

### Dal vulcano all'uomo

Caratteristiche e impiego della pietra sperone e del peperino di Marino

Collana: Quaderni delle Scuderie Aldobrandini per l'Arte / 2

Anno: 2004  
Pagine: 108  
21 x 27 cm  
ISBN: 978-88-88168-20-6

### L'opera

La pietra sperone e il peperino sono i protagonisti di questo volume. I materiali, analizzati nei loro diversi aspetti, rappresentano due importanti chiavi di lettura per comprendere ancora di più i complessi processi di formazione del tessuto storico e ambientale del tuscolano. Gli studiosi, con i loro contributi, hanno esaltato inoltre il valore estetico delle due pietre la cui fortuna, diffusasi in un ambito culturale vasto, fu dovuta anche all'apprezzamento da parte di alcuni tra i più grandi interpreti delle architetture rinascimentali e barocche. Furono infatti soprattutto gli artisti chiamati dai principi della Chiesa ad operare contemporaneamente a Roma e nelle residenze tuscolane ad apprezzare i due materiali riuscendo, attraverso il loro impiego, a creare una sorta di *coiné* artistica che, ancora oggi, dà la misura del fervore culturale che caratterizzò in particolare il XVII secolo.

### Sommario

Presentazioni, *Francesco Paolo Posa, Stefano Di Tommaso, Giovanna Cappelli* - Lo sperone, *Pio Sella* - Il peperino di Marino, *Pio Sella* - Un vegetale fossile nel peperino di Marino, *Emanuele Missori* - Saxo quadrato aedificare, *Giuseppina Ghini* - Il peperino di Marino, *Alessandro Bedetti* - Lo sperone nelle costruzioni, *Ruggero Capulli* - La fontana di Piazza San Pietro a Frascati, *Alessandra Amadio* - Bibliografia generale

# Dal vulcano all'uomo

Caratteristiche e impiego  
della pietra sperone  
e del peperino di Marino



Nessuna parte di questo libro  
può essere riprodotta o trasmessa  
in qualsiasi forma o con qualsiasi  
mezzo elettronico, meccanico  
o altro senza l'autorizzazione  
scritta dei proprietari dei diritti  
e dell'editore.

Progetto grafico di Gianni Trozzi

© copyright 2003 by  
Campisano Editore Srl  
00155 Roma, viale Battista Bardanzellu, 53  
Tel (39) 06 4066614 - Fax (39) 06 4063251  
campisanoeditore@tiscalinet.it  
www.campisanoeditore.it  
ISBN 88-88168-20-6

Comune  
di Frascati

 **Scuderie**  
Aldobrandini per l'Arte

*Sindaco*

Francesco Paolo Posa

*Assessore alle Politiche Culturali*

Stefano Di Tommaso

*Dirigente Settore Cultura*

Oscar Pozzi

*Direttore Scuderie Aldobrandini per l'Arte*

*Responsabile Ufficio Cultura*

Giovanna Cappelli

*Ufficio Cultura*

Sonia Mosetti, Filippo Neroni

*Iniziativa promossa da*

Comune di Frascati,  
Assessorato alle Politiche Culturali

Quaderni

delle Scuderie Aldobrandini per l'Arte

Dal vulcano all'uomo

Caratteristiche e impiego della pietra sperone  
e del peperino di Marino

n. 2 - 2003

Periodico del Comune di Frascati

Scuderie Aldobrandini per l'Arte

Museo Tuscolano di Frascati

*Autorizzazione*

Tribunale di Roma

n. 18/02 del 23.07.2002

*Direttore responsabile*

Giovanna Cappelli

*Direzione scientifica*

Coordinamento redazione

Giovanna Cappelli

*Servizi Museali*



**Colofac Servizi**

Alessandra Amadio  
*architetto*

Alessandro Bedetti  
*archeologo, direttore Museo Civico  
di Marino "U. Mastroianni"*

Ruggero Capulli  
*architetto, dirigente Ufficio Tecnico  
Comune di Frascati*

Giuseppina Ghini  
*archeologo, ispettore  
Soprintendenza  
per i Beni Archeologici del Lazio*

Emanuele Missori  
*dottore forestale*

Pio Sella  
*geologo*

*Le foto che illustrano  
il saggio di Ruggero Capulli  
sono di Domenico Tarsitano*

## Indice

pag.	9	Presentazioni <i>Francesco Paolo Posa, Stefano Di Tommaso Giovanna Cappelli</i>
	13	Lo sperone <i>Pio Sella</i>
	33	Il peperino di Marino <i>Pio Sella</i>
	39	Un vegetale fossile nel peperino di Marino <i>Emanuele Missori</i>
	42	Saxo quadrato aedificare <i>Giuseppina Ghini</i>
	57	Il peperino di Marino <i>Alessandro Bedetti</i>
	67	Lo sperone nelle costruzioni <i>Ruggero Capulli</i>
	97	La fontana di Piazza San Pietro a Frascati <i>Alessandra Amadio</i>
	107	Bibliografia generale

