

Quaderni del Museo di Storia Naturale

# LE MINIERE DI MAGNESITE DELL'AREA NORD DI CASTIGLIONCELLO: MASACCIO, CAMPOLECCIANO, ESCAFRULLINA





Finito di stampare novembre 2022 - 1a ristampa  
con i tipi di Edizioni Alando, Dimensione Stampa  
Associazione 'Amici della Natura, Rosignano'  
Museo di Storia Naturale di Rosignano  
Riproduzione vietata



[www.alando.it](http://www.alando.it)



**Quaderni del MuSNa**

**QUADERNI DEL MUSEO  
DI STORIA NATURALE DI ROSIGNANO - MuSNa**

# **LE MINIERE DI MAGNESITE DELL'AREA NORD DI CASTIGLIONCELLO: MASACCIO, CAMPOLECCIANO, ESCAFRULLINA**

## **AUTORI:**

Alessandro Lenzi (1), Edoardo Centrella (2), Valentina Domenici (3),  
Giacomo Cantini (4), Diego Scaramal (5), Roberto Rossi (8)

*Museo di Storia Naturale di Rosignano – MuSNa,  
Via Eduardo De Filippo, 6 57016 Rosignano M.mo*

(1) [alessandro.lenzi.esc@gmail.com](mailto:alessandro.lenzi.esc@gmail.com) [musrosi@gmail.com](mailto:musrosi@gmail.com)

(2) [e.centrella94@libero.it](mailto:e.centrella94@libero.it)

(3) [valentina.domenici@unipi.it](mailto:valentina.domenici@unipi.it)

(4) [info@comiedit.it](mailto:info@comiedit.it)

(5) [diego.scaramal@tin.it](mailto:diego.scaramal@tin.it),

(8) [rrrrs@hotmail.it](mailto:rrrrs@hotmail.it)

## Sommario

### LE MINIERE DI MAGNESITE DELL'AREA NORD DI CASTIGLIONCELLO:

|                                                                                            |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| MASACCIO, CAMPOLECCIANO, ESCAFRULLINA .....                                                | 5  |
| PREMESSA .....                                                                             | 5  |
| INQUADRAMENTO GEOGRAFICO .....                                                             | 5  |
| QUADRO GEOLOGICO DELL'AREA MINERARIA COMPRESA TRA "IL POGGIONE" E "POGGIO GINEPRAIA" ..... | 6  |
| ORIGINE E MECCANISMI DI FORMAZIONE DELLE SERPENTINITI DI CASTIGLIONCELLO .....             | 13 |
| ORIGINE E MECCANISMI DI FORMAZIONE DELLA MAGNESITE .....                                   | 14 |
| LE MINIERE DELL'AREA NORD DI CASTIGLIONCELLO .....                                         | 15 |
| MINIERA DEL MASACCIO DETTA MINIERA DI CASTIGLIONCELLO.....                                 | 16 |
| COSA RIMANE.....                                                                           | 26 |
| MINIERA DI CAMPOLECCIANO .....                                                             | 26 |
| LA MINIERA DI MACCHIA ESCAFRULLINA .....                                                   | 27 |
| L'INEVITABILE EPILOGO.....                                                                 | 28 |
| IL PROCESSO DI PRODUZIONE DEL MATERIALE REFRATTARIO DALLA MAGNESITE .....                  | 31 |
| GLI ASPETTI ECONOMICO-SOCIALI.....                                                         | 32 |
| ELENCO DELLE SPECIE MINERALI RINVENIBILI .....                                             | 36 |
| <i>Magnesite</i> $MgCO_3$ .....                                                            | 36 |
| <i>Melanoflogite</i> - $46(SiO_2) \cdot 6(CO_2, N_2) \cdot 2(CH_4, N_2)$ .....             | 37 |
| <i>Volkonskoite</i> - $Ca_{0.3}(Cr, Mg, Fe)_2(Si, Al)_4O_{10}(OH)_{24}H_2O$ .....          | 46 |
| <i>Cinabro</i> - $HgS$ .....                                                               | 46 |
| <i>Opale e Calcedonio</i> - $SiO_2$ .....                                                  | 47 |
| Bibliografia .....                                                                         | 48 |



# LE MINIERE DI MAGNESITE DELL'AREA NORD DI CASTIGLIONCELLO: MASACCIO, CAMPOLECCIANO, ESCAFRULLINA

## Premessa

L'area a nord di Castiglioncello ha ospitato nei primi anni del 1900 alcune attività minerarie di estrazione di magnesite che hanno conosciuto momenti di grande rilevanza sia in Italia che all'estero. Sebbene l'argomento sia stato ampiamente trattato sia dal punto di vista storico che mineralogico, questo lavoro ha l'ambizione di costituire una breve nota di compendio sui luoghi e la storia che sono legati alle attività estrattive della magnesite includendo alcuni contributi conoscitivi originali.

## Inquadramento geografico

L'area delle ex miniere di magnesite si estende tra le pendici di Monte Pelato, a nord di Castiglioncello con il giacimento di Masaccio, dal nome del botro che attraversa il giacimento, noto anche come miniera di Castiglioncello e prosegue in direzione nord sino all'area della miniera di Campolecciano a circa 2 km dalla costa, a nord-ovest di Poggio San Quirico, in corrispondenza della riva sinistra del Botro Fortulla. Un terzo giacimento si trova ancora più a nord, talvolta segnalato come miniera di Macchia Escafrullina, in corrispondenza della sorgente del Botro Fortulla, a circa 2 km a sud del paese di Nibbiaia e 1 km a nord di Poggio San Quirico.

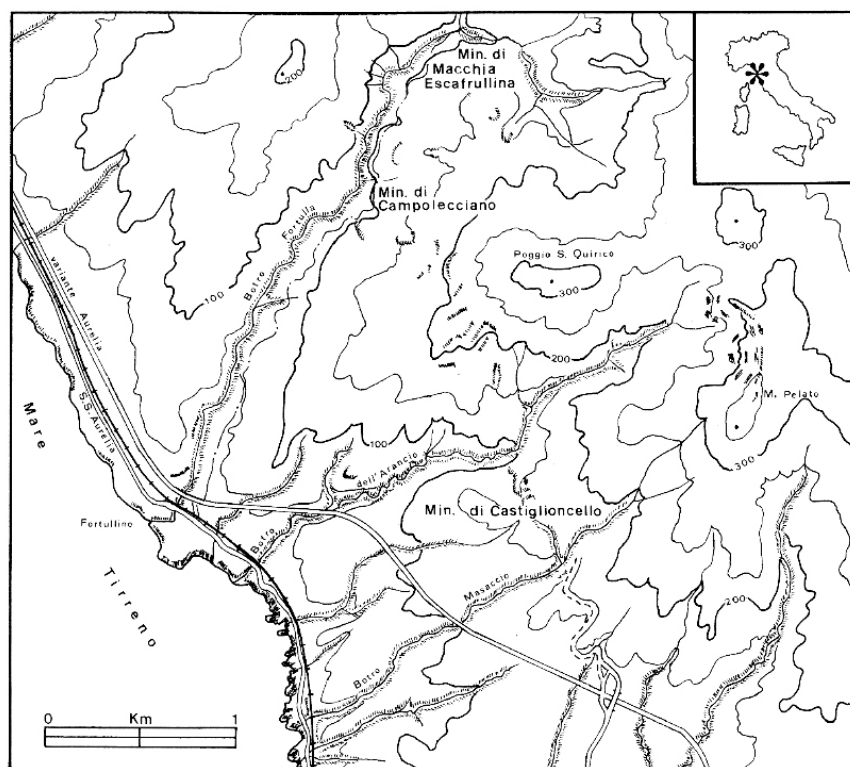


Figura 1: area delle miniere di Masaccio (Castiglioncello), Campolecciano (Fortullino) e Macchia Escafrullina. Da Bracci e Orlandi (1985) [1].

## Quadro geologico dell'area mineraria compresa tra “Il Poggione” e “Poggio Ginepraia”

Per comprendere meglio le formazioni rocciose e le strutture tettoniche che caratterizzano il nostro territorio si deve percorrere a ritroso la storia geologica del nostro paese sino a circa 230 milioni di anni fa quando un oceano in neoformazione, la Tetide, separava il continente europeo da quello africano [2]. Intorno ai 150 milioni di anni fa le lacerazioni della litosfera del proto-oceano sono intense a tal punto da permettere al magma di risalire in superficie ed eruttare sul fondale. Man mano che i continenti si allontanavano e l'oceano si estendeva si venne a formare una serie di ambienti diversi a partire dal margine dei continenti sino alle porzioni centrali dell'oceano. Le rocce magmatiche di fondo oceanico e quelle sedimentarie che lo ricoprivano caratterizzano attualmente il panorama geo-morfologico del nostro territorio.

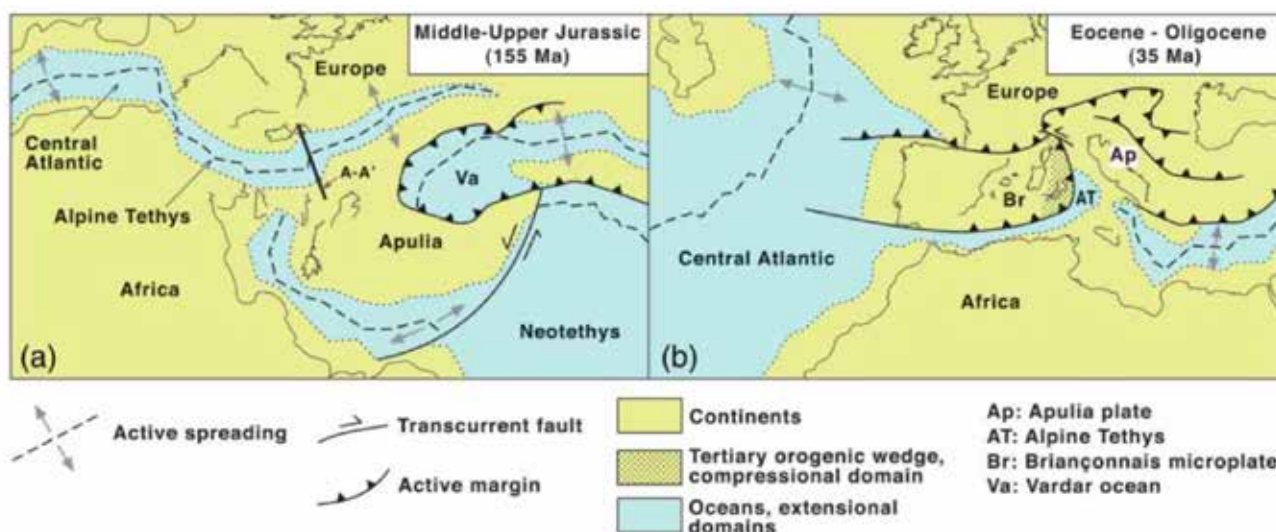


Figura 2: ricostruzione dell'area Mediterranea occidentale. L'oceano Tetide è indicato come AT (Alpine Tethys). Carmignani et al. 2013 [3].

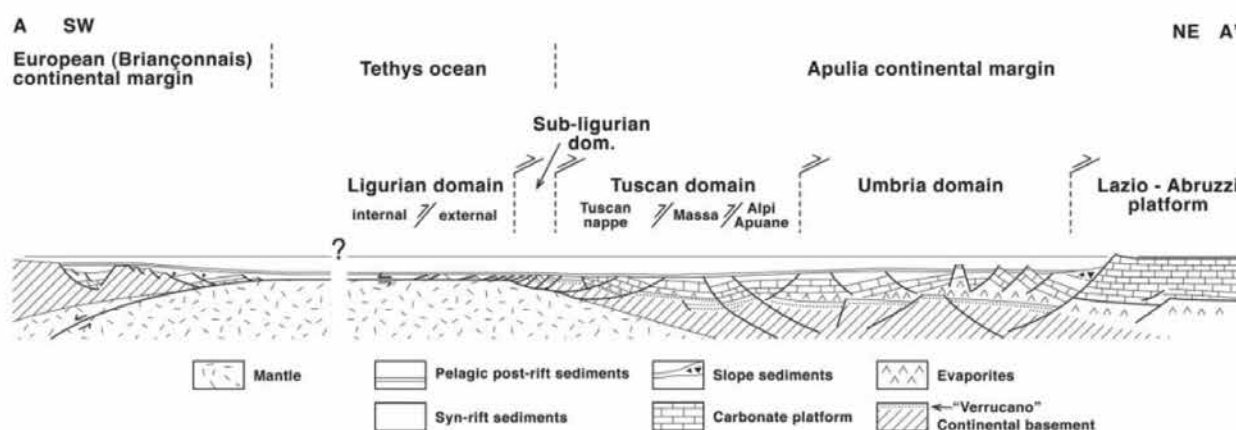


Figura 3: sezione A – A' della figura 1. Vengono mostrati i diversi ambienti deposizionali che hanno dato origine alle rocce attualmente affioranti nel nostro territorio. Carmignani et al. 2013 [3].

Potremmo riassumere gli ambienti deposizionali come di piattaforma continentale e oceanico. Nella prima si hanno sedimenti di ambiente poco profondo e frequentemente organogeno (abbondano perciò i calcari), ma ci sono anche zone che risentono di un apporto sedimentario continentale. Nel secondo caso è tipica la presenza di un substrato

di crosta oceanica (rocce magmatiche quali basalti e gabbri) nonché, addirittura, rocce provenienti dal mantello superiore. Su queste rocce poggia una copertura sedimentaria di ambiente profondo (argilloso – calcarea) sin dall'inizio.

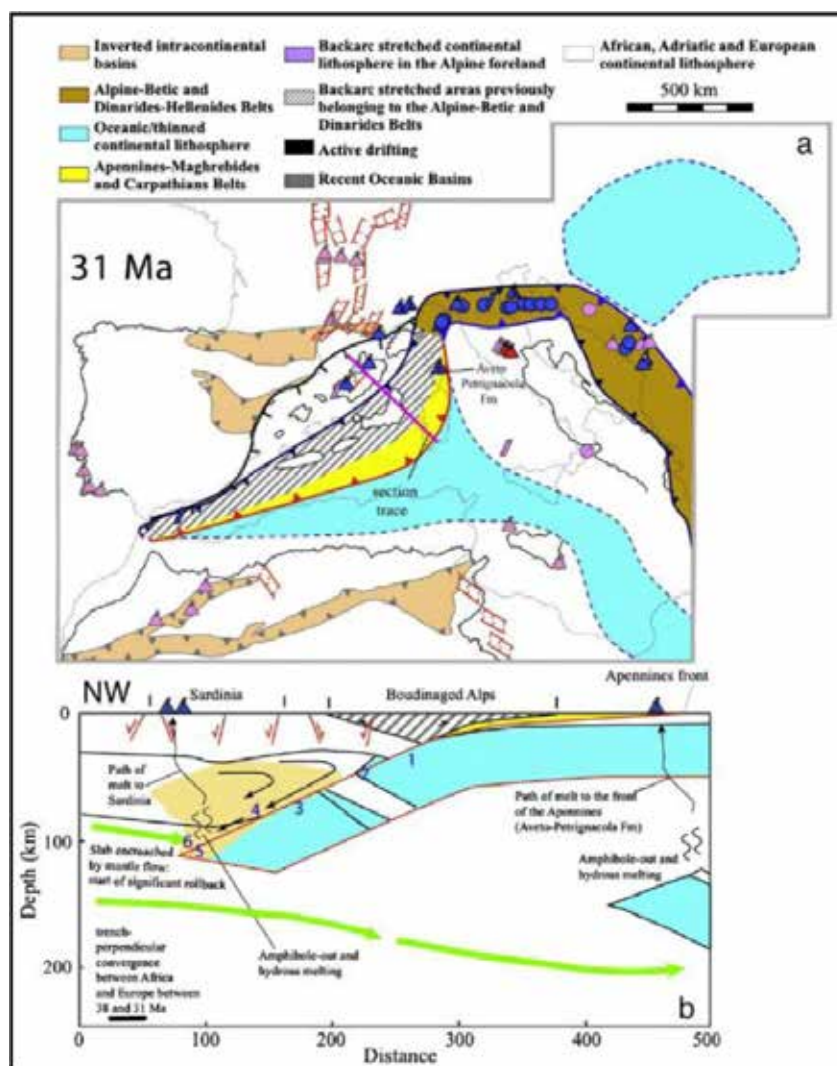


Figura 4: ricostruzione geodinamica del panorama mediterraneo a 31 milioni di anni. La linea rossa indica il fronte di subduzione tra la porzione occidentale della Tetide (celeste) e il margine europeo. Carminati et al. 2012 [4].

formazione degli Appennini e alla messa in posto delle attuali formazioni rocciose toscane. La polarità del processo di subduzione si inverte, ovverossia, se prima era la crosta europea a subdurre al di sotto dell'Africa, adesso è la crosta africana e subdurre sotto quella europea. In aggiunta a questo fenomeno la placca africana, in particolare la porzione occidentale della Tetide, è stata caratterizzata da un *roll-back*. In breve, la placca in subduzione si muove in basso e verso l'interno della placca stessa. Questo importante fenomeno causò la migrazione verso est del fronte in subduzione e comportò uno stiramento delle porzioni a monte della zona di subduzione (figura 4). Si stava formando la catena appenninica.

Lo stiramento della crosta a sud del margine francospagnolo comporta la formazione di nuovi bacini che evolvono in oceani e causa lo spostamento di ingenti porzioni di crosta come il blocco sardocorso che sembra aver compiuto una rotazione antioraria sino alla sua attuale posizione.

La migrazione verso est del fronte appenninico (nonché fronte di subduzione tra la porzione occidentale della Tetide e il margine continentale europeo) ha causato il "corru-

Questo panorama paleoambientale viene sconvolto da un evento di fondamentale importanza: l'orogenesi alpina. In breve, la placca tettonica europea si incunea e subduce (dal termine subduzione che indica lo scorrimento di una placca litosferica sotto un'altra placca ed il suo conseguente trascinalamento in profondità nel mantello) al di sotto di quella africana. Questo processo sembra abbia avuto inizio all'interno dell'oceano Tetide, prendendo il nome di subduzione intraoceanica. Questo fenomeno porta alla chiusura della porzione orientale della Tetide con conseguente deformazione e corrugamento delle rocce che caratterizzavano l'oceano. L'impilamento e le deformazioni comportano un inspessimento crostale che si traduce con la formazione di una catena montuosa.

Al passaggio Eocene – Oligocene (34 milioni di anni) si assiste all'inizio di un importante evento che porterà alla

gamento” di ciò che rimaneva della Tetide e la costruzione della catena appenninica. In particolare, a partire dal Miocene, l'insieme delle unità dette liguri (ovverossia le unità di rocce oceaniche magmatiche e la loro copertura sedimentaria) si “accavallano” al di sopra del margine continentale toscano. Si verifica, a causa di eventi tettonici, un raddoppio della serie toscana la cui porzione superiore prenderà il nome di Falda Toscana (figura 4).

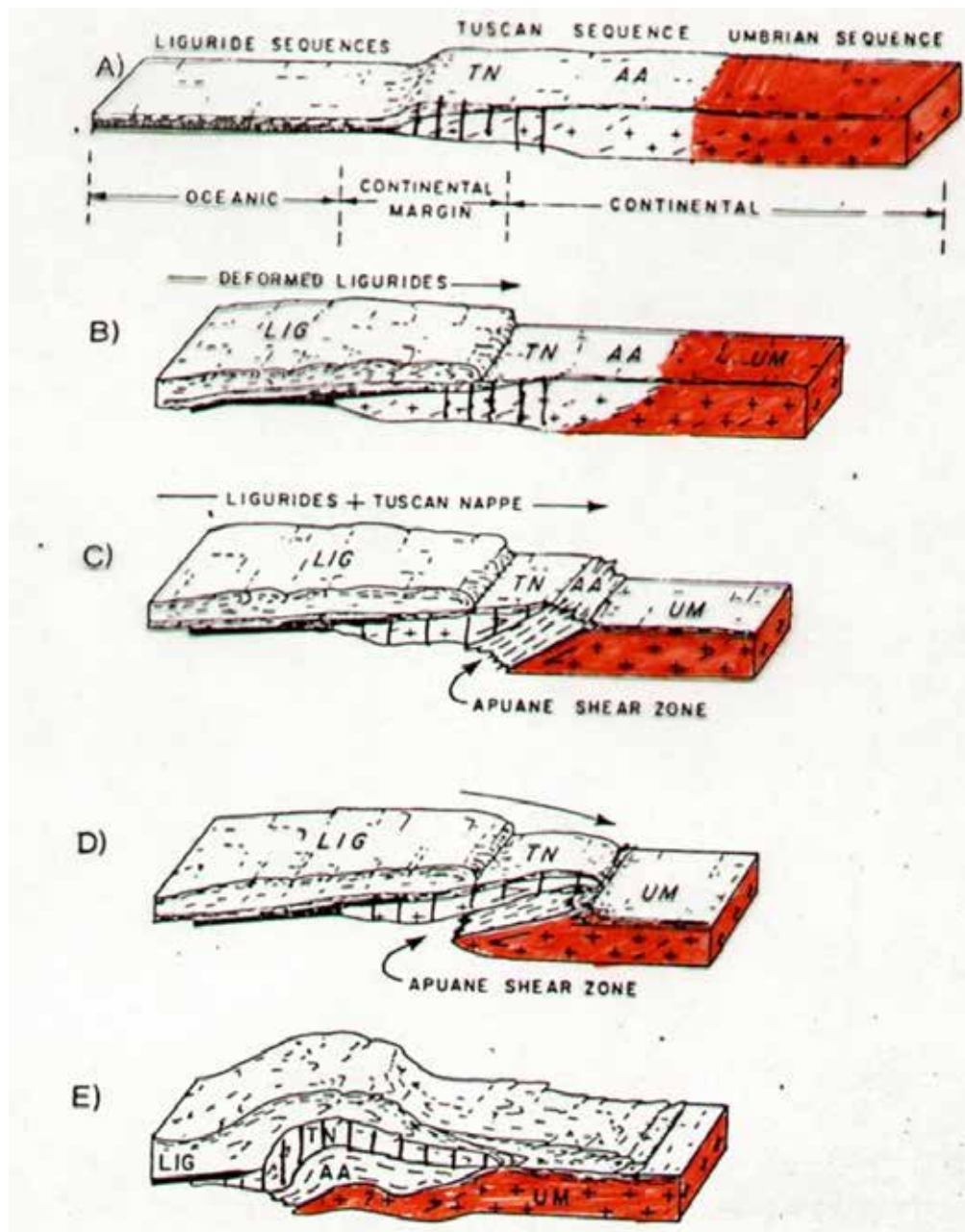


Figura 5: ricostruzione della messa in posto delle falde appenniniche.

In figura 6 è visibile un quadro della situazione a cinque milioni di anni fa. Lo stiramento della crosta a monte del fronte appenninico ha permesso anche la formazione di bacini oceanici tra il blocco sardocorso e la penisola italiana, come il Mar Tirreno. Si viene così a strutturare un edificio a falde o, come precedentemente chiamate, “coltri” tettoniche. Alla base è presente lo “zoccolo continentale” o basamento, ricoperto dalle unità toscane che in parte sono andate incontro a processi di metamorfismo ed infine le unità liguri che sigillano la catena. Queste unità riflettono, per così dire, i vari ambienti deposizionali, e quindi le relative formazioni rocciose, descritti precedentemente.

