

LE MINIERE DELLA RISERVA NATURALE REGIONALE MONTERANO

Silvia Mogliazza (*Speleo Club Roma*)

Le miniere presenti all'interno dell'area protetta di Monterano si inseriscono nel ricco patrimonio di monumenti storici ed ambientali che contraddistinguono questo territorio. Esse rappresentano una delle testimonianze più significative dell'azione dell'uomo sull'ambiente e di notevole valore documentario se si considera che la lavorazione dei metalli e di altre materie prime ha costituito in quest'area un aspetto peculiare per lo sviluppo economico e culturale complessivo della regione.

Nota sin dalla preistoria l'attività estrattiva mineraria svolse un ruolo di primaria importanza nello sviluppo della società protostorica e successivamente della civiltà etrusca. Sin dalle prime fasi di quella che appunto viene definita Età dei Metalli essa rappresenta un settore produttivo indirizzato non solo alla realizzazione di armi o oggetti di prestigio ma anche di strumenti finalizzati alle attività agricole ed in generale a quelle connesse con la sussistenza. Nella distribuzione dei giacimenti utilizzati in Etruria l'area dei Monti della Tolfa costituisce una delle fonti principali di estrazione del rame, piombo, zinco, ferro ed in periodi storici anche di allume e zolfo. La documentazione archeologica relativa ai momenti più antichi non fornisce chiare informazioni sui procedimenti tecnici di estrazione mineraria le cui tracce sono state spesso obliterate dalle attività successive d'epoca romana e medievale. Recenti scoperte tuttavia hanno messo in luce, nell'area delle Colline Metallifere, in Toscana, pozzi dall'imboccatura stretta e poco profondi la cui funzione è correlabile all'attività estrattiva a testimonianza che in epoca etrusca, almeno in un primo momento, si preferisce un'attività in "superficie". Dall'epoca romana e poi durante il Medioevo fino all'età moderna la ricerca di materia prima, forse anche a causa del progressivo esaurimento dei giacimenti più superficiali, spinge alla realizzazione di percorsi sotterranei lunghi ed articolati di cui ancora oggi, nel territorio di Monterano, ne restano significative testimonianze.

La nascita e lo sviluppo dell'attività estrattiva d'epoca moderna nell'area interessata dalla Riserva sembra risalire alla fine del '700. Documenti storici ci informano che per tutto il XIX secolo questa zona fu oggetto di estrazione dello zolfo, minerale impiegato principalmente per la produzione della polvere pirica e come pigmento naturale. Quest'attività termina agli inizi del XX secolo quando le miniere risultano oramai del tutto inattive. Solo nel 1939-40 furono riaperte alcune gallerie per la ricerca di manganese ed intorno alla metà degli anni '50 vennero effettuati sondaggi per la ricerca di uranio e torio. La mancanza di sviluppi significativi portò ad un definitivo abbandono agli inizi degli anni '60.

All'interesse storico che gli insediamenti minerari di Monterano rivestono nel panorama monumentale della Riserva si aggiunge quello, non meno importante, legato a ricchezze ambientali uniche e meritevoli di salvaguardia: la forte mineralizzazione del terreno, le complesse formazioni geologiche che hanno dato luogo ad un ricco patrimonio mineralogico, l'eterogenea morfologia del territorio attraversato da un sistema idrico capillare e ramificato, le specie animali e vegetali tipici di un ambiente ricco di risorse. L'insieme di queste emergenze concorre alla formazione di un quadro unico di cui le miniere sono parte integrante.

Da tali considerazioni è scaturita l'esigenza di una ricerca più approfondita che rivelasse la storia di questi manufatti abbandonati da secoli e rimasti inaccessibili a causa della loro non facile percorribilità. Numerosi crolli, riempimenti ed allagamenti insieme alla scarsa ventilazione e l'alta temperatura ambientale hanno infatti costituito i principali ostacoli all'esplorazione ed allo studio di questi siti. Con il presente lavoro si vuole pertanto dare un contributo affinché, in un territorio ad elevato valore ambientale e storico-archeologico, quale la Riserva Naturale Regionale di Monterano, venga incentivata l'opera di conservazione e valorizzazione di tutte quelle risorse che ne hanno favorito lo sviluppo nel corso della storia. Le finalità del progetto sono state rivolte ad un'analisi approfondita delle miniere, dal loro percorso sotterraneo alle tecniche di costruzione, all'osservazione dei caratteri geologici e naturalistici che le caratterizzano.

A partire dalla fase esplorativa, non priva delle difficoltà dovute ad ambienti non sempre praticabili, l'attività è stata rivolta al minuzioso rilevamento dei dati e successivamente alla loro analisi ed elaborazione. Si è giunti infine alla redazione di una carta come elaborato essenziale per una maggiore comprensione dello sviluppo della cultura locale ed utile strumento per impostare, in una prospettiva futura, altre iniziative di ricerca.

TECNICHE DI COSTRUZIONE

Giorgio Pintus (*Speleo Club Roma*)

Lo sfruttamento delle miniere di Monterano ha riguardato, fino alla loro dismissione, principalmente la coltivazione di minerali di zolfo la cui presenza è collegata all'attività vulcanica Sabatina. Una datazione

riguardante gli inizi dello sfruttamento minerario di questa zona in epoca pre-romana è difficile da stabilire, come pure appare problematica la ricostruire dell'evoluzione storica delle tecniche di costruzione in quanto i sistemi di avanzamento più moderni utilizzati con l'intensificarsi delle attività estrattive non permettono di identificare gli antichi segni di scavo.

Strutture minerarie – La prima operazione necessaria in gallerie, pozzi e discenderie per l'estrazione di minerali da un giacimento in una coltivazione sotterranea, è quella di ristabilire con le necessarie armature quelle condizioni di equilibrio che si vengono a rompere con lo scavo. I problemi principali che si presentano in uno scavo sotterraneo e, come in questo caso, in terreno vulcanico poco consistente, è la conservazione del tetto o "roccia in corona" e la tenuta delle pareti da sfaldamento e infiltrazioni (Fig. 1).

Le armature, usate nello specifico, sono in legname. Il tipo di legno, la forma e le tecniche di armo, hanno delle specifiche denominazioni riportate nella bibliografia mineraria.

Il legname impiegato negli armamenti era solitamente abete in travi asciate; nel territorio di Monterano, area geologicamente interessata dall'attività vulcanica sabatina, la vegetazione era caratterizzata principalmente da boschi decidui, a cerro, castagno e rovere alternati a settori di cespuglieti mediterranei e pascolo. Per la facile reperibilità furono sfruttate le risorse presenti nell'area riconvertendo in aree boschive dei settori dedicati a pascolo, disponendo il taglio delle essenze arboree ogni 14 anni. Tutti i legnami da utilizzare dovevano essere tagliati dalla pianta in determinate stagioni, da novembre-dicembre fino ad aprile.

I tronchi venivano utilizzati per i montanti e dovevano avere una sezione di circa 14/18 cm. Per i fasciami o scorsoni laterali il taglio delle tavole doveva avere una misura di 400x2x20 cm. Per riempire i vuoti tra la struttura e le pareti sia laterali che del tetto, venivano utilizzate delle fascine. Ogni settore della struttura di una galleria aveva una sua importanza nell'equilibrio delle forze che intervenivano dopo l'asportazione del materiale scavato. Le travi, dette "montanti o gambe" o "cappello" secondo l'impiego, utilizzate anche nelle miniere presenti nell'area della Riserva, venivano tagliate da boschi di castagno, legno reperibile sul posto, strutturalmente utile a sopportare forze sia verticali che laterali. I "montanti" venivano posti verticalmente, leggermente obliqui, interrati nel calpestio per circa 0,20 m nel punto è detto "mortuase". L'inclinazione non doveva superare 1/20 della lunghezza del "montante". Superiormente veniva posto un altro trave detto "cappello", l'unione tra il "montante", anche detto "gamba", e il "cappello" avveniva con un incastro, che a seconda delle spinte del terreno, poteva presentarsi a "incastro semplice", "incastro a nasello o a dente" e a "gola di lupo". L'incastro a nasello adottato nelle miniere di Monterano era utile per le pressioni verticali (Fig. 2). Era importante che i denti delle "gambe" combaciassero esattamente con quelli del "cappello", altrimenti la pressione del "cappello" gravava sul piccolo "dente" della "gamba" producendo delle fenditure. L'insieme del "montante", del "cappello" e degli scorsoni laterali e superiori veniva detto "quadro intero"; la distanza tra un quadro e l'altro veniva calcolata considerando la natura del terreno. Nelle miniere di Monterano la distanza è di 1.50 m.

L'avanzamento di uno scavo veniva effettuato a mano o, in epoca moderna, con mezzi meccanici a seconda delle caratteristiche fisiche della roccia (Fig. 3). Una di queste, la durezza, è definita secondo la difficoltà con la quale la roccia si lascia compenetrare da utensili appuntiti. Nel caso delle miniere di Monterano la maggior parte delle gallerie sono state scavate con picconi, piccarocca o piccozze a punta ricambiabile. In alcuni casi si notano segni di scavo con mezzi meccanici sicuramente molto più veloci e continui. Negli anni tra il 1800 e il 1900, uno degli strumenti meccanici più usati era il martello pneumatico 'Ingersoll' e/o il martello-piccone 'François'.

Le gallerie così scavate erano utili per il trasporto del materiale recuperato e quello di riempimento, per il passaggio degli operai, per la ventilazione, per il passaggio dell'acqua ecc. ed avevano una leggera pendenza (0.005-0.02) per favorire il deflusso delle acque. Le gallerie venivano collegate con delle traverse, oppure se dislocate su diverse quote, con delle discenderie. Ogni miniera doveva avere non meno di due comunicazioni con l'esterno.

Allo stato attuale nessuna delle gallerie è completamente accessibile per motivi di stabilità delle armature, per riempimenti o allagamenti dovuti dall'abbandono in epoca recente. Alcune strutture lignee ancora in sito, si sono mantenute resistenti perché isolate con argille fortemente mineralizzate (Fig. 4).