L'Amministrazione Comunale di Frascati persegue una programmazione culturale volta ad approfondire e valorizzare gli aspetti che hanno determinato il carattere di unicità dei Colli Albani e del territorio tuscolano in particolare. Il tema del presente volume susciterà sicuramente interesse in coloro che da sempre sono impegnati nell'approfondimento degli aspetti culturali ed ambientali dei Colli Albani. L'originalità dell'argomento trattato indurrà tuttavia anche coloro che non sono addetti ai lavori ad accostarsi ad una materia che comunque li coinvolge in quanto "inquilini" del territorio da cui per secoli sono state cavate le due pietre protagoniste del volume. In molti casi la sensibilità dell'uomo è riuscita a cogliere il valore intrinseco ed estetico dei due materiali e la facciata del Convento di San Silvestro a Montecompatri, molti elementi che caratterizzano il parco e le fontane di Villa Torlonia, o il ponte di Ariccia, potrebbero bastare da soli a testimoniare la bellezza e l'importanza della pietra sperone e del peperino. Il secondo numero dei Quaderni si propone certamente di non esaurire quanto è possibile dire dei due materiali ma, comunque, quanto meno di aprire un fronte importante della conoscenza, volto soprattutto all'approfondimento delle qualità di queste due eccezionali pietre vulcaniche.

Francesco Paolo Posa  
*Sindaco di Frascati*

L'approfondimento delle caratteristiche e degli aspetti della pietra sperone e del peperino di Marino rappresenta l'elemento originale e fondante del secondo numero dei Quaderni delle Scuderie Aldobrandini. Spesso si pone l'attenzione soprattutto alle progettazioni ed ai relativi risultati, mentre forse non si è dato e non si dà il giusto valore ai materiali che vengono impiegati, alla loro bellezza e particolarità, alla loro capacità di suscitare sensazioni uniche. Il Tempio della Sagrada Familia di Antoni Gaudì potrebbe forse rappresentare a pieno titolo uno dei rari esempi di architetture nelle quali vengono esaltati i materiali impiegati. Il colore della pietra identifica immediatamente il manufatto e, contemporaneamente, lo rende unico senza decontestualizzarlo dal territorio circostante, caratterizzato a sua volta dalla stessa gamma cromatica. In tal senso, probabilmente, il peperino di Marino ha avuto più fortuna della pietra sperone. Alcune costruzioni, tuttavia, nelle quali quest'ultima è stata impiegata, esprimono appieno le sue qualità estetiche. Sarebbe sufficiente citare il Teatro di Tuscolo, il Convento dei Cappuccini di Frascati, Palazzo Borghese a Monte Porzio Catone per cogliere immediatamente il carattere di unicità della pietra sperone. Nel volume dei Quaderni si è cercato dunque di fornire quanti più elementi possibili per la conoscenza e la valorizzazione di due materiali formidabili, che non trovano facile confronto e che fino ad ora non hanno ricevuto il dovuto apprezzamento.

Stefano Di Tommaso  
*Assessore alle Politiche Culturali di Frascati*

Anche nel secondo numero del periodico scientifico del Comune di Frascati Quaderni delle Scuderie Aldobrandini viene affrontato un argomento di grande interesse e di particolare originalità. I diversi contributi riguardano le caratteristiche geologiche, meccaniche ed estetiche di due materiali lapidei tipici dell'area dei Colli Albani: la pietra sperone ed il peperino di Marino. L'ampio utilizzo di entrambe le pietre dà la misura del loro apprezzamento dall'antichità ad oggi. Particolarmente interessante risulta inoltre il loro accostamento ad altre tipologie litiche per realizzare felici contrasti cromatici come nel caso della facciata della Cattedrale di San Pietro a Frascati o nel portale dell'Osservatorio Astronomico di Monte Porzio Catone. Il largo utilizzo delle due pietre al di fuori dell'area di provenienza ne sottolinea, inoltre, anche la loro validità dal punto di vista meccanico. La panoramica fornita nel volume risulta dunque di grande interesse e particolarmente originale per la quasi totale assenza di studi specifici in merito, soprattutto nel caso della pietra sperone. È pertanto possibile disporre di un'ulteriore importante documentazione nell'ambito dei diversi studi che particolarmente in questi ultimi anni hanno visto rinascere l'interesse verso un territorio fonte inesauribile di stimoli e di spunti.

Giovanna Cappelli  
*Direttore del Museo Tuscolano*

## Lo sperone

Pio Sella

Lo 'sperone' è una roccia vulcanica largamente impiegata in passato non soltanto nell'area dei Colli Albani ma anche nella città di Roma; essa è stata utilizzata sia come materiale da costruzione sia come pietra decorativa e di rivestimento per realizzare fontane, facciate di chiese e gli splendidi portali delle Ville Tuscolane. Non è ben chiara l'etimologia della parola 'sperone'; ma a titolo di curiosità si segnala che nella riconfinazione del 1606 tra il territorio dell'abbazia di Grottaferrata e quello di Marino, furono collocati nel terreno cippi di una pietra chiamata, nel documento<sup>1</sup>, "asperone": tale termine potrebbe alludere all'aspetto aspro di questa roccia, effettivamente ruvida.