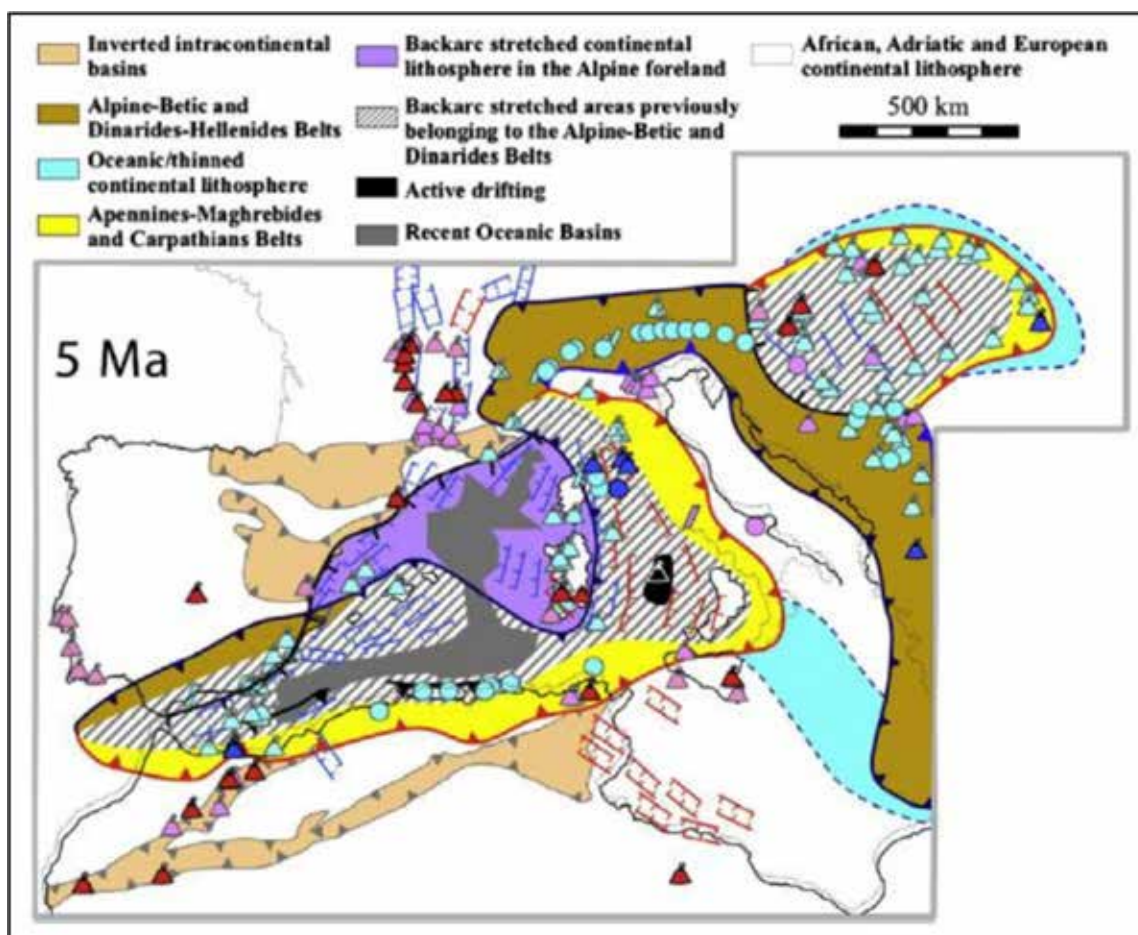


Figura 6: ricostruzione del Mediterraneo centrale a 5 milioni di anni fa. La linea rossa indica il fronte appenninico. Carminati et al. 2012 [4].

A partire dal Miocene superiore (Tortoniano, 7,2-11,6 milioni di anni) la migrazione del fronte appenninico si è arrestata e la penisola va incontro a una fase non più compressiva ma distensiva. Questa ha permesso la formazione di numerosi bacini di sedimentazione e zone rimaste elevate (pilastrì tettonici), una morfologia correlabile a quella a *horst* e *graben* (figura 6). La genesi dei pilastrì tettonici separati mediante faglie dirette dai relativi *graben*, è un importante aspetto che caratterizza l'area di interesse minerario protagonista di questo lavoro.

L'area in esame è difatti caratterizzata da grandi sistemi di faglie dirette (SW e E – NE vergenti) con orientamento SE – NW per il lato occidentale e N – S per la porzione orientale. Questi sistemi di faglia, a cui si associano altre faglie parallele, mettono in contatto unità geologiche diverse. In particolare, le faglie normali legate alla fase distensiva post - appenninica hanno messo in continuità laterale le rocce appartenenti all'unità tettonica di Santa Fiora con le serpentiniti e queste con le argille a palombini che in origine erano sovrascorse. Tutte le unità appena citate appartengono al dominio ligure, caratterizzante quindi le rocce di fondo oceanico e le relative coperture. Appartenenti all'unità di Santa Fiora, in quest'area, affiorano: il membro del Fortulla (argilliti del Fortulla) e la formazione di Monte Morello (flysch di Poggio San Quirico), rispettivamente in ordine stratigrafico. Tracciando un profilo lungo l'asse "Il Poggione – Poggio San Quirico–Monte Pelato", la struttura messa in evidenza dagli affioramenti è costituita da due anticlinali che racchiudono una sinclinale asimmetrica, la quale corrisponde all'alto morfologico del Poggio San Quirico. In loco affiora la formazione di Monte Morello (figura 9).

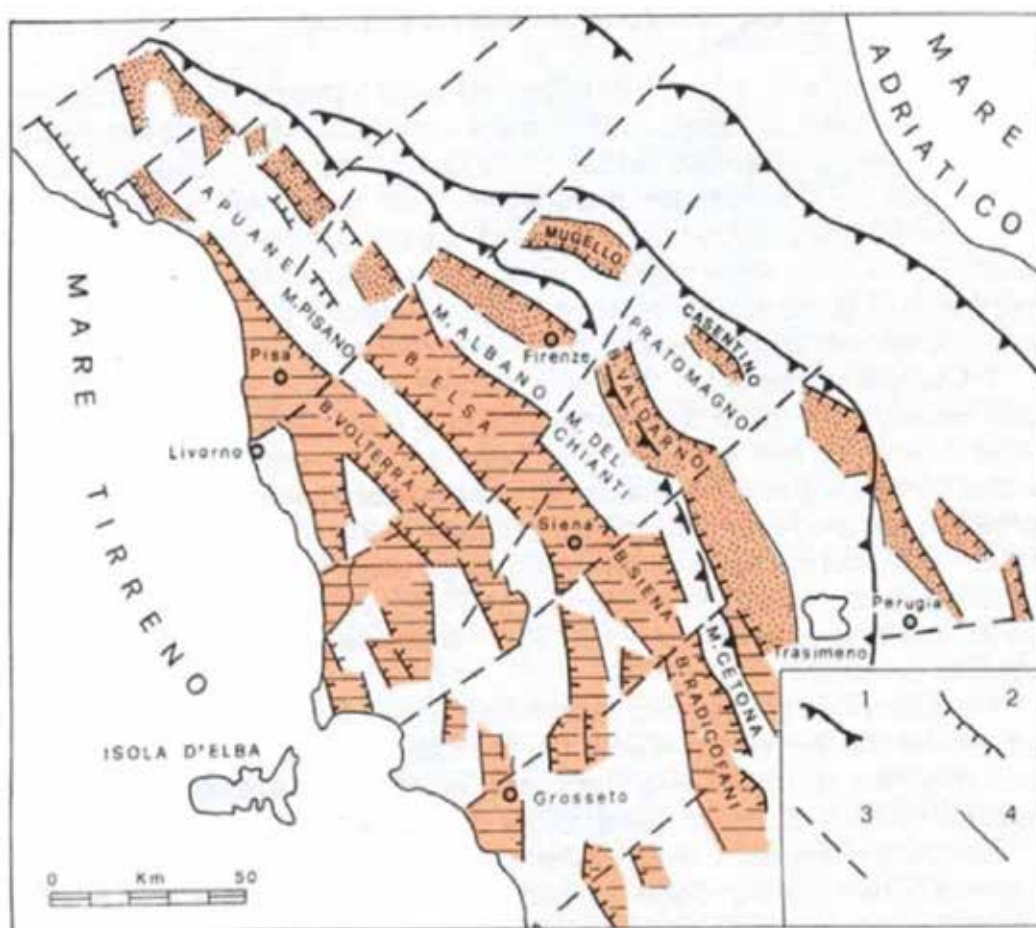


Figura 7: distribuzione dei principali bacini post-orogeni dell'Appennino settentrionale. In rigato sono indicati i bacini mio-pliocenici con depositi continentali e marini, in puntinato i bacini plio-pleistocenici con sedimenti continentali fluvio-lacustri. 1) principali fronti di accavallamento delle unità tettoniche appenniniche; 2) faglie principali al bordo dei bacini; 3) linee tettoniche trasversali; 4) faglie minori al bordo dei bacini. (da Martini & Sagri, 1993). Tratto da: Pandeli [5].

I termini sinclinale e anticlinale si riferiscono a pieghe che interessano i sedimenti, in questo caso dell'unità di Santa Fiora. Per sinclinale si intende una piega i cui sedimenti più recenti si trovano nella porzione più interna (piegata), mentre un'anticlinale ha al suo interno rocce più antiche. La formazione di queste pieghe è da imputarsi alle importanti deformazioni che hanno subito queste rocce durante il processo di traslazione dalla loro posizione originaria a quella attuale. Un elemento interessante riguarda il contatto stratigrafico tra le argilliti del Fortulla e la formazione di Monte Morello. Tra di loro vi è una lacuna di sedimentazione. Difatti le prime sono datate al Cretaceo superiore, mentre la seconda al Paleocene medio, con una lacuna corrispondente al Paleocene inferiore. Le lacune stratigrafiche indicano lassi temporali in cui è assente la sedimentazione che nel nostro caso riprende poi con sedimenti di natura differente. Questo a testimonianza di un cambio nell'antico oceano Tetide dove alcune porzioni erano andate in emersione per cause tettoniche generando depositi franosi (*flysh*).

L'area compresa tra l'asse Bocca di Chioma–Il Poggione–Poggio Scadanibbio e l'asse Castiglioncello–Rosignano corrisponde quindi ad un pilastro tettonico apparentemente “emerso” in seguito alla genesi delle faglie dirette, la cui culminazione tettonica è rappresentata dagli affioramenti di Poggio San Quirico. Le faglie normali hanno agito da vie preferenziali per la risalita di fluidi riscaldati dal gradiente geotermico anomalo della zona. La circolazione idrotermale di tali fluidi in prossimità delle faglie ha permesso l'alterazione del serpentino a magnesite, in seguito protagonista di attività estrattive minerarie.



Figura 8: argilliti rosse e verdi del Fortulla affioranti in località "Il Fortullino". Foto di Edoardo Centrella.

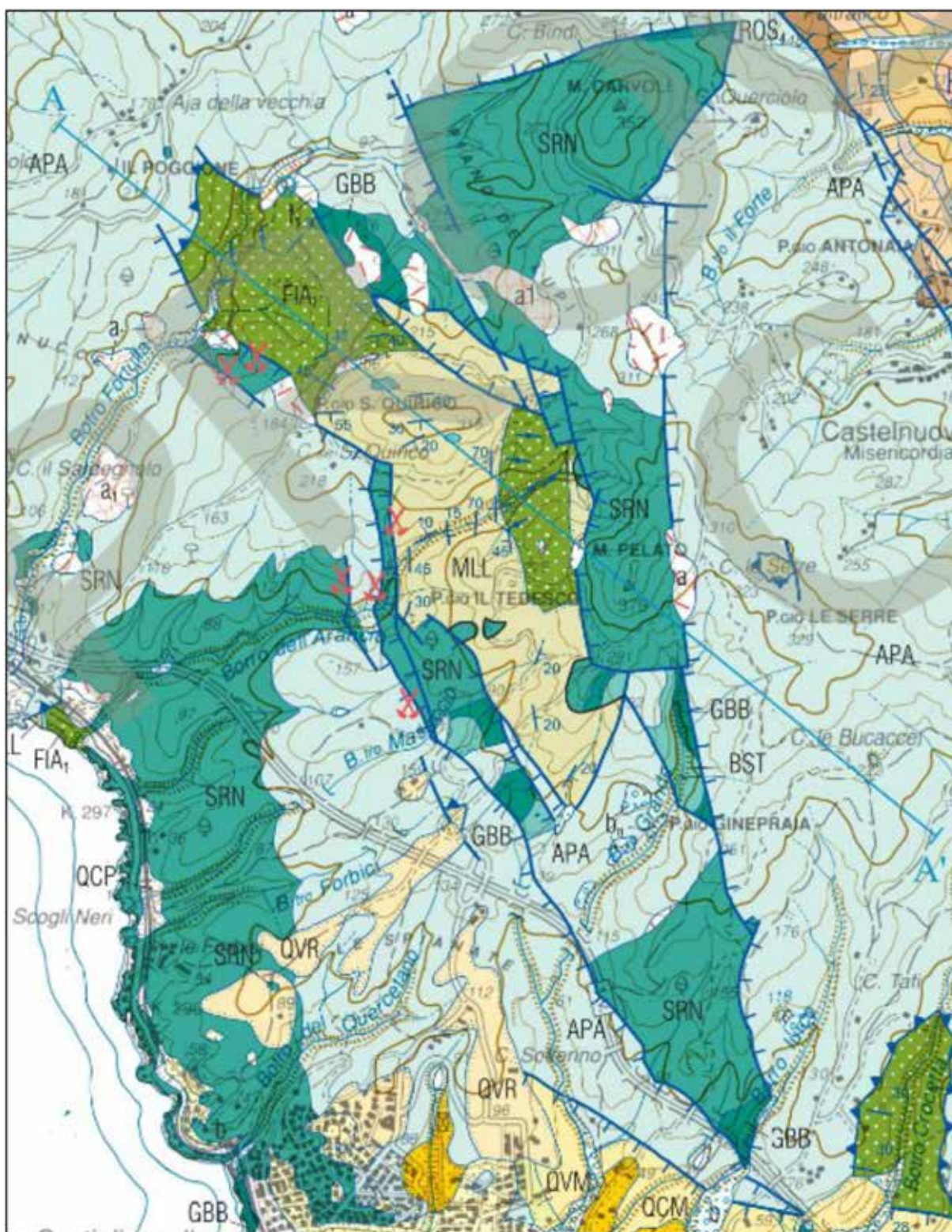


Figura 9: porzione del foglio 284 [6] di Rosignano Marittimo. Progetto CARG [7]. I colori e le sigle indicano varie litologie. La sigla SRN: serpentiniti (Giurassico medio), GBB: gabbri (Giurassico medio), BST: basalti (Giurassico superiore), FIA: membro del Fortulla (argilliti rosse e verdi in cui si intercalano siltiti e rocce calcaree, il membro è databile al Cenomaniano), MLL: formazione di Monte Morello (calcari grigi a grana fine, calcari marnosi, calcareniti, marne e argilliti, databili al Pleocene medio – Eocene medio), APA: argille a palombini (calcilutiti color grigio ferro in

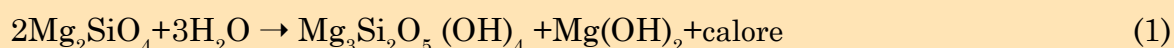


alternanza a argilliti grigio-marroni o nere, databili al Cretaceo inf.). Per la legenda vedere figura 10.

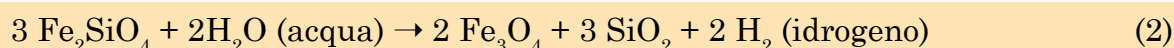
Figura 10: sezione A – A' visibile in figura 9. Si possono osservare le pieghe citate nel testo che interessano sia le argilliti del Fortulla che la formazione di Poggio San Quirico. Inoltre, sono messe in evidenza le faglie dirette che ribassano le serpentiniti e le argille a palombini. APA: argille a palombini, FIA: membro del Fortulla, BST: basalti, MLL: formazione di Monte Morello, SRN: serpentiniti. Tratto da Progetto CARG.

## Origine e meccanismi di formazione delle serpentiniti di Castiglioncello

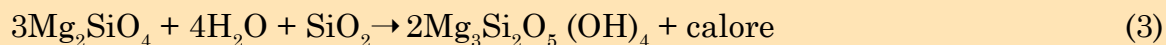
I serpentini dell'area di Castiglioncello sono datati a circa 150 milioni di anni e si ipotizza si siano formati in un ambiente di fondo oceanico correlabile all'oceano Tetide. Per un mero approfondimento petrologico si tratta di lherzoliti serpentinite [8]. Queste rocce di mantello sono probabilmente emerse sul fondo oceanico o perlomeno si trovavano a livelli superficiali tali da permettere il processo metamorfico di serpentizzazione. Il silicato di magnesio della roccia serpentinite deriva dalla azione metamorfica, operata da acque calde in pressione, a temperature intorno ai 600°C su rocce probabilmente riferibili a peridotiti [9]. Le serpentiniti sono rocce ricche in minerali di magnesio e di ferro dove i due elementi si trovano legati a gruppi silicei che nel magma originario non furono in quantità tale da cristallizzare in modo indipendente (cioè sotto forma di quarzo, totalmente assente in queste rocce). Esse si possono considerare il prodotto di un processo, detto appunto di "serpentizzazione", avvenuto nelle peridotiti in un ambiente idrato e a temperature, secondo gli autori Bowen & Tuttle (1949) [10], comprese fra i 500-350°C. Le peridotiti, a loro volta, sono composte principalmente da una associazione di olivina, detta anche peridoto, costituita da una miscela isomorfa di silicati di magnesio e di ferro i cui estremi composizionali sono rispettivamente la forsterite  $Mg_2SiO_4$  e la fayalite  $Fe_2SiO_4$ . Il processo di serpentizzazione avviene con un aumento di volume (accompagnato eventualmente da una rimozione, in soluzione, di parte della roccia originaria. In ogni caso le serpentiniti sono il risultato di azioni di metamorfismo su rocce peridotitiche, secondo lo schema proposto da Daville e Prinzhofer [11]:



Nel caso sia presente una frazione di fayalite la reazione può procedere secondo lo schema:



Ed eventualmente, la silice così prodotta reagire ulteriormente e produrre serpentino:



Nelle equazioni sopra riportate le formule chimiche corrispondono alle seguenti specie mineralogiche:

|                                                 |                              |
|-------------------------------------------------|------------------------------|
| $\text{Mg}_2\text{SiO}_4$                       | - forsterite                 |
| $\text{Mg}_3\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$ | - serpentino                 |
| $\text{Mg}(\text{OH})_2$                        | - brucite                    |
| $\text{Fe}_2\text{SiO}_4$                       | - fayalite                   |
| $\text{Fe}_3\text{O}_4$                         | - magnetite                  |
| $\text{SiO}_2$                                  | - silice (calcedonio, opale) |

Sostanzialmente, magnesio e ferro possono sostituirsi nel reticolo dell'olivina in rapporti continuamente variabili tra i due estremi forsterite-fayalite. La frazione di olivina contenente ferro può generare altre reazioni insieme alla serpentinizzazione quali ad esempio di formazione di magnetite ed idrogeno [12] mentre il termine puro magnesiano procede con le reazioni di formazione (1) e (3).

Il processo di serpentinizzazione costituisce un vero e proprio fenomeno di metamorfismo delle rocce mentre la carbonatazione dei serpentini, pur essendo a tutti gli effetti un processo metamorfico, per le basse temperature a cui avviene e, soprattutto per il volume relativamente ridotto della roccia interessata, viene più propriamente indicato con il termine metasomatismo, ovvero come una alterazione chimica in cui i gruppi silicato ed ossidrilici del minerale serpentino sono sostituiti da gruppi carbonato. Nell'area dei giacimenti minerari a nord di Castiglioncello i fenomeni di metamorfismo che hanno portato alla formazione dei serpentini e la loro successiva alterazione chimica sono avvenuti in tempi e in luoghi diversi. I serpentini sono datati a circa 150 milioni di anni fa e si sono formati in un letto oceanico dell'antica Tetide e quindi prima del loro collocamento attuale mentre la magnesite si è formata sulle rocce messe in posa in questa area.

## Origine e meccanismi di formazione della magnesite

Il minerale magnesite è un carbonato di magnesio che si forma tipicamente dalla alterazione chimica delle cosiddette rocce verdi (gabbri, serpentini e diabase), in particolare nelle rocce serpentinosi, ad opera di acque ricche in anidride carbonica ( $\text{CO}_2$ ). La reazione che porta alla formazione della magnesite in queste rocce, prendendo come esempio la roccia serpentinite e, in particolare il minerale in essa contenuto, che da questo tipo di roccia prende il nome, ovvero il serpentino ( $\text{Mg}_3\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$ ), può essere così schematizzata:

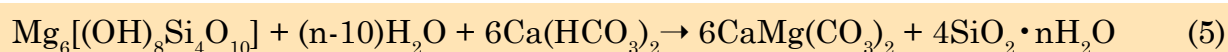


I silicati di magnesio mostrano un ampio intervallo di temperature alle quali possono originare magnesite, per reazione diretta con anidride carbonica o per azione di sue soluzioni [13,14]. La magnesite è anche il carbonato di magnesio più stabile in tutte le condizioni [15,16]. Fattori legati alla cinetica di formazione del minerale dalle sue soluzioni stabilizzano lo ione magnesio idrato rendendo lenta la sua trasformazione in carbonato a favore della formazione di carbonati idrati quali ad esempio la idromagnesite  $\text{Mg}_5(\text{CO}_3)_4(\text{OH})_2 \cdot 4(\text{H}_2\text{O})$  che successivamente evolve a carbonato di magnesio.

La magnesite dei depositi magnesiferi toscani si è formata probabilmente a temperature medio basse non ancora ben definite ma che potrebbero essere superiori ai 60-120°C tramite la formazione di carbonati idrati di magnesio intermedi come ipotizzato da Boschi et al [17] per il giacimento del tutto analogo a quello di Castiglioncello, dell'area di Malentrata, presso Canneto (PI).

La formazione di magnesite è più recente e si colloca successivamente alla messa in posa dei serpentini con la loro interazione con fluidi idrotermali. A partire dal Miocene superiore (10 – 5 milioni di anni fa), una complessa fase distensiva distribuita con variabilità nello spazio e nel tempo ha prodotto le faglie in cui è avvenuta la carbonatazione dei serpentini. Schematicamente i processi che sono avvenuti sono la formazione di silicati di magnesio basici come ad esempio la idromagnesite ( $\text{Mg}_5(\text{CO}_3)_4(\text{OH})_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ ), secondo quanto riportato nel riferimento [17] che successivamente sono evoluti a magnesite o processi che implicano la presenza di acque contenute calcio che producono dolomite.

La carbonatazione dei serpentini ad opera di acque circolanti di bassa termalità ricche di anidride carbonica è quella riportata nella equazione (4), mentre quando le acque circolanti trasportano del calcio sotto forma di bicarbonato di calcio solubile si può avere una reazione secondaria con la formazione di dolomite, carbonato di calcio e magnesio:



In tutti i casi riportati le reazioni chimiche che avvengono portano alla formazione, oltre ai carbonati di magnesio e calcio/magnesio, di silice ( $\text{SiO}_2$ ) che a seconda delle condizioni di formazione può presentarsi in forma amorfa, ovvero priva di struttura cristallina e riconoscibile come minerale opale, o in forma cristallina come quarzo, sia nelle forme di quarzo cristallino vero e proprio, sia come varietà calcedonio ovvero in forma di quarzo microcristallino. Il quarzo nel giacimento di Malentrata sopra menzionato è presente in abbondanza insieme alla magnesite e ha dato vita anche a magnifiche cristallizzazioni di calcedoni policromi che, a suo tempo, non sfuggirono all'attenzione dell'opificio delle pietre dure di Firenze, attivo già in epoca rinascimentale, che ne ha fatto uso per secoli per produrre tra i più bei intarsi che si possono ammirare in pareti e tavoli in pietra in vari musei italiani. Nel caso di Castiglioncello la silice formata, che ha una certa solubilità in acqua, è quasi completamente scomparsa trasportata dalle acque circolanti lasciando rare tracce di opale con una singolare eccezione data dal minerale a base silice denominato melanoflogite che ha reso questi giacimenti una meta apprezzata dai cercatori e collezionisti di tutto il mondo [18].

## Le miniere dell'area nord di Castiglioncello

Nella parte meridionale dei Monti Livornesi, tra Campolecciano e Castiglioncello, sono state attive miniere di giacimenti filoniani di magnesite ( $\text{MgCO}_3$ ) in modo continuativo tra il 1914 e il 1929 e saltuario fino al 1939; nel 1938 furono iniziate ricerche per la coltivazione di un solfuro di ferro in località Macchia Escafrullina, poco lungi dalle miniere precedenti. In quest'ultima località il minerale era costituito in prevalenza da pirite ( $\text{FeS}_2$ ), cristallizzata nel sistema cubico, e subordinatamente da marcasite ( $\text{FeS}_2$ ), cristallizzata nel sistema rombico. Di queste imprese, definitivamente chiuse con il sopraggiungere della seconda guerra mondiale, hanno dato particolareggiati resoconti i livornesi dott. G. Bracci e il prof. P. Orlandi nell'ambito delle attività del Museo di Storia Naturale di Livorno (Suppl. 1, vol. 6, 1986) e il dott. A. Fei con "Storia mineraria dei Monti Livornesi: l'escavazione della magnesite di Castiglioncello (LI)" e con "Un esempio di «virtuosismo minerario autarchico» l'escavazione della marcassite (pirite melnikovi-

tica) della Macchia Escafrullina – Monti Livornesi (1938-1942)” entrambi nella collana dei Nuovi Studi Livornesi, rispettivamente del 1999 e del 2002-2003. La minerogenesi di tutti questi giacimenti è stata attribuita da G. Marinelli (“Il giacimento di “marcasite” e magnesite nelle serpentine di Macchia Escafrullina (Rosignano M.mo)”. Atti Soc. Tosc. Sc. Nat., Mem., A, 62, 1955) all’azione idrotermale di acque, particolarmente ricche in anidride carbonica e in minor quantità in acido solfidrico, risalite lungo le faglie distensive collegate con i filoni. (Nota di Renzo Mazzanti su: *Raccolta antologica studi livornesi* [19]).

