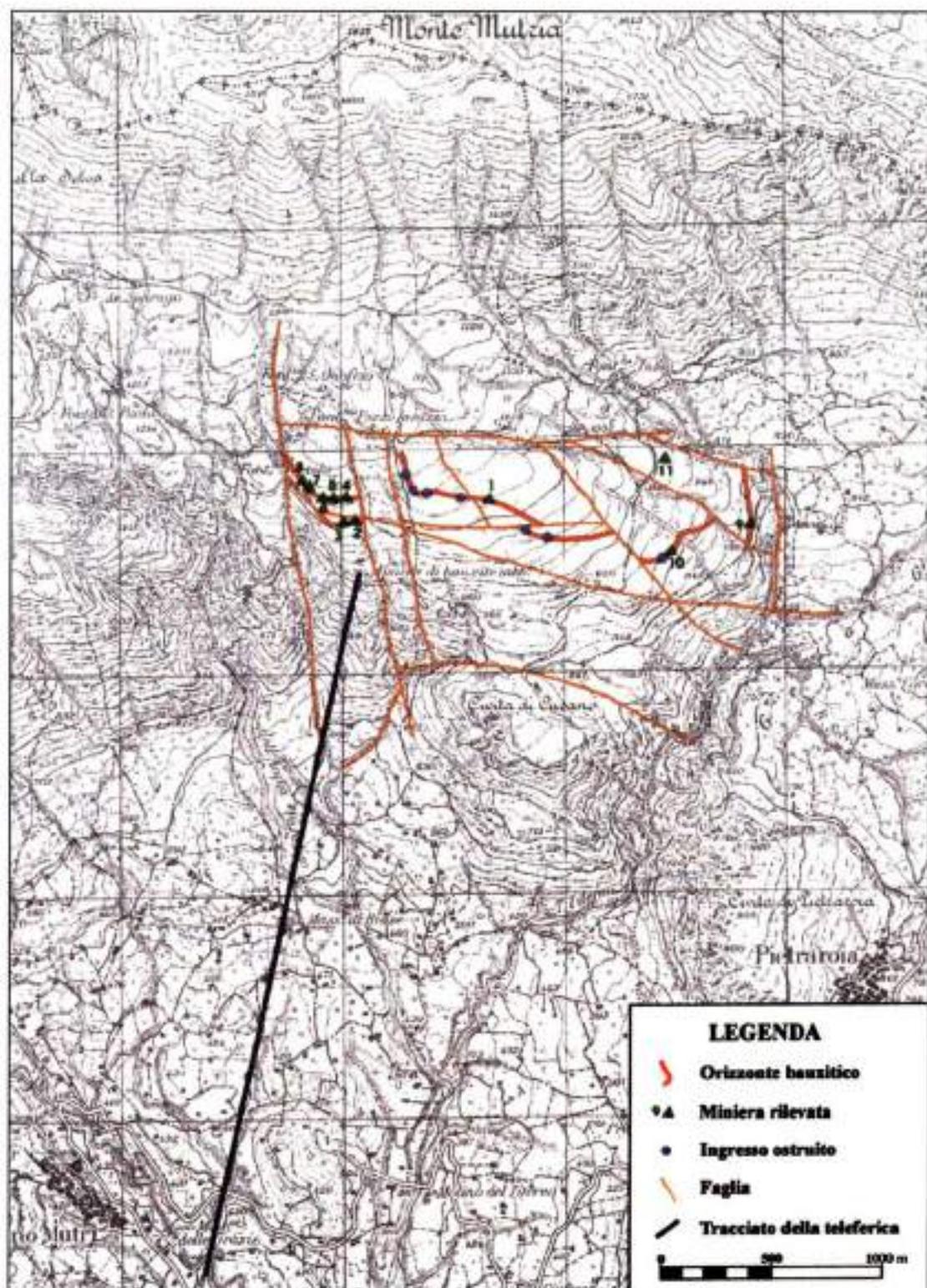


Fig. 3: ubicazione delle miniere rilevate lungo l'orizzonte bauxitico e del percorso della teleferica (grafica degli Autori).

Cretacico superiore. In trasgressione su questi ultimi poggiano depositi calcareo marnosi e successivamente terrigeni di ambiente bacinale del Miocene (Selli, 1957).

Di seguito viene descritta una stratigrafia di maggior dettaglio dei terreni di piattaforma e dei terreni bacinali trasgressivi (fig. 2) rimandando, tuttavia, alla letteratura riportata in bibliografia per un maggior approfondimento (Selli, 1957; D'Argenio, 1962, 1963; Catenacci & Manfredini, 1963; Crescenti & Vighi, 1970; Cestari et alii, 1975). I terreni più antichi sono rappresentati dalla "dolomia di base" biostratigraficamente sterile che per la sua posizione stratigrafica ed in analogia con altre regioni è riferibile al Trias Superiore - Lias inferiore. La "dolomia di base" passa gradualmente ai calcari oolitici, concrezionari, microdetritici a *Palaeodasycladus mediterraneus* riferibili al Lias superiore su cui poggiano calcari oolitici, calcari dolomitici e dolomie del Dogger-Malm. La successione prosegue con calcari e calcari dolomitici a requienie del Cretacico inferiore-Albiano. In eteropia con i terreni albiani si rinvergono i noti calcari ad ittioliti affioranti presso la Civita di Pietraraja (Catenacci & Manfredini, 1963) nei quali è comune rinvenire impronte di pesci fossili. Poggiante sui terreni appena descritti è presente un orizzonte bauxitico testimonante

una fase di continentalità nell'area. Chiude la successione carbonatica di piattaforma prima una alternanza di livelli calcarei e dolomiti, associati ad un deposito ritmico di ambiente costiero intercotidale (Turoniano), e poi una successione di calcari fossiliferi stratificati ad ippuriti e radiolitidi (Turoniano-Senoniano). In trasgressione sui depositi del Cretacico poggiano (Selli, 1957) in paraconcordanza i terreni della "Formazione di Cusano", costituiti da calcari neritici a Pecten, Ostreidi e Litotamni del Langhiano superiore-Serravalliano, i terreni della "Formazione di Longano", costituiti da calcari marnosi e marne a orbuline del Serravalliano, ed, infine, i terreni della "Formazione di Pietraraja" costituiti da argille, marne argillose e arenarie del Serravalliano-Tortoniano.

Con particolare riferimento all'area in cui sono ubicati gli ingressi dei siti minerari riportati in questa nota, essa corrisponde al ripiano strutturale della Regia Piana ribassato per faglia rispetto al Monte Mutria. La superficie strutturale della Regia Piana (foto 1) declina dolcemente in direzione SE con una pendenza media di 13° e si estende tra la base del versante meridionale del Monte Mutria (1823 m s.l.m.), a nord, e l'alto bacino del Tiverno, a sud, che lo separa dalla nota Civita di Pietraraja. Nell'area affiorano estesamente

i depositi calcarei e calcareo marnosi delle Formazioni di Cusano e Longano, in trasgressione sui calcari di piattaforma senoniani che fanno da tetto al livello bauxitico. Il livello bauxitico in oggetto, sede di attività estrattiva

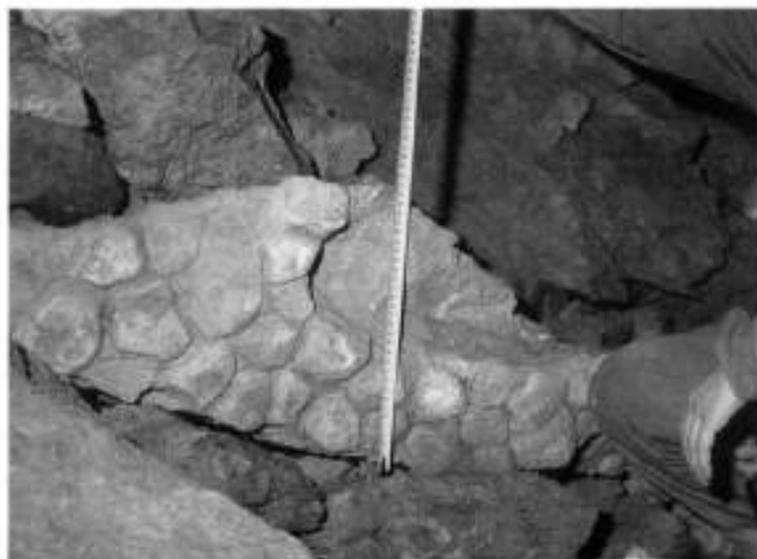


Foto 4: blocco nella miniera M3 su cui si rinvergono le impronte da disseccamento (*sun crack*) della paleosuperficie di età albiana (foto B. Bocchino).

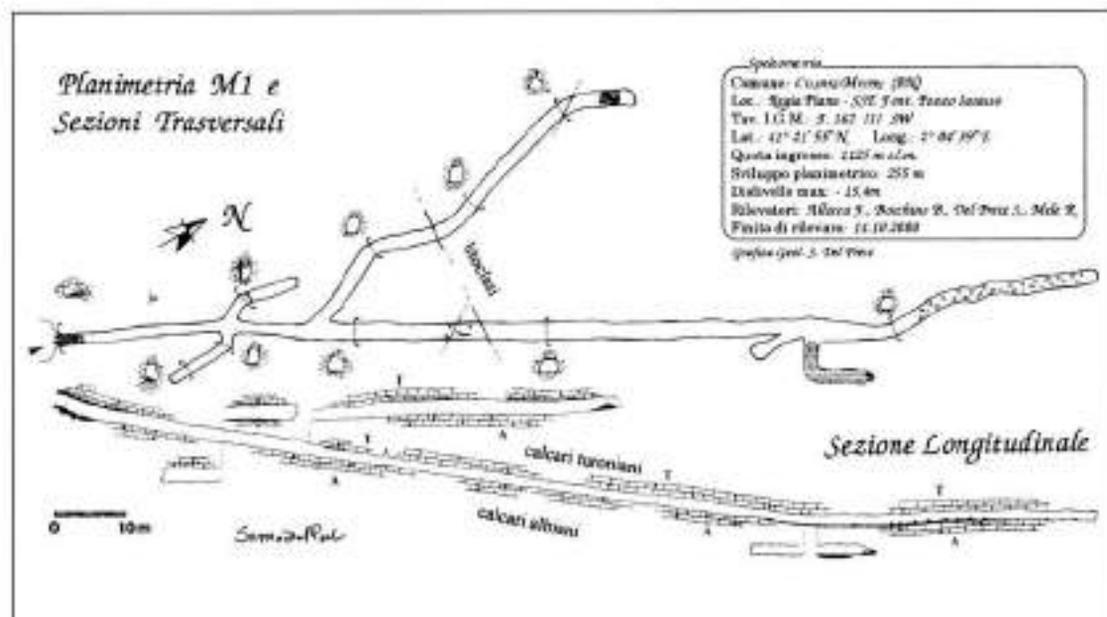


Fig. 4: planimetria e sezione longitudinale della miniera M1 (grafica S. Del Prete).

sin dal 1919-1921, rappresenta il prodotto di una fase di continentalità, avvenuta tra l'Albiano inferiore ed il Turoniano, estesa non solo nell'area dei Monti del Matese ma anche nelle adiacenti aree del Monte Maggiore e del Monte Camposauro. Tuttavia, lo spessore di questo orizzonte è molto variabile (da qualche centimetro a 3-4 metri) tanto che le manifestazioni bauxitiche oggetto di ricerca e successivamente, in parte, di estrazione sono concentrate solo in alcune zone del Monte Maggiore e del Matese. L'orizzonte bauxitico di Regia Piana sul Matese rappresenta in quest'ambito è oggetto di

una significativa attività estrattiva che, tuttavia, non ha mai assunto una rilevante importanza economica. In genere, gli orizzonti di interesse minerario (Boni & D'Argenio, 1978) non sono quasi mai continui, ma, piuttosto, distribuiti in diverse aree di affioramento a costituire corpi di forma lenticolare più o meno appiattiti, in corrispondenza di affossamenti del calcare di letto

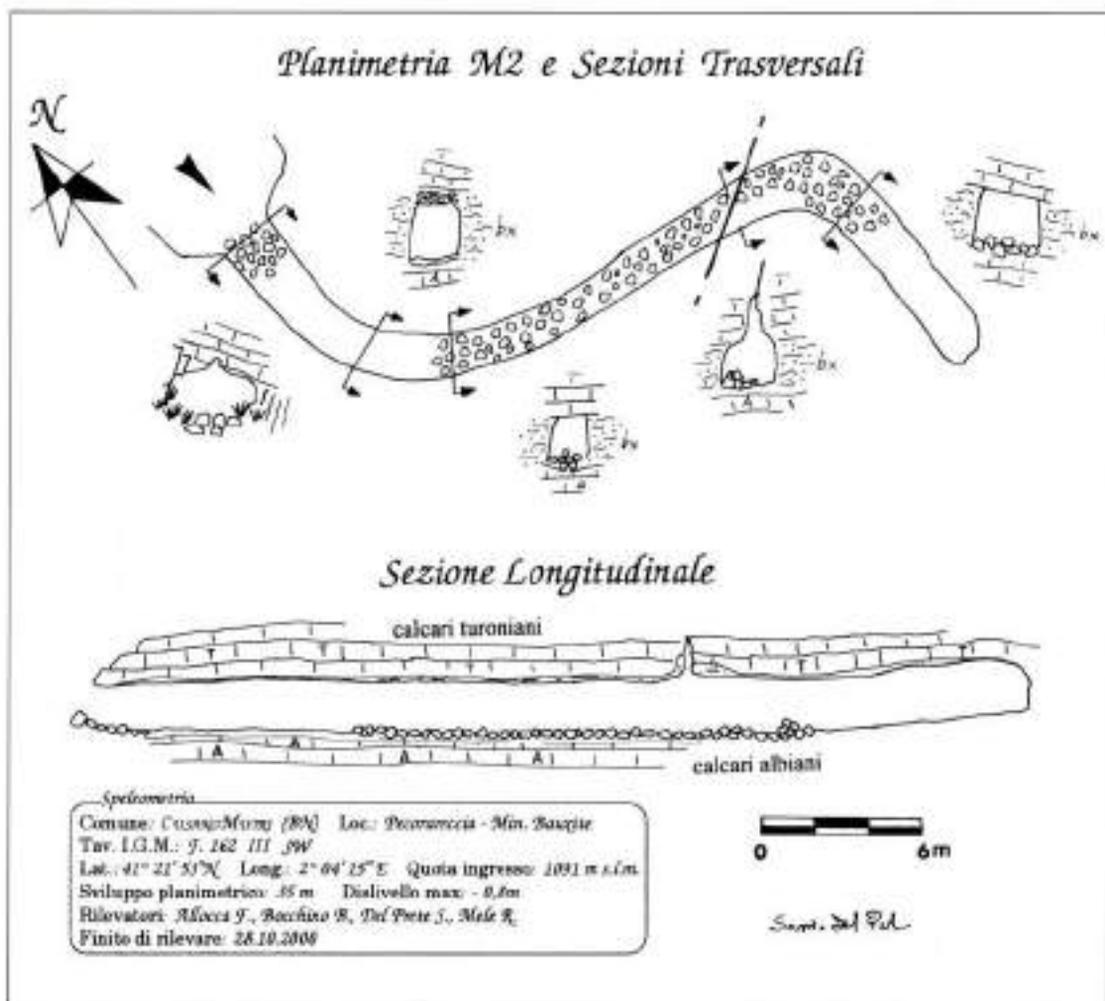


Foto 5: accesso della miniera M2 durante la fase di decespugliamento dell'ingresso (foto F. Allocca).