Lo sperone è stato estratto in gran quantità in una cava particolarmente attiva nei primi anni del '900, sita in località Monte Salomone nel comune di Montecompatri (RM), la cui coltivazione verosimilmente risale al XVI secolo ed è documentata quantomeno a partire dalla seconda metà del '700 (P. Cermelli, 1782)<sup>2</sup>. Come mostrato nella figura 1 e nella scheda 1, tale cava ricade sulle pendici settentrionali del cono di scorie di Monte Salomone alla quota di 650 m s.l.m. Altri affioramenti di sperone sono presenti anche nel territorio di Rocca Priora e in quello di Monte Porzio Catone, in località Tuscolo. Dal punto di vista geologico-strutturale<sup>3</sup> ci troviamo sul margine della caldera<sup>4</sup> appartenente al complesso vulcanico dei Colli Albani, dove si osservano altri cono di scorie, ossia piccoli vulcani, nati lungo il margine e soprattutto esternamente ad esso, in corrispondenza dei quali oggi sorgono alcuni centri abitati come Rocca Priora, Monte Compatri, Monte Porzio Catone e Colonna (fig. 1). L'attività eruttiva di questi piccoli centri non è avvenuta soltanto con la produzione di scorie<sup>5</sup> e lapilli più o meno coerenti e stratificati, ma anche con piccole colate laviche di colore grigio. Ritornando alla cava di Monte Salomone e osservando la ricostruzione stratigrafica<sup>6</sup> del fronte di scavo riportata nella scheda 1, si inizia con una dettagliata descrizione dell'affioramento dello sperone con l'ausilio di fotografie e di alcuni loro particolari. Il fronte di cava allineato circa NE-SW è parzialmente ricoperto da detriti e scarti di lavorazione che nel settore di SW limi-

tano in parte la visione della base della serie. Iniziando da NE, la figura 2 mostra dall'alto verso il basso un passaggio appena percettibile tra i lapilli a diretto contatto con il suolo vegetale e le scorie sottostanti di colore da marrone scuro a chiaro per poi passare, sempre in maniera impercettibile, allo sperone di colore giallo scuro inizialmente poroso poi via via più compatto (fig. 2A). Segue poi in basso, di nuovo con un contatto sfumato, il passaggio tra lo sperone e la scoria ripresentandosi quasi simmetricamente lo stesso passaggio nella parte alta della serie (fig. 2B). Nel settore centrale, rappresentato dalla figura 3, è possibile osservare di nuovo la peculiarità dei passaggi graduali, sia verso l'alto che verso il basso, tra un corpo lavico grigio centrale e lo sperone giallo chiaro (fig. 3A). Anche in questo settore lo sperone inizia con una struttura compatta e termina, sia verso l'alto che verso il basso, in una scoria grossolana di colore grigio chiaro (fig. 3B). Lo stesso dicasi per il settore di NW, dove a causa dei detriti di scarto non è visibile il passaggio di base ma solo quello sommitale (fig. 4).

Fino ad ora, descrivendo la serie, si è evidenziata la mancanza di una netta separazione stratigrafica tra lo sperone, le scorie e la lava. A tale proposito già il Rosati (1914) descrivendo il fronte di cava, così si esprime nelle conclusioni: "*l'osservazione sul terreno ci fa vedere un graduale e insensibile passaggio dalle stratificazioni di lapilli incoerenti a quelli riuniti in un materiale tufaceo e successivamente alla lava, di modo che non è possibile distinguere dove il tufo finisce e comincia la lava*". Per tufo il Rosati intendeva lo sperone, infatti, l'aspetto non è certo quello di una lava. Ad avvalorare tale osservazione si propone in questo lavoro la figura 5, dove in un masso di notevoli dimensioni abbandonato sul piano della cava è possibile osservare come sia impercettibile il passaggio tra la lava e lo sperone. Sembra infatti che non vi sia alcuna differenza dal punto di vista deposizionale dell'intera formazione sopra descritta e che il tipico colore, dal giallo scuro al giallo chiaro caratteristico dello sperone, sia attribuibile ad un fenomeno di alterazione che ha interessato la lava scoriacea<sup>7</sup>, le scorie e, in alcuni punti, anche i

lapilli che assumono un colore giallo chiaro; in definitiva, si tratterebbe di un'alterazione, più o meno intensa, che ha interessato i materiali più porosi, come le scorie e la lava scoriacea, e non la lava compatta (M. Fornaseri, A. Scherillo, U. Ventriglia, 1963).