DESCRIZIONE DELLE CAVITA'

Giorgio Pintus, Silvia Mogliazza (*Speleo Club Roma*)

L'area interessata dallo studio delle cavità naturali presenti nella Riserva rientra nella zona denominata "solfatarata" caratterizzata dalla confluenza di tre corsi d'acqua: Fosso della Palombara, Fosso Fonte del Lupo e Fosso Bicione.

Lungo la sinistra orografica del Fosso Bicione poco più a valle della confluenza con il Fosso della Palombara sono state identificate le prime quattro miniere i cui ingressi sono facilmente raggiungibili

seguendo il Sentiero Natura ed attraversando il Fosso in prossimità dei resti di ponte Lupo. Le altre cavità sono ubicate sulla destra orografica del Fosso Bicione.

Miniera n.1 o dell'Indiano - La miniera 1 o dell'indiano (Fig. 5) è parte di un unico sistema minerario costituito da tre gallerie principali unite tra loro da "traverse" e "discenderie". La porzione esplorata ha riguardato il percorso della galleria centrale sino al congiungimento con la traversa che la unisce alla galleria 1b il cui ingresso è occluso.

La planimetria sotterranea ha uno sviluppo di 61 m di cui solo 19.50 m percorribili in posizione eretta (in questa parte la galleria ha un'altezza di 1.80 m) mentre il restante sviluppo è caratterizzato da distaccamenti della volta e crolli laterali che ne rendono difficile la percorribilità.

La miniera si apre a quota 220 slm ed ha un orientamento di 183° (Fig. 6). A 1.40 m dall'ingresso, a sinistra, converge una discenderia (direzione 116°) proveniente dalla galleria di scolo (n. 2) completamente riempita da materiale di risulta. A 12.50 m, sulla destra, si osserva un pozzetto le cui acque venivano probabilmente utilizzate per umidificare "montanti" e "cappelli" dei "quadri interi" che costituivano la struttura portante dell'armatura della galleria (Fig. 7). Le acque, ricche di solfati di ferro e rame, fortemente presenti in queste miniere, mantengono infatti i legnami sani per un tempo quasi illimitato. Queste strutture lignee, che caratterizzano gran parte del percorso della miniera, presentano attualmente le conseguenze dei numerosi crolli che nel tempo ne hanno compromesso la stabilità.

A 57 m dall'ingresso si apre una "ricetta", ossia una sala, di 3.50 m x 3.80 m in cui la galleria percorsa si incrocia con due "traverse". Quella che si dirige a sinistra, lunga 16.80 m, ha una quota inferiore rispetto al piano di calpestio della galleria principale (-1.40 m). L'ambiente è completamente allagato pertanto le armature risultano putrescenti e fortemente danneggiate. Il fondo è caratterizzato da un terreno argilloso presumibilmente originato dall'alterazione della roccia tufacea. Va segnalata in questa zona la presenza di alcuni chiroteri.

La galleria che si sviluppa verso destra (dalla sala) è stata rilevata per una lunghezza di soli 7.40 m a causa di un allagamento. La presenza di argilla rossastra, dovuta all'ossidazione di minerali ferrosi, ne caratterizza il fondo.

Sempre dalla "ricetta" la galleria principale prosegue nella stessa direzione, ma anch'essa non è percorribile per la presenza di acqua.

A 50 m dall'ingresso è stato posizionato un igrotermometro per l'acquisizione della temperatura che risulta di 25° C con temperatura relativa del 73%.

Date le oggettive difficoltà la rivisitazione di questi ambienti ha subito un'inevitabile interruzione.

Miniera n. 2 o dell'Argilla Rossa - L'ingresso si apre di fronte ai ruderi di un ponte lungo il fosso Bicione ed è parzialmente ostruito da un muretto che aveva funzione di paratia per il contenimento di materiale argilloso (Figg. 8-10). Si tratta di una galleria di scolo per favorire il deflusso delle acque dell'intero sistema minerario verso l'esterno (Fig. 11).

La galleria è allagata e riempita da uno spesso strato d'argilla, circa 1.10 m di altezza, di colore rosso/arancio che ne impedisce la prosecuzione e il rilievo. Durante il percorso il profondo strato argilloso nasconde le armature lignee che riemergono solo in prossimità delle "traverse".

La cavità è stata rilevata fino a 26 m dall'ingresso in corrispondenza di due "traverse" ed una discenderia che la collega alla miniera n. 1. A 12 m dall'ingresso, sulla destra, si apre una galleria parallela di *by-pass* lunga 9 m che intercetta la discenderia; sulle pareti di quest'ultima sono rilevabili alcuni aggregati cristallini di colore azzurro.

La portata dell'acqua stimata il 16/10/04 era di 0.300 l/sec circa.

Miniera n. 3 o delle Cornici - Dato il tipo di scavo, perfettamente squadrato, alto e di breve sviluppo, questa cavità si differenzia dalle altre miniere oggetto di ricerca in quanto non sono evidenti significativi procedimenti estrattivi di minerali trattandosi probabilmente di un tentativo di ricerca abbandonato (Figg. 12 e 13).

L'ingresso ha un'altezza di 3 m per uno sviluppo di 6.80 m per una larghezza di 1.60 m, nel piano di calpestio uno strato di 0.40 m di acqua percorre tutta la galleria gettandosi all'uscita nel fosso Fonte del Lupo. Dopo il primo tratto la galleria si abbassa dal soffitto di 0.40 m per 3.50 m di sviluppo. Da qui parte l'ultimo tratto che si abbassa di ulteriori 0.40 m per altri 11 m. Non vi è presenza di armature di sostegno in quanto lo scavo è stato effettuato in uno strato di *peperino listato* con caratteristica prevalentemente litoide, permeabile per porosità. Le tracce dello strumento usato per lo scavo si possono notare da un attento esame delle pareti nei punti il cui è stato inferto il colpo.

L'acqua presente nel piano di calpestio non presenta mineralizzazioni visibili ed è spesso rifugio di *Rana Italica* e *Salamandrina terdigitata*.

All'altezza del fosso Fonte del Lupo una massicciata potrebbe costituire parte di un ponte per il passaggio tra le due rive ed il raggiungimento della cavità.

Miniera n. 4 - Si distingue nettamente dalle altre per la sua struttura atipica caratterizzata da un sistema articolato di gallerie con andamento irregolare e dislocate su vari livelli (Fig. 14). Dalla sala dell'ingresso principale, che si apre alla confluenza del Fosso Fonte del Lupo (Fig. 15), Fosso della Palombara e il fosso Bicione, a quota 220 m s.l.m., sono subito visibili le tracce di gradini scavati nella roccia che conducono in direzione di cunicoli e gallerie di diverse forme e dimensioni (Fig. 16). La presenza di nicchie lungo le pareti della sala iniziale fa ipotizzare che in origine tale struttura possa aver avuto una funzione diversa legata ad esempio ad esigenze di culto o funerarie (Fig. 17). L'impossibilità di ricostruire un contesto storico per l'assenza di elementi morfologici diagnostici limita però tali affermazioni al campo delle ipotesi. Sembra verosimile tuttavia che l'uso come miniera di questi ambienti possa risalire a periodi piuttosto antichi data l'apparente assenza di regole con cui le gallerie sono state scavate. Il loro andamento curvilineo e labirintico infatti le discosta notevolmente da quelle precedentemente analizzate.

Il rilievo planimetrico mostra uno sviluppo complessivo di 95 m con gallerie comunicanti tra loro ed altre interrotte. Dal punto di vista mineralogico si rileva un importante fenomeno di metasomatosi che, in questa struttura, assume un cromatismo particolarmente suggestivo

Miniera n. 5 o Discendente e Cavità n. 5b - La miniera n.5, il cui ingresso è parzialmente mimetizzato dalla vegetazione, è costituita da una galleria discendente inclinata di 11° e percorribile per un tratto di 10.50 m (Figg. 18 e 19). La parte seguente risulta allagata fino alla volta o "corona" e dalla superficie dell'acqua fuoriescono delle travi utilizzate per l'armatura dello scavo.

Un marciapiede laterale sinistro divide la galleria in due parti. La parte destra, utilizzata come canaletta di scolo della miniera, è ora interrata e l'acqua, non potendo defluire all'esterno per un accumulo di terriccio proveniente dal pendio soprastante l'ingresso, allaga completamente la galleria (Fig. 20).

Sulle pareti si possono notare i segni di scavo eseguiti manualmente con piccone, o altro attrezzo simile.

A 10.50 m dall'ingresso, dove inizia l'acqua, la galleria intercetta uno scavo ortogonale preesistente ad una quota superiore di 1.50 m che unisce la miniera ad una cavità parallela. Questo scavo è stato effettuato con un piccone dal taglio piatto largo circa 0.10 m.

L'ingresso della cavità n. 5b è posto a 3.00 m sulla sinistra della miniera n. 5. Un'entrata, parzialmente ostruita, alta 1.30 m introduce in un ambiente alto 1.80 m, largo 3.10 m con sviluppo uno di 15 m (Fig. 18). Singolare la presenza di cinque archi, di una copertura ad intonaco, una mensola larga 0.10 m sulla sinistra e tre scalini parzialmente rovinati dal tempo che portano ad una sorta di abside (Fig. 21). Il materiale utilizzato per l'intonaco, un impasto di argilla molto fine e calce, potrebbe provenire dalla galleria di scolo, miniera n. 2 (Fig. 22). Non avendo riferimenti storici e cronologici la funzione della cavità rimane incerta.

Miniera n. 6 o dei Pipistrelli - L'esplorazione di questo territorio ha permesso di individuare, oltre alle strutture minerarie citate ubicate all'interno della Riserva, anche altre cavità dislocate nelle aree circostanti ed aventi la stessa funzione. Di queste ultime fa parte la miniera n. 6 (Fig. 23) posizionata nelle vicinanze dell'ingresso S-E della Riserva. L'ingresso della miniera si apre a ridosso di una collina il cui fronte, rimodellato da una struttura muraria, è occupato da altre cavità alcune delle quali utilizzate come ricovero (Fig. 24). La caratteristica predominante di questa miniera è il suo percorso rettilineo che si sviluppa per 80 m per essere poi interrotto da una frana (Figg. 25 e 26). La sezione dello scavo si mantiene costante per tutto il percorso con una larghezza di 1,20 m ed un'altezza di 1,85 m.