Foto 6 (a fianco): panoramica del tratto terminale della miniera M1, in cui si può anche osservare un isolato puntello di sostegno dell'altezza di circa 1,5 m (foto B. Bocchino).



Fig. 5 (sotto): planimetria e sezione longitudinale della miniera M2 (grafica S. Del Prete).



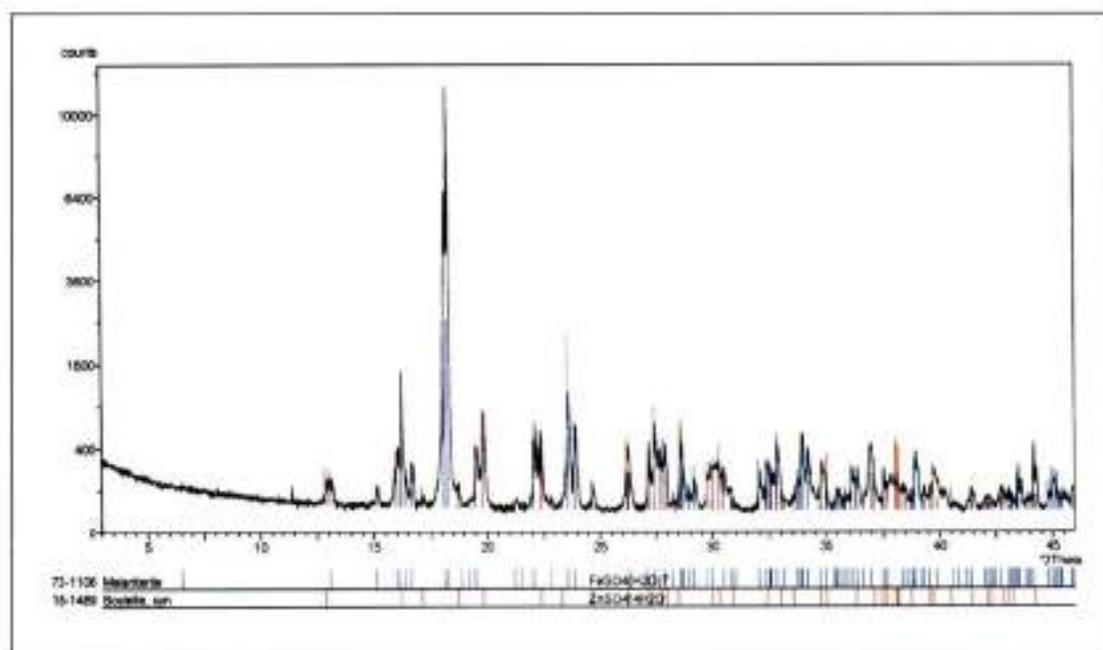


Fig. 6: spettro dell'analisi diffrattometrica ai Raggi X eseguita su un campione prelevato nella miniera M1 in cui è stata rinvenuta la presenza di melanterite e, subordinatamente, di boyelite (analisi realizzata presso il laboratorio DRX dell'Istituto di Mineralogia del dipartimento di Scienze della Terra dell'Università di Napoli "Federico II").

(paleodoline), o corpi a sviluppo verticale che riempiono paleocavità carsiche. Il letto della formazione, che localmente nelle aree di affioramento può sfumare in livelletti argillosi o essere sostituito da calcari rossastri o conglomerati calcarei, è costituito da una breccia calcarea cementata costituita da clasti calcarei immersi in matrice argillosa con contenuto variabile di idrossidi di alluminio costituenti una litologia al limite di una bauxite s.s. Laddove tale livello è assente, il passaggio tra la bauxite ed il calcare di letto è nettissimo ed è particolarmente suggestivo ed interessante camminare, in alcune miniere, sulla paleosuperficie albonomaniana e osservare il modellamento dei processi di erosione paleocarsica che l'hanno interessata prima che venisse seppellita dai successivi depositi.

Descrizione delle miniere

Nell'area di studio sono stati rilevati undici distinti ipogei (fig. 3) che hanno uno sviluppo planimetrico variabile tra la decina di

metri e gli oltre 1500. Tuttavia, seguendo l'orizzonte bauxitico in affioramento, dislocato a diverse quote da alcune faglie (fig. 3), è possibile rilevare la presenza di numerosi altri ingressi identificabili, oltre che dalla caratteristica forma del piazzale di accesso che taglia la topografia e interrompe il naturale declivio del pendio, anche dal rinvenimento di accumuli di detrito bauxitico derivante dagli scarti della coltivazione (discariche). Essi, però, risultano inaccessibili poiché franati o, probabilmente, minati a fine produzione. Tra i siti ancora accessibili riteniamo che solo alcuni, in ragione del loro sviluppo, siano stati oggetto di coltivazione, mentre altri sembrano essere saggi esplorativi effettuati per valutare la qualità del minerale prima di procedere alla coltivazione vera e propria.

Le miniere, nel complesso, sono costituite da gallerie sub-orizzontali o debolmente inclinate di 15/20°, allineate secondo la giacitura dei calcari incassanti di letto e di tetto.

È interessante rinvenire lungo le gallerie,

oltre agli affioramenti della paleosuperficie albiana (foto 2), impronte da disseccamento (*sun cracks*) a tetto delle bauxiti in corrispondenza delle testate di alcuni strati (D'Argenio 1962). Esse si presentano sotto forma di poligoni regolari ed esagonali con dimensioni dei lati di 15-20 cm e profilo piano convesso (foto 4). L'ambiente di formazione delle *sun cracks* è analogo a quello degli adiacenti calcari ad ittolioli con cui sono in eteropia; infatti, la loro genesi è associata a brevi emersioni del fondale di un ambiente lagunare che hanno provocato l'essiccamento dei depositi fangosi (D'Argenio, 1962).

Dal punto di vista faunistico, inoltre, è da segnalare che le miniere oggi rappresentano un importante luogo di nidificazione per piccoli uccelli e chiroteri, nonché rifugio per piccoli mammiferi (mustelidi, gatti selvatici e volpi), come confermato da osservazioni dirette degli autori e dal rinvenimento di numerosi resti ossei. Con particolare riguardo alla chiroterofauna si segnalano colonie anche di alcune decine di esemplari attribuite preliminarmente al genere *ferrumequinum* presenti soprattutto nelle miniere M3, M4, M5 e nella miniera di Fontana Tasso.

Infine, per quanto riguarda i fenomeni concrezionari si evidenzia, in particolare, il

rinvenimento più o meno frequente di depositi di latte di monte (*moonmilk*) in particolari zone delle miniere, laddove le pareti sono alimentate da acqua sia di scorrimento, sia di capillarità, derivante dai calcari di tetto, sia per condensazione, laddove caratterizzate da un elevato tasso di umidità e scarsa circolazione d'aria. Inoltre, si segnala anche il rinvenimento di cristallizzazioni di melanterite ($\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) e di boyleite [$(\text{Zn}, \text{Mg})\text{SO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$] rinvenute nella miniera M1.

Miniera M1

La miniera denominata M1 (foto 3) è ubicata nel settore centrale del pianoro della Regia Piana. Essa è costituita da una lunga galleria di circa 150 m orientata in direzione NE ed inclinata mediamente di $15/20^\circ$ parallelamente alla direzione di immersione dei calcari di tetto e letto (fig. 4). Lateralmente alle progressive 24 m, 36 m e 106 m dall'ingresso si dipartono cinque ramificazioni laterali in direzione rispettivamente NNW, SSE e NE delle quali solo quella alla progressiva di 36 m ha uno sviluppo apprezzabile di circa 57 m. Tutte le gallerie presentano una sezione di scavo molto regolare, di forma trapezoidale, con altezza variabile tra 1,7 e 2,3 m e larghezza compresa tra 1,4 m e 2,3 m (foto

6). Localmente, lungo il pavimento della galleria principale, affiorano lembi della paleosuperficie albiana modellata dall'erosione paleocarsica. Numerose sono anche le tracce delle fasi di coltivazione della miniera tra cui la presenza di fori di martello perforatore lungo le pareti della cavità, chiari indicatori delle modalità di avanzamento dello scavo almeno in tempi più recenti. Non mancano rari puntelli e traverse in legno a sostegno della volta, sia in po-



Foto 7: due dei sei ingressi della miniera M3 (foto F. Allocca).

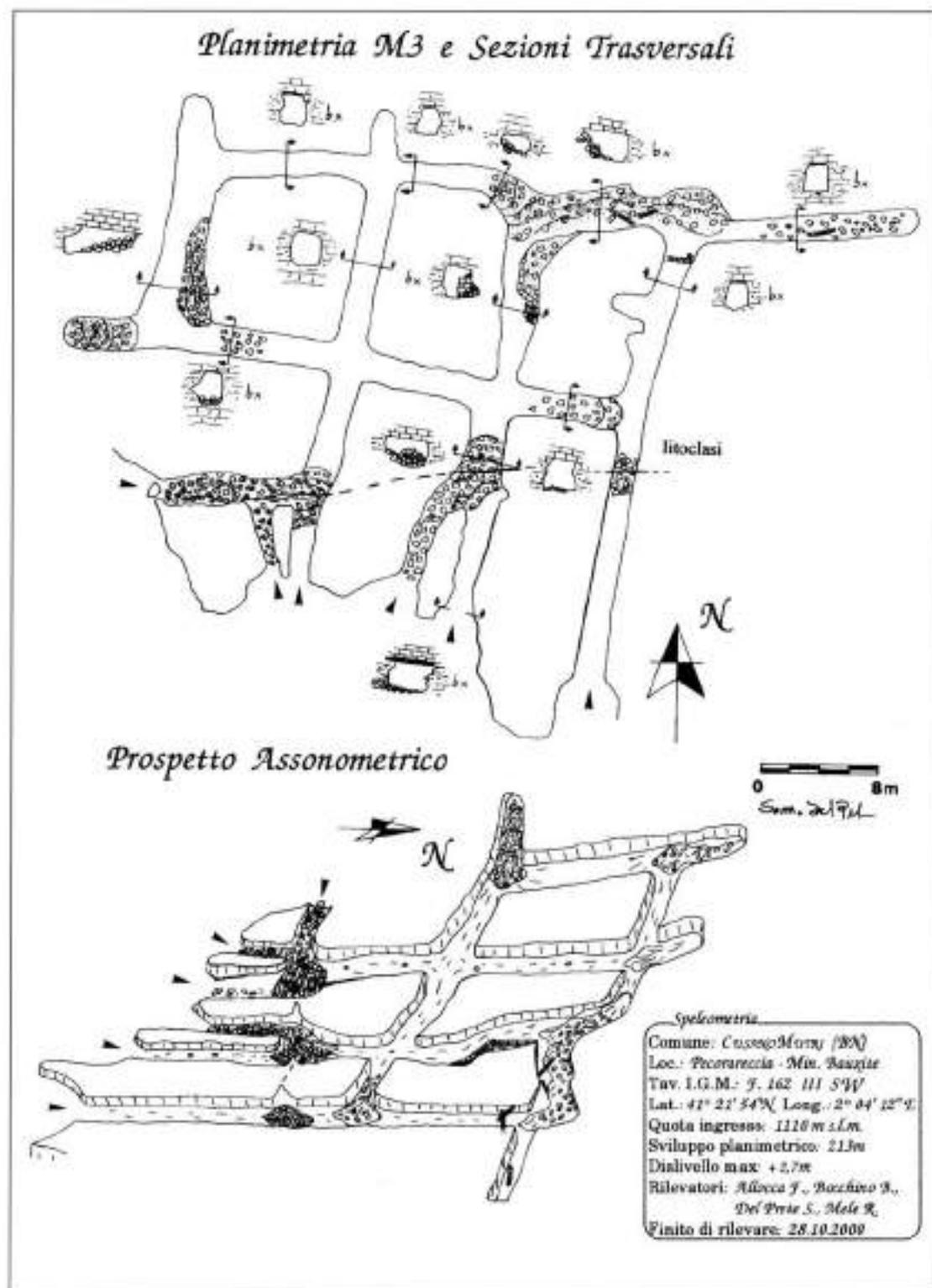


Fig. 7 (sopra): planimetria e prospetto assonometrico della miniera M3 (grafica S. Del Prete).

sto (foto 6) che divelte ed in ogni caso in avanzato stato di decomposizione, così come numerosi chiodi in ferro battuto arrugginiti dal tempo dispersi a terra. La miniera è anche intersecata da fratture orientate NW-SE e NE-SW in corrispondenza delle quali si instaura un intenso stillicidio associato alle poche acque che si accumulano nei calcari a tetto dell'orizzonte bauxitico che, fungendo da impermeabile di base, favorisce l'accumulo di una effimera falda sospesa. Queste infiltrazioni, inoltre, hanno anche prodotto la formazione di diverse pozze d'acqua concentrate soprattutto sul fondo della miniera che sicuramente hanno creato non pochi disagi alle attività estrattive, in particolar modo durante le stagioni piovose.

Localmente sono state trovate cristallizzazioni di melanterite e, subordinatamente, di Boyleite determinati mediante analisi

diffratteometrica eseguita presso il laboratorio DRX dell'Istituto di Mineralogia del dipartimento di Scienze della Terra dell'Università di Napoli "Federico II" (fig. 6).

La melanterite, il cui nome deriva dal nome greco del solfato ferroso, deriva dall'alterazione della marcasite e della pirite e si presenta traslucida, vetrosa, molto fragile e con frattura concoide (Willard et alii, 1990; Clark, 1993). Inoltre, essendo solubile in acqua, il suo ritrovamento in questi ambienti risulta molto raro. Viceversa la Boyleite è un solfato idrato di zinco e magnesio tipico prodotto di alterazione dei solfuri di zinco rinvenibile nelle miniere (Willard et alii, 1990; Clark, 1993).

La galleria M1 è l'unica ancora accessibile in tutto il settore centrale del pianoro della Regia Piana poiché tutti gli altri ingressi risultano definitivamente obliterati.