## Miniera del Masaccio detta miniera di Castiglioncello

Il giacimento di Masaccio, detto anche Miniera di Magnesite di Castiglioncello, insieme a quello di Campolecciano, situato più a nord, riveste un notevole interesse storico nel territorio del comune di Rosignano Marittimo. Per la precisione, la miniera di Castiglioncello, alle pendici di Monte (Poggio) Pelato, situata tra Poggio Masaccio e l’omonimo botro fu aperta nel 1914 e attraversò alterne vicende tra momenti di grande espansione, con l’apice della produzione raggiunto nel 1919, e momenti di crisi, segnati dal passaggio della proprietà alla vicina concessionaria Lavelli nel 1929, a cui segue il lento declino che la porterà alla chiusura definitiva avvenuta nel 1943. Lo stesso dicasi per la miniera di magnesite di Campolecciano, sulle pendici occidentali di Poggio San Quirico e in prossimità del Botro Fortulla, aperta nel 1914 e chiusa, dopo alterne vicende, quasi definitivamente nel 1939 sino alla definitiva chiusura mineraria avvenuta nel 1943. Ma la storia di queste e di altre cave di estrazione nella stessa zona è ben più complessa e articolata, come si vede dallo schema riportato a fine paragrafo, dove viene riportato un breve excursus della storia dell’industria mineraria di Castiglioncello a partire dall’inizio del xx secolo che chiude questa breve carrellata sui giacimenti di magnesite [20,21] a Castiglioncello, mentre per un dettagliato approfondimento si rimanda ai trattati di A. Fei [22,23] (1999-2002/2003).



Località Le Forbici - Foto Aereonautica Militare - 30 agosto 1926

Figura 11: foto “militare” scattata dall’Aereonautica Militare nella quale si vede (oltre all’Aurelia ed al tracciato ferroviario) a destra anche il complesso “industriale” per la lavorazione della magnesite estratta nelle vicine cave/miniere di Campolecciano # 30 agosto 1926, foto-archivio Renzo Casagrande.

L'attività estrattiva in miniera, e di lavorazione nella piccola fabbrica situata sulla costa a nord di Castiglioncello, costituì uno dei primi esempi di industria nel Comune di Rosignano. Il minerale veniva utilizzato per la produzione di porcellane, ma soprattutto materiali refrattari, utili per rivestire internamente gli altoforni per la produzione di ghisa, acciaio e altri materiali.

Dalla relazione di Aloisi [24] del 1919 si può dedurre l'attenzione dell'Italia intera al tema dei refrattari, produzione importante per assicurare una indipendenza rispetto a materiali provenienti dall'estero:

*Nei monti livornesi i due giacimenti fino ad ora sfruttati sono vicinissimi tra di loro, tanto che possono anche esser considerati come un giacimento solo, e sono situati a distanza relativamente breve dal mare, fra le stazioni ferroviarie di Quercianella e di Castiglioncello. Quello più meridionale è stato scoperto per primo e brevi notizie su di esso si hanno in una nota di G. D'Achiardi ed anche nel lavoro, prima ricordato, dello Stella; il giacimento, detto di Castiglioncello, ha apparentemente forma filoniana ed è costituito da vari tipi di minerale, generalmente brecciati, ma ora più compatti e più puri, ora cariatati e giallastri, con maggior copia di impurità, specialmente silice e calce. Lo sfruttamento avviene per la massima parte in galleria ed il materiale estratto vien trattato in uno stabilimento sul posto o spedito altrove. La produzione si aggira sulle 26,000 tonnellate.*

*Il vicino giacimento di Campolecciano è situato a settentrione del precedente e si presentò dapprima in forma un poco diversa; anche qui si avevano dei filoni relativamente potenti ma assai meno regolari che a Castiglioncello ed intrecchianti in vario modo tra di loro: si aveva quasi, in grande, la riproduzione del modo di presentarsi della magnesite all'Elba. Con il proseguimento dei lavori però, l'analogia con il giacimento di Castiglioncello è andata crescendo, i filoni si sono fatti più regolari man mano che le ricerche son divenute più profonde, cosicché la supposizione, alla quale ho accennato poc'anzi, che i due giacimenti sieno in realtà uno in dipendenza dell'altro, acquista sempre maggior verosimiglianza. A Campolecciano, fino ad ora, lo sfruttamento è stato fatto più che altro a giorno, ma attualmente si stanno attivando i lavori per procedere anche qui in galleria; la produzione è per ora di 5-6000 tonnellate annue.*

*La genesi della magnesite in queste due località è la stessa: in ambedue il minerale si presenta nella serpentina, in prossimità del contatto con le rocce sedimentarie eoceniche; le emanazioni carboniche agli Occhibolleri, in Campolecciano, già messe da G. D'Achiardi in relazione con la magnesite di Castiglioncello, e la singolare sorgente ora calda, ora fredda della Padula, essa pure in Campolecciano ed in vicinanza immediata del giacimento, sono probabilmente gli ultimi residui di un'attività endogena alla quale è dovuta la trasformazione in magnesite della serpentina nell'un luogo e nell'altro.*

*...Certo ora che la grandiosa vittoria delle armi italiane ha reso meno assillanti i bisogni, ora che può intravedersi relativamente prossimo il ristabilirsi della normalità, nel regime dei trasporti e degli scambi, il problema della fabbricazione con materie prime indigene non presenta più l'urgenza che aveva durante il periodo delle ostilità.*

*Però, siccome molto si è fatto, siccome in alcuni rami dell'industria dei refrattari siamo giunti non solo a sopperire al nostro fabbisogno ma sibbene anche ad iniziare l'esportazione, è da augurarsi che non cessi lo sfruttamento delle miniere già poste in attività, che non cessi lo studio dei nuovi giacimenti.*

Non è un caso, infatti, che il massimo dell'attività di estrazione sia stato raggiunto intorno al 1916-1919, in pieno periodo bellico. Nel 1914 lo stato di guerra nel quale si trovava l'Europa comportò un brusco cambiamento economico e anche piccoli giacimenti di materiale minerario, sfruttabile più o meno direttamente per un uso bellico, vennero incentivati dal governo italiano.

Nonostante il materiale ritrovato nella zona di Castiglioncello non fosse ottimale per la presenza di silice, venne dato il via nel 1914 a una serie di studi e ricerche eseguite, in primo luogo, da una società mineraria fondata a Livorno dal capitano Attilio Gotti: la Società Anonima "Magnesite".

Lo sfruttamento della miniera di Castiglioncello, insieme a quella di Campolecciano, seguì insieme le esigenze economiche della richiesta dell'industria siderurgica e quelle della pura ricerca mineralogica.

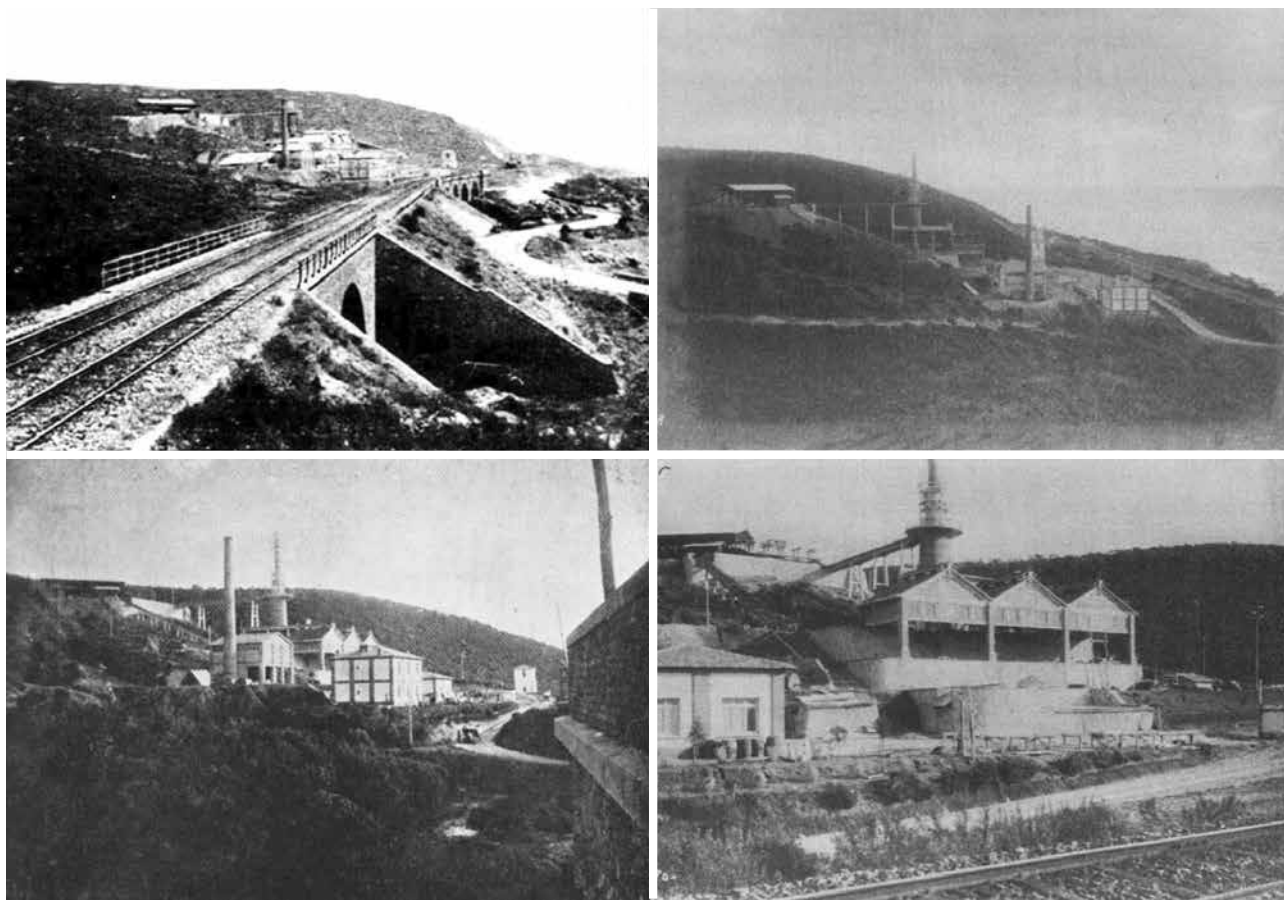


Figura12: l'area di lavorazione del minerale vista da nord. Si distingue il forno per i mattoni e sullo sfondo il forno di calcinazione con la pedana di arrivo dei carrelli di trasporto del materiale in testa al forno. Nel resto dei fotogrammi si vedono l'insieme del forno a calce, contraddistinto dalla pedana che si inserisce a metà altezza sul camino del forno (è la struttura più alta) ed il forno di cottura e i mattoni con attigua la ciminiera più bassa.

L'escavazione della magnesite raggiunse il suo apice nel 1919, con una produzione complessiva di quasi 30mila tonnellate annue, corrispondenti a circa il decimo del fabbisogno mondiale ed il totale del fabbisogno nazionale. Alla fine degli anni '30, dopo un periodo di lento ma progressivo calo dell'attività estrattiva, la scoperta di ricchi giacimenti di magnesite in America segna il tramonto delle miniere di Castiglioncello, che verranno aperte solo periodicamente dopo il 1937, fino alla totale chiusura dopo il 1943. Dalla relazione di Lovari [25] del 1929 si deduce che già in quel periodo il giacimento di Masaccio era di proprietà Lavelli:

Anche la magnesite (intendiamo carbonato di magnesio), al pari delle marne cementizie, è fra i minerali che, per effetto del R. Decreto 29 luglio 1927, n. 1443, sono venuti a far parte del 'Primo gruppo', le cui escavazioni sono considerate miniere. Questo minerale è diffusissimo in Toscana, in ragione della grande abbondanza che quivi si ha di serpentina dalla quale esso ha origine...



Figura 13: a sinistra miniera di magnesite di Castiglioncello - fronte di coltivazione con operai intenti al lavoro, primissimi anni '20 del '900. A destra cava di magnesite di Castiglioncello piazzale di cernita a Poggio Ginepraio, dove (tramite decauville) veniva portata la magnesite estratta. Qui operavano delle donne e dei ragazzi che erano addetti alla cernita del materiale - Primi anni '20 del '900. Foto-archivio Casagrande R.



Figura 14: operai addetti alla movimentazione dei carrelli in uscita dalla galleria della miniera del Masaccio (a sinistra) e partenza dei carrelli dal silo verso la fornace (a destra) [26].

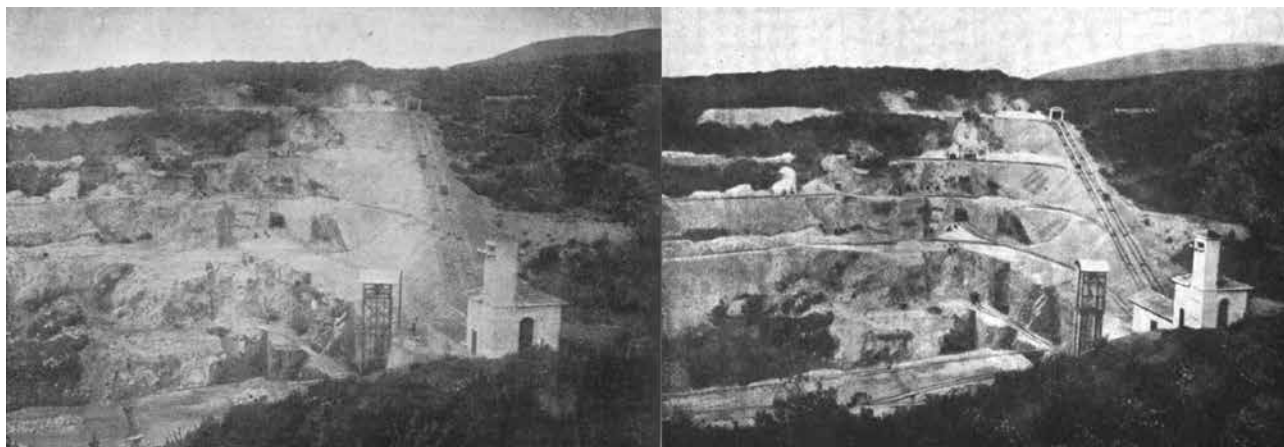


Figura 15: La miniera di Castiglioncello, foto a sinistra, veduta d'insieme da Le industrie Italiane Illustrate del 1917 [26]. La foto a destra è successiva e sempre tratta da Le Industrie Italiane Illustrate del 1919 [27] permette di vedere l'evoluzione dei lavori. Si vedono le escavazioni a cielo aperto e distintamente una galleria (non è ancora chiaro se le gallerie al Masaccio fossero una, diramata al suo interno, o due).

*... Il giacimento di Castiglioncello (Comune di Rosignano Marittimo, prov. di Livorno) coltivato dalla Società Lavelli. Prodotti Magnesiaci e Refrattari di Pisa, è situato 2 chilometri ad oriente del Tirreno e 3 chilometri a nord di Castiglioncello. È un filone diretto N. S. nelle serpentine di Monte Pelato in luogo prossimo al contatto col calcare. Alla superficie è un fascio di filoni con potenza di 40 - 120 metri, ed in profondità diventa un filone unico di 2 - 15 metri di potenza. È coltivato con lavori sotterranei fino a 80-90 metri di profondità.*

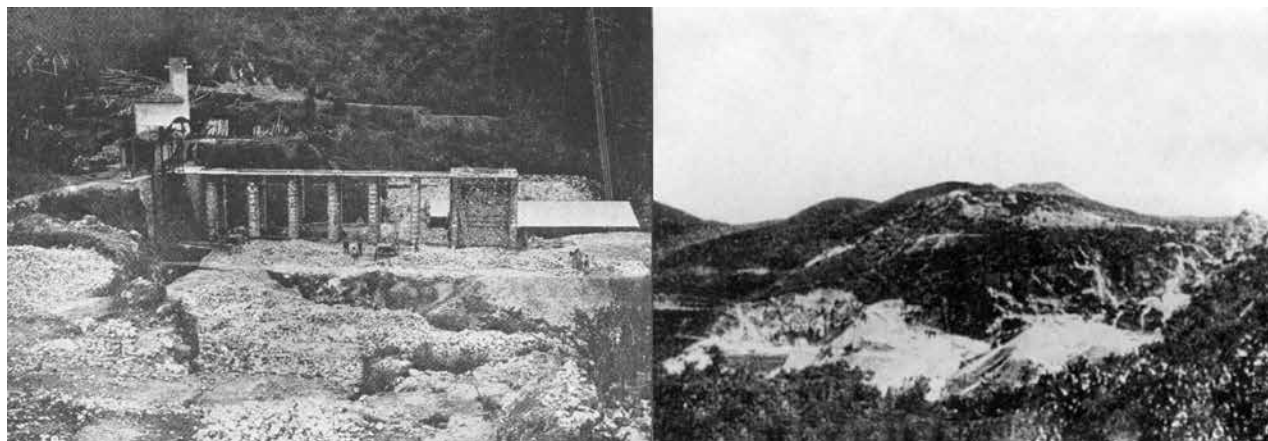


Figura 16: a sinistra miniera di Masaccio, area di arrivo del materiale, sono visibili: la cabina elettrica, la rampa di arrivo delle decauville ed il silo. Nella foto di destra vista dal mare delle aree estrattive (da Fei 1999 [22]).

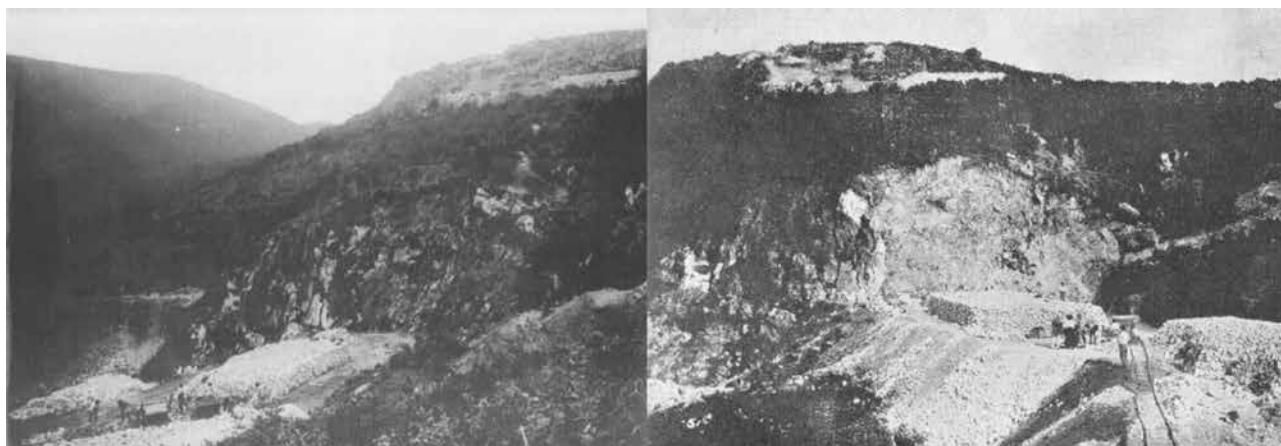


Figura 17: attività estrattive in località Arancio.

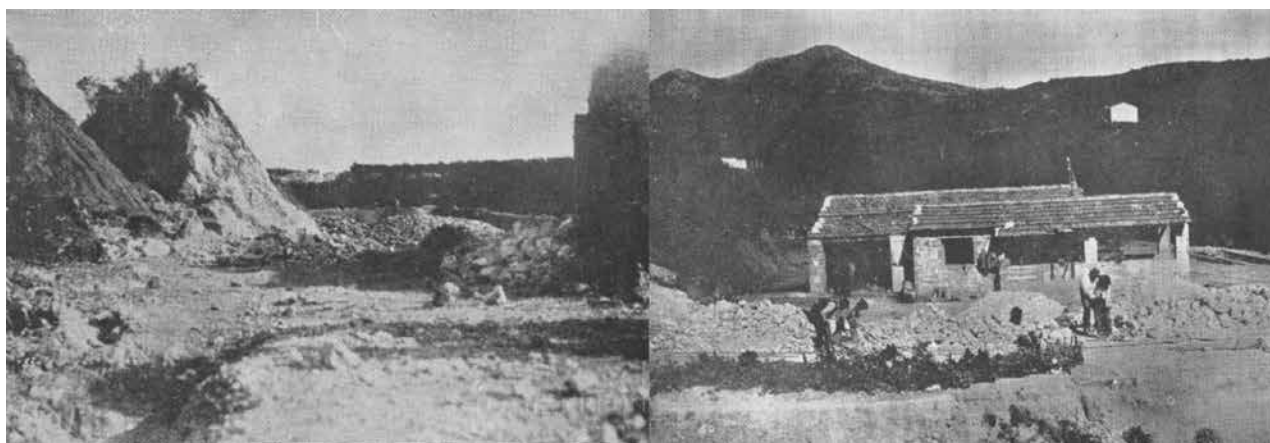


Figura 18: cava a giorno in località Ginepro a sinistra e impianto dei compressori per le perforatrici a destra.



Figura 19: miniera del Masaccio, estrazione in galleria: abbattimento di magnesite in una traversa del primo livello a sinistra e galleria di avanzamento primo livello a destra.

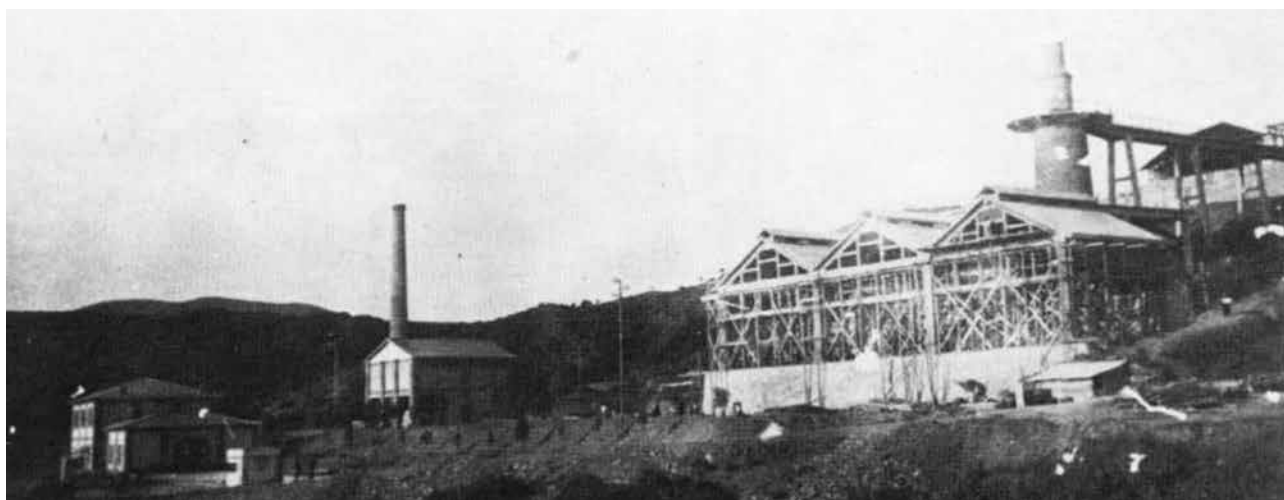


Figura 20: in primo piano il forno di calcinazione e la fabbrica annessa in fase di costruzione e, sullo sfondo, il forno per il confezionamento dei mattoni. In basso a sinistra si intravede la ferrovia.