A 40 m dall'ingresso una deviazione in risalita di altri 40 m porta ad un incrocio di tre gallerie di cui due attualmente franate. La terza si sviluppa per circa 20 m, fino ad una frana, in direzione S-O con un dislivello di 5 m. Dal rilievo si deduce che il suo percorso termina con molta probabilità ad uno degli ingressi localizzati all'esterno.

Proseguendo per altri 23 m un'ulteriore deviazione a destra lunga 12 m porta ad un saggio di scavo. A 6 m da questo si apre una sala utilizzata da una colonia di chiroteri come *nursery* e svernamento: un notevole accumulo di guano sul calpestio ne preannuncia l'esistenza. Alcune zone della miniera sono infatti utilizzate nel periodo autunnale come luoghi di riproduzione di questi animali. La temperatura di 24° C rilevata nel periodo ottobre-novembre favorisce la scelta di questo particolare *habitat* che, per la presenza di tali manifestazioni, assume maggiore rilevanza ambientale.

La galleria continua per altri 10 m dove una frana interrompe la prosecuzione.

Si segnala anche la presenza del saggio di scavo n.9 (Fig. 27) e la miniera allagata n. 8 adiacenti l'area della solfataria. Tutte le miniere citate sono state inserite nella carta di distribuzione (Fig. 28).

ESTRAZIONE E LAVORAZIONE DELLO ZOLFO Luisa Stoppa (*Speleo Club Roma*)

La zona di Canale Monterano fu utilizzata tra gli anni 1850-1900 come area di coltivazione (per coltivazione si intende il processo di escavazione e successivo utilizzo) dello zolfo impiegato soprattutto come antiparassitario, contro lo oidio, dei vigneti.

Il giacimento solfifero di questa zona, come quelli presenti in tutta l'area laziale, trae origine dall'antica attività vulcanica dell'area e, in particolare, dall'ossidazione, avvenuta presso la superficie esterna, dell'idrogeno solforato proveniente da grandi profondità.

Ricordiamo che nei tempi antichi lo zolfo è sempre stato sfruttato come pigmento, per le sue proprietà terapeutiche (come testimoniano scritture Assire ed Egiziane) ed anche come componente della polvere da sparo ai tempi di Confucio nel 500 a.C.

Studi scientifici sulla purificazione dello zolfo però iniziarono solo nel XIII secolo dopo che Ruggero Bacone scoprì la polvere pirica (una miscela formata dal 75% di salnitro o nitrato di potassio, 15% da carbone ed il restante 10% da zolfo).

Ritornando all'attività mineraria dell'area di Canale Monterano, è importante sottolineare che non sono stati trovati forni di fusione per cui si può ipotizzare che il sistema utilizzato per l'estrazione dello zolfo fosse quello delle "calcarelle" e/o della "flottazione".

Il metodo delle calcarelle è il sistema di fusione più antico e fu usato fino alla prima metà del 1800. Consisteva nel formare cumuli di circa due metri cubi di minerale (circa 40 quintali) tali da assomigliare a fornaci, da cui il nome del metodo; il minerale veniva acceso in modo da provocare una immediata fusione ed ottenere l'elemento in meno di 24 ore. Con tale metodo si sono sempre avute rese molto basse di zolfo (ca. 30-40%) sia perché parte dello zolfo era utilizzato per la combustione sia per formazione di anidride solforosa gassosa.

Il secondo metodo utilizzato in prossimità delle miniere, la flottazione, permetteva di ottenere rese maggiori ed evitava, inoltre, l'inquinamento dell'area circostante.

Con la flottazione, la separazione dello zolfo dalla ganga si effettuava tramite macinazione in granuli fini del materiale estratto (detta anche fase di molinatura); la polvere così ottenuta veniva mescolata ad acqua con l'aggiunta di agenti schiumogeni (i.e. olio di pino); tale miscela veniva agitata da forti correnti d'aria in modo che la schiuma tratteneva lo zolfo in superficie (zolfo ventilato) mentre le scorie si depositavano sul fondo.

Viene riportato, tuttavia, nella letteratura relativa all'area di Canale Monterano (Brocchi, 1814) che la produzione giornaliera di zolfo *arrivava fino a 1 tonnellata al giorno (!) con l'impiego di 30 fornelli corredati ciascuno di 12 aludelli* (nel glossario alchemico con il nome aludelli si indicavano vasi conici senza fondo che, adattati uno sull'altro, formavano un capitello di lunghezza variabile adoperato per la sublimazione delle sostanze).

In presenza di aludelli si può ipotizzare che il metodo in uso fosse quello noto con il nome di "metodo dei dopponi" il cui principio di funzionamento consisteva nella separazione dello zolfo tramite distillazione.

Il minerale di zolfo frantumato veniva messo in un recipiente di terracotta (la olla) e posto a diretto contatto con il fuoco. Lo zolfo fuso passava quindi, sotto forma di vapore, in un secondo recipiente (da cui il nome doppone) dove avveniva la condensazione e da qui prelevato e messo nelle forme dove solidificava.

L'estrazione di zolfo da giacimenti solfiferi della regione laziale non ebbe mai notevole successo per l'elevato costo di estrazione tanto da preferire, dal 1850 in poi, l'arrostimento delle piriti (minerali di solfuro di ferro) presenti in notevole quantità nelle regioni del centro Italia e/o l'impiego dello zolfo siciliano, più economico.

L'attività di estrazione dello zolfo si aggravò ulteriormente dopo il 1900, nel corso della I Guerra Mondiale, per la difficoltà degli approvvigionamenti dei materiali e per la chiamata alle armi dei minatori. La produzione cessò del tutto dopo il 1927 quando il Regio Decreto dichiarò demaniali i sottosuoli minerari con accentramento commerciale, tecnico ed industriale delle attività di estrazione e sfruttamento dei giacimenti.

CENNI GEOLOGICI Maria Piro (*Speleo Club Roma*)

L'area in cui si aprono le cavità studiate è caratterizzata da una morfologia articolata, con presenza di valli fluviali fortemente incise che solcano la superficie tabulare di un altopiano originatosi a seguito dell'emissione delle colate piroclastiche dell'apparato vulcanico sabatino.

Lungo le pareti che costeggiano la sponda del Fosso Bicione, nelle quali si aprono quasi tutte le cavità studiate (Fig. 29), si riconosce, alla base, una formazione ignimbratica di colore grigio-violaceo, mediamente coerente, sovrastata da livelli tufacei poco coerenti di colore giallastro o nero, ben visibili anche all'interno

delle gallerie. Questi terreni si possono ricondurre all'unità vulcanica dei cosiddetti "peperini listati", affioranti estesamente nella valle del fosso Bicione perchè portati a giorno dall'erosione. Si tratta di depositi di colata piroclastica a vario grado di consistenza, da litoidi a scarsamente coerenti; a volte presentano pomici e scorie nerastre allungate ed inclusi lavici e sedimentari.

Al di sopra di questa unità, nella porzione superiore dei versanti si trova in affioramento il "tufo rosso a scorie nere", un deposito di colata piroclastica di colore rossastro, consistenza litoide, con numerose scorie di colore scuro spesso allungate (Fig. 30). In questa unità sono scavate la cavità di interesse archeologico (punto 5b) e la Miniera dei Pipistrelli presso Fosso Fonte del Lupo.

Tutti i livelli tufacei sono interessati, per uno spessore di almeno 20 m a partire dal fondovalle, da intenso metasomatismo e da mineralizzazione secondaria provocati dalle manifestazioni vulcaniche tardive ancora evidenti nell'area. Questi fenomeni provocano la caratteristica colorazione giallastra visibile in affioramento, e spesso causano una profonda alterazione della roccia, che perde consistenza assumendo un aspetto argilloso.

E' connessa ai fenomeni idrotermali anche la presenza, sia all'interno che all'esterno delle cavità, di numerosissime mineralizzazioni, fra le quali sono frequenti le incrostazioni parietali di zolfo in forma amorfa (Fig. 31) o in cristalli di piccole dimensioni; si notano anche agglomerati di minerali di colore azzurro appartenenti probabilmente al gruppo dei solfati di rame. Questi ultimi spesso si presentano come un aggregato microcristallino, ma a volte sviluppano cristalli di grandi dimensioni (dell'ordine del centimetro) e di aspetto fibroso.

L'escavazione delle cavità del Fosso Bicione ha intercettato a tratti falde idriche sospese, sostenute da livelli tufacei con permeabilità relativamente bassa; infatti alcune cavità sono parzialmente allagate da acque di falda. In particolare è stata individuata una venuta d'acqua (punto 1b della carta) posta alla stessa quota dell'ingresso della Miniera dell'Indiano; si ipotizza che l'acqua venga raccolta da un cunicolo di drenaggio oggi completamente sepolto da accumulo di frana.

Nell'area estrattiva vi sono ancora evidenti le manifestazioni idrotermali, costituite da venute di acque mineralizzate e da emissioni gassose che vengono a giorno nel fondovalle e nell'alveo del Fosso Bicione. Una evidente e caratteristica emergenza (punto S nella carta) è costituita da una piccola polla con acque mineralizzate a bassa temperatura, gorgoglianti a causa di presenza di gas, che si trova nell'area pianeggiante posta alla confluenza fra il Fosso Bicione e il Fosso della Palombara.

Bibliografia

- AA.VV. : Piano di assetto della riserva di Monterano, Luglio 2003
Mattias P. – Evidenze geologico minerarie della riserva naturale – in: AA.VV. : Piano di assetto della riserva di Monterano, Luglio 2003
Mattias P., Venriglia U. – La regione vulcanica dei Monti Sabatini e Cimini - Mem. Soc. Geol. It. 9, 1970

DEPOSITI CHIMICI: MINERALIZZAZIONI

Luisa Stoppa (*Speleo Club Roma*)

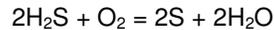
Formazione delle mineralizzazioni - Le acque che circolano nelle cavità sotterranee contengono sempre una percentuale di sali minerali che sono stati solubilizzati durante il percorso; la qualità e la quantità dei sali dipende dal tipo di roccia degradata per azione chimico-fisica delle acque; inoltre i fluidi ipogei possono trasportare anche una varietà di ioni (anioni e cationi) più o meno comuni.