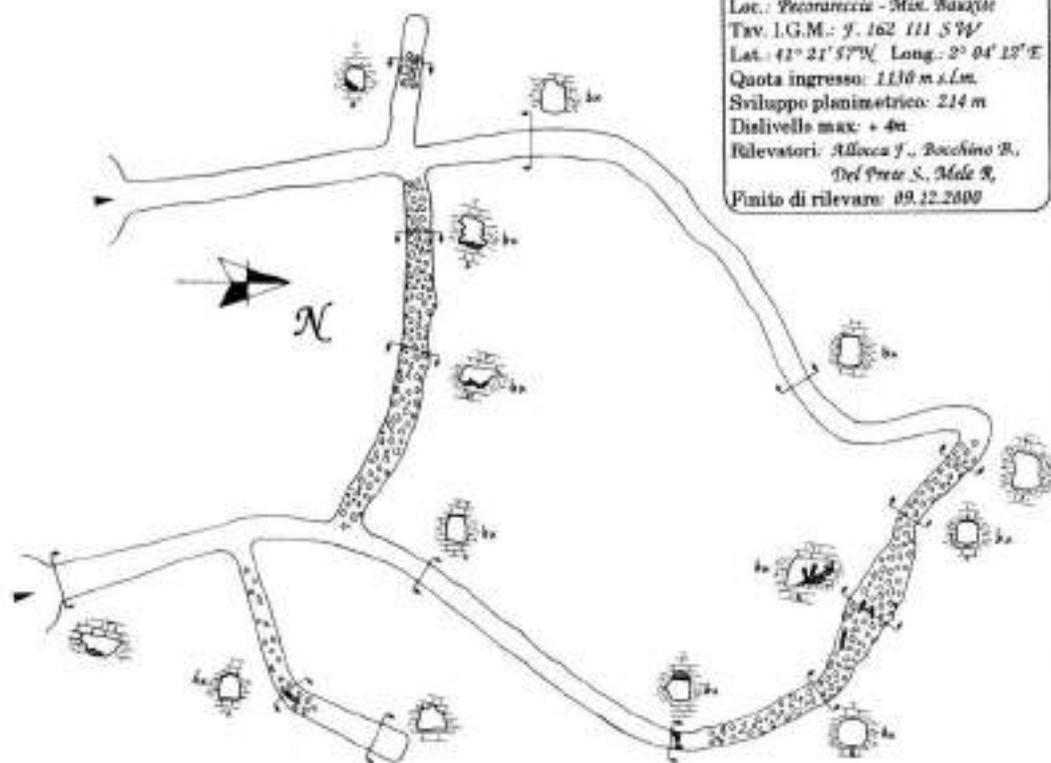


Foto 8: il diverso tenore di allumina e di ossidi ferrosi nella bauxite induce le variazioni cromatiche dal bianco, al giallastro, al bruno rossastro evidenti nella foto (foto F. Alfocca).

Planimetria M4 e Sezioni Trasversali

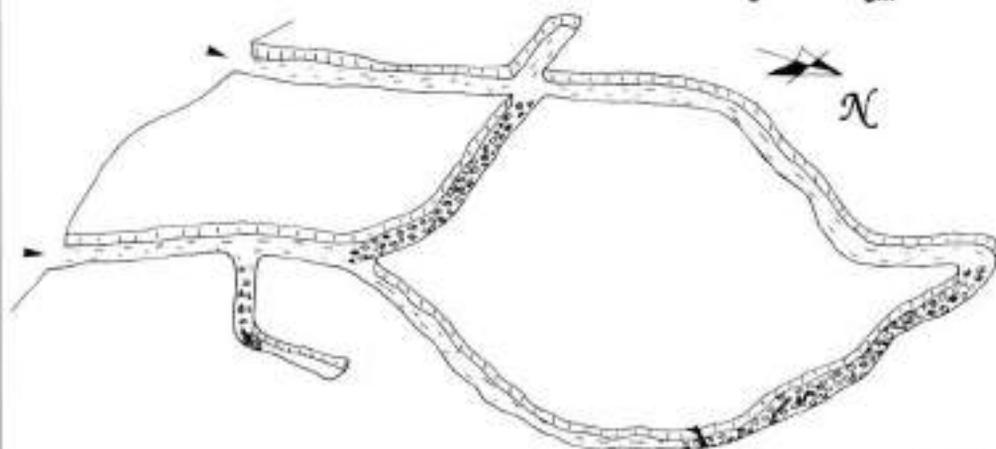
Speleometria

Comune: *Casano Mussa (BN)*
 Loc.: *Pecoraccia - Min. Roccapite*
 Tav. I.G.M.: *9. 162 111 S 94*
 Lat.: *42° 21' 57" N*, Long.: *2° 04' 15" E*
 Quota ingresso: *1110 m s.l.m.*
 Sviluppo planimetrico: *214 m*
 Dislivello max.: *+ 4m*
 Rilevatori: *Alluca F., Rocchino R.,
 Del Prete S., Mole R.*
 Finito di rilevare: *09.12.2000*



Prospetto Assonometrico

0 8m



Santo Del Prete

Fig. 8: planimetria e prospetto assonometrico della miniera M4 (grafica S. Del Prete).

Infine, sulla base delle dimensioni rilevate, è possibile ipotizzare che i volumi di roccia cavata siano dell'ordine dei 940 mc, corrispondenti ad una produzione di materiale grezzo di oltre 2.500 tonnellate.

Miniera M2

La galleria denominata M2 (foto 5) è una delle sette miniere (da M2 a M8) ubicate nella loc. "Miniera di bauxite abbandonata" (toponimo IGM), costituenti il giacimento della Pecorareccia affiorante nel settore ovest del pianoro di Regia Piana (fig. 3).

La cavità, che si apre ad una quota di 1091 m s.l.m., ha uno sviluppo di soli 35m ed è praticamente orizzontale. La sua planimetria sinuosa è simile ad una "S" con assi orientati in direzione N-S ed E-W (fig. 5). La sezione di scavo ha una forma trapezoidale con

larghezza media di 1,5 m ed un'altezza di 2 m. Il piano di calpestio è parzialmente coperto da numerosi blocchi per la maggior parte franati dalla sovrastante volta. Lungo quest'ultima, ed a luoghi lungo le pareti, affiora una breccia calcarea cementata i cui elementi sono immersi in matrice argillosa di colore dal giallastro al rossastro. Tale osservazione geolitologica, associata al modesto sviluppo della galleria, fa ritenere che la cavità in oggetto rappresenti un saggio esplorativo da cui il minerale recuperato era di scarsa qualità sia per l'esiguo spessore e la discontinuità dell'orizzonte bauxitico sia perché "inquinato" dai sovrastanti depositi, tanto da rendere economicamente non remunerativa, oltre che inutile, la prosecuzione della coltivazione.



Foto 9: Ingresso del cunicolo M10. Si notino le anguste dimensioni dovute all'accumulo di blocchi franati (foto B. Bocchino).

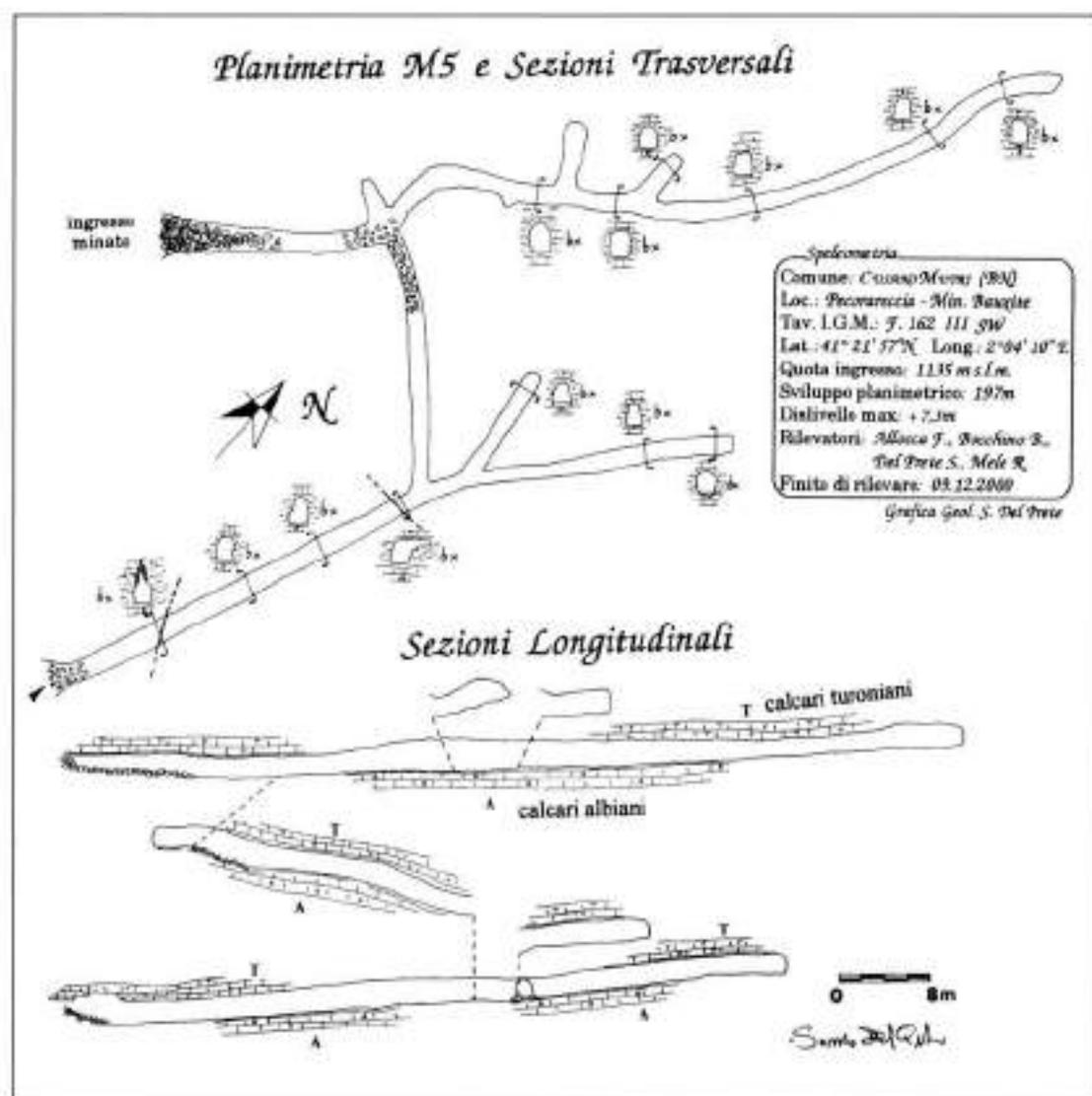


Fig. 9: planimetria e sezione longitudinale della miniera M5 (grafica S. Del Prete).

Miniera M3

Il sistema di gallerie denominato M3 è il più articolato fra tutti quelli rinvenuti e presenta uno sviluppo planimetrico (213 m) tra i più estesi di quelli rilevati nell'area della Pecorareccia. La pianta della miniera è caratterizzata da un reticolo a maglie quadrate derivante dall'intersezione di gallerie con direttrice NNE-SSW e gallerie con direttrice ESE-WNW (fig. 7). Tutto il sistema ipogeo segue l'orientazione spaziale degli strati incassanti l'orizzonte bauxitico ed, in parti-

colare, le gallerie con direttrice NNE-SSW sono sub-orizzontali ed orientate secondo la direzione degli strati calcarei di letto e tetto (*strike* N 300°); viceversa, quelle con direttrice ESE-WNW sono orientate secondo l'immersione degli stessi (*dip direction* N 30°) ed inclinate mediamente di 12-17°.

La cavità presenta sei distinti ingressi (foto 7), tutti sufficientemente ampi ed accessibili, tranne quello più occidentale, esposto ad ovest, che risulta quasi del tutto ostruito da numerosi massi da crollo. L'ipogeo nella sua

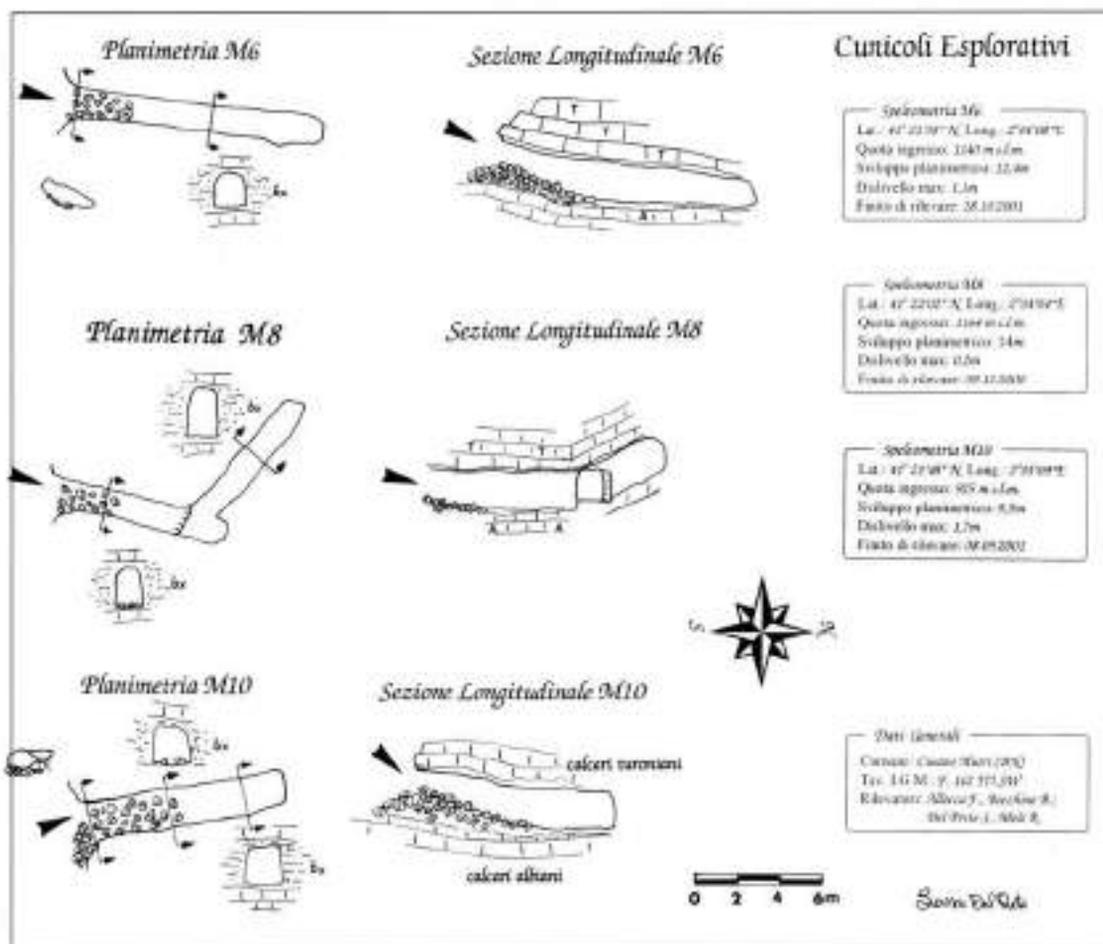


Fig. 10: planimetrie e sezioni longitudinali dei cunicoli esplorativi M6, M9 e M10 (grafica S. Del Prete).

porzione iniziale è attraversato da una discontinuità meccanica orientata ENE-WSW che mina la stabilità di questo tratto di galleria, come conferma il rinvenimento sul piano di calpestio di uno spesso accumulo di materiale detritico da frana.