*Produce magnesite con tenore dall'84 al 90 % di  $MgCO_3$ , 2-4 % di  $SiO_2$ , altrettanto di  $CaCO_3$ , 1-3 % di  $Fe_2O_3$ . La produzione fu sospesa durante un certo periodo al principio del 1928 per mancanza di richiesta di mattoni refrattari da parte degli stabilimenti metallurgici. In seguito, furono eseguiti lavori di abbattimento al II livello sotterraneo in località «Massaccio».*

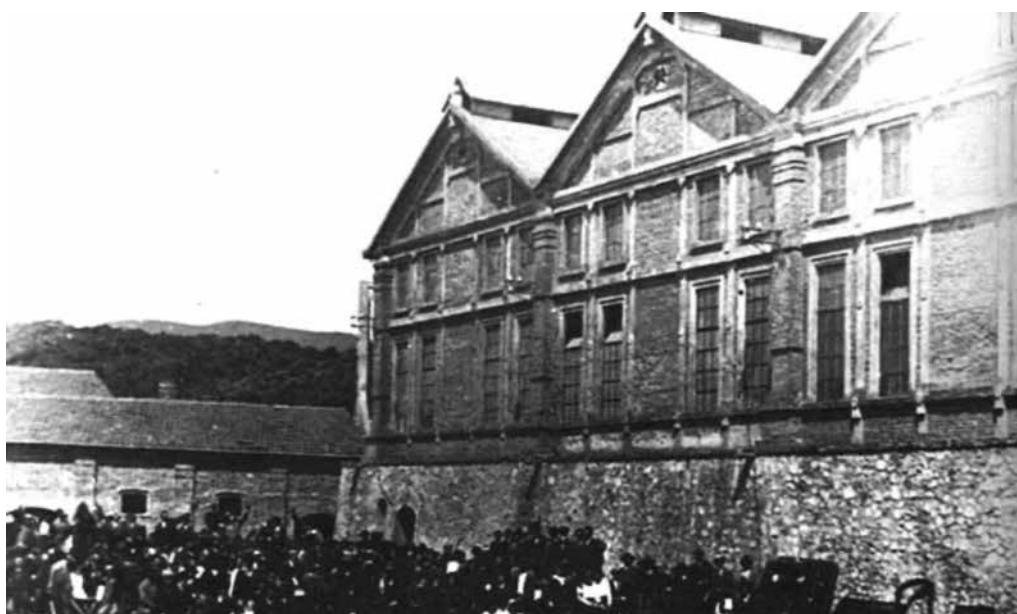


Figura 21: La Magnesite dopo la fine della prima guerra mondiale (da Sale e Pietra di Celati-Gattini) [28].

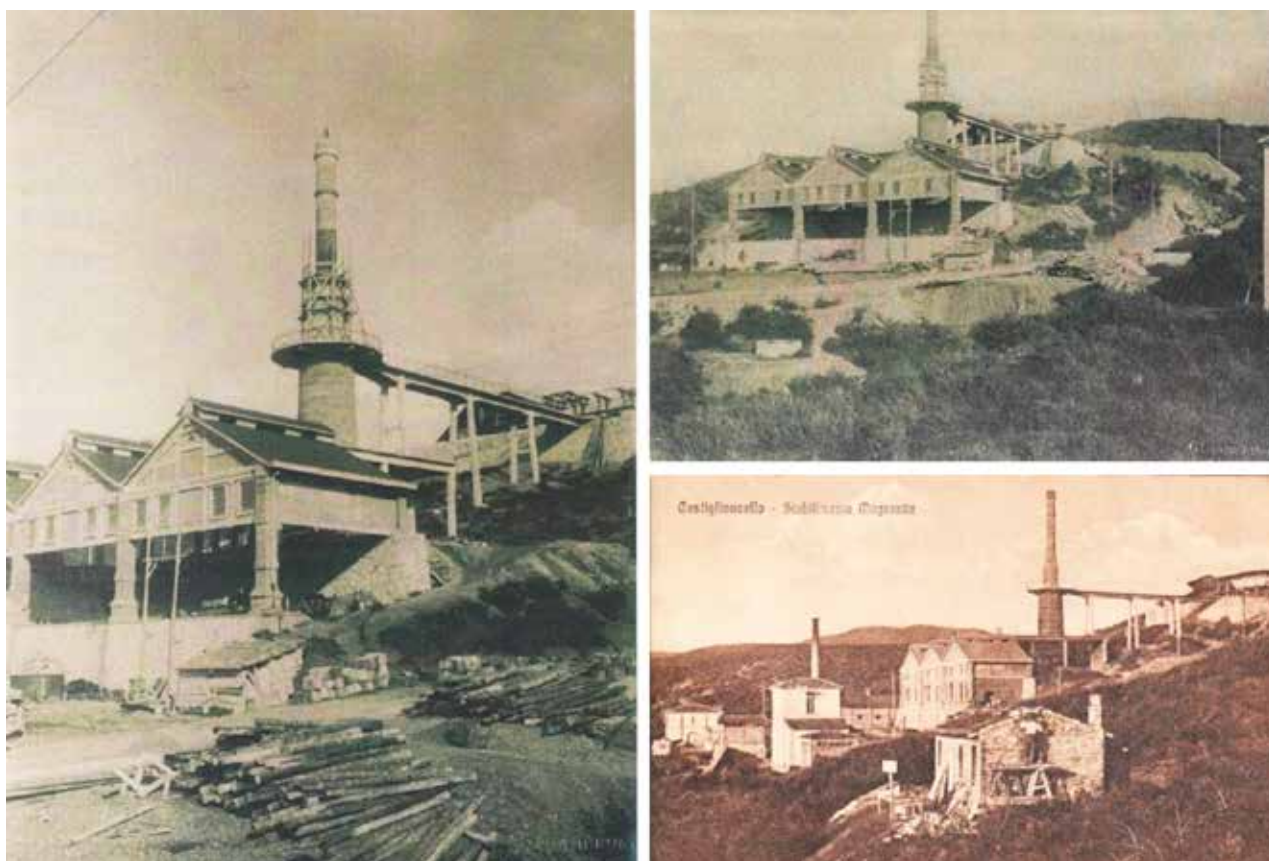


Figura 22: varie fasi della costruzione della fabbrica per la calcinazione e lo stoccaggio dell'ossido di magnesio.

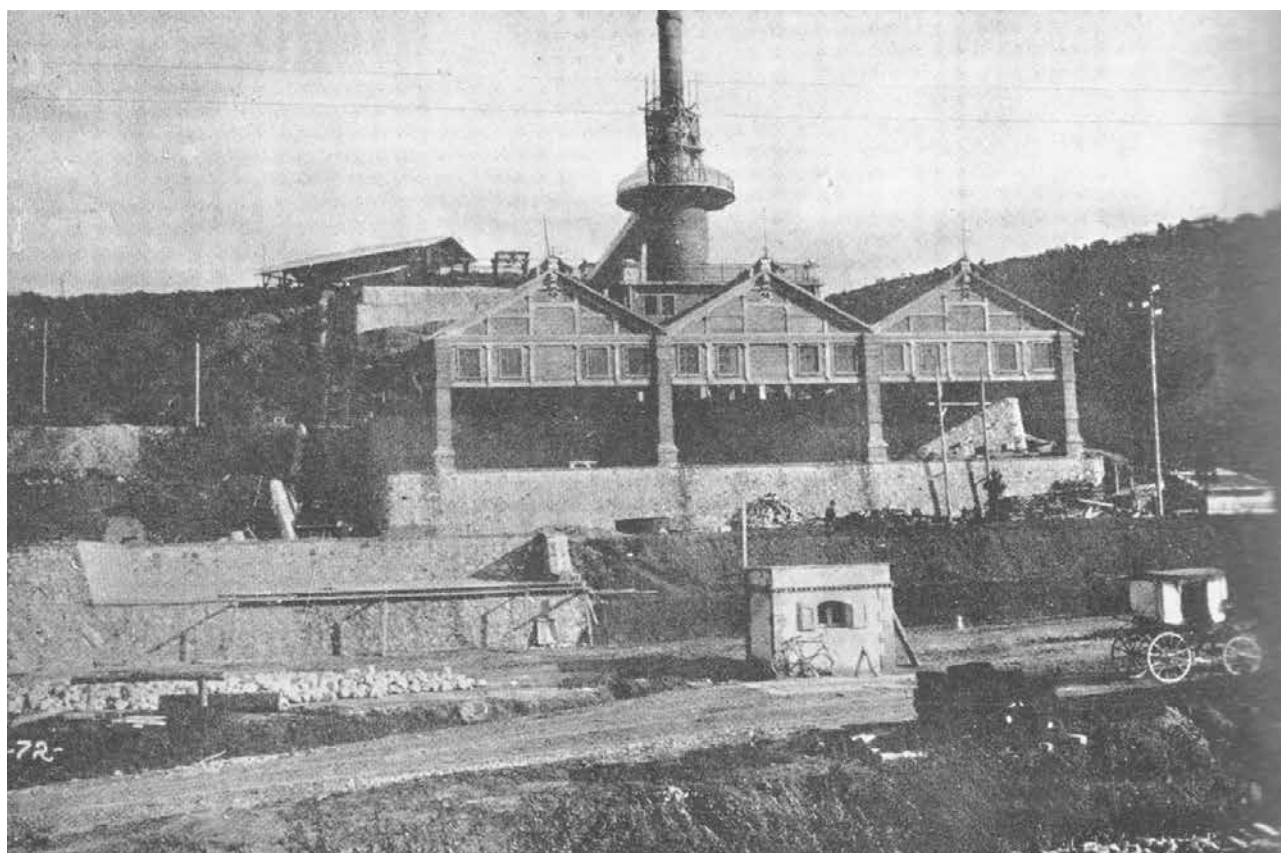


Figura 23: la fornace e le aree di stoccaggio di Campolecciano.



*Figura 24: Campolecciano 1916, scene della inaugurazione degli impianti di trattamento minerale.*



*Figura 25: Campolecciano 1916, altre scene della inaugurazione degli impianti di trattamento minerale.*

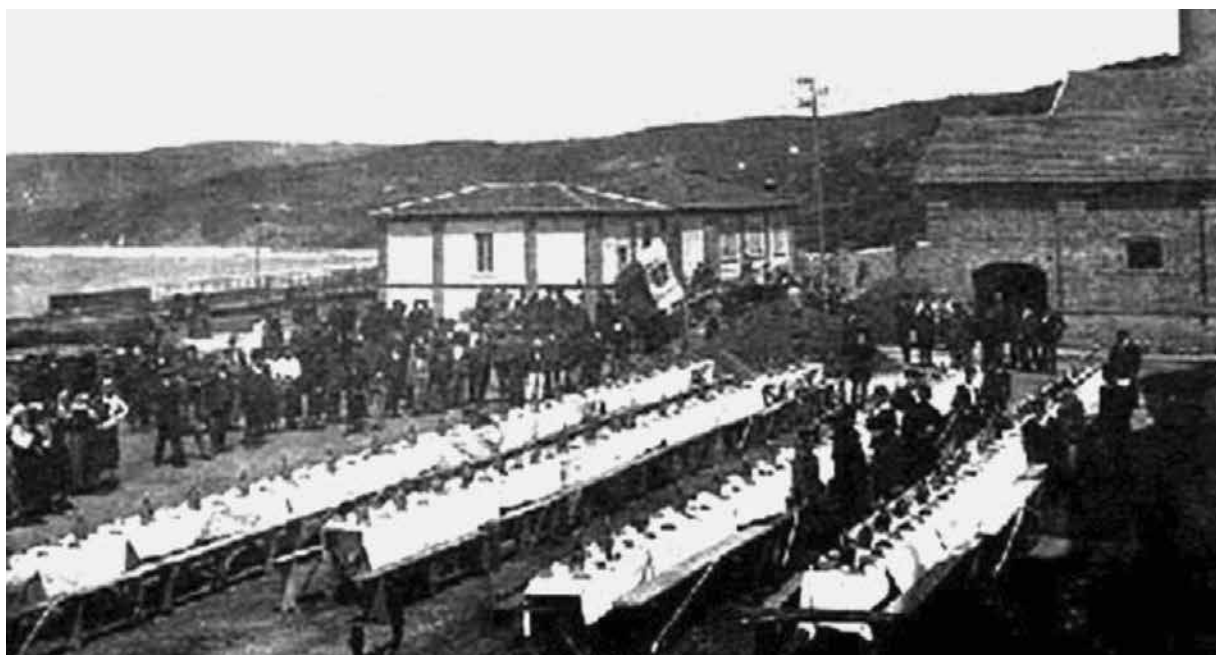


Figura 26: foto commemorativa raffigurante un "pranzo di solidarietà" offerto dal proprietario della miniera/cava di magnesite di Castiglioncello - Maggiore Gotti - ai propri dipendenti - Anno 1917.

Nel giacimento di Masaccio furono sfruttati un giacimento a cielo aperto denominato scavi a giorno di Poggio Nocini e due filoni in una galleria denominata Cacciaguerra come desunto dalle note analitiche di Parravano e Mazzetti (1921) [29]:

*"... il II (campione) era stato fornito dalla Società « Magnesite » di Castiglioncello e proveniva dagli scavi a giorno in località Poggio Nocini; il III proveniva dalle cave di magnesite della ditta Sclopis in località «Givoletto»; il IV era stato fornito dalla Società Magnesite di Val d'Elsa e proveniva dalla miniera «Querceto» in Casale d'Elsa; il V era stato fornito dalla stessa Società « Magnesite » di Castiglioncello ed era stato estratto dalla galleria Cacciaguerra in località Massaccio..."*

Riteniamo meritevole di menzione integrale la testimonianza riportata sul sito *lungomarecastiglioncello* [30] tratta dalle memorie dell'avvocato Francesco Gotti, nipote del Maggiore Attilio Gotti proprietario della Società Anonima Magnesite concessionaria delle attività estrattive della miniera di Masaccio:

*1915-1918. Tempo di guerra e come sempre, lutti e sacrifici, fame e miseria, per la maggior parte della popolazione. Anche nel comune di Rosignano si lotta contro la fame e la miseria, solo le famiglie che ancora hanno braccia per lavorare la terra hanno più probabilità di mettere qualcosa in tavola. Una mano importante arriva dalle attività industriali che hanno iniziato in questi anni a svilupparsi nella zona e nelle quali il lavoro va avanti o riprende a ritmo sostenuto proprio perché legato all'attività bellica in corso. Nella nuova fabbrica Solvay la produzione della caustica, necessaria alla produzione di esplosivi, iniziata negli ultimi mesi del 1916, comincia a toccare vertici consistenti. Lavorano nello stabilimento, in turni che si protraggono anche per dodici ore su sei giorni, circa 350 persone comprese più di 50 donne. Ma qui interessano due cave che sono in piena attività sulla collina dietro a Castiglioncello, fra il mare ed il Poggio Pelato. Quella di Campolecciano*

è ubicata sulle pendici di Poggio San Quirico e in prossimità del Botro Fortulla. Entrano in funzione nel 1919 e cessano del tutto l'attività nel 1943 ed in questo arco di tempo sono aperti i seguenti cantieri: "San Quirico", "Mammellone", "Acqua Padula", "Speranza", "Crocino", "Santa Barbara", "Macchia Escafrullina". La miniera di Castiglioncello si trova alle pendici del Monte Pelato, in località "Massaccio" che dà, appunto, nome al cantiere. Una appartiene alla Società Anonima Magnesite ed occupa 280 unità (227 maschi e 53 donne). L'altra, sul versante di Campolecciano, è di proprietà della ditta Lavelli di Milano e dà lavoro a 140 operai, di cui 31 donne. Entrambi estraggono magnesite greggia per uso metalurgico (mattoni refrattari per forni e altofori), favorite dall'ampiezza e dall'ottima qualità delle vene del minerale. La produzione, di circa 200.000 tonnellate di materiale, viene trasportata sulla costa e prende la via del mare soprattutto con chiatte che attraccavano nel golfo delle Forbici, e vengono caricate a mezzo di una teleferica ancora visibile negli anni '70. Nello stabilimento sono in funzione due forni: uno per cuocere la magnesite allo scopo di favorire l'allontanamento dell'anidride carbonica dal minerale; l'altro per cuocere i mattoni refrattari. Al termine del conflitto, nei primi «anni 20» le ditte Magnesite e Lavelli riducono gradualmente le maestranze fino alla chiusura della loro attività, che iniziata in piena guerra nel 1916, cessa del tutto, anche come esplorazione, nel 1929. Il 6/8/1919 il magg. Attilio Gotti, proprietario della «Magnesite», viene eletto alla massima carica comunale. Il 4/10/1920 vengono respinte le sue dimissioni e nella seduta del 20/11/1920 viene nuovamente eletto. Ufficialmente si dimette nell'adunanza successiva: il 9/12/1920. (deliberazioni del Consiglio comunale) L'incarico, a suo giudizio, contrasta con il ruolo svolto nell'impresa che accusa ormai una grave crisi, con i licenziamenti in atto e la definitiva chiusura alle porte. L'assemblea non è d'accordo, ma accetta solo in segno di rispetto per il proponente. In effetti, il 2 dicembre del 1921, il consigliere anziano Gino Vestrini riceve l'investitura di primo cittadino. Nei primi anni del '30 nei locali della ex Magnesite a Campolecciano il figlio di Pietro Mascagni costruisce le motociclette "Junior". Ricorda oggi l'avv. Francesco Gotti nipote di Attilio: sarebbe inoltre interessante indagare sul ruolo (credo negativo) avuto dai Bonaparte (sì, proprio i parenti di Napoleone!) nelle vicende della miniera di magnesite. I Bonaparte, infatti, sono nostri parenti (un Enrico Gotti sposò una figlia di Napoleone III, la principessa Maria). Non so se fu lo stesso Enrico Gotti, fratello di nonno Attilio che, Generale di Brigata dei Bersaglieri e facente parte della Commissione interalleata per la definizione dei confini albanesi, si consegnò ai nemici per ottenere salva la vita dei propri soldati e fu trucidato il 6 giugno 1920 dagli albanesi vicino a Valona, cosa per cui venne decorato di medaglia d'oro al V.M. e gli fu intitolata una caserma in Veneto od in Trentino. Al nonno, però, i Bonaparte fecero addirittura vietare l'accesso alla sua miniera e lui visse la cosa come un tradimento. So anche, da quel che mi rimane dai racconti di mio padre, che mio nonno sfidò a duello il podestà di Rosignano (dovrebbe trattarsi del Sindaco/Podestà Vestrini) oppure il federale, ma non ne so il motivo, anche se probabilmente era politico/sociale (nonno Attilio era anche un convinto monarchico) (Notizie su Attilio Gotti, per gentile concessione dell'avv. Francesco Gotti 5-8-2011).

## Cosa rimane

Come accennato ai paragrafi precedenti il minerale prodotto a Masaccio ed anche nel vicino giacimento di Campolecciano veniva trasportato sulla costa di località Le Forbici attraverso una decauville per il trasporto con chiatte. Una parte del minerale veniva anche trattata in loco in un forno di calcinazione dove avveniva la trasformazione della magnesite in ossidi di magnesio, come visibile in figura 27. Nel vicino forno, anch'esso visibile nella figura, avveniva la lavorazione dell'ossido di magnesio per la produzione e messa in forma di mattoni refrattari. Quella che allora era una vera e propria fabbricazione, in prossimità della costa di Castiglioncello, pochi metri a monte della ferrovia, oggi non esiste più. Rimangono ancora visibili alcune porzioni del muro del forno di calcinazione e del muro fabbricato di raccolta dell'ossido di magnesio.

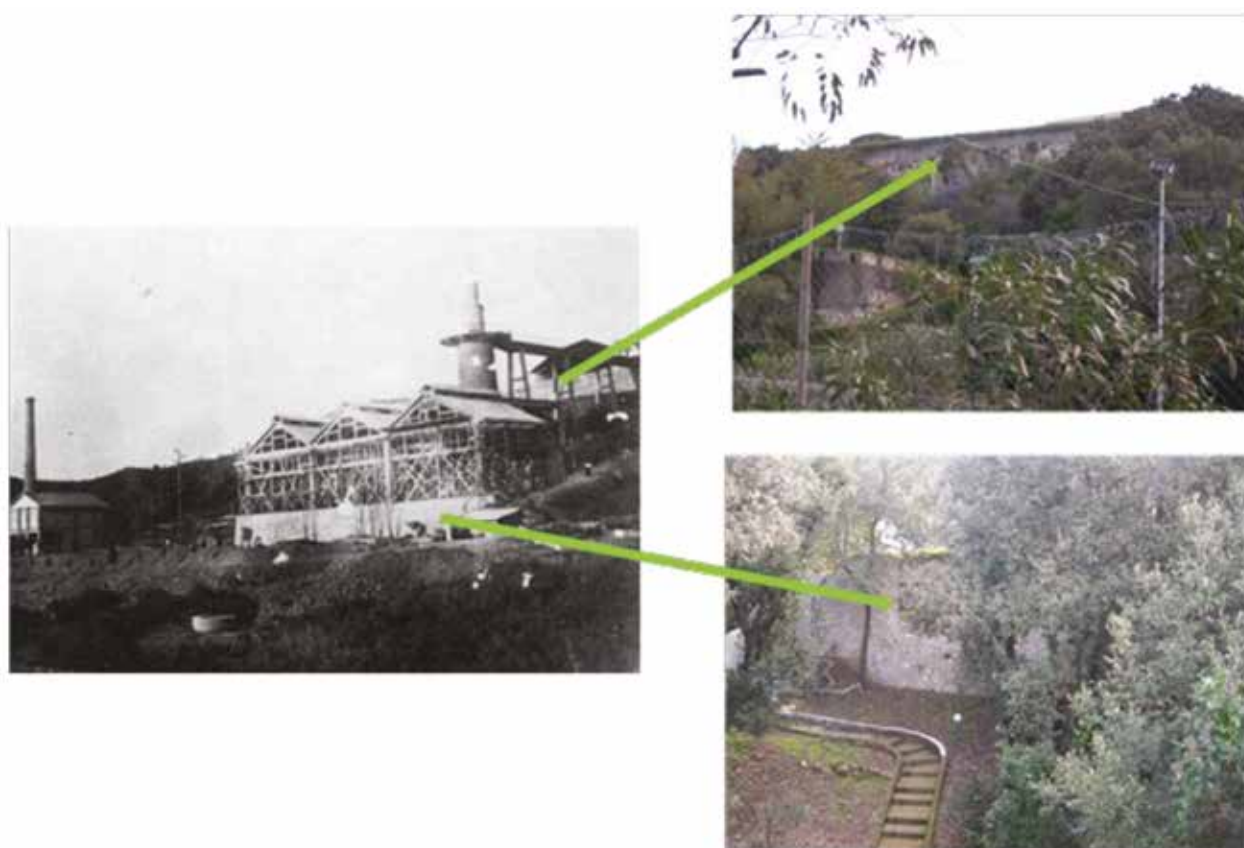


Figura 27: dei fabbricati per la calcinazione del minerale e per la produzione dei mattoni ormai rimane ben poco. Nella foto la freccia in alto mostra i resti del muro che sosteneva il piano di arrivo dei carrelli al forno di calcinazione in corrispondenza della attuale terrazza dell'area ex istituto alberghiero mentre la freccia in basso indica i resti dell'edificio dei magazzini.

## Miniera di Campolecciano

Lo sfruttamento della miniera comincia a partire dal 1916, gestita dalla società Lavelli. Situata a 3 km. a nord-est da Capo Fortullino e a 5 chilometri a nord di Castiglioncello era costituita da un giacimento in cui erano presenti due filoni principali diretti nord-sud di cui uno all'estremo orientale del campo minerario, l'altro ubicato sulla parte occidentale e ritenuto una continuazione del filone principale del Masaccio. I due filoni di Campolecciano risultavano inclusi per intero nella serpentina con un'inclinazione media di circa 40° verso ovest. Il filone occidentale della potenza di 4 m all'affioramento fu coltivato nei cantieri San Quirico e Mammellone, con lavori in parte a giorno in parte

sotterranei. Qui venne escavata una grande trincea lunga 100 m e larga 6 m sviluppata su quattro gradini alti ciascuno 3 m. Alla base il filone fu seguito con una galleria di 80 m a San Quirico e 50 m al Mammellone. Sul filone orientale potente all'affioramento 4 m fu aperto il cantiere Speranza con lavori a giorno sotto forma di una trincea lunga 150 m, larga 4 m e profonda 3 m. Qui fu anche scavata una galleria di 70 m dove si constatò che il filone aumentava in potenza scendendo in profondità.

Nella descrizione della miniera che ci giunge da Lovari [25] del 1929, sono descritti altri due piccoli filoni non coltivati ad ovest del cantiere Speranza ed altri due di potenza di 2 e 4 m rispettivamente in località Biancane e Crocino. La magnesite di Campolecciano aveva un tenore medio di 85% di  $MgCO_3$ , 10 % di Si, 4 % di sesquiossido di Fe ( $Fe_2O_3$ ), e bassissimo tenore di Ca., per cui veniva impiegata per la fabbricazione dei mattoni refrattari nello stabilimento della società concessionaria in Pisa. La produzione della miniera di Campolecciano e di Masaccio, di cui nel frattempo era divenuta concessionaria la Società Lavelli, era stata di 5467 tonnellate nel 1927 e 7852 tonnellate nel 1929 [31]. Nel 1930 fu sospesa la produzione. Nella miniera di Campolecciano è ancora rinvenibile il minerale melanoflogite [20,32,33,34 ].