### *Caratteristiche petrografiche e mineralogiche*

Per apprezzare anche dal punto di vista petrografico<sup>8</sup> e mineralogico la differenza tra una lava grigia e lo sperone, e quindi ricavare quale processo di alterazione si verifica là dove si osserva tale passaggio, si propongono alcune foto al microscopio in sezione sottile<sup>9</sup> di un campione di lava grigia e di un campione di sperone, prelevati entrambi sul fronte di cava riportato nella figura 2. Il campione di lava grigia è stato estratto dal corpo lavico centrale e quello di sperone di colore giallo chiaro immediatamente al di sotto, a circa 150 cm di distanza (fig. 3). Iniziando con il campione di lava osservabile attraverso le figure 6 e 7, rispettivamente riprodotte al solo polarizzatore<sup>10</sup> e a polarizzatori incrociati, si osserva una roccia con struttura<sup>11</sup> porfirica<sup>12</sup>, tessitura<sup>13</sup> isotropa<sup>14</sup>, con presenza di pasta di fondo<sup>15</sup> a grana fine di colore prevalentemente grigio composta da microfenocristalli<sup>16</sup> di pirosseni<sup>17</sup> e feldspati<sup>18</sup>. I minerali principali<sup>19</sup> della roccia sono costituiti da plagioclasti<sup>20</sup> sodici in piccoli individui predominanti nella pasta di fondo e pirosseni (clinopirosseni) anche di grandi dimensioni come l'augite<sup>21</sup> di colore verde a contorno rettangolare allungato e con colori di interferenza dal giallo al blu (figg. 8, 9). Sempre nell'ambito dei minerali principali, si osserva la presenza di feldspatoidi<sup>22</sup> come nefelina<sup>23</sup> e cristalli di leucite<sup>24</sup> idiomorfi<sup>25</sup> a contorno ottagonale di colore marrone chiaro a polarizzatori paralleli ed estinzione retta a polarizzatori incrociati. I cristalli di leucite presentano contorni delineati e marcati con bordo chiaro tipico del minerale e con inclusioni vetrose (figg. 10, 11). I minerali accessori<sup>26</sup> sono costituiti da magnetite<sup>27</sup> in granuli dispersi nella pasta di fondo in abbondante quantità. In base a quanto osservato si tratta di una roccia effusiva povera in silice, con microfenocristalli di pirosseni, feldspati e

leucite inglobati in una pasta di fondo a grana molto fine non vetrosa con analcime<sup>28</sup> e nefelina; si ritiene quindi di poter ricondurre tale roccia, con buona approssimazione, ad una lava leucitica<sup>29</sup>. Segue ora l'esame della sezione sottile del campione di sperone, dove si osservano di nuovo una struttura porfirica e tessitura isotropa, con presenza di pasta di fondo a grana fine altamente porosa (figg. 12, 13), di colore giallognolo predominante e con microfenocristalli di pirosseni e feldspati. Il colore giallognolo della pasta di fondo è dovuto ad un'alterazione che interessa esclusivamente i pirosseni (figg. 14, 15). I minerali principali sono sempre costituiti da feldspatoidi come leucite e nefelina che mostrano, rispettivamente, una sostituzione parziale in aggregati pseudomorfi<sup>30</sup> (pseudoleucite)<sup>31</sup> e bordi con ricristallizzazione. Sempre tra i minerali principali si riconoscono di nuovo i pirosseni con varietà clinopirosseni (augite) di colore verde a contorno rettangolare allungato e colori di interferenza dal giallo al verde bluastrò. I minerali accessori sono, a differenza del campione precedente, costituiti da ematite romboedrica<sup>32</sup>.

Da quanto esposto si riscontra una stretta analogia tra lo sperone e la lava leucitica per quanto riguarda la tessitura e i minerali principali, anche se si rilevano alcune differenze: prima di tutto lo sperone ha, rispetto alla lava leucitica, una struttura più porosa e una colorazione gialla della pasta di fondo, attribuibile all'alterazione dei pirosseni (microfenocristalli); in secondo luogo, nei minerali accessori dello sperone si ritrova ematite romboedrica a posto dell'ematite.

Stando così le cose, è possibile che il cambiamento di colore della pasta di fondo verso una tonalità più gialla assunta dai pirosseni, sia solo dovuto a quel particolare processo di alterazione chiamato speronizzazione. Questo fenomeno macroscopicamente avrebbe comportato una diversa colorazione dell'intera formazione, dall'originario colore grigio tipico della lava leucitica, o dal grigio-marrone scuro della lava scoriacea e delle scorie, al giallo dello sperone. Per quanto riguarda l'ubicazione di tali fenomeni di speronizzazione, si sottolinea che essi sono visibili soltanto in alcuni punti del

marginale calderico, sia interni che esterni, e che quindi non si tratta di processi generalizzati ma localizzati. Questo fa ritenere che proprio in questi punti si siano create condizioni tali da permettere tale processo, forse attribuibile alla presenza di fumarole<sup>33</sup> particolarmente attive lungo i margini della caldera appena formatasi, che hanno ossidato il pirosseno cambiandone il colore. La tipica porosità assunta dallo sperone non è una caratteristica esclusiva di tale roccia, ma è comune in tutte le lave scoriacee e nelle scorie più o meno saldate che si incontrano lungo il margine calderico del sistema vulcanico dei Colli Albani.