Le sezioni trasversali presentano una forma molto irregolare, in parte derivata anche da fenomeni erosivi e di dissesto che nel tempo hanno modellato le gallerie. A tal proposito si rinvennero in diversi punti delle nette superfici di scollamento degli strati di roccia a tetto con produzione di abbondante materiale detritico da crollo. Particolarmente instabile appare la situazione del tratto nord-orientale del sistema ipogeo, in precarie condizioni di equilibrio statico ed interessato da



Foto 10: un esemplare di circa 6 cm di lunghezza della numerosa colonia di lumache, presumibilmente del genere *Arion* (foto B. Bocchino).



Foto 11: panoramica del ramo terminale della miniera M9 (foto B. Bocchino).

numerosi fenomeni di distacco che hanno divelto i puntelli e le traverse di legno disposti a sostegno della galleria (cfr. foto 24 a pag. 40). Il motivo di questo grave stato di fratturazione della roccia deriva dall'inter-

sezione del sistema di gallerie con una faglia normale orientata circa ESE-WNW (e quindi parallelamente a questo ramo di cavità) in corrispondenza della quale la dislocazione tettonica ha creato una estesa fascia cataclastica. Lungo questo piano tettonico si è verificato anche lo smembramento dell'orizzonte bauxitico il cui letto è dislocato 20 m più in alto affiorando in corrispondenza delle miniere M4 ed M5. È interessante, inoltre, osservare il tentativo di continuare a sfruttare l'orizzonte, seppure senza esito positivo, costeggiando parallelamente la faglia, come

dimostra l'appendice a fondo cieco che si dirige verso ESE per circa 15 m.

In tutta questa zona dissestata sono stati rinvenuti anche diverse ossa di mammiferi di piccola taglia, resti di una predazione o di

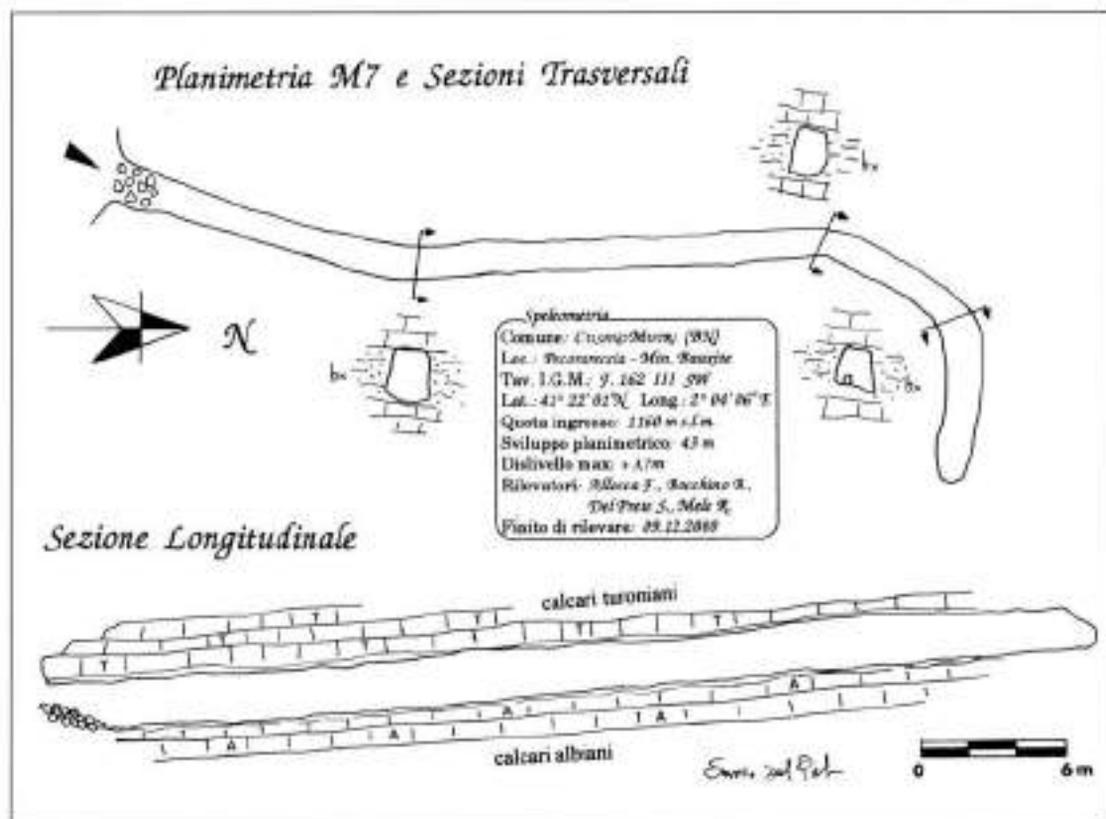


Fig. 11: planimetria e sezione longitudinale della miniera M7 (grafica S. Del Prete).

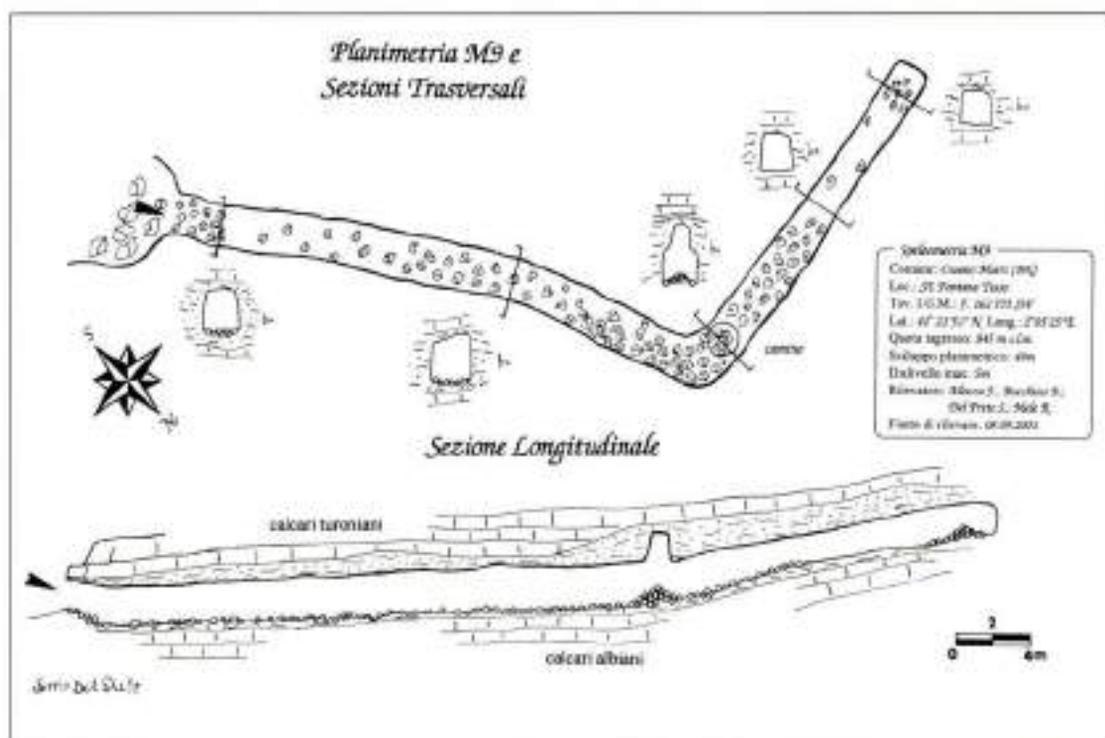


Fig. 12: planimetria e sezione longitudinale della miniera M9 (grafica S. Del Prete).

morte naturale non ancora determinati e comunque testimoni del fatto che le miniere oggi costituiscono un ideale rifugio per piccoli mammiferi come chirotteri del genere *ferrumequinum*, dei quali è stata rinvenuta una colonia di una decina di esemplari, mustelidi e volpi.

Considerando le dimensioni della miniera desunte dai rilievi effettuati, è stato ipotizzato un volume di oltre 700 mc di roccia estratta.

Miniera M4

La miniera M4 è ubicata immediatamente a nord del precedente sito M3, ad una quota di 20 m più in alto per la presenza di una faglia orientata ESE-WNW che ha dislocato l'orizzonte bauxitico su più livelli. La miniera M4, ubicata ad una quota di 1130 m s.l.m., sebbene abbia uno sviluppo di 214



Foto 12: miniera di Fontana Tasso. Tratto di galleria del ramo alto, nei pressi dell'ingresso ostruito, scavato nei calcari, con tipica sezione trapezoidale. Sul tetto, corrispondente ad una superficie di strato, si possono notare anche alcune scritte (foto B. Bocchino).



Foto 13: ingresso della miniera di Fontana Tasso (foto S. Del Prete).

m presenta un andamento meno articolato della miniera M3 (fig. 8). Essa ha due distinti ingressi molto agevoli al passaggio, le cui gallerie di accesso si congiungono ad una galleria ad anello. Anche in questo ipogeo le sezioni trasversali mostrano una tipica forma trapezoidale con altezza media di 1,8 m e larghezza di 1,6 m.

Le gallerie sono orientate prevalentemente in direzione NNW-SSE, NE-SW, NW-SE e subordinatamente E-W.

A tetto della bauxite affiora in modo evidente un livello di breccia calcarea immersa in matrice argillosa giallastra che a luoghi riempie anche alcune discontinuità meccaniche presenti. Raramente sul pavimento è affio-

Planimetria Mineraria di Fontana Tasso e Sezioni Trasversali

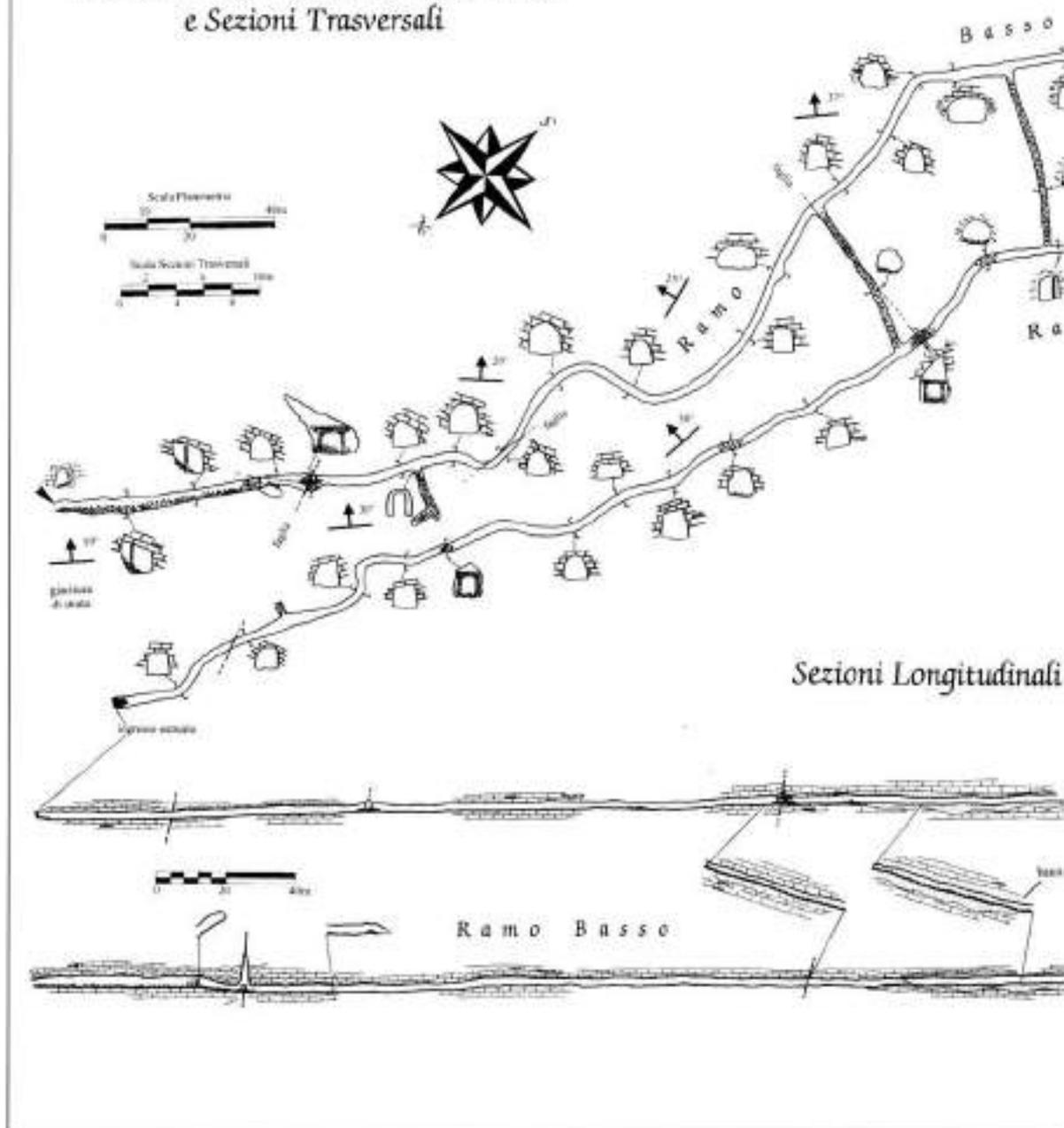
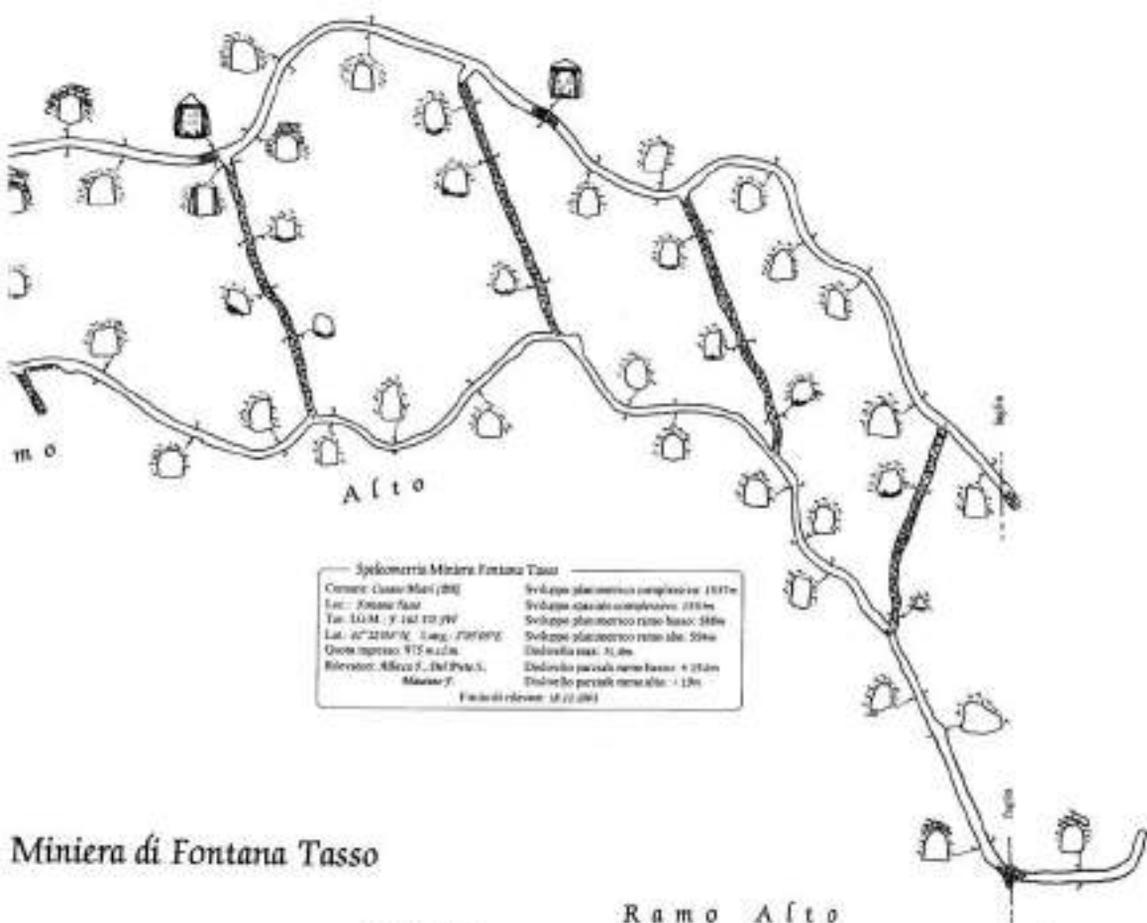
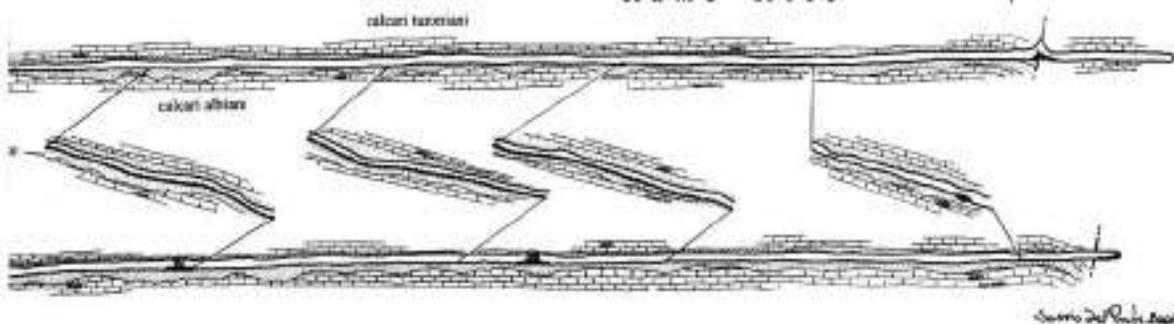