Figura 28: la cava di magnesite di Campolecciano.

## **La miniera di Macchia Escafrullina**

Oltre alle due miniere ricordate in precedenza, occorre accennare che il terzo giacimento della zona, ancora parzialmente visitabile, si trova presso la miniera di ferro di Macchia Escafrullina [35,35,23,26]. Qui è possibile rinvenire ancora oggi magnesite, marcasite, opale nero-lucente, calcedonio bianco azzurrognolo e ocre colorate. Questa, a differenza delle altre miniere, fu chiusa dopo l'estrazione di poche migliaia di tonnellate di minerale ferroso a causa della elevata alterabilità del minerale.

## L'inevitabile epilogo

Dalla relazione dell'Ing. Efsio Pintus [31], del Corpo reale delle miniere di Firenze emerge un quadro poco consolante sulle attività delle miniere nell'area di Castiglioncello. Nel 1937 in Toscana sono attive 4 concessioni:

|                            |                                                                                                                                                                                                  |
|----------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Querceto                   | <i>in territorio di Casole D'Elsa, provincia di Siena, di cui è titolare la S.A. Magnesite Val D'Elsa – (presidente Crida)</i>                                                                   |
| Campolecciano<br>Massaccio | <i>in territorio di Rosignano Marittimo, provincia di Livorno, di cui è titolare la S.A. Lavelli, Prodotti Magnesiaci Refrattari</i>                                                             |
| Castiglione e Scopai       | <i>in territorio di Pomarance e Monteverdi Marittima, provincia di Pisa, di cui è titolare il Conte Ugolino della Gherardesca. Tale miniera è data in affitto fino al 1940 alla S.A. Lavelli</i> |

e due permessi di ricerca:

|                         |                                                                                                                  |
|-------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Fattoria di Monterufoli | <i>In territorio dei comuni di Pomarance e Monteverdi marittimo di cui è titolare il Conte della Gherardesca</i> |
| Poggio Carnevali        |                                                                                                                  |
| Le Gabre                | <i>In territorio di Casole e Colle Val D'Elsa di cui è titolare la S.A. Magnesite Val d'Elsa</i>                 |

Di seguito riportiamo per intero il laconico resoconto relativo alle miniere a nord di Castiglioncello dell'Ing. Pintus del Corpo delle miniere nel 1935.

*Si allega per ciascuna miniera una relazione contenente dati su ciascun giacimento, sulle analisi eseguite e sulla loro capacità di produzione, dati rilevati dagli atti esistenti presso il Ministero delle Corporazioni, quasi tutti a firma di Lovari. È da tener presente però che sul valore oggettivo di tali analisi è opportuno fare delle riserve, essendo dati forniti dai rispettivi concessionari. Il Commissario Busacchi, interpellato verbalmente nei riguardi di tali miniere si è espresso in senso completamente negativo sia per quanto concerne la qualità della magnesite che afferma scadente, sia nei riguardi del tonnellaggio in vista in ciascuna miniera che asserisce di quasi nessun conto. Le miniere suddette sono attualmente quasi del tutto inattive con nessuna produzione. l'Ing. Alfano riferisce però che la Lavelli tiene appositamente improduttive le sue miniere, in quanto riceverebbe per questo dalle ditte stiriane, produttrici di magnesite, un premio di 1 o 2 milioni all'anno. La cosa però sembra strana in quanto la Lavelli parrebbe d'altro canto far capo alla Terni. In un rapporto del 1934 invece il Commissario Lovari riferisce che l'inattività delle miniere stesse è dovuta alla concorrenza dei prodotti esteri dell' Eubea, della Stiria e della Jugoslavia, e che la crisi delle magnesiti poteva forse trovare un rimedio nella diminuzione delle tariffe di trasporto e nella applicazione di un congruo dazio doganale sulle magnesiti crude proporzionato a quello delle corrispondenti qualità di magnesite calcinata.*

### **Trattamento doganale**

*La magnesite naturale attualmente figura esente da dazio doganale. In sede però di revisione generale del trattamento doganale da parte degli industriali è stato chiesto*

un dazio doganale di 18 lire al q.le (quintale, 100 kg), in quanto questa sarebbe la differenza fra il prezzo di vendita estero e quello italiano. Tale differenza di costo, sarebbe rappresentata dalle spese di trasporto che incidono sul prodotto e delle maggiori spese di trattamento che richiedono le magnesiti italiane in confronto di quelle estere.

### **Prezzi delle magnesiti estere nel 1937**

|                                                                       |                                                                                                                                        |
|-----------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Stiria (Austria ndr)                                                  | prezzo fob <sup>[1]</sup> dollari 14,5 per tonnellata corta (£. 275 per tonnellata <sup>[2]</sup> corta, £ 303 per tonnellata metrica) |
| Stati Uniti                                                           | prezzo fob (presso miniera): dollari 19,21 per tonnellata corta (£ 364,33 per tonnellata corta, 401,50 per tonnellata metrica)         |
| Manciuria                                                             | prezzo fob porto Kwantung dollari 12,19 per tonnellata corta (£. 231,19 per tonnellata corta, £ 254,80 per tonnellata metrica)         |
| Eubea (Grecia ndr)<br>(magnesite calcinata non adatta per refrattari) | prezzo fob dollari 26,2 (£. 496,90 per tonnellata corta, £ 547,74 per tonnellata metrica)                                              |

***Miniera di magnesite "Campolecciano", in territorio del comune di Rosignano Marittimo, provincia di Livorno, di cui è concessionaria la S.A. Lavelli, Prodotti Magnesiaci Refrattari.***

La miniera trovasi a 3 km. a Nord-Est da Capo Fortullino e a 5 chilometri a Nord di Castiglioncello. Il giacimento è costituito da 2 filoni principali paralleli diretti Nord-Sud. Di essi uno trovasi all'estremo orientale del campo minerario, l'altro è ubicato sulla parte occidentale e si ritiene sia una continuazione del filone principale della limitrofa concessione Massaccio. I due filoni di Campolecciano sono inclusi per intero nella serpentina e hanno un'inclinazione media di circa 40° verso Ovest. Il filone occidentale della potenza di m.4 all'affioramento fu coltivato nei cantieri S. Quirico e Mammellone, con lavori in parte a giorno in parte sotterranei. Tanto a San Quirico che a Mammellone venne escavata una grande trincea lunga m. 100 e larga m. 6 dove i lavori di abbattimento si svilupparono su 4 gradini alti ciascuno m 3. Alla base di queste trincee il filone fu seguito in direzione con gallerie, per m.80 a San Quirico e per m. 50 al Mammellone e si sarebbero fatte esplorazioni in profondità mediante discenderie, qualora non fosse stata decisa la sospensione nel 1930. Il filone orientale potente all'affioramento m. 4 fu coltivato nel cantiere Speranza con lavori a giorno (trincea lunga m.150, larga m. 4 e profonda m. 3), in profondità fu attaccato con una galleria di m. 70 e si constatò che il filone aumentava in potenza man mano che i lavori si approfondivano. Oltre ai due filoni suddetti ad Ovest del Cantiere Speranza

1 Fob: acronimo di free on board (in italiano, franco a bordo), è il prezzo della merce consegnata al punto di imbarco

2 Tonnellata corta o tonnellata americana pari a 2000 libbre (libbra britannica, detta anche libbra internazionale attuale equivalente a 453,59237 grammi), ovvero 2000X453,59237= 907 184,74 g = 907,185 kg. La tonnellata metrica corrisponde invece a 1000 kg., quindi possiamo dare la seguente equivalenza: 1 tonnellata corta = 0,907 tonnellate metriche. Si tenga presente che il termine tonnellata, ed in particolare la tonnellata metrica equivalente a 1000 kg, ancorché sia estremamente diffuso e di uso corrente, non rientra nei termini con cui si indicano i multipli delle unità di misura del Sistema Internazionale per cui, ad esempio 1000 kg non possono essere indicati né come 1 t, né, tantomeno come 1 k-kg (chilo-chilogrammo): 1000 kg si indicano semplicemente come '1000 kg'.

affiorano due piccoli filoni paralleli, non ancora coltivati, dei quali uno alla distanza di m. 50, potente 1 metro; e l'altro alla distanza di m. 40, potente m.0,60. Infine, affiorano altri due filoni diretti N-S, dei quali uno in località Biancana potente m.2 e l'altro in località Crocino potente m. 4. Questi due filoni a causa dell'alto tenore in silice (circa il 20%) non furono ancora coltivati. La magnesite di Campolecciano contiene in media l' 85% di  $MgCO_3$ , il 10 % di Si, il 4 % di sesquiossido di Fe, poco o punto Ca., per cui veniva impiegata per la fabbricazione dei mattoni refrattari nello stabilimento della Società concessionaria in Pisa. La produzione di questa miniera, unitamente all'altra di Massaccio, di cui pure è concessionaria la Società Lavelli, variò da tonn. 5467 nel 1927 a tonn.7852 nel 1929. La miniera venne sospesa nel 1930. Con l'approfondirsi delle coltivazioni però la qualità della magnesite andò peggiorando e negli ultimi tempi si dovette mescolarla con magnesite della Stiria. La miniera è attualmente in parziale attività, con una minima produzione.

**Miniera di magnesite "Massaccio", in territorio di Rosignano Marittimo, provincia di Pisa, di cui è concessionaria la S.A. Lavelli.**

Il giacimento di Massaccio consta di un filone principale della potenza di circa 20 m pendente  $50^\circ$  verso Ovest. Tale filone, secondo affermazioni della Ditta concessionaria si esaurisce alla profondità di m.70 dal suolo. La magnesite è di qualità scadente perché sensibilmente inquinata di silice. La miniera è da lunghi anni inattiva. Quantità di magnesite attualmente in vista: tonn. 5000

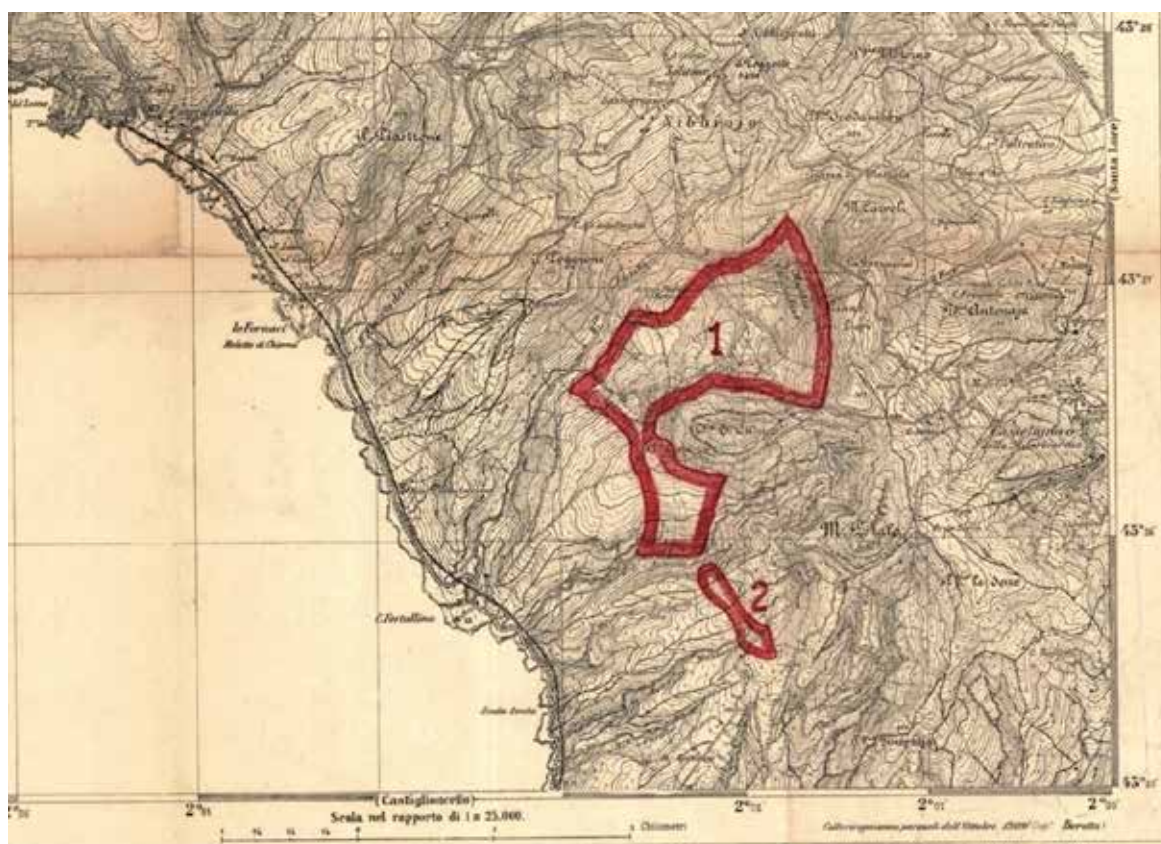


Figura 29: quadro delle concessioni attive nel 1935. Delineata in rosso e contrassegnata con il numero 1 la concessione S. A. Lavelli denominata 'Campolecciano', con il numero 2 è indicata la concessione, divenuta di proprietà S. A. Lavelli, denominata 'Massaccio'. Cartografia da riferimento [31].

## Il processo di produzione del materiale refrattario dalla magnesite

Il minerale magnesite è costituito da carbonato di magnesio,  $\text{MgCO}_3$ . Dalla magnesite può essere estratto l'ossido di magnesio per riscaldamento attraverso un processo che prende il nome di calcinazione che avviene in appositi forni detti appunto forni di calcinazione (vedi figura 30). Il materiale è introdotto dall'alto di una torre alla base della quale viene bruciato del carbone che crea una corrente di gas caldissimo che supera gli  $800^\circ\text{C}$ . I gas incandescenti investono i frammenti di carbonato di magnesio che, nel lasso di tempo in cui attraversano la torre, assorbono il calore necessario a decomporre la magnesite secondo la seguente reazione:



Il materiale che si accumula alla base del forno, costituito da ossido di magnesio potrà essere successivamente sagomato in forma di mattoni e nuovamente cotto in un secondo forno. L'ossido di magnesio ha ottime proprietà refrattarie ed i mattoni di questo materiale sono utilizzati nel rivestimento delle siviere, ovvero i grandi crogiuoli in cui è versata la ghisa fusa in acciaieria. I mattoni in ossidi di magnesio presentano inoltre particolare resistenza meccanica per cui vengono scelti per rivestire le parti inferiori delle siviere che vengono a contatto con il getto di acciaio o di ghisa nelle varie fasi di trasferimento del fuso nella produzione degli acciai.

Nel caso delle fabbriche di Castiglioncello, oltre al forno a calce era presente un secondo forno, posto poco più a nord del primo, utilizzato per compattare ed indurire l'ossido di magnesio e ridurlo in mattoni.

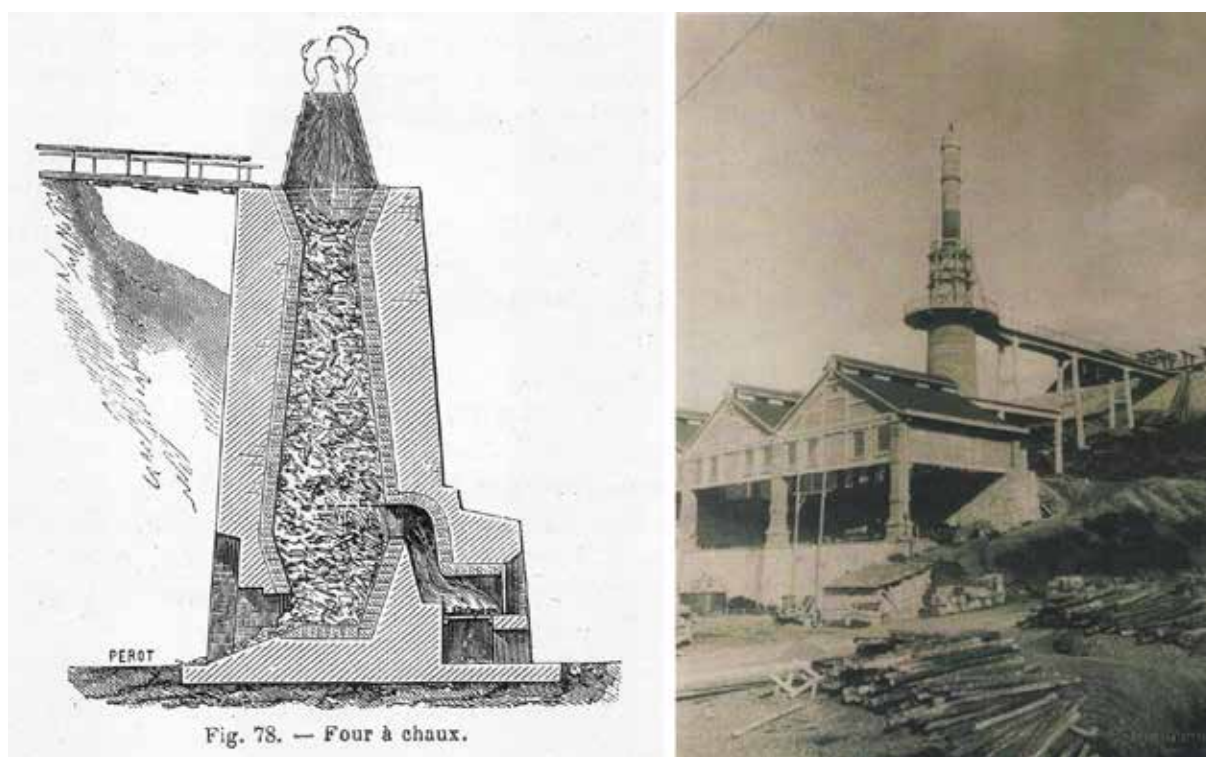


Figura 30: a sinistra schema di un forno a calce, a destra il forno di calcinazione della magnesite, posto a pochi metri dalla ferrovia.

La magnesite di Castiglioncello veniva utilizzata principalmente per la produzione di mattoni refrattari, prodotti direttamente in loco e destinati all'industria dell'acciaio italiana.

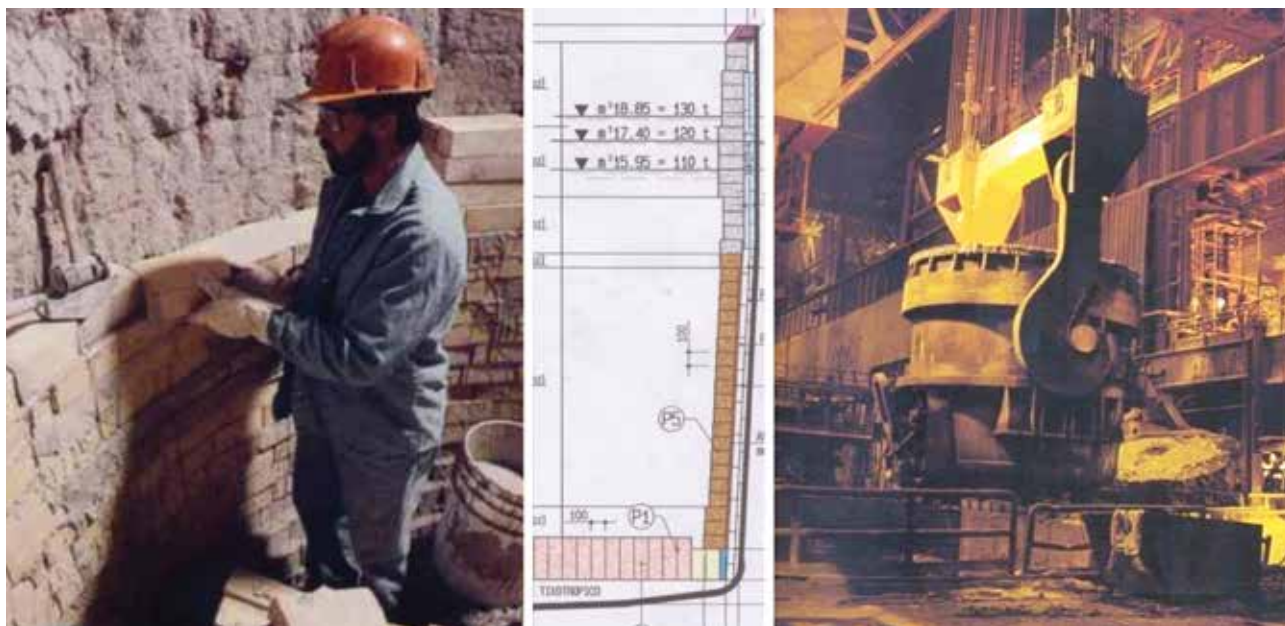


Figura 31: a sinistra fasi dell'allestimento della siviera, al centro una sezione tipica di una siviera e a destra fasi del trasporto in siviera del materiale fuso.

## Gli aspetti economico-sociali

La vicenda della estrazione di magnesite dell'area di Castiglioncello, nei due giacimenti principali di Castiglioncello-Masaccio e di Campolecciano rappresenta un esempio di attività mineraria ed industriale che, anche se per un brevissimo periodo, ha non solo lasciato un'impronta importante nel Comune di Rosignano, ma ha anche assunto una relativa importanza a livello europeo e mondiale. I dati presenti in letteratura mostrano il crescente interesse mondiale per questo minerale utile sia nella produzione di materiali refrattari che per altri usi. Si consideri per esempio la produzione di stucchi o di cementi speciali come ulteriore esempio di uso della magnesite. Nella tabella 1 sono riportate le produzioni a livello mondiale negli anni 1901-1928 [37]. Come si può vedere chiaramente, gli anni di più intensa produzione italiana sono il quadriennio 1917-1920 ed il grosso della produzione proviene proprio dagli impianti di Castiglioncello come riportato in dettaglio nella tabella 3 tratta dal lavoro di Fei [22].