#### *Caratteristiche fisico-meccaniche*

Le prove fisiche e meccaniche svolte in laboratorio sono state effettuate su un campione prelevato dal fronte di cava nel settore dove lo sperone assume la tipica colorazione gialla e una media porosità (fig. 3A). Come già descritto in precedenza, tale materiale non presenta sempre le stesse caratteristiche; in punti diversi si hanno affioramenti di sperone più poroso fino a divenire scoriaceo e di colorazione più scura. La scelta del punto campionato è stata quindi dettata sia dall'utilizzo più diffuso di questa varietà di colore, sia dalla presenza di fessure da raffreddamento che hanno facilitato l'estrazione di un blocco unico. Da tale blocco sono stati tagliati sei provini cubici (10 x 10 x 10 cm), non tutti regolari per l'insufficienza del blocco, per condurre prove di carico a rottura<sup>34</sup> sia in condizioni naturali, sia in condizioni di saturazione dopo 72 ore di immersione in acqua, con carico applicato perpendicolarmente alle facce parallele al piano di cava. Da dieci frammenti sono state ottenute alcune caratteristiche fisiche come i pesi di volume naturali<sup>35</sup>, secchi<sup>36</sup> e saturi<sup>37</sup> e il coefficiente di imbibizione<sup>38</sup>. Infine su un frammento saturo in acqua con una faccia tagliata regolare e una tenuta grezza si è effettuata una prova di gelività<sup>39</sup> con 20 cicli di gelo a  $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$  e disgelo a  $+35\text{ }^{\circ}\text{C}$ . I risultati delle prove riportati nella tabella 1 e nei diagrammi di rottura permettono di evidenziare un medio coefficiente di imbibizione e una buona resistenza a

compressione media pari a  $246\text{ kg/cm}^2$ , che rendono lo sperone particolarmente adatto all'esposizione agli agenti atmosferici e all'azione di carichi. In particolare la prova di gelività dimostra che anche in condizioni di elevato stress termico lo sperone non si fessura e la perdita di materiale per degradazione è inferiore del 2% in peso. Si considera inoltre che le condizioni di rottura raggiunte dai provini saturi in acqua sono simili a quelle ottenute dai provini in condizioni naturali e le eventuali differenze sono attribuibili soltanto alla non regolarità delle facce dei provini. Ciò consente di concludere che la saturazione in acqua non peggiora la resistenza alla compressione del materiale.

#### NOTE

<sup>1</sup> Archivio di Stato di Roma, Camera III, b. 1206: copia (del 1741) della riconfinazione del 1606 tra i territori di Grottaferrata e Marino.

<sup>2</sup> *"Dal breve piano sotto Montecompatri inerpicandomi per la strada di Montecorno opposta a S. Silvestro s'incontra una specie di terreno arido, indurato in tatto, di colore ora biondo scolorito ora oscuro e tetro, e che apparisce, siccome pronunziano i Naturalisti, quà terrestre, là scoriaceo. Dagli Terrazzani nomasi Sperone; ed è una qualità di Tufo vulcanico, non soggiacente agli acidi, e fra le lave annoverato da taluno"*.

<sup>3</sup> Termine utilizzato per indicare la morfologia di un territorio in relazione alle caratteristiche geologiche che, in questo caso, sono riconducibili all'attività vulcanica (fig. 1).

<sup>4</sup> Struttura vulcanica di forma più o meno circolare, prodotta dallo sprofondamento della parte centrale di un vulcano per svuotamento improvviso della camera magmatica a seguito di un'intensa attività eruttiva.

<sup>5</sup> Le scorie sono costituite da frammenti di lava resa bollosa e porosa dalla forza dei gas durante un'eruzione, di forme e dimensioni varie, per lo più centimetriche, lanciate in aria e ricaduti a formare accumuli di grandi dimensioni (coni di scorie).

<sup>6</sup> Per ricostruzione stratigrafica si intende la descrizione dettagliata delle caratteristiche delle rocce presenti in un dato luogo, procedendo in genere dal basso verso l'alto per strati successivi, anche attraverso correlazioni degli strati tra luoghi diversi (stratigrafia).

<sup>7</sup> Termine indicante un lava con presenza di abbondante quantità di cavità e porosità tali da assumere l'aspetto di una scoria.

<sup>8</sup> Petrografia o petrologia è una branca delle Scienze della Terra che studia le rocce, la loro composizione chimica e mineralogica, la loro struttura, tessitura e giacitura, la loro origine e le trasformazioni che subiscono dopo la loro formazione.

<sup>9</sup> Sezione di roccia ottenuta in laboratorio con spessore intorno ai 30

micron che consente di riconoscere in trasparenza con l'uso di un microscopio da mineralogia le specie mineralogiche e le loro proprietà ottiche.

<sup>10</sup> Piccolo prisma di calcite o polaroidi che hanno la funzione, in un microscopio da mineralogia, di polarizzare la luce in entrata nel microscopio e successivamente trasmessa alla sezione sottile.

<sup>11</sup> Per struttura si intende l'insieme delle caratteristiche come forma, dimensioni e disposizione relative dei componenti minerali presenti in una roccia.

<sup>12</sup> Struttura porfirica: termine strutturale che descrive le rocce vulcaniche effusive contenenti cristalli di minerali relativamente grandi (fenocristalli - pheno = grosso) immersi in una pasta di fondo.