Fig. 13 : planimetria e sezione longitudinale della miniera di Fontana Tasso (grafica S. Del Prete).



Miniera di Fontana Tasso



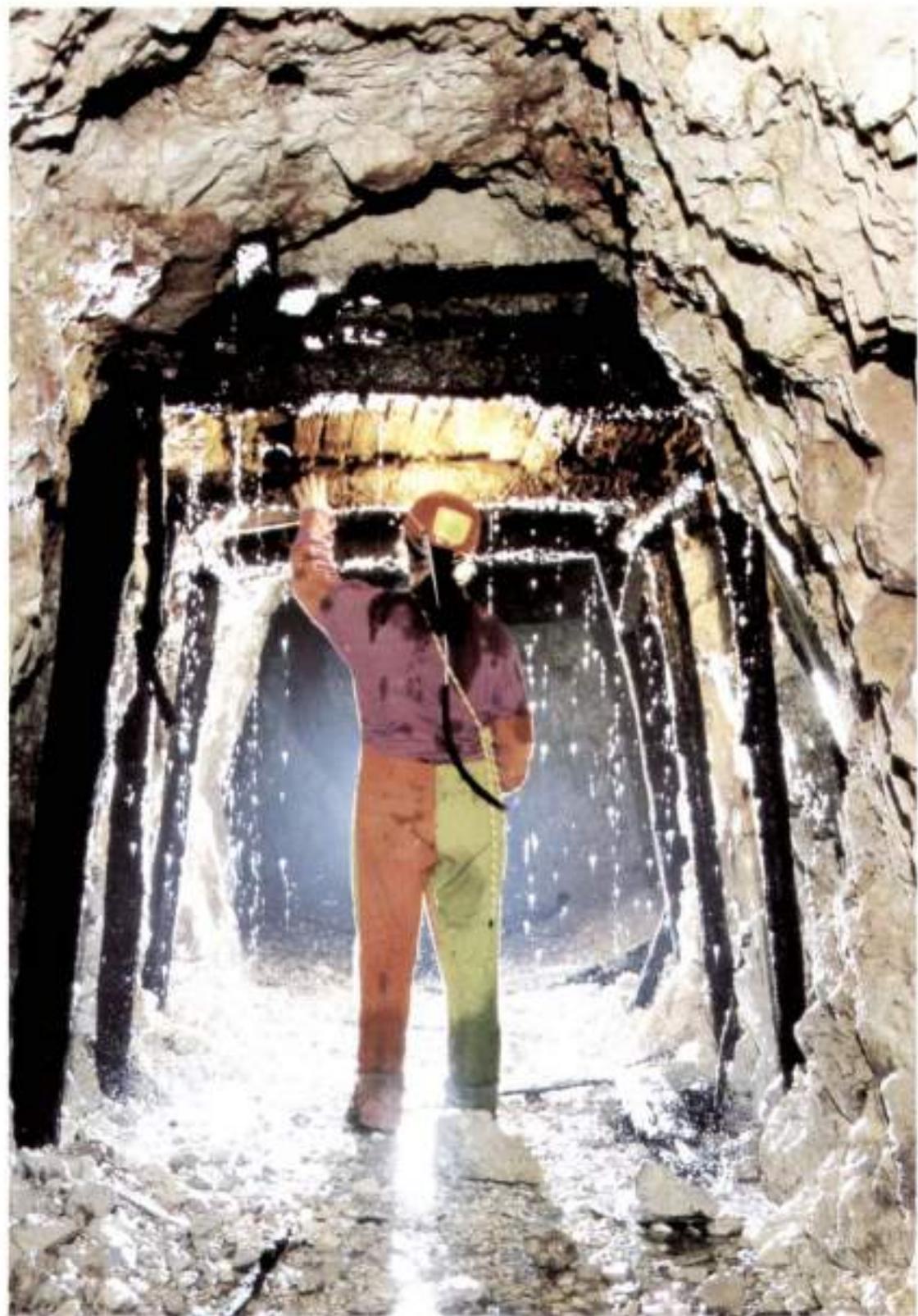




Foto 15: miniera di Fontana di Tasso - intersezione tra il "ramo alto" ed un ramo trasversale. Si noti la netta differenza di pendenza delle due gallerie (foto B. Bocchino).

rante la paleosuperficie albiana a letto dell'orizzonte bauxitico, che risulta generalmente coperta da terreni colluviali o da detrito di frana presente soprattutto sul fondo della miniera, in corrispondenza di una fascia cataclastica orientata NNW-SSE. Quest'ultima è associata ad una faglia normale che ha ribassato l'orizzonte bauxitico a tetto costringendo, probabilmente, i minatori a deviare la galleria verso l'uscita.

Anche in questo caso dalle dimensioni delle gallerie rilevate è stato stimato un volume di roccia coltivata di circa 560 mc.

Miniera M5

Proseguendo lungo l'orizzonte in cui si dirama la miniera M4, a 1135 m di quota si rinvia l'accesso alla miniera denominata M5

che presenta uno sviluppo di oltre 190 m. L'ipogeo ha un unico ingresso ancora accessibile, mentre un secondo è totalmente ostruito da blocchi calcarei. Essa è costituita da due rami principali orientati circa NE-SW sub-paralleli tra loro (fig. 9). La galleria più settentrionale è sfalsata di circa sei metri più in alto rispetto a quella meridionale da cui si accede, ed è collegata a quest'ultima per mezzo di un'altra ramificazione, orientata NW-SE, di circa 24 m di sviluppo e con inclinazione variabile da 5° a 15°.

Le sezioni trasversali sono tipicamente trapezoidali o a volta ed hanno larghezza media di 1,6 m e altezza di 2 m circa. Nel complesso tutta la miniera si presenta in buono stato di conservazione ed il piano di calpestio non è quasi mai coperto da detrito

Foto 14: (pag. a fianco) miniera di Fontana di Tasso - puntelli e travi di sostegno della volta in corrispondenza dell'intersezione della galleria con una frattura drenante (foto B. Bocchino).



Foto 16: miniera di Fontana di Tasso - rotaia ancora in sede in un tratto del ramo alto (foto B. Bocchino).

di frana tranne nel caso dell'ingresso ostruito e del punto d'intersezione tra il ramo più settentrionale ed il cunicolo di collegamento a quello meridionale. Non mancano, tuttavia, importanti discontinuità meccaniche che la intersecano in più punti mettendo chiaramente in affioramento la breccia conglomeratica di tetto che fa da passaggio ai sovrastanti calcari turoniani. Diverse appendici si rilevano nella seconda metà della miniera ad indicare, probabilmente, i diversi tentativi di ricerca di livelli di roccia contenente mineralizzazioni più pure o a costituire aree di ripiena o di deposito per attrezzi.

Anche in questo ipogeo sono presenti numerosi reperti ossei di piccoli mammiferi (probabilmente chiroterri, mustelidi, etc.), ma soprattutto essa è diventata un importante rifugio per una numerosa colonia di chiroterri del genere *ferrumequinum* della quale, al momento del rilievo (dicembre 2000), sono stati censiti oltre una ventina di esemplari

per la gran parte in letargo.

Cunicoli esplorativi M6, M8 e M10

Diversi sono i saggi esplorativi di pochi metri di sviluppo eseguiti dalle società che si sono succedute per lo sfruttamento del minerale. Difatti, il minerale in questi siti si presenta poco pregiato perché "inquinato" dalle breccie calcaree di tetto o da livelli argillosi giallo rossastri e azzurrognoli. Per lo più questi cunicoli, come quelli esplorati (fig. 10), sono ubicati in corrispondenza di punti ove l'orizzonte bauxitico tende ad assottigliarsi diventando più suscettibile ad essere inquinato dalle circostanti rocce meno pregiate. Gli ingressi, generalmente, sono di ridotte dimensioni (foto 9) e mascherati, talora, da fitti roveti o da accumuli di massi da crollo.

Galleria M7

La galleria denominata M7 presenta una



Foto 17: miniera di Fontana di Tasso - tratto di particolare concentrazione di fori di mina lungo le pareti in calcare della galleria (foto B. Bocchino).

caratteristica planimetria ad uncino con uno sviluppo di oltre 40 m e una sezione trasversale morfometricamente simile a quelle descritte per gli altri siti (fig. 11).

Il corpo principale dell'ipogeo, che si apre a 1160 m di quota, è orientato mediamente N-S; mentre il tratto terminale devia progressivamente in direzione E-W. Nel complesso presenta un buono stato di conservazione tanto che il piano di calpestio è del tutto libero da depositi di crollo.

Galleria M9

La galleria M9 è ubicata nel settore orientale del pianoro della Regia Piana, in destra orografica del Fosso Acqua Calda (fig. 3). Essa si trova ad una quota di 845 m s.l.m. e presenta uno sviluppo planimetrico di poco meno di 50 m. L'ingresso dell'ipogeo è piut-

tosto angusto essendo non più largo di un metro ed alto al massimo 80 cm, oltre che difficilmente visibile perché nascosto da numerosi massi franati e rovi. La planimetria, molto semplice, è costituita da un primo tratto di circa 30 m orientato in direzione nord-ovest e da un secondo tratto di circa 20 m orientato in direzione ovest (fig. 12). Caratteristica è la presenza, in corrispondenza del cambio di direzione, di un cedimento della volta a forma di marmitta cilindrica con diametro di 1,5 m per altrettanto di altezza.

La cavità presenta delle sezioni trasversali nel complesso molto regolari con altezza media di 1,8 m e larghezza di 1,7 m e si trova in buono stato di conservazione (foto 11). Singolare è stato il rinvenimento al momento dell'esplorazione (settembre 2001) di numerose lumache, presumibilmente attribui-

bili al gen. *Arion*, lunghe fino a 8 cm (foto 10) nonché di una coppia di chiroteri di insolite dimensioni.

Miniera Fontana Tasso

La miniera di Fontana Tasso (fig. 13) è la più estesa tra tutte quelle rilevate e descritte in questo studio. Essa è ubicata nel settore orientale della Regia Piana, a SW di Fontana Tasso, ed ha uno sviluppo planimetrico complessivo di 1537 m. È costituita da due gallerie principali orientate mediamente NE-SW, pressappoco parallele, e sfalsate di un dislivello variabile da 12 a 17 m collegate da 6 rami trasversali orientati NW-SE che si aprono, rispetto alla galleria inferiore, sul suo lato destro all'altezza delle progressive 225 metri, 286 m, 347 m, 415 m, 470 m e 560 m. Tali rami hanno sviluppi spaziali compresi

tra 42 e 65 m e sono inclinati mediamente di 15°. La galleria inferiore ha uno sviluppo planimetrico di 588 m, mentre quella superiore si sviluppa per 594 m.