| Anno | Australia | Austria | Canada | Cipro | Cecoslovacchia | Grecia | India | Italia | % Italia vs mondo | % Italia vs Europa | Norvegia | Russia | Spagna | Sudafrica | USA    | Venezuela | Yugoslavia | Produzione totale |
|------|-----------|---------|--------|-------|----------------|--------|-------|--------|-------------------|--------------------|----------|--------|--------|-----------|--------|-----------|------------|-------------------|
| 1901 |           | 84496   |        |       |                | 20348  |       | 4700   | 4,2               | 4,5                |          |        |        |           | 3175   |           |            | 112719            |
| 1902 |           | 112281  |        |       |                | 23020  | 3597  | 3863   | 2,7               | 2,9                |          |        | 100    |           | 2567   |           |            | 145428            |
| 1903 |           | 145022  |        |       |                | 28415  | 838   | 1000   | 0,6               | 0,6                |          |        | 2260   |           | 3396   |           |            | 180931            |
| 1904 |           | 112940  |        |       |                | 9133   | 1193  | 830    | 0,6               | 0,7                |          |        | 1129   |           | 2585   |           |            | 127810            |
| 1905 |           | 193954  |        |       |                | 37063  | 2645  | 625    | 0,3               | 0,3                |          |        | 1446   |           | 3568   |           |            | 239301            |
| 1906 |           | 184307  |        |       |                | 40584  | 1861  | 1330   | 0,6               | 0,6                |          |        | 1335   | 230       | 7081   |           |            | 236728            |
| 1907 |           | 239212  | 32     |       |                | 55816  | 138   | 1200   | 0,4               | 0,4                |          |        | 1954   | 943       | 6859   |           |            | 306154            |
| 1908 |           | 183015  | 109    |       |                | 63079  | 7655  | 1200   | 0,5               | 0,5                |          |        | 996    | 256       | 5976   |           |            | 262286            |
| 1909 | 80        | 264926  | 299    |       |                | 56797  | 199   | 1020   | 0,3               | 0,3                |          |        | 850    | 374       | 8586   |           |            | 333131            |
| 1910 |           | 384454  | 293    |       |                | 18073  | 5264  | 920    | 0,2               | 0,2                |          |        | 277    | 479       | 11288  |           |            | 421048            |
| 1911 | 316       | 384190  | 899    |       |                | 86956  | 3546  | 360    | 0,1               | 0,1                |          |        | 1400   | 319       | 8505   |           |            | 486491            |
| 1912 | 5911      | 359512  | 1555   |       |                | 106338 | 15626 | 400    | 0,1               | 0,1                |          |        | 1480   | 546       | 9536   |           |            | 500904            |
| 1913 | 7218      | 422439  | 467    |       |                | 98517  | 16458 | 600    | 0,1               | 0,1                | 656      | 60617  | 958    | 403       | 8738   | 2000      |            | 619071            |
| 1914 | 2055      | 279651  | 325    |       |                | 136701 | 1707  | 1140   | 0,3               | 0,3                | 938      |        | 583    | 519       | 10245  | 300       |            | 434164            |
| 1915 | 1728      | 78314   | 16475  | 15    |                | 159981 | 7569  | 9200   | 2,9               | 3,8                | 4017     |        | 1400   | 569       | 27668  | 5300      |            | 312236            |
| 1916 | 4120      | 81771   | 51981  | 15    |                | 199484 | 17922 | 18252  | 3,0               | 5,1                | 3499     | 72074  | 2500   | 553       | 140589 | 6360      |            | 599120            |
| 1917 | 9585      | 106783  | 58755  |       |                | 162938 | 18493 | 31070  | 4,1               | 9,0                | 1004     | 73712  | 800    | 709       | 287429 | 1700      |            | 752978            |
| 1918 | 4202      |         | 32434  |       |                | 39340  | 5947  | 28882  | 8,4               | 47,2               | 542      | 19656  | 1700   | 756       | 210107 |           |            | 343566            |
| 1919 | 9768      | 59486   | 13564  |       |                | 62408  | 17401 | 35930  | 10,5              | 29,0               | 1882     |        | 120    | 929       | 141725 |           |            | 343213            |
| 1920 | 6919      | 135312  | 28159  |       |                | 71870  | 14577 | 33850  | 5,7               | 14,8               | 2041     | 17984  | 1214   | 1287      | 275571 | 2000      |            | 590784            |
| 1921 | 12770     | 178152  | 8447   | 305   | 48578          | 60132  | 20338 | 9410   | 2,3               | 3,1                | 210      | 14915  |        | 1803      | 43458  | 2400      |            | 400918            |
| 1922 | 4108      | 307781  | 7873   | 895   | 92942          | 56642  | 19582 | 8700   | 1,5               | 1,9                | 738      | 10909  | 303    | 997       | 50612  |           |            | 562082            |
| 1923 | 6474      | 191508  | 12079  | 284   | 64030          | 62552  | 19748 | 12474  | 2,4               | 3,7                | 2359     | 18445  |        | 1387      | 133582 |           |            | 524922            |
| 1924 | 13056     | 170373  | 9512   | 224   | 60044          | 66727  | 24854 | 13436  | 2,7               | 4,0                | 1976     | 33214  |        | 2001      | 108952 |           |            | 504369            |
| 1925 | 14957     | 290000  | 3827   |       | 69532          | 90828  | 30095 | 14146  | 2,0               | 2,7                | 1699     | 75840  |        | 1823      | 109460 |           |            | 702207            |
| 1926 | 10754     | 237000  | 11429  | 83    | 83135          | 95638  | 30950 | 19842  | 2,8               | 3,8                | 715      | 103017 |        | 1884      | 121109 |           |            | 715556            |
| 1927 | 10586     | 356000  | 18523  | 16    | 84563          | 84484  | 19953 | 16304  | 2,0               | 2,6                | 1090     | 106583 |        | 1839      | 110213 |           | 1680       | 811834            |
| 1928 | 10959     | 310000  | 25137  |       | 87396          | 104421 | 24798 | 11690  | 1,4               | 1,9                | 932      | 120000 |        | 1481      | 115393 |           | 6267       | 818474            |

Tabella 1: produzione mondiale di magnesite espressa in tonnellate/anno nel periodo 1901-1928. Si noti che nel 1919 la produzione italiana raggiunge il 10% dell'intera produzione mondiale

| Cava               | Comune                   | Società esercente            |
|--------------------|--------------------------|------------------------------|
| Castiglioncello    | Rosignano Marittimo (PI) | Soc. Magnesite               |
| Campolecciano      | Rosignano Marittimo (PI) | Soc. Lavelli                 |
| S. Dalmazio        | Pomarance (PI)           | Soc. Lavelli                 |
| Monteverdi         | Monteverdi (PI)          | Soc. Materiali Refrattari    |
| Querceto           | Casole D'Elsa (SI)       | Soc. Magnesite di Val d'Elsa |
| S.Piero e S.Ilario | Campo nell'Elba (LI)     | Ing. Pullé                   |

Tabella 2: Cave e Società esercenti attive nel 1924 da rif. [22]

| Anno | Torino | Pisa         | Livorno | Siena |
|------|--------|--------------|---------|-------|
| 1915 | 2300   | 6300         | —       | —     |
| 1916 | 1260   | 16392        | 600     | —     |
| 1917 | 1264   | <b>29006</b> | 800     | —     |
| 1918 | 2737   | <b>24732</b> | 800     | 973   |
| 1919 | 2930   | <b>29000</b> | 1000    | 2200  |
| 1920 | 2650   | <b>28500</b> | 200     | 2500  |
| 1921 | 1210   | 5000         | 200     | 3000  |
| 1922 | 500    | 5000         | 200     | 3000  |
| 1923 | 1250   | 8224         | —       | 3000  |
| 1924 | 1450   | 8986         | —       | 3000  |
| 1925 | 2400   | —            | 9446    | 3300  |
| 1926 | 3500   | —            | 800     | 3000  |
| 1927 | 3283   | 4554         | 5647    | 3000  |
| 1928 | 50     | 6425         | 3915    | 1300  |
| 1929 | —      | 6200         | 8002    | 2970  |
| 1930 | 200    | 466          | 1356    | 2100  |
| 1931 | 600    | —            | —       | 2870  |
| 1932 | 460    | —            | —       | —     |
| 1933 | 2132   | —            | —       | 55    |
| 1934 | 1100   | —            | —       | —     |
| 1935 | 600    | —            | —       | 651   |
| 1936 | 155    | —            | —       | 3000  |
| 1937 | 1350   | —            | 242     | 3800  |
| 1938 | 1406   | —            | 649     | 4102  |
| 1939 | 10577  | —            | 581     | 3819  |
| 1940 | 1353   | —            | 657     | 3045  |
| 1941 | 1171   | —            | 135     | 3281  |
| 1942 | 9179   | —            | 1069    | 3438  |
| 1943 | 891    | —            | 703     | 4076  |
| 1944 | 840    | —            | 650     |       |

Tabella 3: produzione italiana suddivisa per province (si tenga presente il passaggio in provincia di Livorno dal 1924 del territorio di Castiglioncello) – fonte [22].

Insieme al valore economico non dobbiamo trascurare anche i riflessi sociali di questa attività che richiedeva un elevato numero di maestranze sia per le attività di cava che nella produzione dei mattoni refrattari (Tabella 4).

| Ditta                                      | Uomini | Donne | Articoli prodotti                     |
|--------------------------------------------|--------|-------|---------------------------------------|
| Società Anonima Magnesite(Castiglioncello) | 227    | 53    | Magnesite e refrattari                |
| Società Lavelli (Campolecciano)            | 109    | 31    | Magnesite e refrattari                |
| E. Carlevaro & C. (Vada)                   | 16     | -     | Olio al solfuro                       |
| Soc. Solvay & C. (Rosignano Solvay)        | 277    | 50    | Soda caustica e altri prodotti sodici |
| Totale                                     | 629    | 134   | Soda caustica e altri prodotti sodici |

Tabella 4: statistica industriale dell'anno 1916 nel Comune di Rosignano. Si nota che il numero di occupati nelle attività minerarie di Castiglioncello e Campolecciano superava il numero di occupati dell'allora nascente industria Solvay e come l'impiego femminile raggiungesse il 25% delle maestranze [28].

Questa grande potenza produttiva non fu sufficiente a mantenere attive le escavazioni di magnesite per molti anni. La natura filoniana del giacimento fece ben presto capire che questo era destinato ad esaurirsi ben presto e dopo alcuni anni di importante sviluppo cominciò una fase di lento declino delle attività estrattive come riportato nella tabella che segue e che traccia fortune e declino di questa attività.

| Anno periodo | Zona di Campolecciano                                                                                                                                   | Zona di Poggio Pelato: cantiere "Masaccio"                                                                                | Cantiere "Mammellone", "Speranza" e "Santa Barbara"          | Zona di Macchia Escafrullina               |
|--------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|
| 1848-1913    | Segnalazione di mineralizzazione a magnesio                                                                                                             |                                                                                                                           |                                                              |                                            |
| 1910         | Completamento del tratto ferroviario Livorno-Vada                                                                                                       |                                                                                                                           |                                                              |                                            |
| 14/05/1914   |                                                                                                                                                         | Fondazione della "Società anonima Magnesite" per l'estrazione di magnesite sia per uso bellico che di ricerca e di studio |                                                              |                                            |
| 1916         | Si scopre il giacimento di Campolecciano                                                                                                                | Si scava la prima galleria                                                                                                | /                                                            | /                                          |
| 1918         |                                                                                                                                                         | Ampliamento                                                                                                               | /                                                            | /                                          |
| 1919         | L'estrazione di magnesite di Castiglioncello raggiunge l'apice (circa 10% del fabbisogno mondiale, quasi 100% di quello nazionale) con 35930 tonnellate |                                                                                                                           |                                                              |                                            |
| 1920-1923    | Con la fine della guerra la richiesta di magnesite è diminuita determinando un calo dell'estrazione                                                     |                                                                                                                           |                                                              |                                            |
| 1925         | Il governo italiano dà nuovi input all'industria edilizia e la produzione ricomincia                                                                    |                                                                                                                           |                                                              |                                            |
| 1928         | La società "Magnesite" esce di scena, la gestione della miniera passa alla società "Lavelli"                                                            |                                                                                                                           | Si apre il cantiere Mammellone, ma è come il canto del cigno | /                                          |
| 1930-1937    | Chiusura dell'attività estrattiva, seguita da varie riaperture temporanee                                                                               |                                                                                                                           |                                                              |                                            |
| 1939         | Continuano i lavori dei cantieri, ai quali si aggiunge quello di Santa Barbara                                                                          |                                                                                                                           |                                                              | Si scopre il filone, ma la qualità è bassa |
| Dopo il 1943 | L'attività mineraria di Rosignano si può dire conclusa                                                                                                  |                                                                                                                           |                                                              |                                            |

Tabella 5: sintesi delle attività minerarie condotte nei giacimenti di magnesite dell'area nord di Castiglioncello, Miniera del Masaccio (nota anche come miniera di Castiglioncello), Miniera di Campolecciano (nota anche come area mineraria del Fortullino) e Miniera di Macchia Escafrullina. Da Domenici e Lenzi (2005) [38].

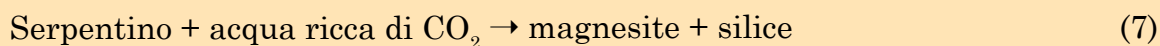
## **Le specie minerali rinvenibili nelle aree delle ex miniere**

Nel paragrafo seguente saranno elencate le specie mineralogiche principali rinvenibili nei tre giacimenti. Per un approfondimento delle tematiche trattare gli autori suggeriscono la lettura dei riferimenti [1, 32, 33].

### **Magnesite $MgCO_3$**

Chiamata un tempo giobertite, costituisce la specie mineralogica più comune dell'area considerata. La magnesite,  $MgCO_3$ , cristallizza nella classe trigonale ed è un carbonato appartenente al gruppo della calcite. Era il minerale principale delle coltivazioni delle miniere di Castiglioncello (Masaccio) Campolecciano e Botro Fortulla, con cantieri sia a cielo aperto che in galleria.

Questo minerale si presenta comunemente in masse compatte particolarmente dure, con una struttura terrosa o saccaroide di color avana o meno frequentemente bianca come nella località Aia della Vecchia sotto Nibbiaia, dove fu aperto un piccolo cantiere a cielo aperto. Non mancano i cristalli lenticolari vitrei con sviluppo fino a circa un centimetro, in druse di color bianco associate a dolomite, volkonskoite, melanoflogite, opale, raramente cinabro. La genesi della magnesite è sempre legata al processo metasomatico che ha interessato l'area nord di Castiglioncello, sede delle miniere, attraverso l'azione delle acque carbonatiche sui silicati di magnesio secondo la ben nota reazione schematica:



Si ricordi che in generale le mineralizzazioni di magnesite associate a silice si trovano in toscana all'interno delle masse serpentinosi. (Marinelli 1955 [35]), tranne in un caso solo, a nostra conoscenza, nel giacimento in località Gabbro (Rosignano LI), versante orientale, nei pressi di Villa Mirabella (Rossi 1988) dove la magnesite e la silice sono depositate in vene all'interno delle arenarie neogeniche.

Il minerale si presenta tipicamente in aggregati lamellari, talvolta riferiti anche come dolomite, all'interno di brecce nella magnesite compatta o nel serpentino parzialmente metamorfosato. Talvolta gli aggregati microcristallini formano strutture pisolitiche. Descritte in passato dal Pelloux (1919) [39], le masse di magnesite pisolitica sono costituite da una aggregazione di nuclei di magnesite, di morfologia pseudo pentagonododecaedrica, con dimensioni di 4-5 mm sino ad 8 mm. Questi pseudocristalli erano storicamente noti come "morfoliti di Castiglioncello". La magnesite pisolitica può ancora essere raccolta presso il giacimento di Masaccio anche se recenti lavori di ampliamento del pavimento stradale hanno praticamente distrutto uno dei principali filoni residui.



Figura 32: aggregati lamellari (circa 0,5 cm) di magnesite in geodi nella magnesite massiva (sinistra) o cristallizzati (circa 0,5cm) sulle breccie di serpentino parzialmente alterato (centro) o come magnesite pisolitica (individui di dimensione 0,4-1cm – (destra): giacimento della ex miniera di Castiglioncello (miniera del Masaccio).

## Melanoflogite - $46(\text{SiO}_2) \cdot 6(\text{CO}_2, \text{N}_2) \cdot 2(\text{CH}_4, \text{N}_2)$

La melanoflogite è un minerale rarissimo, sinora segnalato in poche località italiane, come Racalmuto in Sicilia [40], località Case Montanini in provincia di Parma [41] e località Fortullino [42] in provincia di Livorno. Nel mondo molto noti sono gli esemplari ritrovati in alcune zone della Boemia, in Germania [43], e sul Monte Hamilton, in California [44].

Il nome *melanoflogite* deriva dal greco *mélas*, gen. *mélanos* (= nero) e *phlóx*, gen. *phlogós* (= fiamma) e deriva dalla proprietà mostrata talvolta da questo minerale di annerire se riscaldato.

Il minerale è stato descritto per la prima volta dal prof. Von Lasaulx [40], che raccolse e classificò i primi esemplari di melanoflogite nella regione della solfataria di Racalmuto in Sicilia, dandone nel 1876 le prime notizie. Di seguito riportiamo parte di una monografia su questo minerale presentata dal prof. Luigi Bombicci nelle Memorie della Reale Accademia delle Scienze dell'Istituto di Bologna [45], Classe di Scienze Fisiche (1891):

Nuove ricerche sulla melanoflogite della miniera Giona presso Racalmuto (Sicilia) memoria del prof. Luigi Bombicci (letta nella Sessione del 22 febbraio 1891):

*Lasaulx fu lo scopritore della Melanoflogite, dandone nel 1876 le prime notizie, ne ammette la composizione chimica quale si dedusse da una analisi quantitativa, del Bettendorf, e ritiene costituita la sostanza da silice e acido solforico. Il Von Lasaulx considera la Melanoflogite rigorosamente monometrica colle sfaldature parallele alle faccie del cubo. Descrive l'annerimento dei cristalli cubici mediante la calcinazione, e trae da questo fenomeno il nome specifico, significante appunto **nero alla fiamma**; ma resta in dubbio circa la causa dell'annerimento, imperocché il resistere del color nero all'azione degli acidi fa escludere la presenza di solfuri di ferro, come causa determinante; ed il resistere all'arroventamento prolungato in contatto dell'aria impedisce di attribuirlo a diffusione di particelle di carbonio libero, fornito dalla dissociazione di qual-*

*che idrocarburo preesistente. Lo stesso autore classificando cronologicamente la Melanoflogite, in ordine alla paragenesi con i minerali suoi concomitanti, la giudica di ultima formazione, ossia più recente, in confronto del solfo nativo, della Calcite, della silice idrata opalina, e della Celestina. Confido di riuscire a dimostrare, mercè le osservazioni di cui segue l'esposizione ordinata, che questi apprezzamenti sono inesatti; lo sono perché la Melanoflogite non è una combinazione chimica propriamente detta, unitaria, di silice e acido solforico; perché non è rigorosamente, intrinsecamente cubica; e perché **diventa nera solo in casi speciali** e in parti limitate, mentre diviene sempre bianca o verdolina nella massa per calcinazione; Il Lasaulx, sperimentando forse su pochissimi e minimi saggi, ha presa l'eccezione per la regola, ed altri ne hanno seguito l'esempio; infine, perché la Melanoflogite si è costituita simultaneamente, con fasi ripetute, con alternanze di tempo e di posizione rispetto ai minerali che vi si trovano concomitanti; fra i quali è rarissima la Celestina. Il Prof. E. Bertrand, annunzia che la Melanoflogite presenta fenomeni ottici assai precisi i quali permettono di verificare che la cristallizzazione della sostanza non è isotropicamente cubica; che è dipendente bensì da un assettamento (assemblage), di sei piramidi a base quadrata aventi i vertici loro al centro dei rispettivi cristalli esaedrici, ed aventi perciò le basi quadrate loro nelle posizioni delle sei facce del cubo.*

Da allora diversi studi sono stati fatti per scoprirne tutte le proprietà [46], che sono brevemente riassunte nella scheda descrittiva sotto riportata.

#### **Scheda descrittiva sintetica del minerale melanoflogite:**

- Formula chimica  $46(\text{SiO}_2) \cdot 6(\text{CO}_2, \text{N}_2) \cdot 2(\text{CH}_4, \text{N}_2)$ .
- Colore trasparente o bianco.
- Aspetto vitreo.
- Cristalli da traslucidi a trasparenti.
- Sistema cristallino tetragonale.
- Abito del cristallo botrioidale, a sferette o a cubi e pseudo-cubi.
- Nessuna sfaldatura.
- Frattura concoidale.
- Durezza di 6.5 - 7 (scala di Mohs).
- Densità tra 1,99 e 2,11 g/cm<sup>3</sup>.
- Striscia bianca.
- Associazioni mineralogiche più comuni: calcite, solfuri, materiali sedimentari e carbonati.

La melanoflogite ha una formula complessa e variabile a seconda della fonte. Il termine generalmente accettato ha formula  $46\text{SiO}_2 \cdot 6\text{M}_{14} \cdot 2\text{M}_{12}$  (dove  $\text{M}_{14}$  rappresenta invece il gruppo costituito da sei molecole di azoto o di anidride carbonica mentre

M<sub>12</sub> rappresenta un gruppo di due molecole di metano o azoto) e formula unificata 46(SiO<sub>2</sub>) · 6(CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>) · 2(CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>). Secondo la classificazione della International Mineralogical Association (IMA) ha formula: C<sub>2</sub>H<sub>17</sub>O<sub>5</sub> · Si<sub>46</sub>O<sub>92</sub>, classe silicati, sottoclasse tectosilicati. Presenta sfaldatura difficile, ha densità relativa compresa tra 2,01 e 2,05. È una rara modificazione polimorfa della silice a bassa densità, formatasi in condizioni di gas ad alta pressione. In letteratura sono state descritte due fasi di questo minerale, una tetragonale (alfa) ed un'altra cubica (beta).

Nel reticolo cristallino della melanoflogite si trovano le caratteristiche dei composti clatrati, detti anche composti “gabbia”, dove le molecole risultano ordinatamente intrappolate negli interstizi dei reticoli cristallini. Non ci sono però dei veri legami chimici covalenti fra molecole clatrate e molecole clatranti, ma soltanto forze intermolecolari di tipo Van der Waals.

Nella melanoflogite [47], le molecole clatrate negli interstizi della silice possono ospitare molecole organiche di idrocarburi a catena lunga. Se sottoposta a riscaldamento, talvolta, la melanoflogite diventa nera a causa della trasformazione dei composti organici, da cui il nome (melanoflogite, da *mélas- mélanos* e *phlóx- phlógos*, che significa “annerisce se riscaldata”).

Conducendo analisi di spettrometria di massa e per spettroscopia Raman sono stati riconosciuti, l'azoto, il metano, l'anidride carbonica (Kolesov e Geiger [48]). Ulteriori serie di indagini sono state realizzate con tecnologia ad emissione al plasma e accoppiamento induttivo ICP, procedimento Rapid Quant per l'individuazione degli elementi chimici presenti nello spettro di emissione. Sono stati rilevati Al, Ba, Be, Bu, Ca, Cd, Cu, Co, Fe, Ga, K, Li, Mg, Mo, Na, Ni, P, Pb, Sb, Sr, Te, Tl, Zn, V. In una recente pubblicazione sono state riconosciute due nuove emissioni attribuibili al Cr ed al Ni [34], questi due elementi chimici potrebbero provenire dall'attacco idrotermale carbonatico sulla coltre ofiolitica, in particolare sulle serpentine.

Alla miniera del Botro Fortulla a Campolecciano la melanoflogite si presenta in sfere, o mezze biglie vitree perfettamente trasparenti, oppure opache, generalmente sulla matrice di magnesite compatta, ma anche associata a cristalli di dolomite e magnesite con talvolta volkonscoite, più raramente associata a cinabro. Talvolta si osservano sfere appoggiate sul bordo dei cristalli scalenoedrici di magnesite e, quando i globuli sono estremamente nitidi, è possibile vedere la matrice a contatto. I globuli di melanoflogite sono composti da micro-cristalli ed è possibile osservarli ad occhio nudo quando si presentano in individui millimetrici, con abito cubico o pseudo-cubico e facce del tetracisesaedro. I gruppi di cristalli con facce cubiche, pseudo-cubiche, sono tipicamente aggregati a riccio e si trovano adagiati su una matrice di magnesite compatta. Nei primi anni '70 dello scorso secolo sono stati rinvenuti, raramente, gruppi di cristalli con facce di 0,4 cm.



Figura 33: aggregati sferoidali di melanoflogite.

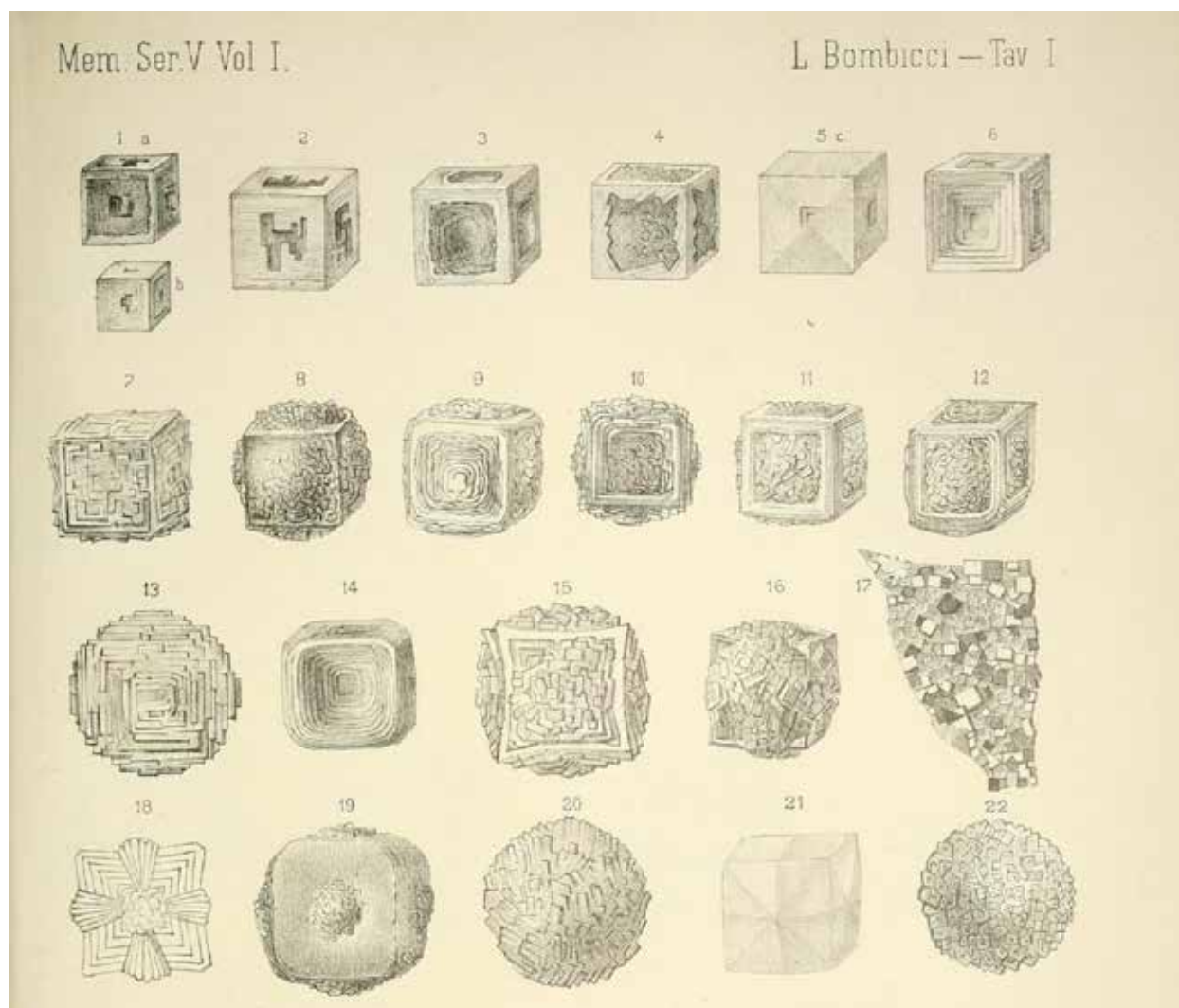


Figura 34: commento alla tavola I di riferimento [45]. Dalla figura 1 alla 6, le modalità più distintamente cubiformi della melanoflogite, dalla figura 7 alla 18 la serie delle forme della suddetta specie, progressivamente tendenti al tipo sferoedrico, pur coesistendovi la struttura esaedrica regolare; dalla figura 19 alla 22, casi di evidente coesistenza c. s.; esempi di sezioni, e di struttura completamente sferoedrica.