<sup>13</sup> Tessitura: con tale termine si intende abitualmente l'insieme dei caratteri relativi all'orientazione ed alla distribuzione spaziale dei singoli componenti minerali presenti in una roccia.

<sup>14</sup> Isotropia: con distribuzione ed orientamento apparentemente casuale dei singoli costituenti minerali.

<sup>15</sup> Nelle rocce effusive per pasta di fondo si intende la massa in genere scura che può essere vetrosa, criptocristallina o microcristallina nella quale sono immersi i fenocristalli.

<sup>16</sup> Microfenocristalli: piccoli cristalli appena visibili al microscopio che costituiscono la pasta di fondo.

<sup>17</sup> Pirosseni: gruppo di silicati con struttura a catena di tetraedri (inosilicati -  $\text{SiO}_3$ ) con formula generale  $(\text{XYZ}_2\text{O}_6)$  dove X = Mg, Fe<sup>2+</sup>, Li, Ca, Na; Y = Mg, Fe<sup>2+</sup>, Fe<sup>3+</sup>, Al, Ti; Z = Si, Al.

<sup>18</sup> Feldspati: gruppo di silicati molto diffusi nelle rocce con struttura tridimensionale (tettosilicati -  $\text{SiO}_2$ ) termini base (ortoclasio  $\text{KAlSi}_3\text{O}_8$  - albite  $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$  - anortite  $\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$ ).

<sup>19</sup> Minerali principali: sono quei minerali maggiormente diffusi e che caratterizzano la roccia.

<sup>20</sup> Plagioclasti: minerali composti da percentuali diverse di albite (Ab) e anortite (An), da Ab 100-90%, An 0-10% a Ab 10-0%, An 90-100%.

<sup>21</sup> Augite: minerale del gruppo dei pirosseni  $(\text{Ca, Mg, Fe, Al})_2(\text{Al, Si})_2\text{O}_6$ .

<sup>22</sup> Feldspatoidi: gruppo di silicati (tettosilicati) componenti essenziali di numerosi litotipi magmatici ricchi di alcali e poveri in silice.

<sup>23</sup> Nefelina: feldspatoide con formula  $\text{Na}_3\text{K}(\text{Al}_4\text{Si}_4\text{O}_{16})$ .

<sup>24</sup> Leucite: feldspatoide con formula  $\text{K}(\text{AlSi}_2\text{O}_6)$ .

<sup>25</sup> Idiomorfi: cristalli ben formati con abito proprio completo.

<sup>26</sup> Minerali accessori: minerali presenti nelle rocce in piccole quantità, non determinanti ai fini della loro classificazione.

<sup>27</sup> Magnetite: minerale del gruppo degli spinelli con formula  $\text{FeFe}_2\text{O}_4$ .

<sup>28</sup> Analcime: feldspatoide di genesi secondaria, derivante dalla trasformazione della leucite; formula  $\text{NaAlSi}_2\text{O}_6\text{H}_2\text{O}$ .

<sup>29</sup> Lava leucitica: roccia magmatica effusiva con chimismo basico (sottosaturato).

<sup>30</sup> Pseudomorfo: minerale che si trova nella forma cristallografica di un altro minerale come risultato di un'alterazione.

<sup>31</sup> Pseudoleucite: sostituzione completa in ortoclasio e nefelina.

<sup>32</sup> Ematite: ossido di ferro con cristalli romboedrici, formula  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ .

<sup>33</sup> Emanazioni di vapore e altri gas vulcanici che fuoriescono non solo in prossimità dei crateri o dei fianchi dei vulcani attivi, ma anche in aree dove i centri vulcanici sono inattivi da tempo.

<sup>34</sup> Prova meccanica su provini cubici di roccia a facce piane, attraverso presse che misurano in continuo la deformazione del provino e il carico applicato lentamente fino al punto di rottura.

<sup>35</sup> Rapporto tra massa e volume di un campione di roccia in condizioni naturali ossia all'atto del campionamento.

<sup>36</sup> Rapporto tra massa e volume di un campione di roccia dopo una fase di essiccamento in forno a 110 °C.

<sup>37</sup> Rapporto tra massa e volume di un campione di roccia dopo saturazione in acqua per immersione di durata pari a 72 ore.

<sup>38</sup> Rapporto tra il peso dell'acqua assorbita dal campione e il peso del campione secco espresso in percentuale.

<sup>39</sup> Prova che ha il compito di verificare le alterazioni di un campione di roccia sottoposto a cicli ripetuti di gelo e disgelo.