Quando le acque affiorano all'interno di una cavità, sia essa naturale (grotta) o artificiale (miniera), possono diventare soprassature rispetto ad uno o più sali che trasportano in soluzione e di conseguenza il sale precipita (passaggio in forma solida) con formazione di un deposito chimico. Le mineralizzazioni che ne seguono non sempre sono individuabili in quanto, nonostante il nome, solo in particolari condizioni si presentano con un elevato grado di cristallinità; più frequentemente si presentano in forma criptocristallina o amorfa. I fattori determinanti per le caratteristiche di una struttura cristallina sono la composizione del fluido, la temperatura, la pressione e la rapidità del processo di solidificazione.

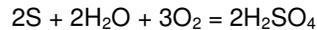
La soprassaturazione dell'acqua può avvenire tramite diversi fenomeni quali il degassamento (provocato dall'equilibrio tra fase liquida e aeriforme della concentrazione di un gas), l'evaporazione (con conseguente concentrazione e precipitazione dei sali che superano il prodotto di solubilità), per ossidazione (con formazione di composti meno solubili e conseguente precipitazione), per doppio scambio (fenomeno noto anche come effetto dello ione a comune o, in geologia, come dissoluzione incongruente), per raffreddamento (e conseguente diminuzione della solubilità dei sali), per variazione del grado di agitazione dell'acqua (ad esempio, in acqua ferma, acque a differente chimismo, come meteorica e termale, possono causare la precipitazione di sali per effetto della diffusione ionica dovuta a contatto statico).

I fluidi idrotermali che si trovano a temperatura inferiore a 100 °C sono causa, di solito, della formazione di mineralizzazioni tramite il fenomeno del degassamento e del raffreddamento. Infatti, la risalita di acque termali provoca una variazione, talvolta anche notevole, di pressione (in negativo) e di temperatura che facilita il degassamento con precipitazione di sali.

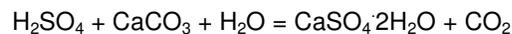
In particolare, i fluidi fumarolici (acque sulfuree e/o gas vulcanici) conducono alla formazione di solfati a causa dell'ossidazione dell'acido solfidrico liberatosi:



Dal primo step di ossidazione si ha formazione di zolfo elementare che, a sua volta, in atmosfera di ossigeno, subisce un ulteriore step di ossidazione a ione solfato:



Nel caso di depositi evaporitici, cioè di argille ad elevato contenuto di carbonato di calcio (marne), il ciclo dello zolfo è responsabile della formazione di minerali gessosi (e in modo analogo di altri solfati a seconda del substrato roccioso):



E' da evidenziare come tutte le reazioni consumano ossigeno e producono anidride carbonica.

Ricordiamo, inoltre, che in tutti i tipi di ambienti ipogei è presente in notevole quantità la silice amorfa $\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$, moderatamente solubile in acqua e quindi facilmente trasportabile; la sua deposizione avviene per successiva evaporazione.

In ambiente vulcanico si osserva sia maggiore disponibilità di silice disciolta sia presenza di altri silicati; quest'ultimi derivano, oltre che dalla alterazione chimica delle argille (silicati di alluminio idrati) presenti nelle cavità come depositi fisici, anche dall'alterazione delle acque di infiltrazione meteorica o fluidi fumarolici sulle lave o piroclastici che le generano ed entro cui si sviluppano le cavità vulcaniche.

Osservazioni in situ - Le aree che caratterizzano la riserva di Canale Monterano presentano una forte mineralizzazione delle acque del sottosuolo il cui contenuto salino dipende dal tipo di roccia degradata per azione chimico-fisica.

I corsi d'acqua, presenti nell'area tra Fonte Fosso del Lupo e Fosso Bicione alla confluenza con Fosso della Palombara, presentano a tratti colorazione biancastra dovuta alla presenza di zolfo in sospensione (zolfo colloidale) prodotto per l'ossidazione dei solfuri venuto a contatto con le acque superficiali ricche di ossigeno.

Nelle vallate si osservano piccole polle di acqua mosse da innumerevoli bollicine di acido solfidrico e i costoni circostanti sono punteggiati da grotte, alcune multicolori, testimonianza dell'antica attività mineraria per l'estrazione di minerali sulfurei e ferrosi; l'aria presenta forte odore di zolfo.

Anche l'atmosfera sotterranea è caratterizzata da odore di acido solfidrico (odore tipico delle uova marce), presenta alti valori di umidità (>70%) e di temperatura (>20 °C) con basso tenore di ossigeno e presenza di ossido di carbonio.

All'interno di fratturazioni della roccia, lungo le pareti laterali dei cunicoli delle antiche miniere, sono state osservate alcune mineralizzazioni con habitus prismatico aghiforme/aciculare in aggregati trasparenti molto friabili di colorazione azzurro cielo (Fig. 32) ed altre con struttura vetrosa traslucida sempre molto friabili e medesima colorazione (Fig. 33).

Tenendo presenti le seguenti informazioni:

- nel territorio Tolfetano-Sabatino furono scoperti, già nel 1462, notevoli giacimenti di ferro, rame e allume (l'allume è un solfato doppio idrato di un metallo monovalente Me e di un metallo trivalente Mee con formula generica del tipo $\text{Me}_2\text{SO}_4 \cdot \text{Mee}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 24\text{H}_2\text{O}$);
- l'area di Canale Monterano è stata, per lungo tempo, oggetto di interesse mineralogico ed i minerali più caratteristici rinvenibili sono, oltre allo zolfo e marcasite FeS_2 , solfati idrati ed alluminosilicati come gesso CaSO_4 , halotrichite $\text{Fe}(\text{SO}_4)\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 22\text{H}_2\text{O}$, pirosseno augite $(\text{Ca}, \text{Mn}, \text{Na}, \text{K})(\text{Mg}, \text{Fe}, \text{Al})(\text{Si}, \text{Al})_2\text{O}_6$, mica biotite $\text{K}(\text{Mg}, \text{Fe})_3(\text{OH}, \text{F})_2(\text{Al}, \text{Fe})\text{Si}_3\text{O}_{10}$;
- la genesi delle mineralizzazioni di tale zona è molto probabilmente di tipo idrotermale e/o evaporitica (deposizione di minerali a seguito di evaporazione dei gas e vapor acqueo attraverso le spaccature e fessure della roccia);
- quasi tutti i minerali che presentano colorazione dal celeste all'azzurro, al verde inglobano ioni di rame;

e in assenza di una caratterizzazione chimico-fisica delle mineralizzazioni rinvenute, è possibile avanzare solo ipotesi sul tipo di aggregato formatosi.

E' possibile classificare le formazioni osservate come mineralizzazioni tipiche di alterazione di giacimenti metalliferi a solfuri ovvero "composti a base di solfato e di alluminio idrati che hanno inglobato all'interno della struttura ioni metallici (in particolare rame) trasportati dai fluidi idrotermali tali da conferire la colorazione osservata".

I solfati sono, infatti, minerali di aspetto non metallico e poco duri, specialmente quelli contenenti ossidrili ed acqua, e spesso inglobano ioni metallici nella loro struttura. I solfati idrati sono i tipici minerali di alterazione dei giacimenti metalliferi tali da presentarsi, spesso, in associazione tra loro.

Tra i minerali noti e caratterizzati da bassi valori di durezza (range 2-3 nella scala di Mohs) e colorazione blu-azzurro-verde, troviamo:

- a) la melanterite (o vetriolo verde) $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ con impurezze di rame (il colore del minerale passa dal verde al blu a seconda del contenuto di rame); la melanterite è il capostipite di un gruppo di solfati idrati a cui appartiene anche la boothite $\text{CuSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ e la calcantite (o vetriolo azzurro) $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$;
- b) altri minerali, spesso associati tra loro e che rientrano nella morfologia descritta, sono la cianotrichite $\text{Cu}_4\text{Al}_2\text{SO}_4(\text{OH})_{12} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, la brochantite $\text{CuSO}_4 \cdot 3\text{Cu}(\text{OH})_3$, la kroehnite $\text{Na}_2\text{Cu}(\text{SO}_4)_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, la connellite $\text{Cu}_{19}\text{Cl}_4(\text{OH})_{32}(\text{SO}_4)_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ e la spangolite $\text{Cu}_6\text{Al}(\text{SO}_4)\text{Cl}(\text{OH})_{12} \cdot 3\text{H}_2\text{O}$; talvolta è presente in associazione anche l'alogenuro atacamite $\text{Cu}_2\text{Cl}(\text{OH})_3$;
- c) il gruppo della devillina $\text{CaCu}_4(\text{SO}_4)_2(\text{OH})_6 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ e della langite $\text{Cu}_4(\text{SO}_4)(\text{OH})_6 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ molto simili tra loro e indistinguibili.

RILEVAMENTO DI RADON

Luisa Stoppa (*Speleo Club Roma*)

Cosa è il radon - Il radon è un gas nobile incolore, inodore ed insapore, pesante circa otto volte più dell'aria ma estremamente volatile. Inoltre è un elemento radioattivo naturale (radionuclide) e quindi soggetto a decadimento alfa (emissione di protoni e neutroni) con liberazione di radiazioni ionizzanti e sua trasformazione in polonio (Po-218, Po-214 e Po-210), a sua volta alfa emettitore, ed infine in piombo-204, ultimo elemento della serie radioattiva ed isotopo stabile.

Il radon, si forma, di solito, a livello del suolo e, diffondendo attraverso strati di roccia e nell'atmosfera, può raggiungere luoghi anche molto lontani dal sito di origine. La sua formazione avviene per decadimento di elementi radioattivi, e quindi instabili, presenti nella crosta terrestre come l'uranio e il torio.