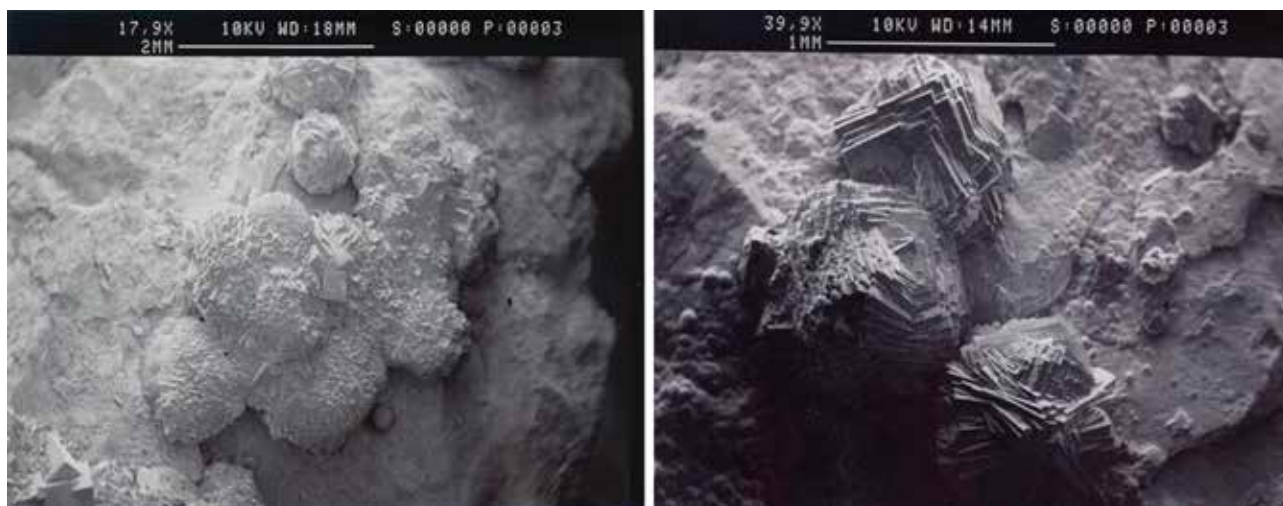


Figura 35: gli aggregati sferoidali risultano formati dall'accrescimento in strutture globulari di individui cubici (foto a sinistra: 20x, foto a destra: 40x).

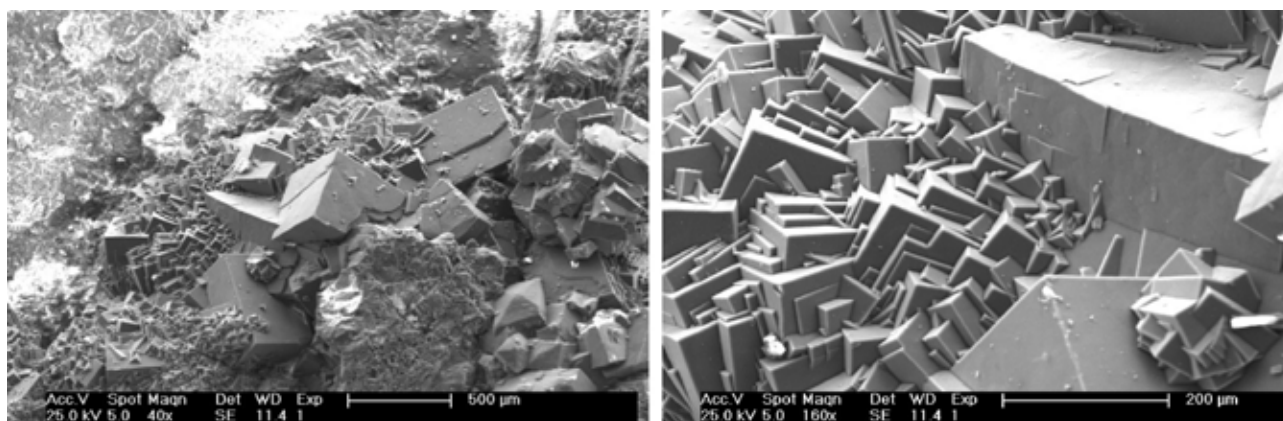


Figura 36: individui cubici singoli ed in aggregati polisintetici (foto a sinistra: 40x, foto a destra: 160x).

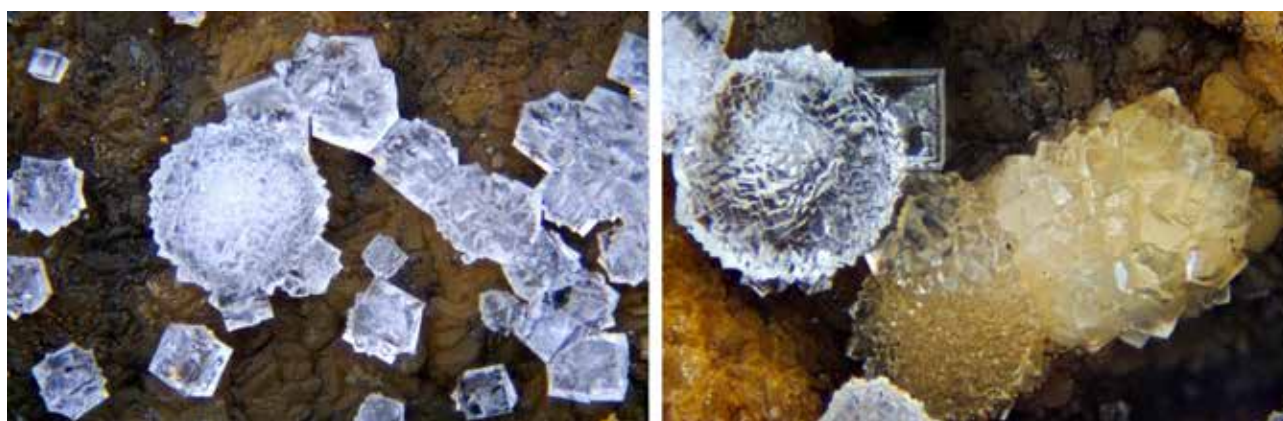


Figura 37: aggregati cubici e globulari sferoidali al microscopio ottico (photo courtesy Marco Bonifazi).

I globuletti di melanoflogite, se osservati al microscopio elettronico o al microscopio ottico a forte ingrandimento, risultano chiaramente formati dall'aggregazione di microcristalli cubici in gruppi a rosetta come evidenziato in figura 35-39.

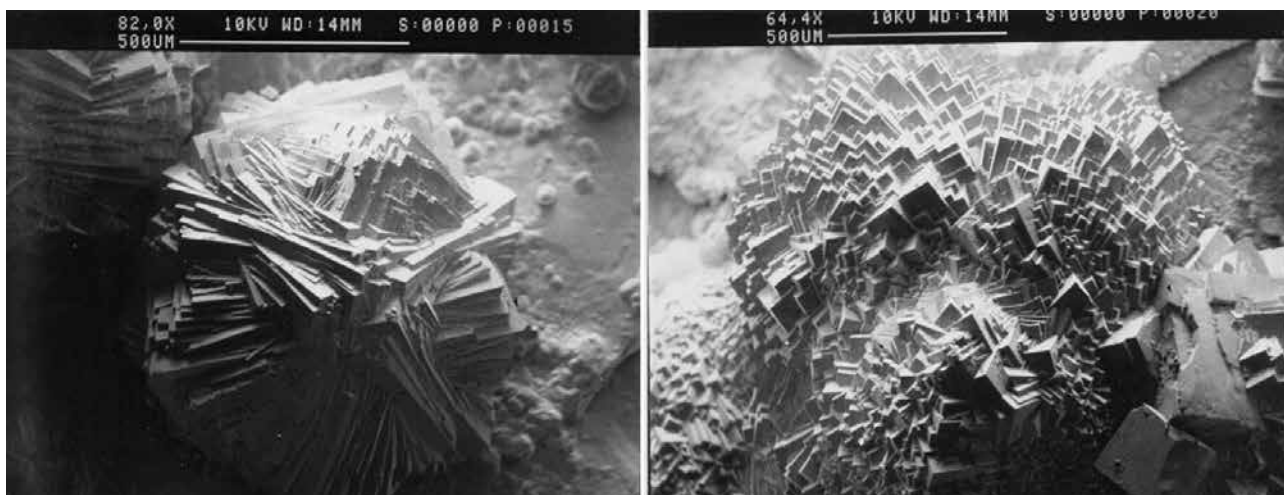


Figura 38a: aggregati polisintetici di individui cubici.

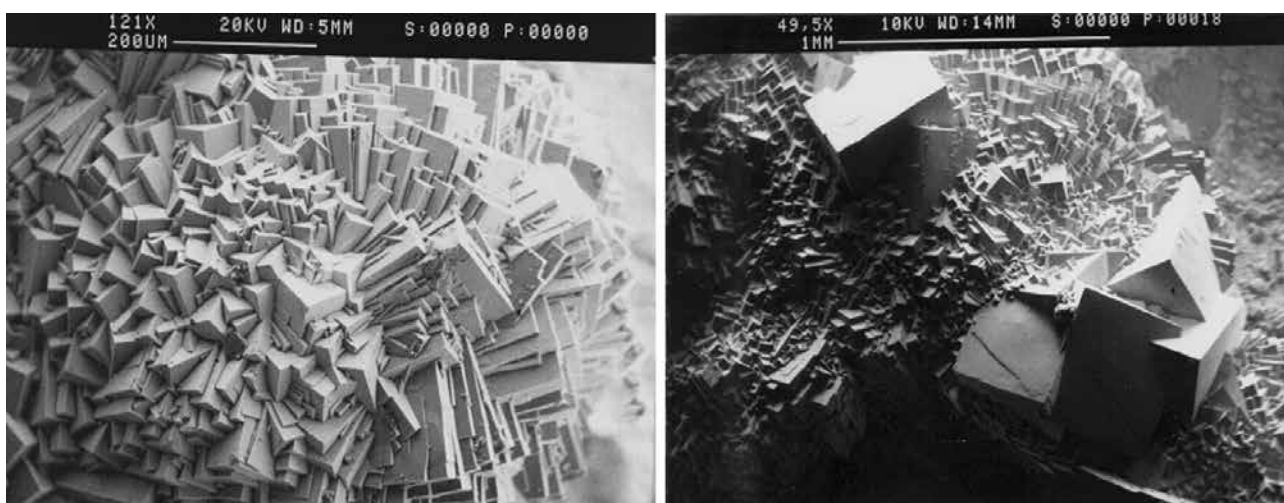


Figura 38b: particolare delle geminazioni (foto a sinistra: 120X, foto a destra: 50x).

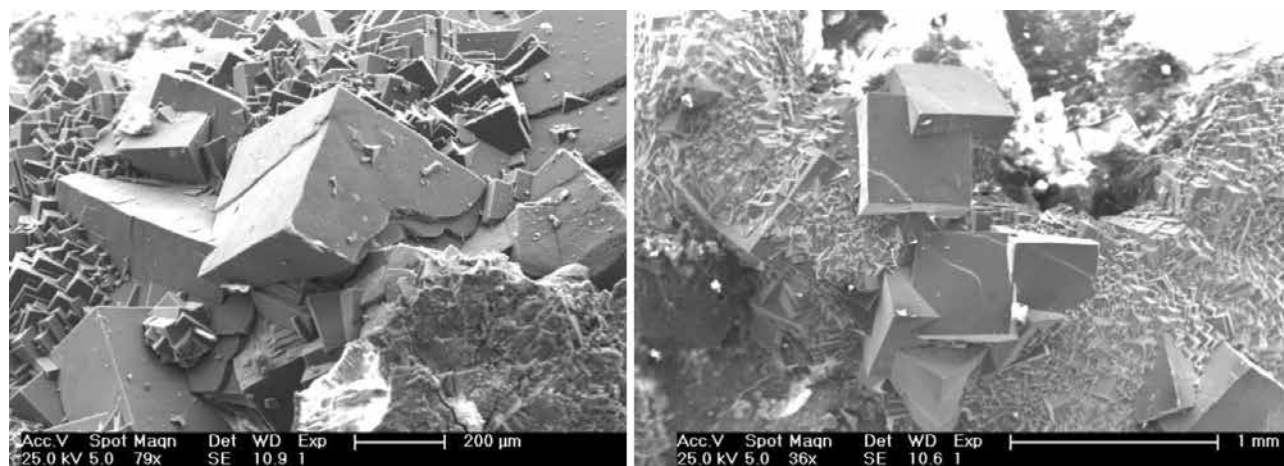


Figura 39a: gli aggregati globulari, osservati al microscopio elettronico, mal celano la simmetria cubica del minerale. Ogni globuletto risulta formato da una poligeminazione di individui cubici che talvolta si presentano anche come cristalli singoli (quarta foto). (foto a sinistra: 79x, foto a destra: 36x).

Il minerale si è originato per alterazione carbonatica dei serpentini che ha portato alla formazione di rocce carbonatiche ricche di magnesio e alla segregazione della fase silicea sotto forma di melanoflogite ed opale.

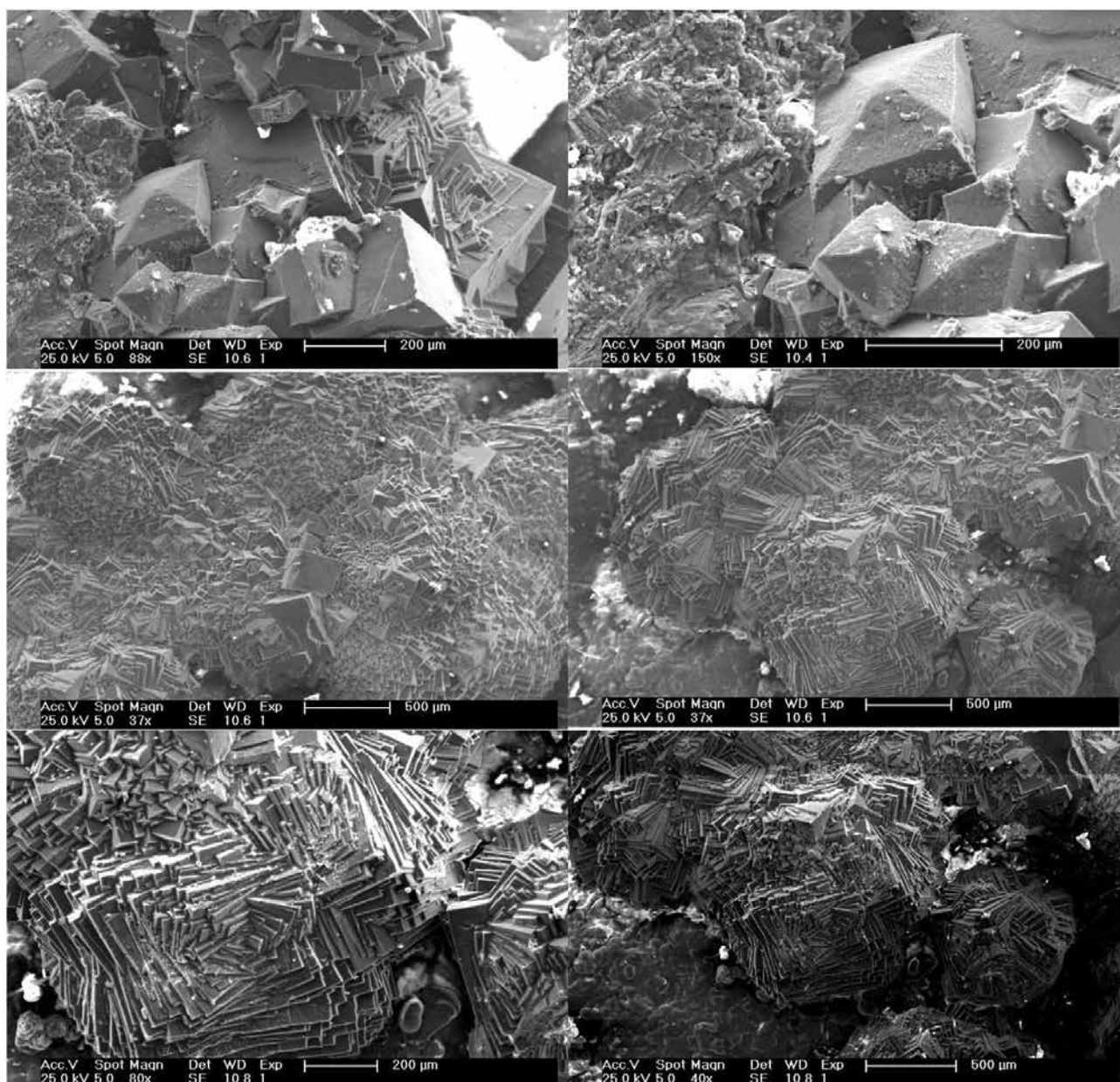


Figura 39b: vari livelli di geminazione generano, negli individui di maggiori dimensioni l'aspetto sferoidale della melanoflogite.

Su come definire e classificare questo minerale occorre fare alcune considerazioni. La melanoflogite viene definita una fase [49] a bassa densità della silice ( $\text{SiO}_2$ ), quindi rientra a pieno titolo nella serie dei polimorfi della silice [50], in particolare nel tipo delle “ultramarine” o clatrati (*clathrasils* in inglese). Questi, a loro volta, fanno parte della classe dei silicati definita dei “tectosilicati”, caratterizzati da network tridimensionali in cui tutti e quattro i vertici dei tetraedri di  $\text{SiO}_4$  sono condivisi a formare strutture porose e cavità poliedriche. Tuttavia, le ultramarine [51] si distinguono dalle zeoliti, altro tipo di tectosilicati, in quanto le cavità presenti nella struttura cristallina, di cui vedremo in seguito le caratteristiche, sono collegate da canali troppo stretti e quindi poco accessibili da parte di molecole relativamente grandi, che una volta inglobate non riescono a sfuggire [52]. Altri esempi di ultramarine sono i lapislazzuli e la sodalite, che, come la melanoflogite, hanno una densità mediamente maggiore delle corrispettive zeoliti.

## Sulla composizione chimica della melanoflogite

Vari studi sulla composizione chimica della melanoflogite sono stati condotti fin dalla sua scoperta. I primi studi di Geis [53] et al. riportano evidenze della presenza di piccole molecole volatili all'interno del reticolo cristallino, come il metano ( $\text{CH}_4$ ), l'azoto ( $\text{N}_2$ ) e l'anidride carbonica ( $\text{CO}_2$ ). Le tecniche utilizzate per i primi riconoscimenti si basano essenzialmente sulla spettrometria di massa e sulla spettroscopia Raman, come il lavoro di Kolesov e Geiger. [48]

Un importante contributo viene da Nakagawa [54] et al., che ha recentemente proposto una formula minima della melanoflogite, esprimibile con la sigla  $46\text{SiO}_2 \cdot 6\text{M}^{14} \cdot 2\text{M}^{12}$  (in cui  $\text{M}^{12}$  rappresenta il gruppo di molecole di metano e azoto negli aggregati, che vedremo in seguito con maggior dettaglio, di tipo  $[5^{12}]$ , e  $\text{M}^{14}$  rappresenta il gruppo costituito dall'anidride carbonica e dall'azoto organizzati negli aggregati di tipo  $[5^{12}6^2]$ ).

Vari autori hanno inoltre ipotizzato la presenza di idrocarburi senza però riportare dati quantitativi. In alcuni campioni [55], sono stati osservati anche elementi chimici come il calcio (Ca), il magnesio (Mg) e il ferro (Fe).

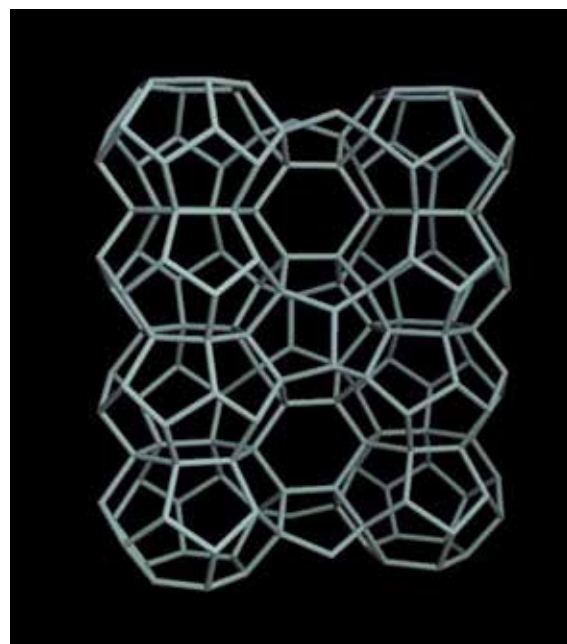


Figura 40: vista della cella cristallina della melanoflogite con evidenziate le cavità  $[5^{12}]$  ai lati e le cavità  $[5^{12}6^2]$  nella parte centrale

## Sulla struttura della melanoflogite

Questo minerale cristallizza nella struttura tipica dei clatrati, isotipica dei gas idrati di tipo I. Una delle caratteristiche più significative è la presenza di cavità poliedriche. Il volume di queste cavità va dai  $97 \text{ \AA}^3$  dei pentagonododecaedri ai  $136 \text{ \AA}^3$  dei tetracaidecaedri. I pentagonododecaedri, solidi fatti da 12 facce pentagonali, sono indicati con il simbolo  $[5^{12}]$ , mentre i tetracaidecaedri sono indicati con  $[5^{12}6^2]$  essendo solidi fatti da 12 facce pentagonali e due facce esagonali.

In una cella del cristallo di melanoflogite, che è una cella cubica, ci sono due cavità di tipo  $[5^{12}]$  e sei di tipo  $[5^{12}6^2]$ .

I lavori condotti da Gies [53] a partire dagli anni Ottanta hanno evidenziato che la melanoflogite è presente in natura in una cristallizzazione tetragonale stabile a temperatura ambiente. Tuttavia, sopra i 40 gradi un'altra forma, la forma cubica, è più stabile. Queste due forme cristalline sono solitamente indicate come forma a e b, rispettivamente. È da notare come, in letteratura non ci siano evidenze del perché in alcuni cristalli rinvenuti in località diverse, si possano trovare indistintamente cristalli in forma a o b. A questo proposito, la presenza di altri elementi chimici o addirittura composti ingloba-

ti all'interno delle cavità potrebbe essere una spiegazione della stabilità di una forma cristallina o dell'altra.

Uno degli studi più completi sulla determinazione della struttura della melanoflogite b è il lavoro di T. Nagakawa et al. [54] basato sulla diffrazione a raggi X a singolo cristallo, fatto su un campione del monte Hamilton, in California. Qui le caratteristiche della cella cristallografica nel gruppo spaziale di simmetria  $P4_2/nbc$  e la posizione degli atomi della struttura principale (ovvero ossigeno e silicio) sono state determinate con elevata accuratezza.

Si conoscono poi altri studi sulla struttura della melanoflogite, in cui però sono stati evacuati i composti ospiti nel reticolo cristallino (come il metano e l'anidride carbonica). Uno studio termodinamico sulla cosiddetta melanoflogite "guest-free" è stato condotto proprio su un campione proveniente dalla località livornese da A. Navrotsky et al. [56]. Sugli stessi campioni un interessante studio strutturale sulle transizioni di fase della melanoflogite è stato fatto basandosi su tecniche di NMR [57] di stato solido all'isotopo- $^{29}\text{Si}$ . Anche in questo caso però le piccole molecole incluse sono state evacuate scaldando il campione a temperature superiori a 200°C.