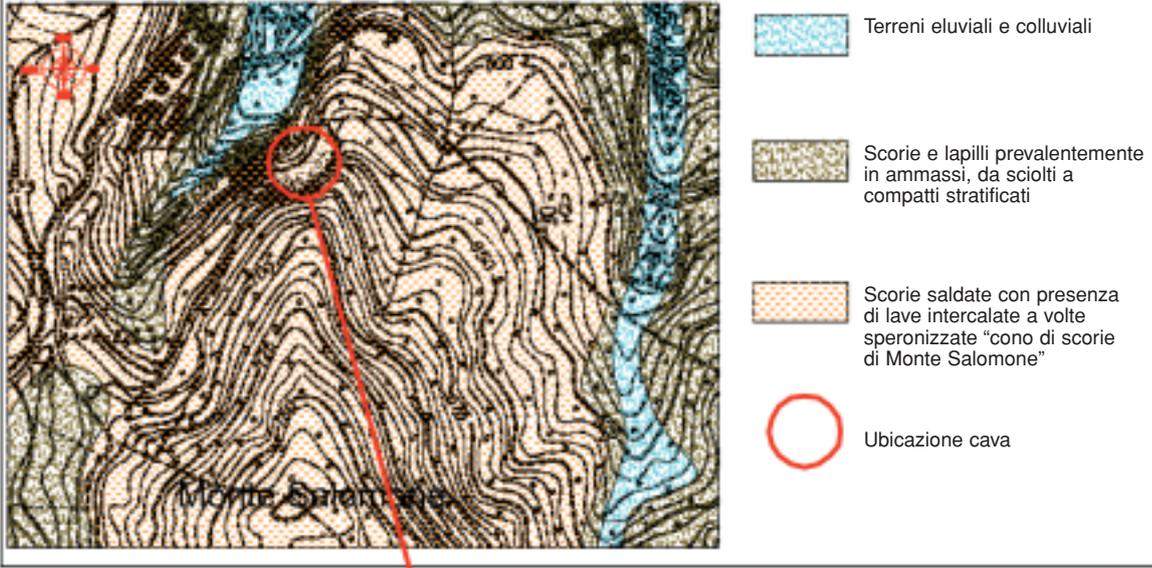
Scheda 1

Comune di Montecompatri (RM)  
 Cava di Sperone  
 650 m.s.l.m.  
 località: Monte Salomone  
 U.T.M. x - 311994  
 y - 4630482

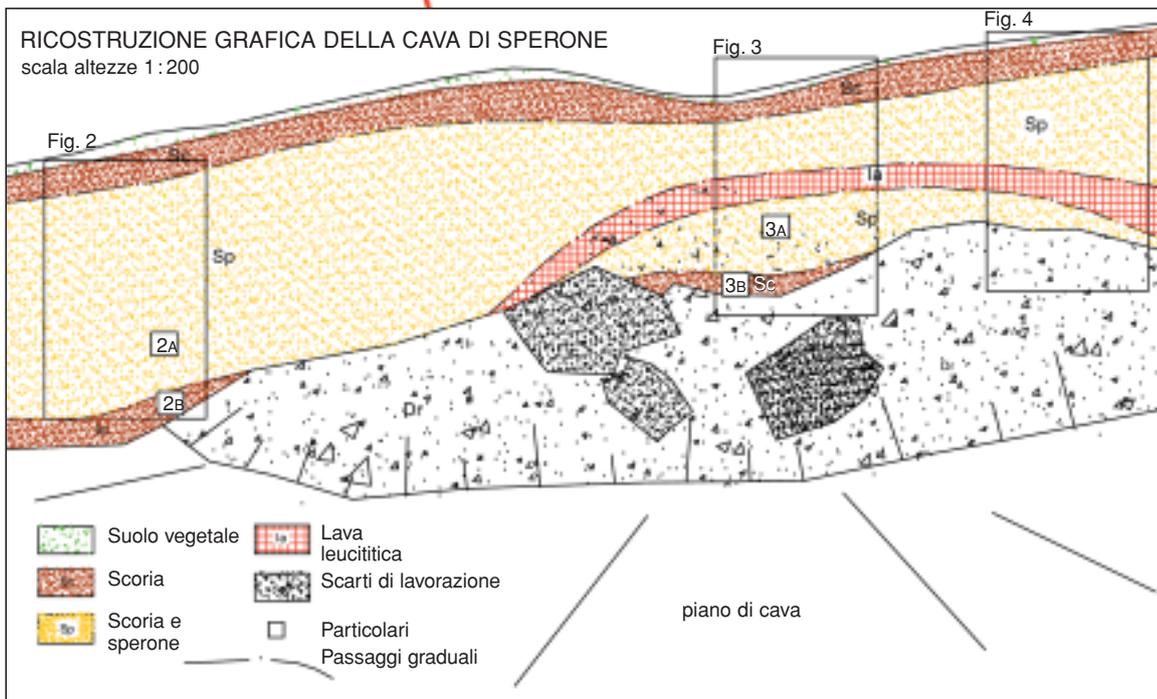
COLTIVAZIONE: abbandonata  
 METODO DI COLTIVAZIONE: a cielo aperto  
 con parete a scarpata unica  
 ESTRAZIONE: in passato con esplosivo  
 e suddivisioni in blocchi  
 con mandrillo e spaccarocchia  
 LITOTIPO COLTIVATO: sperone

18

CARTA GEOLOGICA (scala 1:10.000)