Esistono tre isotopi del radon (ovvero atomi dello stesso elemento che hanno un differente numero di neutroni ma lo stesso numero di protoni e quindi differenti pesi atomici ma stesso numero atomico) a seconda se l'origine ha avuto luogo dal decadimento del torio (torio-232) o dai due isotopi dell'uranio presenti in natura (uranio-235 e uranio-238). Tuttavia, quando si parla di inquinamento da radon, si fa riferimento ad un particolare isotopo, il radon-222 (o niton), a causa del maggior valore del tempo di dimezzamento (3,82 giorni contro 3,96 secondi del Rn-219 e 55,6 secondi del Rn-220) tale da permetterne la rivelabilità.

Ricordiamo che per tempo di dimezzamento (o emivita) di un isotopo radioattivo si intende il tempo dopo il quale è decaduta la metà dei nuclei originariamente presenti.

Origine del radon- Le fonti "inquinanti" più comuni per il radon sono:

- rocce di origine vulcanica come tufi, pozzolane e lave, in cui sono evidenti manifestazioni gassose tali da trasportare il radon (i.e. presenza di anidride carbonica che agisce come carrier);
- rocce sedimentarie (calcarei, sabbie, argille) dove, per processi di lisciviazione, si è avuto un arricchimento di materiali radioattivi per deposizione secondaria e la cui porosità favorisce l'emanazione e propagazione del gas;
- mineralizzazioni con elevato contenuto di elementi radioattivi per risalita di fluidi idrotermali in fratture e/o faglie;
- zone carsiche ove le fatturazioni favoriscono il trasferimento del gas.

E' ovvio come l'emanazione del radon non dipende solo dalla concentrazione dei suoi progenitori ma anche dall'umidità e permeabilità del suolo e dal tipo di superficie; infatti, una superficie rovinata dalle intemperie, o detritica, presenta un elevato numero di cavità (porosità maggiore) ed emana più radon di un roccia compatta.

L'unità di misura del decadimento radioattivo nel sistema internazionale S.I. è il Becquerel (Bq) definito come il decadimento (o disintegrazione) di un isotopo in un secondo. Normalmente il numero di decadimenti di un radionuclide viene misurato tramite il numero di particelle emesse e poiché, nel caso del radon, vi è

una relazione 1:1 tra particelle alfa emesse ed il radon stesso, la misura del decadimento del radio viene eseguita contando il numero di particelle alfa emesse in un dato intervallo di tempo.

In modo più conveniente il decadimento radioattivo si esprime in Bq/m³.

Risultati - Sono stati misurati i livelli delle emissioni di radon in 3 cavità dell'area vulcanica della riserva di Canale Monteranno; inoltre, sono stati misurati i valori di temperatura degli ambienti ipogei ed in una cavità è stato rilevato anche il valore di umidità relativa interno/esterno.

Come sistema di rivelazione del radon è stato utilizzato un dosimetro di tipo passivo cioè non alimentato elettronicamente.

Il dosimetro è costituito da un elemento sensibile, o rivelatore, composto da una pellicola sensibile alle particelle alfa. Quando le particelle alfa attraversano il materiale sensibile, imprime una traccia indelebile e dal numero delle tracce presenti sulla pellicola, in funzione della superficie esposta e dell'intervallo di esposizione, è possibile risalire alla concentrazione di radon presente nell'ambiente.

Il rivelatore viene conservato in un contenitore protettivo, involucro di plastica metallizzata sottovuoto, al fine di evitarne esposizioni indesiderate.

Considerando che gli effetti climatici (variazioni di temperatura, di pressione, presenza di ventilazione, diversa permeabilità del suolo), nonché il trasporto nei fluidi idrotermali, influenzano la concentrazione di gas radon nell'atmosfera, è stato possibile interpretare i risultati ottenuti.

I valori della concentrazione di radon risultano particolarmente elevati in due cavità rispetto ai valori generalmente riscontrati in ambienti chiusi e caratterizzati da bassa ventilazione (ca. 1000 Bq/mc come concentrazione di radon indoor).

I valori riscontrati nella "miniera dell'indiano" e nella "miniera con colonia di pipistrelli", associati agli alti valori di temperatura (vedi tabella 1), sono da attribuire, oltre che all'origine vulcanica delle cavità, anche al fenomeno della scarsa ventilazione, alla maggiore emanazione di radon dal terreno (per l'alta temperatura) ed alla presenza di diossido di carbonio che agisce da trasportatore del gas dalle fessure della roccia verso l'atmosfera.

Al contrario, il basso valore di concentrazione di radon riscontrato nella "miniera discendente con acqua" può essere attribuito proprio alla presenza dell'acqua che agisce da polmone di gas radon: il gas si trova così disciolto ed intrappolato nel fluido; la fuoriuscita del gas risulta impedita sia dalla bassa temperatura sia da un possibile aumento di pressione al pelo dell'acqua dovuto alla presenza di anidride carbonica la cui diffusione all'esterno è impedita, a sua volta, dalla scarsa ventilazione.

Tabella 1 – valori sperimentali.

MINIERA	TEMPERATURA (°C)	UMIDITA'	CONCENTRAZION E Rn-222 (Bq/mc)	POSIZIONE DEL DOSIMETRO
m. dell'indiano	25,7	in 72% (out 50% a 22°C)	> 9000	60m dall'ingresso, al centro della sala
m. dei pipistrelli	22,4		> 9000	nella seconda cavità
m. discendente	17,4		150	a livello dell'acqua

ASPETTI VEGETAZIONALI

Francesco Rossi (*Speleo Club Roma*)

L'area della Riserva Naturale di Monterano è caratterizzata da un'estrema eterogeneità di habitat naturali che si esprimono con una vegetazione ricca e diversificata. Infatti il livello diversità biologica di un territorio è determinato da due fattori principali:

- l'eterogeneità spaziale naturale del mosaico ambientale
- il disturbo antropico

Queste due componenti si sovrappongono e interagiscono nel definire l'eterogeneità complessiva di un territorio e quindi ne influenzano il livello di diversità animale e vegetale. Soprattutto le attività umane aumentano la frammentarietà del paesaggio creando il mosaico di ecosistemi che scorgiamo oggi in una data zona. Riguardo a Canale Monterano gli effetti combinati di una storia millenaria e di una caratteristica diversificazione morfologica in cui gli altopiani collinari si alternano a profonde forre scavate nel tufo, hanno

creato la gran varietà di habitat, in connessione ecologica e spaziale, che esprimono l'elevata diversità floristica e vegetazionale della zona.

Inoltre, l'area interessata dalle cavità utilizzate per l'estrazione mineraria presenta caratteristiche del tutto peculiari legate alle particolari condizioni edafiche. Il suolo tufaceo fortemente mineralizzato dalla presenza principalmente di Ferro (Fe), Rame (Cu), Zolfo (S), unitamente ai principali corsi d'acqua, il fiume Mignone e il torrente Bicione, che presentano un'elevata concentrazione di zolfo in sospensione (zolfo colloidale), hanno ripercussioni dirette sulla distribuzione della vegetazione.

Il suolo, infatti, influenza la crescita e lo sviluppo di una specie vegetale piuttosto che di un'altra e costituisce uno dei fattori più importanti nel definire le caratteristiche microambientali di una zona. Inoltre la vegetazione, nel corso del suo sviluppo, sia per l'azione meccanica degli apparati radicali, sia perché mantiene nel mezzo un livello d'acqua più elevato, modifica ulteriormente il substrato pedogenetico accelerandone i processi di trasformazione e apportandovi sostanze organiche grazie all'accumulo di foglie e parti morte. Si instaura in questo modo un ciclo pedogenetico, attraverso il quale il suolo e le piante evolvono e si modificano reciprocamente. L'andamento di tutti i fattori edafici di un territorio dipendono, in ultima analisi, dalla natura della roccia madre, dal microclima, dall'orografia e dalla vegetazione.

La vegetazione dell'area interessata dalle miniere, alla confluenza tra il fosso della Palombara, il fosso Fonte del Lupo e il tratto iniziale del fosso Bicione, è notevolmente influenzata dalle caratteristiche geomorfologiche, edafiche e microclimatiche precedentemente descritte.

Da una analisi macroscopica non sembra che la vegetazione risenta in particolar modo della notevole concentrazione di zolfo presente sia nel sottosuolo che in atmosfera, in questo secondo caso sotto forma di SO₂ (anidride solforosa), SO₃ (anidride solforica) o H₂SO₄ (acido solforico). Infatti lungo il torrente Bicione la vegetazione prevalente è una boscaglia ripariale, più o meno regolare nella sua fisionomia, a prevalenza di *Alnus glutinosa* (Ontano nero), *Salix alba* (Salice bianco), *Salix viminalis* (Vimine), *Corylus avellana* (Nocciolo). Alcune di queste specie si rinvencono, isolate e con habitus più arbustivo che arboreo, anche liminarmente agli ingressi delle miniere, come accade per la Miniera dell'Indiano e la Miniera dell'argilla Rossa. Il portamento arbustivo potrebbe essere legato alle condizioni limitanti imposte dal substrato e allo zolfo colloidale che si forma lungo il torrente a causa dell'ossidazione dei solfuri a contatto con le acque superficiali ricche di ossigeno, ma ulteriori e approfondite analisi a riguardo sono necessarie.

Lungo i versanti più o meno acclivi e dove si accumula più suolo prevale il bosco misto mesofilo con *Carpinus betulus* (Carpino bianco), *Corylus avellana* (Nocciolo), *Acer campestre* (Acer campestre), *Quercus cerris* (Cerro) e *Castanea sativa* (Castagno). Riguardo al Castagno è da mettere in dubbio il suo indigenato nella zona; anche se il suo legno veniva sfruttato per la costruzione delle travi utilizzate per armare le miniere, è probabile che la specie fosse stata introdotta nel territorio in epoche passate e che solamente nel periodo estrattivo fosse coltivato anche per lo sfruttamento minerario.