## GIACITURE DELLA MELANOFLOGITE

### **CAVE ABBANDONATE DI MAGNESITE PRESSO POGGIO PELATO – MINIERA MASACCIO**

Da Castiglioncello per la variante Aurelia, indi per Poggio Pelato. Prima della biforcazione del sentiero che proseguendo a destra porta sino all'osservatorio del Servizio Antincendio, proseguire in avanti per circa 500 metri fino alla zona della 'magnesite' riconoscibile per il colore caratteristico bianco latteo delle rocce circostanti.

Lungo lo stradello sono visibili degli affioramenti di serpentiniti molto alterate e minerale a base di silice (bianco) estremamente compatto, intercalato a roccia friabile in cui si possono scorgere venette di dolomite lenticolare spesso scambiate per magnesite. La dolomite, che costituisce il minerale più comunemente rinvenibile, talvolta è accompagnata da cristalli prismatici piccoli di colore beige di magnesite che nella zona è molto più comune in masse porose dello stesso colore o in aggregati pisolitici, cioè in forma di tante sferette opache deformate e cementate l'una sull'altra. Molto raramente, nel serpentino alterato e friabile, si possono rinvenire delle venette di opale generalmente bruna o nerastra, o ancora più raramente verde o color porpora.

### **LOCALITÀ FORTULLINO (ex miniera di Campolecciano)**

Esistono vari modi per raggiungere il giacimento di Fortullino. Il tragitto comune prevede di raggiungere l'area parcheggio attigua al residence Hotel "Il Boschetto" a circa 3 km a nord di Castiglioncello in direzione Livorno. Purtroppo, la strada che dal parcheggio, sulla sinistra, portava all'area mineraria al momento risulta chiusa da un cancello. La migliore alternativa attualmente è portarsi sul pianoro di San Quirico seguendo la strada in direzione dell'agriturismo San Quirico fino a circa 200 m dal superamento di questo. Da qui scendendo per uno degli stretti sentieri che solcano il pendio, in direzione ovest si raggiunge il giacimento. La giusta direzione si riconosce non appena entrati nel

bosco in quanto sono ben riconoscibili frammenti di rocce magnesiache, e dai numerosi frammenti di materiale bianco-beige presenti nei dintorni. Il giacimento di magnesite si riconosce da un'ampia area di lavorazione recente delle rocce ad opera dei cercatori di minerali, visibile alla nostra sinistra e dalla presenza ancora alla sinistra, scendendo, di una corta galleria di saggio. All'interno delle rocce affioranti, numerose nel giacimento, sarà possibile reperire buoni campioni di melanoflogite. Altri minerali rinvenibili sono la dolomite, la magnesite e molto raramente alcune tracce di cinabro. Recentemente, nel giacimento di Fortullino è stata segnalata la varietà magnesiacca della rara kuthnaorite ( $\text{Ca}(\text{Mg}, \text{Mn}, \text{Fe})(\text{CO}_3)_2$ ) la cui analisi è comunque da ritenersi indicativa e da confermare in quanto osservata in un solo campione.



Figura 41: vista panoramica dal punto più alto in località San Quirico, al di sopra del giacimento di magnesite in località 'Fortullino' ex area mineraria Campolecciano.

### **Volkonskoite- $\text{Ca}_{0.3}(\text{Cr}, \text{Mg}, \text{Fe})_2(\text{Si}, \text{Al})_4\text{O}_{10}(\text{OH})_{24}\text{H}_2\text{O}$**

Tra gli altri minerali qui rinvenibili vi è una argilla cromifera, la volkonskoite [ $\text{Ca}_{0.3}(\text{Cr}, \text{Mg}, \text{Fe})_2(\text{Si}, \text{Al})_4\text{O}_{10}(\text{OH})_{24}\text{H}_2\text{O}$ ] che si presenta sotto forma di ammassi saponosi al tatto di colore verdeceleste, molto comune ma di scarso interesse mineralogico sia per l'assenza di cristalli, sia soprattutto per l'estrema fragilità ed alterabilità delle masse presenti.

### **Cinabro- $\text{HgS}$**

Il cinabro,  $\text{HgS}$  si presenta sotto forma di fiocchi rossastri immersi nella matrice di magnesite micro-cristallina o sulle spalmature di magnesite cristallizzata compatta, talora accompagnati da dendriti di psilomelano. È rarissimo e sinora segnalato solamente nel giacimento di Fortullino-Campolecciano.



Figura 42: area di ritrovamento della volkonskoite a Campolecciano.

### **Opale e Calcedonio - $\text{SiO}_2$**

La silice si presenta sia sotto forma di opale, in masse amorfe con lucentezza vitrea e colorazione dal bianco opaco sino al beige-grigio vitreo, sia in masse microcristalline sotto forma di calcedonio. È estremamente rara nei giacimenti di Castiglioncello mentre è più comune a Campolecciano lungo la strada che dal parcheggio di Fortullino porta al giacimento di melanoflogite.



*Figura 43: opale miniera di Campolecciano*

## Bibliografia

- <sup>1</sup> G. Bracci, P. Orlandi, Minerali del territorio comunale di Rosignano Marittimo, Supplemento 1, *Quaderni del Museo di Storia Naturale di Livorno*, 6, 195-206, 1985.
- <sup>2</sup> Handy, Mark & Schmid, Stefan & Bousquet, Romain & Kissling, Edi & Bernoulli, Daniel. (2010). Recoiling plate-tectonic reconstructions of Alpine Tethys with the geological-geophysical record of spreading and subduction in the Alps. *Earth-Science Reviews*. 102. 121-158. 10.1016/j.earscirev. 2010.06.002.
- <sup>3</sup> Luigi Carmignani, Paolo Conti, Gianluca Cornamusini & Altair Pirro (2013) Geological map of Tuscany (Italy), *Journal of Maps*, 9:4, 487-497, DOI: 10.1080/17445647.2013.820154.
- <sup>4</sup> Carminati, Eugenio & Lustrino, Michele & Doglioni, Carlo. (2012). Geodynamic evolution of the central and western Mediterranean: Tectonics vs. igneous petrology constraints. *Tectonophysics*. 579. 173-192. 10.1016/j.tecto. 2012.01.026.
- <sup>5</sup> Pandeli E., *La pianura di Firenze-Prato-Pistoia nel quadro dell'evoluzione geologica dell'appennino settentrionale*; Convegno "UN PIANO PER LA PIANA: IDEE E PROGETTI PER UN PARCO" (2008)
- <sup>6</sup> Note Illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000. Foglio 284 – Rosignano Marittimo; Mazzanti. Ispra.
- <sup>7</sup> <https://www.isprambiente.gov.it/it/progetti/cartella-progetti-in-corso/suolo-e-territorio-1/progetto-carg-cartografia-geologica-e-geotematica/index>.
- <sup>8</sup> Ophiolitic Rocks of the Rosignano – Quercianella Region, Petrography Field Guide, D.S. Westerman, Norwich University, VT USA, [https://people.unipi.it/static/rocchi/SR/RM-SV-CM\\_files/OfioGuid.pdf](https://people.unipi.it/static/rocchi/SR/RM-SV-CM_files/OfioGuid.pdf), last access 24.10.2021.
- <sup>9</sup> Studio geologico del territorio comunale di Rosignano Marittimo in relazione alla carta geologica alla scala 1:25.000, Enrico BARTOLETTI, Alessandro HOSSIO, Mateo ESTEBAN, Renzo MAZZANTI, Roberto MAZZEI, Gianfranco SALVATORINI, Guido SANESI & Paolo SQUARCI, *Quaderni del Museo di Storia Naturale di Livorno*, 6, Supplemento 1, 33-127, 1985.
- <sup>10</sup> N. L. BOWEN, O. F. TUTTLE; THE SYSTEM  $MgO-SiO_2-H_2O$ . GSA Bulletin 1949; 60 (3): 439-460. doi: [https://doi.org/10.1130/0016-7606\(1949\)60\[439:TSM\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1130/0016-7606(1949)60[439:TSM]2.0.CO;2).
- <sup>11</sup> Eric Deville, Alain Prinzhofer, The origin of  $N_2-H_2-CH_4$ -rich natural gas seepages in ophiolitic context: A major and noble gases study of fluid seepages in New Caledonia, *Chemical Geology*, Volume 440, 2016, Pages 139-147, ISSN 0009-2541, <https://doi.org/10.1016/j.chemgeo.2016.06.011>. (<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0009254116303035>).
- <sup>12</sup> Sean R. Scott, Kenneth W.W. Sims, Bryce R. Frost, Peter B. Kelemen, Katy A. Evans, Susan M. Swapp, On the hydration of olivine in ultramafic rocks: Implications from Fe isotopes in serpentinites, *Geochimica et Cosmochimica Acta*, Volume 215, 2017, Pages 105-121, ISSN 0016-7037, <https://doi.org/10.1016/j.gca.2017.07.011>.
- <sup>13</sup> F. Dufaud, I. Martinez, S. Shilobreeva, Experimental study of Mg-rich silicates carbonation at 400 and 500 C and 1 kbar, *Chemical Geology*, Volume 265, Issues 1-2, 2009, Pages 79-87, ISSN 0009-2541, <https://doi.org/10.1016/j.chemgeo.2009.01.026>.
- <sup>14</sup> N. Assayag, J. Matter, M. Ader, D. Goldberg, P. Agrinier, Water-rock interactions during a  $CO_2$  injection field-test: Implications on host rock dissolution and alteration effects, *Chemical Geology*, Volume 265, Issues 1-2, 2009, Pages 227-235, ISSN 0009-2541, <https://doi.org/10.1016/j.chemgeo.2009.02.007>.
- <sup>15</sup> Hänchen, M., Prigiobbe, V., Storti, G., Seward, T.M., Mazzotti, M., 2006. Dissolution kinetics of fosteritic olivine at 90-150 °C including effects of the presence of  $CO_2$ . *Geochim. Cosmochim. Acta* 70, 4403-4416.
- <sup>16</sup> Hänchen, M., Prigiobbe, V., Baciocchi, R., Mazzotti, M., 2008. Precipitation in the Mg-carbonate system-effects of temperature and  $CO_2$  pressure. *Chem. Eng. Sci.* 63, 1012-1028.
- <sup>17</sup> C. Boschi, A. Dini, L. Dallai, G. Ruggieri, G. Gianelli, Enhanced  $CO_2$ -mineral sequestration by cyclic hydraulic fracturing and Si-rich fluid infiltration into serpentinites at Malentrata (Tuscany, Italy), *Chemical Geology*, Volume 265, Issues 1-2, 2009, Pages 209-226, ISSN 0009-2541, <https://doi.org/10.1016/j.chemgeo.2009.03.016>.
- <sup>18</sup> Melanoflogite, scheda descrittiva del minerale nel data base Mindat: <https://www.mindat.org/min-2630.html>, accessed 28/11/2021.
- <sup>19</sup> Raccolta antologica sugli studiosi livornesi di Scienze della Terra attraverso le loro pubblicazioni tra XX e XXI secolo, Renzo Mazzanti (2009). [http://www.lungomarecastiglioncello.it/download/~8\\_SCARICO\\_ALTRE\\_OPERE.htm](http://www.lungomarecastiglioncello.it/download/~8_SCARICO_ALTRE_OPERE.htm), last download 01.10.2021.

- <sup>20</sup> A. Lenzi, La melanoflogite di località Fortullino, *Informatore*, giornale del Museo di Storia Naturale di Rosignano Solvay, 1, 10-13, 1996.
- <sup>21</sup> V. Domenici, A. Lenzi, Manuale di Mineralogia, 1, 2004 (in occasione della III Giornata Studio di Mineralogia, presso il Museo di Storia Naturale di Rosignano Solvay).
- <sup>22</sup> A. Fei, Storia Mineraria dei Monti Livornesi: L'escavazione della magnesite di Castiglioncello, Nuovi Studi Livornesi, Vol. VII, 1999.
- <sup>23</sup> A. Fei, Un esempio di "virtuosismo minerario autarchico": l'escavazione della marcassite (pirite melnikovitica) della Macchia Escafrullina, Nuovi Studi Livornesi, Vol. X, 2002-2003, pp. 181-201
- <sup>24</sup> Aloisi Piero, *I materiali refrattari italiani*, Società Italiana per il Progresso delle Scienze, 1919
- <sup>25</sup> Lovari D. "Relazione sul Servizio Minerario nel 1928", Distretto minerario di Firenze (1928), Testo 1087 del Database Geologico Minerario (DBGM) Università di Siena, curatore Dr. Paolo Conti, Centro di Geo-Tecnologie Università di Siena, Via Vetri Vecchi 34, 52027 - San Giovanni Valdarno (AR) – Italy, Email: conti@unisi.it
- <sup>26</sup> Le Industrie Italiane Illustrate n° 1, 1917
- <sup>27</sup> Le Industrie Italiane Illustrate 1919, III, pag. 138
- <sup>28</sup> Giampiero Celati, Leo Gattini, *Quaderni di Storia – Rosignano XX secolo n° II, Sale e pietra (1912-1925) (giardini editore 1993)*
- <sup>29</sup> Parravano N. e Mazzetti C. *Sulla trasformazione della magnesite leggera in magnesite pesante*, pp.63-66, in *atti della reale accademia nazionale dei lincei anno CCCXVIII, 1921*
- <sup>30</sup> <http://www.lungomarecastiglioncello.it/CASTIGLIONCELLO/Magnesite/~Magnesite.htm>
- <sup>31</sup> PINTUS E. 1935(7) MAGNESITE DELLA TOSCANA. RAPPORTO INTERNO RIMIN S.p.A. AQUATER S.p.A. San Lorenzo in Campo - ID\_VOL: 12982 - COD\_VOL: T-804 (<https://www.pconti.net/dbgm.html> last consulted 04.09.2021)
- <sup>32</sup> R. Nannoni, F. Sammartino, *Guida ai minerali dei Monti Livornesi*, Bologna, Calderini editore, 1975.
- <sup>33</sup> G. Barsotti, *Storia Naturale dei Monti Livornesi*, Geologia: i minerali e le rocce, Belforte editore,
- <sup>34</sup> Domenici V., Lenzi A., Taccone R., 'La Melanoflogite di località Fortullino: uno studio strutturale del minerale', in atti del primo congresso regionale di Scienze Naturali della Toscana "CODICE ARMONICO" ISBN 88-88734-34-1, 44-48 (2006)
- <sup>35</sup> Marinelli, G., Il giacimento di <<marcasite>> e magnesite nelle serpentini di Macchia Escafrullina (Rosignano Marittimo). Mem. Soc. Tosc. Sc. Nat. – Vol. LXII Serie A, 419–443 (1955).
- <sup>36</sup> Isabella Mascaro, Silvia Guideri, Marco Benvenuti, Francesco Cuteri, Riccardo Francovich, Giuseppe Tanelli, Antonello Nuzzo, Luigi Micheli, *Inventario del patrimonio minerario e mineralogico in Toscana, Aspetti naturalistici e storico-archeologici*, Regione Toscana . Giunta Regionale (1991) scheda 31 tomo 1 (scheda cartografica n° 111 tomo 2)
- <sup>37</sup> Department of Commerce, United States Bureau of Mines, Scott Turner Director, Information Circular, Magnesite (1931)
- <sup>38</sup> "Storia mineraria del territorio Livornese", (Descrizione di alcune giaciture mineralogiche del Comune di Rosignano Marittimo e zone limitrofe) Domenici V., Lenzi A., La biblioteca dei 500, Ulisse nella rete della Scienza, ISSN 1722-4306, (2005):[https://www.researchgate.net/publication/302678046\\_Storia\\_mineraria\\_del\\_territorio\\_Livornese\\_Descrizione\\_di\\_alcune\\_giaciture\\_mineralogiche\\_del\\_Comune\\_di\\_Rosignano\\_Marittimo\\_e\\_zone\\_limitrofe](https://www.researchgate.net/publication/302678046_Storia_mineraria_del_territorio_Livornese_Descrizione_di_alcune_giaciture_mineralogiche_del_Comune_di_Rosignano_Marittimo_e_zone_limitrofe) [http://ulisse.sissa.it/biblioteca/saggio/2005/Ubib051001s007/at\\_download/file/Ubib051001s007.pdf](http://ulisse.sissa.it/biblioteca/saggio/2005/Ubib051001s007/at_download/file/Ubib051001s007.pdf)
- <sup>39</sup> Pelloux, A (1919). Cenni descrittivi sulla morfolite di Castiglioncello. Rend. Mat. Acc. Lincei, s. 5, v. 28, 2, 503 – 505pp.
- <sup>40</sup> Lasaulx Von A. Mineralogisch-krystallographische Notizen. VII. Melanophlogit, ein neues Mineral. Neues Jahrbuch für Mineralogie, 1876, 250–257.
- <sup>41</sup> F. Adorni, F. Tadeo, B. Adorni, *Rivista Mineralogica Italiana*, 3, pp. 126, 2004.
- <sup>42</sup> M. Grassellini Troysi, P. Orlandi, 'SULLA MELANOFLOGITE DEL FORTULLINO (LIVORNO)' *Atti Soc. Tosc. Sci Nat. Mem.*, Serie A, 79, pp. 245-250, 1972.

<sup>43</sup> L. Zak, *American Mineralogist*, 57, pp. 779, 1972.

<sup>44</sup> S. K. Kropatsheva, J. J. Markov, *American Mineralogist*, 57, pp. 1494, 1972.

<sup>45</sup> Memorie della Reale Accademia delle Scienze dell'Istituto di Bologna, Classe di Scienze Fisiche (1890) NUOVE RICERCHE SULLA MELANOFLOGITE DELLA MINIERA GIONA PRESSO RACALMUTO (SICILIA) MEMORIA DEL PROF. Luigi Bombicci (Letta nella Sessione del 22 febbraio 1891). Pag . 711-747 e figure 1-22 tavola I pag 766 (Contributed by Smithsonian Libraries)

<sup>46</sup> B. J. Skinner, D. E. Appleman, *American Mineralogist*, 48, pp. 854, 1963.

<sup>47</sup> A Clathrate Crystalline Form of Silica BY BARCLAY KAMB, *SCIENCE* 09 APR 1965: 232-234

<sup>48</sup> Kolesov B. A., Geiger C. A., *American Mineralogist*, 88, 1364-1368, 2003

<sup>49</sup> "The phases of silica", R. B. Sosman, New Brunswick, New Jersey: Rutgers University Press, 1965.

<sup>50</sup> "Nomenclature of the Forms of Crystalline and Non-Crystalline Silica", D. K. Smith, The Pennsylvania State University, personal communication.

<sup>51</sup> <http://www.chimdocet.it/solido/file11a.htm>

<sup>52</sup> "Recommended nomenclature for zeolite minerals: report of the subcommittee on zeolites of the international mineralogical association, commission on new minerals and mineral names", D. S. Coombs, A. Alberti, T. Armbruster, G. Artioli, C. Colella, E. Galli, J. D. Grice, F. Liebau, J. A. Mandarino, H. Minato, E. H. Nickel, E. Passaglia, D. R. Peacor, S. Quartieri, R. Rinaldi, M. Ross, R. A. Sheppard, E. Tillmanns, G. Vezzadini, *The Canadian Mineralogist*, 35, pp. 1571, 1997.

<sup>53</sup> H. Gies, *Zeitschrift fur Kristallographie*, 164, pp. 247, 1983.

<sup>54</sup> T. Nakagawa, K. Kihara, K. Harada, *American Mineralogist*, 86, pp. 1506, 2001.

[http://rruff.geo.arizona.edu/doclib/am/vol86/AM86\\_1506.pdf](http://rruff.geo.arizona.edu/doclib/am/vol86/AM86_1506.pdf)

<sup>55</sup> G. Carobbi, F. Rodolico, in "I minerali della Toscana", Olschki editore 1976 (e riferimenti contenuti nel libro).

<sup>56</sup> A. Navrotsky, H. Xu, E. C. Moloy, M. D. Welch, *American Mineralogist*, 88, pp. 1612, 2003

<sup>57</sup> S. Liu, M. D. Welch, J. Klinowski, *J. Phys. Chem. B*, 101, pp. 2811, 1997.



## Edoardo Mascagni

È nel momento del successo di Cavalleria Rusticana che nasce a Cerignola il secondogenito del musicista **Pietro Mascagni**: il suo nome è **Edoardo**, l'anno il 1891. Al di là delle sfortunate vicende personali che lo condurranno ad una scomparsa prematura, lo ricordiamo per l'attività che intraprese a Livorno come produttore di motociclette. I motocicli furono chiamati **Junior** e la loro produzione ebbe inizio nei primi anni Venti. Le caratteristiche tecniche del mezzo erano di assoluta avanguardia ed anche il prezzo era considerato molto competitivo. Una curiosità era la caratteristica di avere tutti i bulloni della stessa misura. Negli anni successivi vennero messi a punto modelli differenti con aggiornamento delle caratteristiche



tecniche e con motori di fabbricazione inglese o prodotti direttamente a Livorno. La fabbrica iniziò l'attività ad Antignano per trasferirsi poi ad Ardenza ed infine a **Castiglioncello** negli ex locali della Società Magnesite. La produzione totale, all'e-

poca, fu stimata in circa cento, esemplari dei quali oggi non sappiamo quanti ne rimangono, forse conservati da qualche appassionato collezionista. I veicoli erano considerati robusti, pratici e maneggevoli ed incontrarono il favore di clienti non solo livornesi. La fabbrica però non ebbe gran fortuna sotto il profilo della ge-

stione economica e la prematura morte di Edoardo, deceduto in Etiopia nel 1936 come ufficiale del Genio, ne decretò la definitiva chiusura.



## Erano i primi anni...

Erano i primi anni '80 quando un gruppo di poche persone, mosse da un interesse comune per le scienze naturali, l'ambiente e la ricerca, cominciavano a riunirsi in due locali messi a disposizione dell'Amministrazione Comunale in quella che è oggi via Berlinguer a Rosignano Solvay. Fondatore del gruppo fu Dino Agostini, uomo amante della cultura e delle scienze naturali. Erano già diversi anni che lui si dedicava alla ricerca in campo naturalistico; come direttore della colonia estiva di Gavinana insegnava ai suoi ragazzi a ricercare e riconoscere ragni e farfalle creando così le prime collezioni che ancora oggi sono esposte nel nostro Museo. Tutto questo senza trascurare l'altra grande passione: l'archeologia. È a lui che dobbiamo le prime ricerche nella zona di San Gaetano dove portò alla luce i primi reperti delle "Terme Romane" e, di conseguenza, l'istituzione del primo nucleo di raccolte che darà poi vita al Museo Archeologico di Rosignano Marittimo.

Fu così che nacque il Museo di Storia naturale, da subito gestito da volontari che armati di curiosità e passione andavano a fare escursioni sul territorio per imparare quel che la Natura presentava ai loro occhi. Pian piano le attività si allargarono con nuovi gruppi di ricerca, coinvolgendo le scolaresche con mostre e conferenze gettando così le basi per il futuro Museo di Storia Naturale.

Nel novembre del 1992 ci costituimmo in associazione con il nome "Associazione Amici della Natura Rosignano" e stipulammo con il nostro Comune una convenzione che ci assegnava la gestione del Museo che avevamo creato.

Da allora l'Associazione è cresciuta e si è arricchita di nuovi validi elementi, ha cambiato di nuovo sede, ma tra noi fondatori si è consolidato un clima di vera amicizia che ci fa condividere le gioie e i problemi della vita quotidiana e che, sicuramente, continuerà anche al di là della nostra "avventura museale".

Grazie all'Amministrazione Comunale oggi abbiamo un vero e proprio Museo con la emme maiuscola, a villa Pertusati a Rosignano Marittimo. Un luogo dove trascorrere momenti piacevoli e divertenti, che insieme al museo archeologico di Rosignano Marittimo, al Museo archeologico di Castiglioncello e alla biblioteca, sarà uno dei luoghi del:

DOVE SI VA OGGI?

COSA C'E' DA VEDERE E IMPARARE NEL COMUNE DI ROSIGNANO?

**Questo luogo, il Museo di Storia Naturale che ora chiamiamo MuSNa  
è sempre pronto ad accogliere tutti.**

GIORNI ED ORARI DI APERTURA:

**Periodo invernale** (dal 3 settembre al 30 giugno)

giovedì e sabato, ore 16-19

dal lunedì al venerdì su prenotazione per le scuole

la prima domenica del mese, ore 16-19

**Periodo estivo** (dal 1° luglio al 2 settembre)

sabato ore 16-19 e domenica ore 9-12.