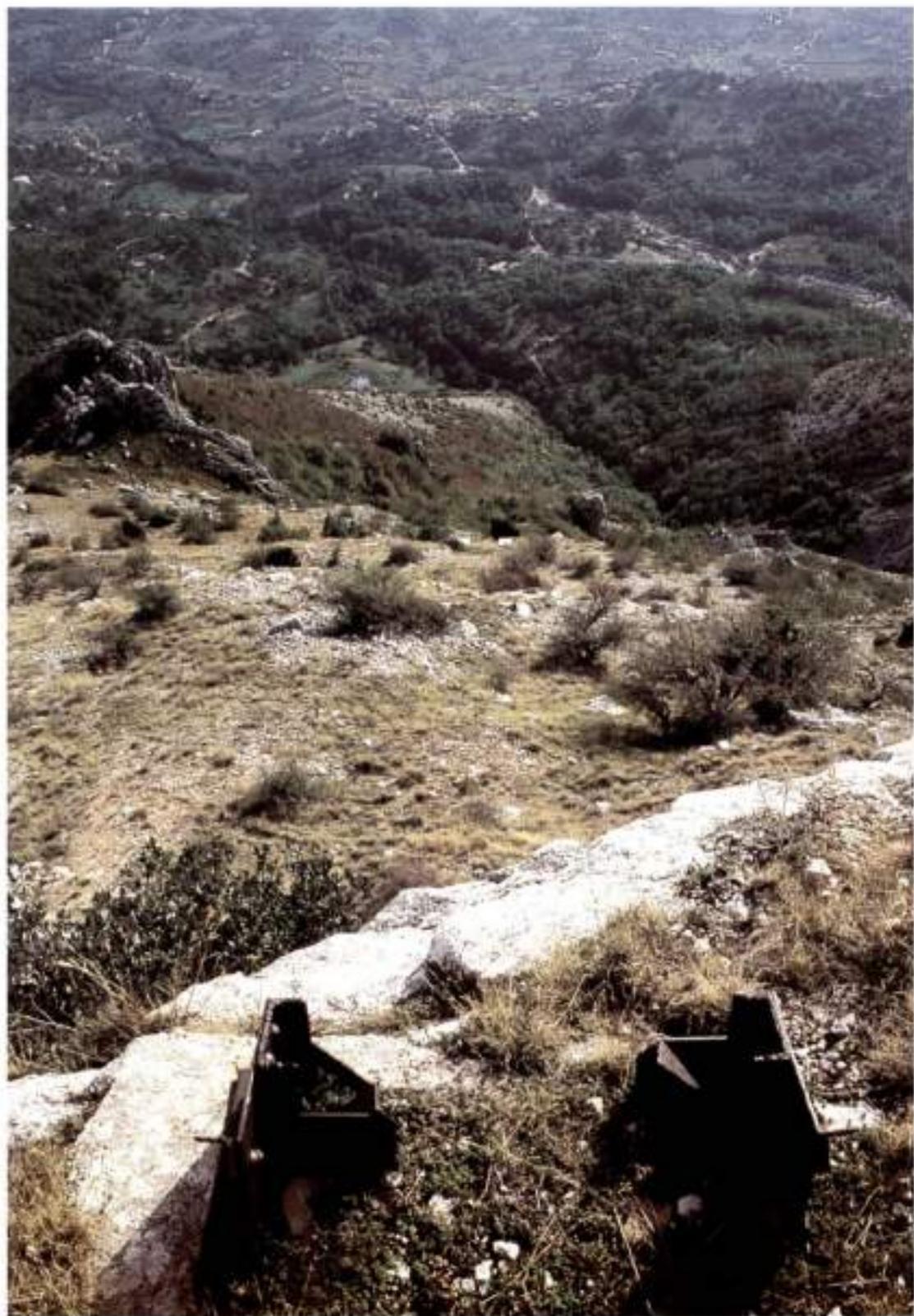
L'attuale ingresso alla miniera (foto 13) si apre in corrispondenza della galleria inferiore, ad una quota di circa 975 m s.l.m., ed è separato dal piazzale antistante da un muretto costruito con pezzame litoide e cemento con funzione di canaletta di convogliamento di eventuali acque che fuoriescano dalla miniera nell'adiacente vallone; viceversa, l'ingresso attraverso la galleria superiore è ostruito da un cumulo di frana.

Le sezioni di scavo delle due gallerie principali sono nel complesso regolari con altezze medie di 2 m e larghezza variabile tra 1,4 m e 3 m. In genere, si rilevano sezioni trapezoidali, soprattutto dove le gallerie ri-



Foto 18: fori di martello perforatore rinvenuti nella miniera M1 (foto B Bocchino).

Foto 19 (pagina a fianco): panoramica della traiettoria che percorreva la teleferica dal pianoro della Regia Piana-Pecorareccia verso la rotabile di Cusano Mutri. Lungo il percorso sono ancora presenti i resti di alcuni piloni della struttura (foto F. Allocca).



sultano interamente scavate nella formazione calcarea di base e la volta segue, quindi, il piano di strato (foto 12); viceversa, dove le gallerie procedono nel livello bauxitico le loro sezioni mostrano la tipica forma a volta (fig. 13; foto 25).

Per ciò che concerne i cunicoli laterali di raccordo, essi presentano sezioni a volta meno regolari con altezze variabili tra 1,5 m e 2 m e larghezze di 1,2-1,6 m. Situazioni particolari si rinvengono in corrispondenza dell'intersezione con litoclasti e faglie, dove si generano vistosi fenomeni di crollo che hanno creato sezioni trasversali di forma irregolare e con altezze anche di 13 m.

Procedendo nella galleria inferiore si può rilevare un primo tratto, della lunghezza di circa 286 m, scavato interamente nei calcari del Cretaceo che si presentano in strati bianchi immergenti mediamente verso SE di 20-30°. Proseguendo oltre, si intercetta il passaggio stratigrafico di tipo concordante e discontinuo con troncatura erosiva (*disconformity*), tra la formazione calcarea e l'orizzonte bauxitico che, a luoghi, è costituito da sacche e lenti di colore variabile dal rosso al giallo al bianco, a testimoniare le differenti concentrazioni di ossidi di alluminio e ferro nel deposito. Gli stessi contatti stratigrafici sono chiaramente osservabili

anche nella galleria superiore.

Le due gallerie della miniera di Fontana Tasso risultano interessate da sistemi di faglie e discontinuità orientati NE-SW e NW-SE; molte di queste intersecano la miniera in corrispondenza della vol-

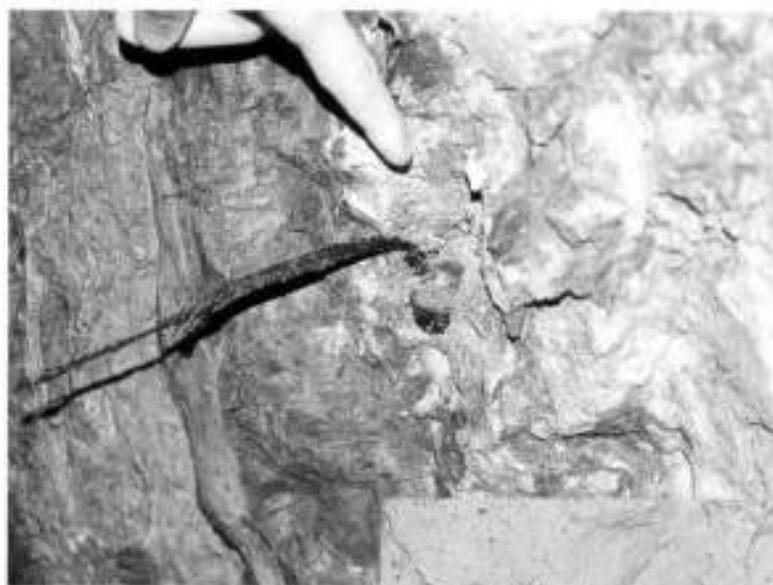
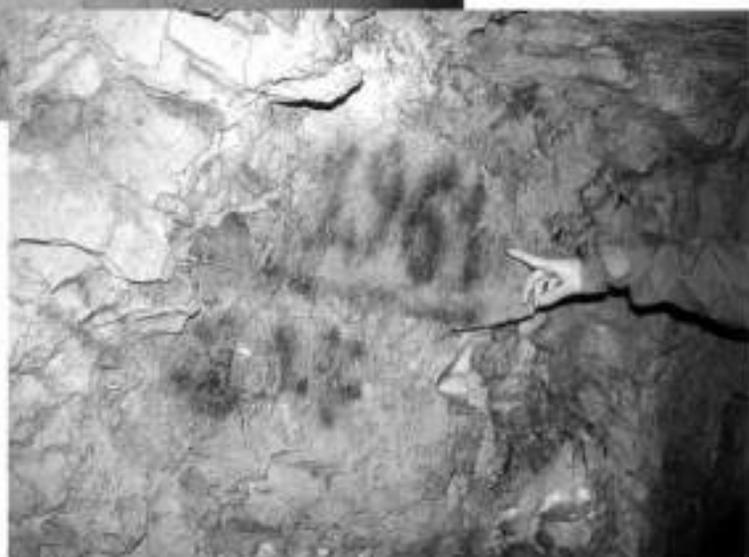


Foto 20a (sopra), 20b (a fianco): candelotto di esplosivo ancora in sede e con la miccia ben evidente (a). Le indicazioni riportate sull'etichetta del candelotto consentono di risalire allo stabilimento di produzione (b) (foto B Bocchino).



Foto 21a (a fianco), 21b (sotto): esempi di disegni (a) e scritte rupestri (b) rinvenute nella miniera. In particolare, la data della foto b è stata interpretata come quella della possibile chiusura definitiva della miniera (foto B. Bocchino).



ta generando, così, zone di debolezza dell'ammasso roccioso ove si sono prodotti anche crolli, come testimoniano i cumuli di frana presenti lungo il piano di calpestio di entrambe le gallerie. Da ciò devono essere derivate non poche difficoltà durante le attività di scavo, tanto da risultare necessaria la posa in opera, in corrispondenza di tali zone ad equilibrio precario, di puntelli e opere di sostegno della volta e delle pareti laterali realizzati in legno e lamiera, come ancora osservabile in numerosi punti (foto 14). Inoltre, poiché tali discontinuità rappresentano anche delle linee di drenaggio preferenziale per le acque di circolazione sotterranea, in tali punti si sono instaurate cospicue venute d'acqua che, alimentate dalla sovrastante falda sospesa, contribuiscono ad allagare alcuni tratti di galleria. In particolare, l'azione concrezionante di tali acque carsiche ha contribuito a creare sia depositi di *moonmilk* che colate di calcite con inclusioni ferro

magnesiache brunastre e, raramente, in alcuni punti del ramo alto, addirittura dei *microgours* di pochi millimetri di altezza laddove si riesce ad instaurare un deflusso laminare sul pavimento della miniera. Sia nella galleria inferiore che in quella superiore sono state rinvenute due "celle" separate dalle gallerie principali da una paretina in calcestruzzo in cui erano incardinate una porta di legno i cui resti marcescenti ora giacciono sul pavimento. Le camere a fondo cieco, all'interno delle quali si rilevano cumuli di materiali di scarto, probabilmente avevano la funzione di deposito degli attrezzi e successivamente anche di ripiena. Relativamente ai sei rami trasversali

che collegano fra loro le due gallerie principali, essi sono scavati nella direzione di immersione (SE) dell'orizzonte bauxitico e si sviluppano interamente in esso ad eccezione del primo (foto 15). Essi presentano uno sviluppo spaziale complessivo di circa 328 m ed in alcuni casi si raccordano con la galleria principale inferiore attraverso un dislivello di circa 1m in corrispondenza del quale si rinvennero anche delle opere di contenimento realizzate con traverse di legno.

Nella miniera, sebbene ormai depredata da cacciatori di souvenir, sono numerose le tracce, presenti soprattutto nella galleria superiore, che testimoniano le attività di scavo. Esse sono rappresentate, oltre che dalle opere di sostegno in legno prima descritte, anche da molti resti di rotaie in metallo su cui procedevano i carrelli trasportatori (foto 16), traversine, chiodi in ferro battuto, bulloni ed anche un piccolo martinetto idraulico. Sulle pareti laterali delle gallerie principali, inoltre, si rinvennero anche i segni degli urti degli stessi carrelli trasportatori.

Altre tracce molto interessanti sono quelle che testimoniano le modalità di avanzamento dello scavo rappresentate, oltre che dai fori in cui veniva alloggiato l'esplosivo per realizzare le volate sul fronte di scavo (foto 17), anche da due candelotti inesplosi ed ormai inattivi, completi di miccia, ritrovati, ancora in sede, in uno dei rami laterali (foto 20a,b). Ciò che è possibile leggere sull'etichetta di uno di questi candelotti recita ancora "... (Società? n.d.A.) italiana prodotti esplosivi - Milano - Stabilimento Flli Lambertino (Modena) - Esplosivo dinamitico? n.d.a.) - non impiegabile in ambiente grisù...".

Infine, sono state rinvenute sulle pareti e sulla volta delle gallerie principali diversi disegni e scritte, alcune delle quali ritenute autentiche (foto 21a, b), realizzate probabilmente con carburo. Non sono tutte leggibili con chiarezza ma tra queste una su tutte ci è sembrata essere la più significativa ed è la data del "21.7 (? n.d.a.) 1961" (foto 21b) ubicata alcuni metri prima dell'ingresso franato della galleria alta e che potrebbe testimoniare la data di chiusura definitiva della

miniera.

In proposito, da Crescenti & Vighi (1970), risulta che i primi lavori di ricerca in questa miniera sono iniziati nel 1942 e sono stati sospesi nel novembre dello stesso anno. Dopo l'interruzione del periodo bellico, successivamente furono ripresi nel giugno del 1958 e furono sospesi ancora una volta nel dicembre dello stesso anno. Difatti il deposito in essa presente ha un andamento molto discontinuo costituito da piccole lenti di modesto spessore con la presenza a tetto di intercalazioni argillose di colore azzurrognolo con ciottoli di calcare, che inquinavano il minerale estratto durante le fasi di coltivazione. Inoltre, anche la stessa qualità della bauxite estratta era di scarso interesse pratico e quindi economico, presentando tenori elevati in silice (dell'ordine del 12%, Crescenti & Vighi, 1970). Tuttavia, nonostante le sfavorevoli caratteristiche della mineralizzazione, i lavori di ricerca continuarono per assicurarsi che queste ultime non cambiassero con la distanza e che, quindi, non esistessero orizzonti di migliore qualità (Crescenti & Vighi, 1970).

Conclusioni

Le ricerche condotte nel sito minerario di Cusano Mutri hanno consentito di esplorare e cartografare circa 2600 m di gallerie, che rappresentano solo una parte di quanto originariamente realizzato dalle Società minerarie che qui furono attive. Inoltre, sebbene i giacimenti di Cusano siano sicuramente i più noti nel Sannio, non mancano altri importanti affioramenti sia in altre località limitrofe all'area di studio che sul Monte Maggiore, nel Casertano, anch'essi oggetto di importanti attività di sfruttamento minerario. Dalle fonti consultate, nonché dalle ricerche svolte sul campo, tuttavia, è emerso che il fattore limitante allo sviluppo di questa attività ha come concausa sia le caratteristiche geologiche dell'affioramento che la natura geografica dei luoghi. Dal punto di vista geologico l'attività estrattiva è stata fortemente condizionata dalla discontinuità dell'orizzonte bauxitico concentrato in lenti

o sacche, potenti non più di 1-2 m in corrispondenza di paleodepressioni carsiche, che oltre a essere inquinato da livelli argillosi contenenti ciottoli calcarei, è stato successivamente smembrato a più altezze a causa di vicende tettoniche post-sedimentarie. La scarsa potenza dell'orizzonte bauxitico è attribuita in parte alla sua distruzione per erosione, ma, soprattutto, alla brevità del periodo (almeno 8 milioni di anni) durante il quale sono sussistite le condizioni ambientali che potevano indurre alla bauxitizzazione dei depositi sedimentari continentali (Boni & D'Argenio, 1978). Inoltre, anche le caratteristiche geochemiche del deposito, che pur presentando un tenore in alluminio molto alto (tra il 60% ed il 74%) ed un basso tenore di ossidi di ferro (<10%) e titanio (<3%) contiene tuttavia un alto tenore in silice (6% in media), ne rendono economicamente poco vantaggioso l'utilizzo per la preparazione

dell'allumina, nonostante già negli anni '50 del secolo scorso la chimica industriale fosse in possesso delle conoscenze e dei metodi che consentivano l'estrazione dell'allumina anche da bauxiti con elevati tenori di silice mediante il metodo Haglund.