Nella zona pedemontana dell'area di studio, che presenta una morfologia più pianeggiante e caratteristiche di fondovalle leggermente ondulato, in corrispondenza della Miniera 5 o Discendente e l'adiacente Cavità 5b, (Fig. 34 e 35) e nei dintorni della solfataria, la fisionomia prevalente è quella di un prato-pascolo in cui domina *Pteridium aquilinum* (Felce aquilina), specie cosmopolita, pioniera e invadente nei pendii erbosi, nei prati e negli incolti, soprattutto soggetti al sovrapascolo e percorsi dal fuoco, accompagnata da *Rubus sp.*, *Solanum nigrum* (Pomodorella) una Cosmopolita sinantropica tipica dei campi incolti e delle zone ruderali, *Cytisus scoparius* (Ginestra dei carbonai) specie a distribuzione Europea-Subatlantica tipica delle brughiere e dei terreni acidi, e da graminacee pioniere come *Holcus lanatus* (Bombagine pubescente) specie Circumboreale di prati stabili, umidi e palustri, *Agrostis stoloniferum* (Cappellini comune) specie Circumboreale pioniera dei bordi di pozze, acquitrini, sponde e incolti umidi. Il suolo è impoverito, di scarsa fertilità, con humus grezzo, in cui ai fenomeni di lisciviazione, di incendi, ed in generale di condizioni distrofiche provocate dal sovra-sfruttamento, si somma l'effetto limitante del substrato fortemente mineralizzato. Ad esempio la zona interessata dalle emissioni sulfuree è colonizzata da popolamenti di *Agrostis canina* (Cappellini delle torbiere) specie a distribuzione Eurosiberiana colonizzatrice tipica delle paludi acide, delle sponde e dei prati torbosi.

Nelle zone liminari e subliminari degli ingressi delle miniere si assiste ad un generale impoverimento della copertura vegetale, in cui i popolamenti si fanno più radi e inconsistenti (Fig. 36) e si assiste anche ad un'alterazione della fisionomia di alcune specie (Fig. 37), dovuta in parte alle emissioni sulfuree provenienti dall'interno delle cavità. Lo zolfo infatti, soprattutto sotto forma di Ossidi di zolfo (SO_x) e acido solforico, rientra tra i principali inquinanti atmosferici che ha ripercussioni non solo sulla salute umana, ma anche sugli ecosistemi naturali.

L'inquinamento atmosferico è un fenomeno perturbativo che incide sulla stabilità ecologica di una pianta e di un intero ecosistema. Gli esseri viventi, tra cui i vegetali, hanno la capacità di immagazzinare inquinanti atmosferici, o comunque ambientali, a seconda della propria capacità di bioaccumulo. E' pertanto evidente la notevole variabilità tra i vegetali di assorbire gli effetti inquinanti. I sintomi, cioè le manifestazioni di anormali condizioni di sviluppo, variano a seconda della specie vegetale e del tipo di inquinante.

Inoltre le interazioni pianta-inquinante sono estremamente complesse in quanto influenzano la componente epigea e quella ipogea.

In linea generale possiamo raggruppare i sintomi in tre categorie fondamentali: a) variazioni di sviluppo, b) clorosi, c) necrosi.

Variazioni di sviluppo: è l'alterazione più frequente, ma non sempre di pronta e facile identificazione. Le variazioni di sviluppo dipendono da alterazioni fisiologiche a carico dei processi fotosintetici e respiratori. La sintomatologia accessoria è rappresentata da epinastia¹ fogliare e filloptosi².

Clorosi: il fenomeno è caratterizzato dalla perdita di colore della lamina fogliare che assume una colorazione giallastra a tonalità spenta. La clorosi è dovuta alla ridotta attività fotosintetica causata dall'effetto degli inquinanti.

Necrosi: è un'alterazione più profonda della clorosi poiché gli organi colpiti rappresentati dalle foglie assumono una colorazione bruno-nerastra. La colorazione è causata dalla plasmolisi³ delle cellule dell'epidermide, che assumono dapprima una colorazione bronzea e aspetto "allessato", successivamente una colorazione bruna e in breve disseccano.

Nello specifico, per ciò che concerne gli effetti sull'ambiente degli Ossidi di zolfo, l'azione principale consiste nell'acidificazione delle precipitazioni meteorologiche. In presenza di acqua gli ossidi di zolfo originano l'acido solforico (H₂SO₄), responsabile in maniera maggiore rispetto all'acido nitrico del fenomeno delle piogge acide. L'azione degli acidi provoca l'acidificazione dei laghi e dei corsi d'acqua, danneggia la vegetazione (soprattutto ad alte quote) e molti suoli forestali.

L'anidride solforosa o biossido di zolfo (SO₂) a basse concentrazioni provoca un rallentamento nella crescita delle piante, mentre ad alte concentrazioni ne provoca la morte alterandone la fisiologia in modo irreparabile. Nelle foglie il biossido di zolfo viene trasformato in acido solforoso e solfiti. Quando il livello di anidride solforosa nell'aria diviene insostenibile, nelle foglie si accumulano inutilizzati i solfiti che ad alta concentrazione causano la distruzione della clorofilla, il collasso delle cellule e la necrosi dei tessuti. Le foglie presentano fra i margini e le nervature delle aree irregolari di colore bianco, giallo o marrone, che presentano necrosi; negli aghi delle conifere diviene marrone l'apice delle foglie. Questi effetti aumentano quando si è in presenza di un'umidità relativa elevata, vi sono alte temperature, c'è un'intensa luminosità ed anche nel caso in cui le piante siano vecchie. L'effetto sulle piante è particolarmente accentuato quando l'anidride solforosa si trova in presenza di ozono (sinergismo).

Obiettivo di questo studio non è analizzare gli effetti degli inquinanti atmosferici sulle piante, anche perché una siffatta analisi richiederebbe un monitoraggio approfondito e prolungato nel tempo, ma solamente descrivere la vegetazione presente nella zona delle miniere ed evidenziare i possibili effetti, in un ecosistema che presenta condizioni ecologiche limitanti, a carico della diversità biologica del territorio.

NOTE SULLA FAUNA

Lucilla Lustri, Vito Mario Granito (*Speleo Club Roma*)

La ricchezza faunistica della Riserva Naturale Regionale Monterano rispecchia la varietà di ambienti che la caratterizzano; numerosi corsi d'acqua, colline, pascoli, valloni tufacei, boschi misti, offrono alle specie animali diversi tipi di rifugio e siti di alimentazione e riproduzione. Un tale paesaggio garantisce naturalmente una maggiore varietà di vegetazione e quindi di animali che possono sfruttare nicchie ecologiche differenti; di conseguenza, nonostante la Riserva occupi un'area relativamente limitata, offre un territorio ideale per diverse specie.

Inoltre numerose cavità ricavate in epoca storica per l'estrazione mineraria si rivelano particolarmente utili per numerosi animali sia per brevi periodi che per tutto il ciclo biologico.

Le molteplici tracce, osservate all'interno dei cunicoli, quali aculei, escrementi, orme, testimoniano il costante utilizzo di queste cavità da parte di tassi, istrici e volpi, che vi si rifugiano durante il giorno poiché caratterizzati da abitudini di vita quasi esclusivamente crepuscolari.

Merita una particolare attenzione l'uso di queste miniere da parte dei chiroterri. Delle specie di mammiferi terrestri presenti in Italia, ed inserite nella lista rossa dell'I.U.C.N., i pipistrelli sono più della metà. A questo va aggiunto che in Italia sono presenti quasi tutte le specie di chiroterri segnalate per l'Europa e rappresentano più di un quarto dei mammiferi indigeni del nostro Paese. Nel corso dell'anno la maggior parte dei chiroterri si sposta fra diversi ambienti e tane. Durante la stagione estiva essi trascorrono il periodo di inattività diurna in fessure riparate, tronchi cavi, edifici, mura, in attesa del crepuscolo. Il bosco misto, preponderante nella zona, costituisce per i chiroterri una inesauribile fonte alimentare in virtù delle numerose specie di insetti presenti ed inoltre offre svariate possibilità di rifugio. Diversamente, nella stagione invernale le miniere diventano, in virtù della loro temperatura ed umidità relativa costante, dei luoghi ideali dove

¹ Epinastia: anormale allargamento dell'angolo d'inserzione del picciolo fogliare sul ramo, con conseguente portamento verso il basso della lamina fogliare.

² Filloptosi: caduta anormale e anticipata delle foglie.

³ Plasmolisi: perdita di acqua dalla cellula vegetale, che si verifica quando la concentrazione dei Sali è più elevata nell'ambiente extracellulare che nella cellula stessa.

svernare in letargo proteggendosi dal freddo più intenso. Nel tardo autunno, quando la temperatura si abbassa e gli insetti diminuiscono di numero, i pipistrelli sfruttano alcune di queste miniere come rifugi invernali. Ad esempio per i chiroterri del genere *Myotis*, di cui si è constatata la presenza con la specie *M. myotis vel blythii* (*Vespertilio* maggiore, *Vespertilio* minore) è fondamentale che l'aria del rifugio sia molto umida affinché le loro membrane alari non si asciughino; le miniere all'interno della riserva garantiscono questa condizione con una umidità relativa praticamente costante durante l'intero anno pari a circa il 75%. È particolarmente interessante la presenza di questa specie all'interno della "miniera dei pipistrelli" in quanto viene utilizzata oltre che per lo svernamento anche per la riproduzione. Nel corso delle indagini si è stimato l'ammontare della popolazione a circa 100 individui, di cui una decina di coppie in copula (Fig. 38), inoltre lo spesso strato di guano che si rinviene maggiormente sotto i posatoi testimonia la costante presenza di questa specie nella miniera ed il probabile utilizzo come sito di riproduzione.

Gli altri vertebrati osservati appartengono alla classe Anfibi. Nei pressi dell'entrata di più di una miniera si è accertata la presenza della *Rana italica* (Fig. 39), inoltre è stata segnalata nel torrente Bicione (miniera 2) la *Salamandrina terdigitata* (Orlandini R., comunicazione personale) protetta dalla L.R. 18/1988. Riguardo queste due specie di Anfibi, così come per altre (*Bufo bufo*) è possibile supporre che esse si spingano talvolta all'interno delle miniere alla ricerca di umidità e frescura durante i mesi più caldi (come osservato in altre indagini); in questo senso sono da considerare specie troglussene.

Grazie alle condizioni climatiche che si mantengono costanti durante tutto l'anno, le cavità naturali e artificiali vengono utilizzate per superare l'inverno anche dai lepidotteri con cicli biologici in cui è l'adulto a svernare, come ad esempio la farfalla *Vanessa io* detta anche occhio di pavone, osservata nella miniera 5.

Da segnalare inoltre la presenza di fauna propriamente cavernicola adattata perfettamente anche in cavità artificiali quali le miniere. Tra le specie di artropodi troglifili osservati si segnala la presenza della *Dolichopoda laetitiae* (Fig. 40) e della *Grylломorpha dalmatina*. Queste specie appartengono all'ordine degli Ortoterri come i grilli e le cavallette, ma a differenza di questi sono adattate alla vita cavernicola.

Le *Dolichopoda* sono insetti privi di ali, con gli arti e le antenne particolarmente sviluppate per migliorare la percezione tattile in un ambiente completamente privo di luce. Le *Dolichopoda* sono diffuse nell'Italia peninsulare e insulare ad eccezione della Sardegna, Sicilia e Puglia; in particolare la *Dolichopoda laetitiae* è distribuita nell'Appennino settentrionale, dall'Emilia al Lazio (Rampini, Di Russo, 2003). La *Grylломorpha dalmatina* è morfologicamente meno specializzata in senso cavernicolo rispetto alla specie descritta in precedenza, ed è distribuita in tutta l'area mediterranea.

OSSERVAZIONI MICOLOGICHE

Vito Mario Granito (*Speleo Club Roma*)

Il suolo tufaceo di origine vulcanica presente nell'area esaminata è caratterizzato da una notevole presenza di zolfo, pertanto esso limita di molto la presenza di funghi saprotrofi poichè inibisce la germinazione delle spore, essenziale per la diffusione dei funghi con tale ruolo ecologico. A differenza di questi, i funghi micorrizici sono avvantaggiati in tali ambienti in quanto la loro sopravvivenza è dovuta totalmente ai rapporti simbiotici che essi instaurano con le numerose specie arboree ed arbustive presenti.

Interessanti sono le muffe (Ascomiceti, Chitridiomyceti) che crescono sul guano di pipistrello e quelle deputate alla decomposizione dei chiroterri che muoiono all'interno delle cavità, ma esse risultano ignote e non sono attualmente oggetto di studio.

Nelle miniere rilevate si sono rinvenute due specie di basidiomiceti: *Scleroderma citrinum* Pers.: Pers. (= *S. vulgare*; = *S. aurantium*) all'esterno della miniera 1 e sulle pareti in ingresso della numero 5, ed una poliporacea, presumibilmente, viste le pessime condizioni del campione, *Grifola frondosa* (Dicks.: Fr.) S.F. Gray, nella miniera 5.

Scleroderma citrinum (Fig 41). è un fungo comune o molto comune tendenzialmente acidofilo, è stato rinvenuto all'esterno e sulle pareti in ingresso, in continuità miceliare con l'esterno, gregario ma anche cespitoso su suoli sabbiosi in boschi con i generi *Quercus*, *Fagus*, *Betula* con cui instaura micorrizia. Tale specie ha areale di distribuzione nordafricano ed europeo continentale.

Grifola frondosa (Fig. 42) è stata invece rinvenuta all'interno, in alcune nicchie nelle pareti, dove alloggiavano probabilmente delle lanterne. La presenza all'interno di questo saprotrofo lignicolo è connessa con l'apparato radicale di *Quercus* spp. e *Castanea sativa* che circondano e sovrastano la miniera. L'areale di distribuzione si estende dal bacino mediterraneo all'Europa continentale. Per il continente europeo tale entità è inserita nella lista rossa delle specie a rischio, con popolazioni sparse ed in diradamento ma con contenuti fenomeni di estinzione limitati a Danimarca e Polonia.

In conclusione considerato l'ambiente esaminato, vista la peculiarità dei parametri ecologici che caratterizzano le miniere e l'area circostante, e tenuto conto delle scarse o nulle conoscenze micologiche di tali *habitat* questa zona della Riserva risulta suscettibile di ulteriori e ben più mirate indagini.

BIBLIOGRAFIA

- A. de Giorgis, Manuale del minatore ed armatore, ed. G. Lavagno Torino
- AA.VV., CNR Quaderni de "La Ricerca Scientifica", progetto finalizzato Geodinamica, monografie finali - vol. 11, Sabatini volcanic complex. Roma, 1993.
- AA.VV., Cartografia delle aree di particolare valore naturalistico nel Lazio. Vol.1, Cartografia (pp. 1-28); Vol. 2, Relazione (pp.1-47). Giunta Regionale Lazio, Eurograf, Roma.
- AA.VV., Piano di assetto della riserva di Monterano, Luglio 2003.
- AA.VV., Contributo per la conoscenza della fauna delle nostre acque interne, Roma, 1993 c.
- AA.VV., Ambienti di particolare interesse naturalistico del Lazio, Reg. Lazio, Dip. Biol. Veg. Univ. "La Sapienza", Roma 1996.
- AA.VV., Guida ai minerali, Ed. F.lli Fabbri, Milano, 1980, s.v. "Lazio".
- AA.VV., La flora, Touring Club Italiano, Milano 1958
- Agnelli P., Martinoli A., Patriarca E., Russo D., Scaravelli D. e Genovesi P., Linee guida per il monitoraggio dei Chiroterteri: indicazioni metodologiche per lo studio e la conservazione dei pipistrelli in Italia. Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio, *Quaderni di Conservazione della Natura*, 19, 2004.
- Amori G., Angelici F. M., Frugis S., Gandolfi G., Grappali R., Lanza B., Relini G. & Vicini G., Vertebrata. In: Minelli A., Ruffo S. & La Posta S. (eds). *Checklist delle specie della fauna italiana*, 110. Calderini, Bologna, pp.83, 1993.
- Ancarani L., Bettinali C., Analisi isotopica dall'uranio e dello zolfo nello studio delle mineralizzazioni di Canale Monterano, *Studi e Ric. Div. Geomineraria III - CNR*. N. Roma, 1960.
- Anzalone B., Elenco preliminare delle piante vascolari spontanee del Lazio, Regione Lazio e Società Botanica Italiana, Roma 1964.
- Armin Maywald, Barbel Pott , Pipistrelli, vita e protezione. Ulissedizioni, Torino, 128pp., 1989.
- Arnold E.N., Burton J.A., Guida dei rettili e degli anfibi d'Europa, Padova, 1985.
- Bagnoli C., Anfibi e Rettili della provincia di Roma. Provincia di Roma, Assessorato Sanità e Ambiente, WWF Lazio, Roma, 82 pp., 1985
- Bazzanti M., Bambacigno F., Chironomids as water quality indicators in the River Mignone (Central Italy), in *Bulletin of Hydrobiology*, vol. 21, n. 2, pp 213-222, 1987.
- Bernicchia A., *Polyporaceae s.l. in Italia*. Istituto di Patologia Vegetale, Università degli Studi di Bologna, 594 pp., 1990
- Bitetti D., Cattena C., Prola G., Le orchidee dei Monti della Tolfa, 1984.
- Blasi C., Cutini M., Fortini P., Di Marzio P., I boschi caducifogli del Comprensorio Barbarano Romano - Canale Monterano (Lazio settentrionale), *Ann. Bot. Vol. LI, suppl. 10*, 1993.
- Boano A., Brunelli M., Bulgarini F., Montemaggiori A., Sarrocco S., Visentin M., (Eds), Atlante degli uccelli nidificanti nel Lazio, *Alula II (1-2): 1-224*, 1995.
- Bologna M. A., Capula M., Carpaneto G. M. & Venchi A., A Preliminary Report on the Atlas of Amphibians and Reptiles of Latium Region (Central Italy). *Atti I Congr. Naz. Soc. Herpetol. Ital.* (Torino 1996), Mus. Reg. Sci. Nat. Torino (1999): 583-587, 1999.
- Breislak S., Saggio di osservazioni mineralogiche sulla Tolfa, Oriolo e Latera, Roma, 1786.
- Bruno S., Gli anfibi e i rettili dei Monti della Tolfa (Antiappennino laziale). In Sezione: Missioni ed esplorazioni - Ricerche ecologiche, floristiche e Faunistiche nel comprensorio tolfetano-cerite-manziato. *Quad. Acc. Naz. Lincei, Roma: 81-87*, 1977.
- Buono S., Valentini I., Indagini preliminari sulle orchidee spontanee della R.N. Monterano, WWF Sezione Monti Sabatini (in pubblicazione).