Ciononostante, la bauxite di Cusano non è servita solo per l'estrazione dell'alluminio ma per molteplici altri scopi, quale la preparazione di mordenti in tintoria, preparazione di sostanze abrasive e mattoni refrattari per rivestimenti interni di forni, stufe, focolai, etc. Inoltre, sin dal 1935 furono eseguite prove sulla resistenza e la rapida presa del cemento fuso alluminoso ottenuto dalle bauxiti di Cusano con risultati molto soddisfacenti (Franco, 1957).

Il secondo fattore limitante, ugualmente importante, era l'ubicazione geografica dei giacimenti in questione. Essi, infatti, si trovano *"ad altitudine tale da presentare condi-*



Foto 22: le tramogge in cui veniva stoccata la bauxite estratta prima di essere caricata sulla teleferica che la trasportava a Cusano Mutri (foto B. Bocchino).

zioni climatiche svantaggiose per il proprio sfruttamento, durante molta parte dell'anno. L'ostacolo al lavoro non proviene tanto dalla neve, che non cade in grandi quantità e disgela presto, quanto dai venti e dalle tempeste, che rendono molto di frequente impossibile il lavoro durante l'inverno" (Maranelli, 1939). A questo si aggiungevano all'epoca i disagi e gli aggravii dei costi dovuti al trasporto verso lo scalo di Napoli. Difatti, la roccia appena estratta veniva prima cernita a mano per eliminare "materiale inquinante" e/o suddividere il minerale estratto in diverse classi di qualità; poi, per mezzo di una teleferica (ubicata a quota 1027m s.l.m.) lunga 3370m e capace di trasportare 30 tonnellate di materiale l'ora (foto 19), la bauxite, coprendo un dislivello di 650m circa, veniva trasportata dalle tramogge (foto 22) alla strada rotabile di Cusano Mutri. Successivamente, veniva trasportata con camion lungo un percorso di una ventina di chilometri con "pendenze e svolte eccessive" allo scalo di Telesse (BN) superando un dislivello di 400m (Maranelli, 1939). Successivamente il materiale proseguiva via ferrovia per i restanti 70 chilometri, lungo la linea ferroviaria Napoli-Foggia, che gli consentiva di giungere allo scalo di Napoli. L'aggravio dei costi dovuti al trasporto era così elevato che "sul prezzo della bauxite di 69 lire alla tonnellata al porto di Napoli, il trasporto generale gravava da solo per 60 lire" (Maranelli, 1939). Tuttavia, al termine dei lavori di ricerca nel 1965, la Società Montecatini aveva individuato un'ultima area, quella di Bocca della Selva, in cui condurre operazioni di coltivazione. Qui, infatti, le ricerche condotte portarono alla individuazione di un importante orizzonte bauxitico di 10-15 metri di spessore (Cestari et alii, 1975) da cui si potevano cubare 1.250.000 tonnellate di minerale corrispondenti a 620.000 tonnellate di bauxite (Crescenti & Vighi, 1970; Cestari et alii, 1975). Purtroppo, lo sfruttamento di questo giacimento non fu mai attuato poiché sull'area di interesse fu realizzato un villaggio turistico.

Relativamente alle tecniche di estrazione le

uniche testimonianze derivano dalle tracce rinvenibili sulle pareti delle gallerie. A tal proposito, esse hanno permesso di constatare che la bauxite veniva estratta mediante scalpellatura a mano, probabilmente almeno all'inizio delle prime attività estrattive. Queste impronte sono presenti soprattutto nelle miniere della Pecorareccia dove il deposito presenta un fitto clivaggio che rende la roccia facilmente sfaldabile. Successivamente lo sviluppo delle tecniche estrattive, e forse anche l'arrivo di maggiori risorse finanziarie ad opera della Società Montecatini, consentirono l'utilizzo di martelli perforatori così come dimostrano i fori rinvenuti in particolare nella miniera M1 (foto 18). In merito all'utilizzo di esplosivi, invece, tracce sicure sono state rinvenute solo nella miniera di Fontana Tasso, dove addirittura sono stati trovati i due candelotti inesplosi ancora inseriti nella roccia. Per quanto riguarda gli altri siti non è escluso che negli ultimi anni di attività ne possano essere stati utilizzati piccoli quantitativi, almeno nelle gallerie più stabili e laddove il deposito si presentava più compatto o non affiorante.

Oggi le miniere di bauxite di Cusano Mutri rappresentano un importante sito di archeologia industriale che potrebbe essere adeguatamente recuperato e rivalutato realizzando percorsi didattici, ricostruendo le tecniche e gli ambienti di lavoro, consolidando le gallerie con le stesse tecniche e materiali originali e realizzando una struttura museale che raccolga documenti storici e attrezzi di lavoro. Un tale progetto di recupero, associato alle bellezze naturalistiche dell'area, permetterebbe di tramandare un importante pezzo di storia di questa parte del Sannio alle generazioni future attraverso lo sviluppo di una risorsa turistica ambientale regolamentata.

Ringraziamenti: gli autori desiderano ringraziare i componenti del Gruppo Speleologico Natura Esplora ed in particolare Enrica Vecchio, Francesco Maurano e Rossana D'Arienzo per aver contribuito alla localizzazione, all'esplorazione ed al rilievo di alcuni siti presentati in questa nota.

(articolo presentato il 16/1/2002)

Appendici

L'industria dell'alluminio

Il nome di questo metallo deriva dal solfato di alluminio, alum, successivamente allume, utilizzato da millenni per la preparazione dei colori; trovò poi ulteriori applicazioni come astringente per la cura della pelle e per la fabbricazione delle comuni matite emostatiche.

L'industria dell'alluminio metallico iniziò a svilupparsi nel mondo intorno alla seconda metà del 1800. Infatti, sebbene fosse stato ottenuto in polvere prima nel 1825 da Oersted e poi nel 1827 dal prof. Wöhler di Berlino, soltanto nel 1854 il chimico francese Henri Sainte-Claire Deville riuscì a produrlo in verghe (Moschetti, 1927) coniando, inoltre, uno tra i primi medaglioni in alluminio che donò a Napoleone III il quale, avendone intuito le possibili applicazioni in campo bellico, finanziò ricerche finalizzate a trovare un metodo conveniente per la sua produzione (Borselli et alii, 1980; Brady & Holum, 1985).

Nel 1886 un altro chimico francese, P.L.V. Heroult, applicò il metodo elettrolitico utilizzando una soluzione fusa di ossido di alluminio, o allumina (Al_2O_3), in criolite (Moschetti, 1927; Brady & Holum, 1985), probabilmente dopo che lo stesso Henri Sainte-Claire Deville, nel 1859, aveva scoperto la maggiore economicità di tale processo osservando che la forma fusa della criolite (Na_3AlF_6) costituiva un ottimo solvente per la bauxite. Poche settimane prima di Heroult, anche il chimico americano Charles M. Hall realizzò gli stessi processi di elettrolisi, riuscendo ad ottenere il brevetto per la produzione di alluminio con tale metodo (Brady & Holum, 1985).

Nacquero così, intorno al 1890, le prime officine per la produzione di alluminio: in Francia con la "Compagnie des produits chimiques d'Alais et de la Camargne" e la "Société Electrometallurgique Française", in Germania con la "Alluminium Industrie A.G.", in America con la "Pittsburg Reduction Company". La forte concorrenza tra le diverse nazioni contribuì

ad abbassare sensibilmente il prezzo a chilogrammo di alluminio che da £ 50 nel 1889 raggiunse £ 10 nel 1891, fino a ridursi a £ 2,5 nel 1900.

L'Italia iniziò a produrre alluminio, con 322 tonnellate, nel 1907 quando la



Fig. 14: istogramma semilogaritmico della produzione italiana di alluminio di prima fusione a partire dal 1907. Per gli anni non riportati non è stato possibile reperire il dato.

Società Italiana di Elettrochimica acquistò una miniera di bauxite a Lecce dei Marsi e costituì la Società Italiana dell'Alluminio che fondò un'officina a Bussi (prov. Pescara) sfruttando l'elettricità prodotta dai fiumi Tirino e Pescara.

La richiesta di alluminio sul mercato andò crescendo notevolmente determinando, di conseguenza, il costituirsi di nuove società e di nuovi centri di produzione in tutto il mondo. Anche nel nostro Paese il consumo di Alluminio aumentò con un incremento dei quantitativi di produzione che raggiunsero nel 1927, 2.544 tonnellate (Moschetti, 1927). Fu costituita, così, la nuova Società "alluminio Italiano" che fondò un'officina a Borgofranco presso Ivrea e, nel 1927, la Società Anonima Veneta dell'Alluminio costruì il centro di produzione di Mestre in cui erano trattate le bauxiti dell'Istria.

La produzione complessiva italiana di alluminio di prima fusione, ossia quello ottenuto dal minerale, è passata dalle circa 300 ton del 1907 alle 115.500 tonnellate nel 1964 e 242.000 ton nel 1989 (fig. 14).

Minerali dell'alluminio ed i metodi di produzione

Il processo industriale più utilizzato per la produzione dell'alluminio è rappresentato dall'elettrolisi dell'ossido di alluminio o allumina (Al_2O_3) portato a fusione in forni elettrici con elettrodi di carbonio e previa aggiunta di criolite, che ha il vantaggio di abbassare la temperatura di fusione dell'allumina da oltre 2000°C a circa 800-900°C. L'impianto in cui avviene il processo elettrolitico è costituito da una cella di raffinazione elettrolitica foderata di lastre di carbone con funzione di catodo; l'anodo è anch'esso formato di carbone e può essere multiplo, costituito cioè da più blocchi rettangolari, o continuo, formato da un pezzo unico. Il forno viene riempito di criolite, che funge da elettrolita, e la si porta a fusione; quindi, viene aggiunta l'allumina e la miscela è mantenuta fusa alla temperatura di circa 900°C. In questa fase l'allumina subisce il processo di elettrolisi e si dissocia accumulando l'alluminio liberatosi sotto forma metallica al catodo. Agli anodi, invece, si deposita ossigeno libero (Brady & Holum, 1985). Tutto il processo consuma elevati quantitativi di elettricità e, pertanto, risulta molto oneroso. Tale processo, detto di Hoopes, consente la produzione di alluminio raffinato al 99,99% che rispetto all'Alluminio puro è caratterizzato da una minor resistenza elettrica e da una elevata resistenza agli agenti chimici.

L'allumina usata per la produzione di alluminio metallico attraverso l'elettrolisi è, a sua volta, ottenuta prevalentemente dalla bauxite, sebbene possa essere ricavata anche da altri minerali quali l'allumite e la leucite e siano stati condotti studi sul potenziale impiego di altri silicati alluminosi, di argille caolinitiche e labradorite.

L'allumite è un solfato basico idrato di potassio e alluminio $K[Al(OH)_2](SO_4)_2$, di colore bianco, grigio o rossastro e contenente oltre il 35% di allumina. Oltre ad essere impiegata per la produzione dell'alluminio, l'allumite era anche usata per preparare l'allume (solfato doppio di potassio ed alluminio) utilizzato come mordente in tintoria, per impermeabilizzare i tessuti, nell'apparecchiatura della carta, come emostatico nell'industria farmaceutica. L'allumite è generalmente presente in rocce trachitiche e si forma per alterazione dei feldspati ad opera dei vapori solforosi. I più importanti giacimenti, scoperti nel 1461 ed ora quasi esauriti, sono quelli del massiccio della Tolfa, presso Civitavecchia, interessati fin dal Medio Evo da attività estrattive che diedero vita all'industria dell'alluminio dello Stato Pontificio con la costituzione del centro di produzione nel sito su cui sorse, successivamente, il centro di Allumiere (Roma). Nel 1870 il Demanio Pontificio trasferì al Governo Italiano le miniere della Tolfa, che furono poi

vendute all'asta alla Società dell'allume Romano (Moschetti, 1927). Altri giacimenti di allumite furono quelli della regione dei soffioni boraciferi che originarono le allumiere presso Campiglia Marittima e Piombino, in Toscana. In Campania, oltre all'allumite estratta dalle rocce trachitiche della Solfatara di Pozzuoli, è da ricordare la produzione di allume dell'isola d'Ischia che, iniziata intorno al 1460 ad opera del genovese Bartolomeo Pernice (De Siano, 1801; Rebuffat, 1934), fu molto rigogliosa e rinomata nell'area mediterranea tanto da risultare, in quegli anni, la prima fabbrica di allume dell'Italia. Tuttavia, già al tempo del De Siano tale industria non esisteva più per esaurimento della roccia d'origine. Gli affioramenti interessati dalle attività estrattive per la produzione dell'allume si trovavano lungo il versante settentrionale di Mt. Epomeo, nella regione detta *Catreca* (Chevalley de Rivaz, 1838; De Siano, 1801; Rebuffat, 1934). Lungo lo stesso versante, in località *Piazze della Pera*, fu istituita l'antica fabbrica di allume dove erano trasportate le rocce per essere trattate in apposite "vasche" di muratura di grandi dimensioni (*le caulare*), di cui ancora oggi si possono osservare alcuni resti ben conservati. Il prodotto finale di tale fabbricazione era poi trasportato alla marina di Casamicciola, perciò detta anticamente Marina delle Allumiere.

La *leucite* è un silicato di potassio ed alluminio $KAl(SiO_3)_2$, di colore bianco o grigiastro e lucentezza vitrea, con un contenuto di alluminio del 23%. È un minerale rilevabile nelle lave leucitiche dei vulcani Cimini (nel Lazio), del Roccamonfina e del Vesuvio (in Campania).

La *bauxite* è un ossido idrato di alluminio $Al_2O_3 \cdot nH_2O$ con proporzioni variabili di ossi-

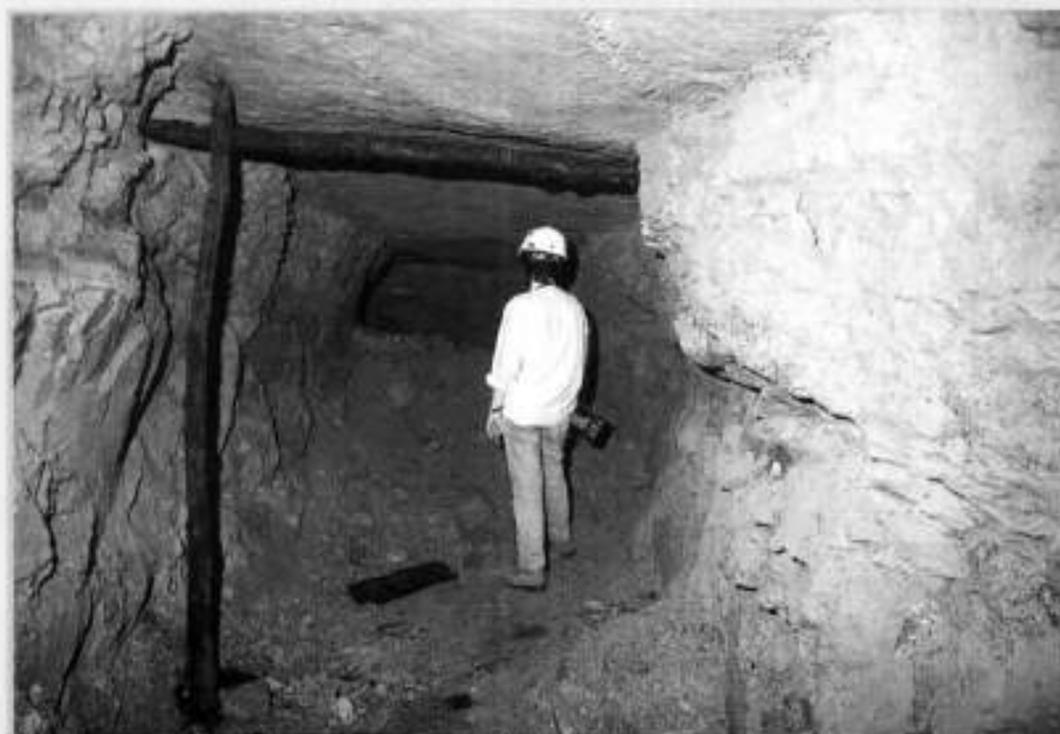


Foto 23: resti delle strutture di sostegno della volta presenti nella miniera M1 (foto B. Bocchino).