- Calò C.M., Verucci P., I mammiferi selvatici nella Provincia di Roma. Provincia di Roma, Assessorato all'ambiente, Roma, 132 pp., 1993
- Calò C.M., Verucci P., I mammiferi selvatici nella provincia di Roma, Provincia di Roma e WWF, 1993.
- Capula M., Filippi E., Luiselli L., Trujillo Jesus V., The ecology of the western whip snake, *Coluber viridiflavus* (Lacépède, 1789) in *Mediterranean central Italy*, *Herpetozoa* 10 (1/2): 65-79, 1997.
- Campbell G., Dell'acqua termosulfurea di Stigliano, Arch. Med. Chir. Ig. 1, Roma 1869.
- Capula M., Anfibi e Rettili (1-94). In: AA.VV., *Piano pluriennale regionale per la tutela e la difesa della fauna autoctona in via di estinzione* (L. R. 48/82). Vol. V. Regione Lazio, Assessorato Agricoltura, Università di Roma "La Sapienza", Dipartimento di Biologia Animale e dell'Uomo, Roma, 1989.
- Capula M., Rettili e Anfibi. In: Febbo D. (ed.), *Natura 2000 - Guida agli habitat e alle specie di interesse comunitario nei nuovi parchi nazionali dell'Appennino Centrale*. Commissione Europea, Ministero Ambiente - Servizio Conservazione Natura, Legambiente, 79 pp., 1995
- Carchini G., Rota E., Chemico-physical data on the habitats of rheophile Odonata from Central Italy, in *Odonatologica*, vol. 14, n. 3, pp. 239-245, 1985.
- Castaldi A., Guerrieri G., Menegoni P., Pietrelli L., Regressione degli ecosistemi ed adattabilità degli Strigiformes in un'area dell'Italia centrale. *IX Conv. Ital. di Ornitologia*, Alghero 9-12 ottobre 1997. *Avocetta* 21: 93, 1997.
- Cataudella S., Prime considerazioni sulla ittiofauna del Fiume Mignone (comprensorio tolfetano-cerite-manziate). In Sezione: Missioni ed esplorazioni - Contoli L., Agostini F., Aloise G., Testa A., Sul rapporto trofico tra i micromammiferi terragnoli ed il barbogianni (*Tyto alba* Scopoli) nei Monti della Tolfa (Lazio). *Quad. Acc. Naz. Lincei*, Roma: 1-263, 1977.
- Chiavetta M., Ricerche sugli uccelli rapaci del comprensorio tolfetano-cerite. II. *Ricerche ecologiche, floristiche e faunistiche nel comprensorio tolfetano-cerite-manziate*. *Quad. Acc. Naz. Lincei*, Roma: 177-189, 1977.
- Contoli L., Lombardi L., Spada F., Piano per un parco naturale nel territorio di Allumiere e Tolfa. Istituto Poligrafico e Zecca dello Stato, 1980.
- Contoli L., Mammiferi del Tolfetano-Cerite (Lazio) - rassegna bibliografica e osservazioni originali; situazioni e prospettive - In Sezione: Missioni ed esplorazioni - II Ricerche ecologiche, floristiche e faunistiche nel comprensorio tolfetano-cerite-manziate. *Quad. Acc. Naz. Lincei*, Roma: 81-87, 1977.
- Contoli L., Montelucci G., Palladino S., Sebastì R., Carte regionali dei Biotopi: il Lazio, CNR, Min. LL. PP, Roma 1971.
- Crucitti P. e Contestabile R., Distribuzione dei Chiroterteri nella regione laziale (Italia centrale) e lista delle specie dell'area. *Rendiconti Seminario Facoltà Scienze Università Cagliari*, 57: 167-177, 1987.
- Crucitti P., Distribuzione altitudinale di *Rhinolophus ferrumequinum* e *Rhinolophus hipposideros* nel Lazio, Italia centrale. *Bollettino del Museo Civico di Storia Naturale di Verona*, 18. 227-233., 1994.
- Cumin G., Fenomeni di erosione alveolare nei dintorni di Canale Monterano (Lazio), *Boll. R. Soc. Geogr. It.*, Serie V, 10, Roma 1921.
- De Rita D., Il vulcanismo, da Guide Geologiche Regionali, vol. 5 Lazio, pp. 50-64, BE-MA ed., 1993.
- Deacon J.W., Micologia Moderna. Calderini edagricole, Bologna, 414 pp., 2000.
- Del Prete C., Tosi G., Orchidee spontanee d'Italia, 1988.
- Delforge P., Tyteca D., Orchidee d'Europa, 1984.
- Gulino G. e Dal Piaz G., I Chiroterteri Italiani. Elenco delle specie con annotazioni sulla loro distribuzione geografica e frequenza nella penisola. *Boll. Musei Zool. Anat. Comp.* Torino, 47: 61-103, 1939.
- I.U.C.N., Red List Categories. Prepared by IUCN Species Survival Commission. As approved by the 40th Meeting of the IUCN Council. Gland, Switzerland, 1994.
- Lanza B., Anfibi (pp. 105-134 e p. 174), Rettili (pp. 135-174). In: Tortonese E. & Lanza B., *Piccola Fauna Italiana: Pesci, Anfibi e Rettili*. Aldo Martello Editore, Milano, 185 pp., 1968.
- Lanza B., Anfibi, Rettili (Amphibia, Reptilia). *Guide per il riconoscimento delle specie animali delle acque interne italiane*. 27. [Collana progetto finalizzato "Promozione della Qualità dell'Ambiente" AQ/1/205]. Consiglio Nazionale delle Ricerche, Roma, VI+196 pp., 1983.
- Latella L., Di Russo C., De Pasquale L., Dell'Anna L., Nardi G., Rampini M., Preliminary investigations on a new sulfurous cave in central Italy. *Mem. Biospéologie* 26: 131-135, 1999.
- Latella L., La fauna cavernicola dei Monti Lepini. *Not. Circ. Speleol. Romano* 6-7 (1991-1992):77-119, 1995.
- Liuti A., Un nuovo ibrido naturale del genere *Ophrys* da Monte Angiano, in *Orchis* n. 73-74, luglio-agosto 1990: 106-107.

- Longo B., Notizie ecologiche su alcune felci del Lazio. *Nuovo Giorn. Botan. Ital.* 58, 1951.
- Mattias P. – Evidenze geologico minerarie della riserva naturale – in: AA.VV. : *Piano di assetto della riserva di Monterano*, Luglio 2003.
- Mattias P., Venriglia U., La regione vulcanica dei Monti Sabatini e Cimini. *Mem. Soc. Geol. It.* 9, 1970.
- Menegoni P., Fanelli G., Carta della vegetazione della Riserva Naturale Monterano, 1999.
- Menegoni P., Fanelli G., Le praterie della Riserva Naturale Monterano (Lazio settentrionale), *Archivio Geobotanico*, Vol. 3, n. 1, 1997.
- Montelucci G., Note preliminari sulla flora e sulla vegetazione della cerrete di Manziana e Canale Monterano, in: Ricerche ecologiche, floristiche e faunistiche nel comprensorio tolfetano-cerite-manziate. *Acc. Naz. dei Lincei. Quad.* 227, 1977.
- Moore-Landecker E., *Fundamentals of the Fungi*. PRENTICE-HALL, INC., Englewood Cliffs, N.J., 482 pp., 1972.
- Nicolai P., Fochetti R., Faunistica, fenologia ed ecologia dei Plecotteri dei Monti della Tolfa (Antiappennino laziale), in *Fragmenta Entomologica*, vol. 17, n. 1, pp. 51-64, 1983.
- Prola G., *Le farfalle dei Monti della Tolfa*, Roma 1987.
- Nicolai P., Sulla presenza di *Blepharicera fasciata fasciata* (Westwood) nell'Italia Centrale: osservazioni biologiche e biogeografiche, in *Rivista di Idrobiologia*, vol. 20, n. 2, pp. 485-489, 1981.
- Palladino S. (ed.), *Lista delle aree naturali protette in Italia. I edizione (aree regionali)*. C.N.R., Roma (serie di schede numerate), 1987.
- Pegler D.N., Laessøe T., Spooner B.M., *British PUFFBALLS, EARTHSTARS AND STINKHORNS-An account of the British gasteroid Fungi*. *Royal Botanic Gardens*, Kew, 255 pp., 1995.
- Pignatti S., *Flora d'Italia*, Edagricole, Bologna 1982.
- Pozzi G., *Insetti d'Italia e d'Europa, conoscerli e riconoscerli*, Milano, 1988.
- Rampini M., Di Russo C., Le Dolichopoda italiane con particolari riferimenti a *D. schiavazzii* del livornese. In: *Atti del 27° Corso di III livello SSI di Biospeleologia*. ARPAT; FST; SSI; GSAL; Livorno, 31-32, 2003.
- Ravizza C., Nicolai P., I plecoteri minacciati di estinzione nella regione italiana, in *Bollettino della Società Entomologica Italiana*, vol. 115, n. 4-7, pp. 70-78, 1983.
- Rittmann A., *I vulcani e la loro attività*, Cappelli, Catania 1972.
- Ruffo S., *La fauna delle caverne*. In: *La Fauna*, T.C.I., Milano, 1959.
- Sbordoni V., Osservazioni biogeografiche sulla fauna cavernicola dell'Appennino centrale. *Lavori Soc. It. Biogeogr.* (n.s.) (1973) 2: 594-614, 1971.
- Scaramella D., *Chiropteri italiani*. Ed agricole, Bologna, 1984.
- Selvi B., *Agrostis canina* L. subsp. *Monteluccii* subsp. Nova, *Webbia* 49, 1994.
- Spada F., Primi lineamenti della vegetazione del comprensorio tolfetano-cerite-manziate, "Ricerche ecologiche, floristiche, faunistiche del comprensorio tolfetano-cerite-manziate". *Acc. Naz. Lincei, Quad.* 227: 37-50, 1977.
- Spaziani T., *Brevi cenni sulle acque di Stigliano*, Roma 1907. Trevisan L., Giglia G., *Introduzione alla geologia*, Pacini Editore 1989.
- Toschi A., Lanza B., *Fauna d'Italia Mammalia (generalità; Insectivora; chiroptera)*, Bologna, 1959.
- Vanni S., Anfibi degli ambienti di grotta. In: *Atti del 27° Corso di III livello SSI di Biospeleologia*. ARPAT; FST; SSI; GSAL; Livorno, 39-44, 2003.
- Venriglia V., *Idrogeologia della Provincia di Roma*, vol. I, Regione Tolfetana, Roma 1988.
- Zapparoli M., Note sulla fauna delle cavità artificiali di Roma. *Notiz. Circolo spel. Romano*, 25: 27-57, 1980.
- Zenniter D., Tittoni A., *Osservazioni sulle acque termali sulfuree di Stigliano*, Roma 1852.

Il presente lavoro è stato svolto dai soci dello Speleo Club Roma.

Responsabile del progetto: Giorgio Pintus.

Attività esplorativa e rilevamento dei dati: Maurizio Barbati, Vito Mario Granito, Lucilla Lustri, Silvia Mogliazza, Giorgio Pintus, Maria Piro, Francesco Rossi, Luisa Stoppa.

Testi: Vito Mario Granito, Lucilla Lustri, Silvia Mogliazza, Giorgio Pintus, Maria Piro, Francesco Rossi, Luisa Stoppa.

Rilievi topografici: Maurizio Barbati, Lucilla Lustri, Giovanni Mecchia, Silvia Mogliazza, Giorgio Pintus.
Carta di distribuzione: Giovanni Mecchia.

Elaborazione grafica dei rilievi e della carta: Giovanni Mecchia.

Fotografie: Maurizio Barbati, Vito Mario Granito, Silvia Mogliazza.