Foto 24: ramo terminale della miniera M3 in corrispondenza della faglia che ha gravemente alterato la stabilità della volta. Si noti a sinistra il puntello di sostegno divelto dai crolli (foto B. Bocchino).

do di ferro, ossido di silice, ossido di titanio. Rimandando al paragrafo che descrive gli aspetti geochimici e le ipotesi sulla sua origine, si sottolinea che un deposito bauxitico contenente almeno il 52% di allumina ed una percentuale di silice e titanio non superiore al 5% costituisce un buon materiale grezzo per la produzione di alluminio. Tra i possibili usi della bauxite si ricorda il suo impiego nella preparazione di materiali refrattari, qualora abbia elevati contenuti in silice e bassi quantitativi di ferro e titanio; nella preparazione di cementi alluminosi, se mescolata con calcare; per la preparazione di materiali abrasivi e di smeriglio, se il deposito contiene allumina per oltre il 60%.

Tra i diversi processi industriali proposti per la produzione dell'allumina a partire dalla bauxite si ricordano quelli per via chimica (processo Bayer) e per via elettrochimica (processo Haglund), di seguito brevemente descritti nei loro caratteri essenziali.

Il *Processo Bayer* è il metodo più usato. In questo caso la bauxite, frantumata, arrostita e macinata, è mescolata con una soluzione di soda caustica al 45% che scioglie l'allumina formando alluminato di sodio. Per filtrazione si separano l'ossido di ferro, di titanio e la silice che rappresentano impurità del minerale; successivamente, si ottiene un precipitato di allumina separata con una seconda filtrazione e di seguito disidratata. Perché possa essere impiegato il metodo Bayer è necessario che siano disponibili depositi bauxitici molto puri (contenuti di ossido di alluminio almeno del 52%), con quantitativi di silice non superiori al 5%. Infatti, la silice forma con la soda



Foto 25: Tratto di galleria con sezione a volta lungo cui si osserva anche il contatto stratigrafico tra il livello di bauxite e le sovrastanti breccie calcaree (foto B. Bocchino).

caustica un silicato insolubile trattenuto durante la prima fase di filtrazione insieme con il residuo di ferro non più utilizzabile. In questo modo, un aumento del contenuto in silice nella bauxite comporta un più elevato consumo di soda caustica utilizzata per il procedimento di estrazione dell'alluminio, con conseguente incremento dei costi di produzione.

Il *Processo Haglund* permette di trattare anche bauxiti con un più elevato tenore di silice e ferro. Le impurità della bauxite in questo metodo sono ridotte in forni continui col carbone; la scoria di ossido di alluminio prodotta contiene una quantità variabile tra il 15% ed il 25% di solfuro di alluminio che scioglie l'allumina a temperature di fusione molto più basse. Infatti, mentre le temperature di fusione dell'allumina sono normalmente di 2200°C, quelle raggiunte con la presenza del solfuro sono di circa 1100°C. Pertanto questo processo consente di utilizzare, almeno in parte, energia elettrica piuttosto che termica. Inoltre, la scoria è molto fluida e si separa facilmente e completamente dagli altri composti. Il *Mining Journal* di Londra del 31 luglio 1926 (Moschetti, 1927) affermava che l'allumina ottenuta con il procedimento Haglund era più pura di quella prodotta con il metodo Bayer, contenendo impurità per un totale di 0,70%. Inoltre lo stesso giornale sottolineava che un impianto con una potenzialità produttiva di 25.000 tonnellate annue di allumina costava, con il metodo Haglund, la quarta parte che se fosse fatto funzionare con il procedimento Bayer. Tuttavia c'è chi ritiene che l'allumina prodotta con questo metodo si presti meglio alla preparazione di abrasivi che non l'alluminio metallico.

La bauxite

La bauxite deriva il suo nome dalla presenza di alluminio nelle miniere di Le Baux vicino a Tarascon, località francese della Provenza, dove il minerale estratto fu chiamato "beauxite" da Dufrenoy (1844) ma il suo nome definitivo "bauxite" gli fu dato da Deville nel 1861.

Dal punto di vista chimico la bauxite è una roccia costituita per il 40-63% da ossidi idrati di alluminio, prevalentemente gibbsite $[Al(OH)_3]$, mescolati in varie proporzioni con ossidi idrati di ferro (5-36%) e titanio (circa il 2%), e silice (3-20%).

Può avere aspetto terroso, argilloso o compatto e pisolitico; il suo colore varia dal biancastro al giallastro, per alti tenori di allumina e bassi tenori di ossidi ferrosi, a rossastro, quando il tenore di questi ultimi aumenta (cfr. foto 8 a pag. 16). I più grandi giacimenti al mondo si trovano in Giamaica, Ghana, Indonesia, ex Unione Sovietica, Francia, Istria e Dalmazia; mentre in Italia i giacimenti più importanti si trovano nelle Murge, sul Matese e nell'Abruzzo aquilano.

Nell'ambito industriale, le bauxiti rosse contenenti almeno il 52% di allumina ed una percentuale di silice e titanio non superiore al 5% costituiscono un buon materiale grezzo per la produzione di allumina con il metodo Bayer, mentre per utilizzarle con il processo Haglund possono contenere tenori di silice più alti. Le bauxiti bianche povere di silice e ricche di allumina sono impiegate per la produzione di sali di alluminio; viceversa, se ricche in silice e povere in allumina sono utilizzate nella preparazione di materiali refrattari. Altri impieghi della bauxite sono nella preparazione di cementi alluminosi, se mescolata con calcare, o per la produzione di materiali abrasivi e di smeriglio, se il deposito contiene allumina per oltre il 60%.

Dal punto di vista geologico, le bauxiti costituiscono un gruppo di depositi residuali tipici di ambiente subaereo, che, insieme alle argille residuali ed alle lateriti, hanno origine da processi di alterazione prevalentemente chimica attraverso il processo dell'idrolisi dei silicati in climi sub tropicali e tropicali. La loro composizione dipende fondamentalmente dalla natura dei materiali primari da cui prendono origine, oltre che dall'intensità dei processi di idrolisi, che a sua volta ha un rapporto di proporzionalità diretta con la temperatura e l'entità delle precipitazioni. In particolare, le rocce bauxitiche rappresentano l'accumulo residuale di idrossidi di alluminio formatosi per idrolisi di rocce preesistenti in ambienti a clima umido, con intense e continue precipitazioni, presenza di abbondante vegetazione e ricambio continuo delle acque di dilavamento. Si distinguono le bauxiti lateritiche, che hanno origine dall'alterazione di rocce cristalline, e le bauxiti carsiche, che rappresentano completamente o in parte il residuo insolubile delle rocce carbonatiche su cui si trovano depositate.

In precedenza sull'origine delle rocce bauxitiche si sono susseguite numerose ipotesi. I geologi austriaci tra i primi, studiando i depositi dell'Istria e della Dalmazia che affiorano in sacche presenti all'interno dei calcari a rudiste del Cretaceo, avevano ipotizzato che essi rappresentassero il deposito di fanghi alloctoni prodotti dal disfacimento, ad opera di acque contenenti acidi organici, di rocce di età successiva al Cretaceo, trasportati e depositati in cavità precedentemente formatesi (Moschetti, 1927). Tale teoria, che attribuirebbe alle bauxiti un'origine di tipo eluviale, fu proposta anche da geologi americani che studiarono i depositi rilevati nel Mississippi nord orientale, che affiorano in corrispondenza di rocce dell'eocene superiore (Moschetti, 1927). In segui-

to, alcuni ricercatori che avevano studiato le "bauxiti che si trovano nei calcari" (Gortani, 1921) ritenevano che esse fossero il residuo insolubile derivante dal disfacimento dei calcari in ambiente tropicale. Inoltre, poiché la bauxite e le terre rosse studiate risultavano identiche dal punto di vista fisico, chimico e mineralogico, essi consideravano le "bauxiti come terre rosse antiche e le terre rosse come bauxiti recenti" (Gortani, 1913;1921). Tuttavia, altri ricercatori proposero un'origine endogena come il geologo Capo ing. Crema (1920) che, studiando le bauxiti dell'Istria e dell'Abruzzo, ipotizzò un'origine sui fondali di un mare di età turoniana a seguito di eventi eruttivi. Egli, cioè, spiegava le sacche bauxitiche come canali di esplosione lungo fessure preesistenti ed attraverso i quali si sarebbe verificato il trabocco verso l'esterno di materiale endogeno. Analoga opinione fu proposta dal geologo Capo ing. Franchi, il quale ipotizzava per le bauxiti un'origine endogena simile a quella dei geysers e dei soffioni boraciferi delle aree vulcaniche.

Bibliografia

- Bardossy G.Y., Boni M., Dall'Aglio M., D'Argenio B., Pantò G.Y., 1977, *Bauxites of Peninsular Italy. Composites on origin and geotectonic significance*. Monograph Series on Mineral Deposits, vol. 15, pp. 61, Gerbrüder Borntraeger. Berlin-Stuttgart.
- Boni M., D'Argenio B., 1978, *Paleocarsismo medio Cretacico epigeo e bauxiti*. Conv. su: Processi paleocarsici e neocarsici e loro importanza economica nell'Italia meridionale - Guida alle escursioni. Istituto di Geologia e Geofisica dell'Università di Napoli-Gruppo Speleologico del CAI sez. di Napoli, 1-3 aprile 1978, pp.73-81.
- Borselli G., Gangemi P.F., Genazzani A., Mazzocchi G., Rossellini A., 1980, *L'Italia dei minerali*. Gruppo Mineralogico Fiorentino, Firenze, pp. 66-68.
- Brady E.J., Holm R.J., 1985, *Fondamenti di chimica*. Zanichelli Ed. pp. 865.
- Catenacci V., Manfredini M., 1963, *Osservazioni stratigrafiche sulla Civita di Pietraroja*. Boll. Soc. Geol. It., vol. 82 (3), pp.65-81.
- Cestari G., Malaferrari N., Manfredini M., Zattini N., 1975, *Note illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:100.000, Foglio 162 Campobasso*. pp. 78.
- Chevalley De Rivaz E., 1838, *Descrizione delle acque termo-minerali e delle stufe dell'isola d'Ischia*. Napoli, pp. XII+276.
- Clark A.M., 1993, *Hey's Mineral Index*. Mineral species, varieties and synonyms, 3th ed., Chapman & Hall, London.
- Crema C., 1920, *Osservazioni sui giacimenti di bauxite dell'Appennino, dell'Istria e della Dalmazia*. Rend. R. Acc. Lincei, ser. 5, vol. XXIX, pp. 492-496.
- Crescenti U., Vighi L., 1970, *Risultati delle ricerche eseguite sulle formazioni bauxitiche cretatiche del Casertano e del Matese, in Campania*. Mem. Soc. Geol. It., 9, pp. 401-434.
- D'Argenio B., 1962, *Impronte di disseccamento (sun cracks) nelle bauxiti del Matese*. Boll. Soc. Nat. in Napoli, vol. 71, pp. 90-102.
- D'Argenio B., 1963, *Una trasgressione del cretacico superiore nell'Appennino campano*. Mem. Soc. Geol. It., vol IV, pp. 881-933.
- Del Prete S., Mele R., Allocca F., Bocchino B., 2001, *Nota Preliminare sulle miniere di bauxite di Cusano Mutri (BN), Monti del Matese (Campania)*. "Atti del V Convegno Nazionale Cavità Artificiali" 28 aprile-1 maggio Osoppo (UD), pp. 239-248.
- De Siano F., 1801, *Brevi e succinte notizie di storia naturale e civile dell'isola d'Ischia*. ristampa a cura de "La Rassegna d'Ischia", Lacco Ameno. 1994.

Franco D., 1957, *Giacimenti alluminiferi di Cusano Mutri (BN)*. Boll. Soc. Nat. in Napoli, vol. 66, pp. 101-116.

Gortani M., 1913, *Terra rossa, bauxite, laterite*. Giornale di Geologia Pratica, anno XI fasc. 1, pp. 21-39.

Gortani M., 1921, *Sull'origine delle bauxite italiane*. Giornale di Geologia Pratica, anno XVI, fasc. I-II, pp. 1-6.

Ippolito F., D'Argenio B., Pescatore T., Scandone P., 1975, *Structural-stratigraphic units and tectonic framework of Southern Apennines*. In: C. Squyres (ed.), *Geology of Italy*. Earth Science Soc., Libyan Arabic republic, pp. 317-328.

Maranelli A., 1938-39, *I giacimenti bauxitici del Sannio*. Boll. Soc. Nat. in Napoli, vol. L, pp. 183-193.

Selli R., 1957, *Sulla trasgressione del Miocene nell'Italia meridionale*. Giorn. di Geologia, vol. XXVI, pp. 54.

Moschetti A., 1927, *Giacimenti di bauxite in Italia e l'industria dell'Alluminio*. Relazione sul Servizio Minerario nell'anno 1927, anno XXXVIII, Ministero delle Corporazioni-Direzione Generale dell'Industria-Corpo delle Miniere.

Rebufatt, O., 1934, *La fabbricazione dell'allume nell'isola d'Ischia*. Napoli, Tip. G. Barca: pp. 6.

Willard L. Roberts, Thomas J. Campbell, George R. Rapp Jr, 1990, *Encyclopedya of minerals*, 2th ed., Van Nostrand Reinhold, New York.

Società Speleologica Italiana



Centro Italiano di Documentazione Speleologica "Franco Anelli"

*La più grande Biblioteca Tematica di Speleologia
oltre 16.000 volumi e 14.000 riviste*

Società Speleologica Italiana - Via Zamboni 67 40127 Bologna

051250049 0512094547 ssibib@geomin.unibo.it

<http://www.cds.speleo.it>