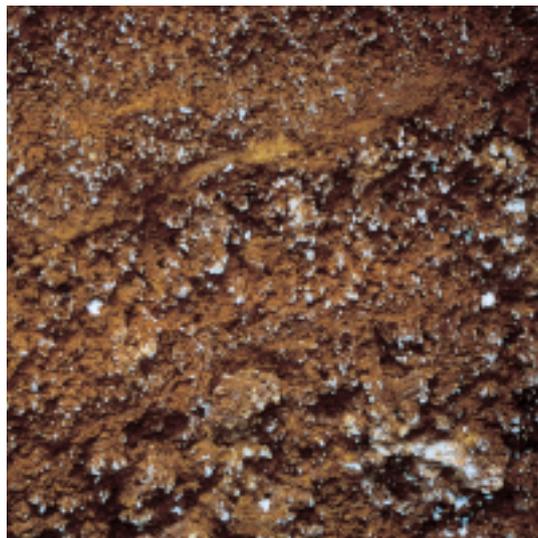
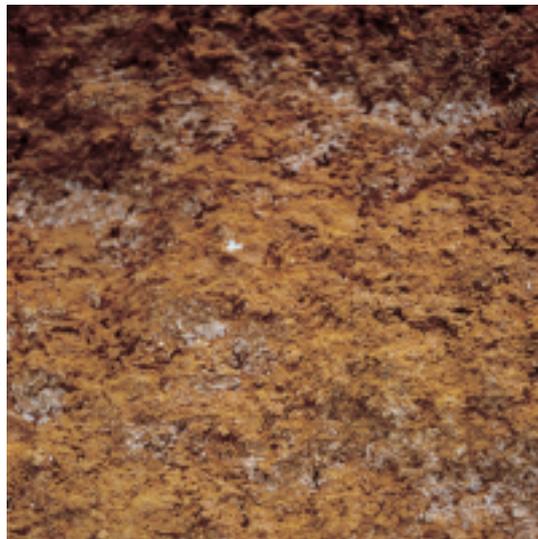


RICOSTRUZIONE GRAFICA DELLA CAVA DI SPERONE  
 scala altezze 1:200



2. Settore orientale della cava - dall'alto verso il basso: inizialmente presenza di lapilli passanti a scorie porose giallastre seguite, con un passaggio sfumato, dallo sperone di colore dal giallo scuro al marrone chiaro, inizialmente compatto per poi divenire gradualmente poroso e di nuovo scoriaceo alla base.

2A. Particolare, speronizzazione nel livello intermedio poroso di colore dal giallo chiaro a scuro.  
2B. Particolare, livello di base scoriaceo di colore marrone chiaro.



3. Settore centrale della cava: passaggio graduale verso l'alto e verso il basso da un corpo centrale di lava leucititica grigia allo sperone giallo chiaro, inizialmente compatto per divenire gradualmente poroso fino a scoriaceo al tetto e alla base (lava campionata).



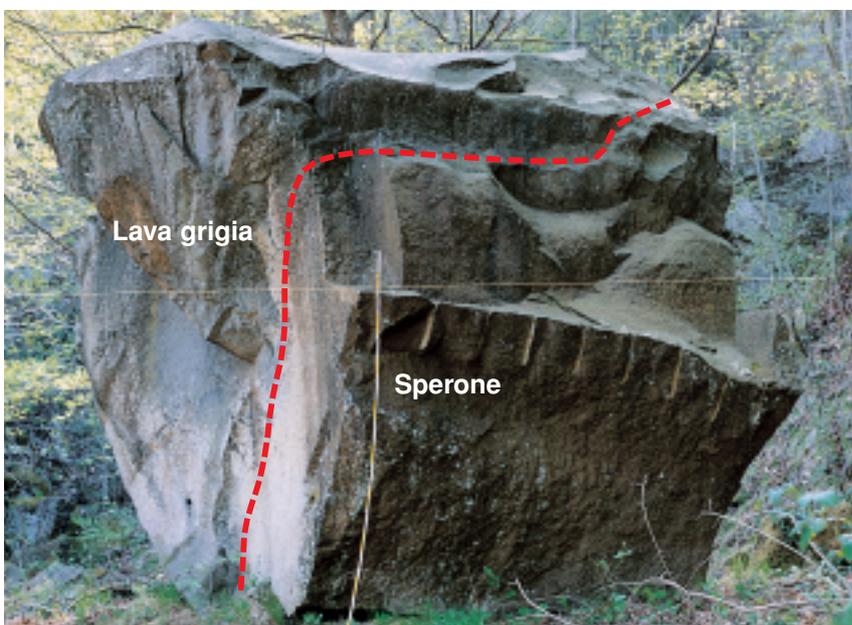
3A. Particolare, sperone compatto giallo chiaro immediatamente al di sotto del corpo lavico della figura 3 (sperone campionato).



3B. Particolare, scoria posta alla base dello sperone presente nella figura 3, attraverso un passaggio graduale.



4. Settore occidentale della cava: si osserva di nuovo il passaggio graduale tra la lava grigia leucitica e lo sperone che diviene sempre più scoriaceo verso il tetto della serie.
5. In questa foto è possibile osservare più da vicino, seguendo il tratteggio in rosso, il quasi impercettibile passaggio tra la lava leucitica grigia a sinistra del blocco e lo sperone disposto sul lato destro, dove sono ancora visibili i fori praticati per separarlo.



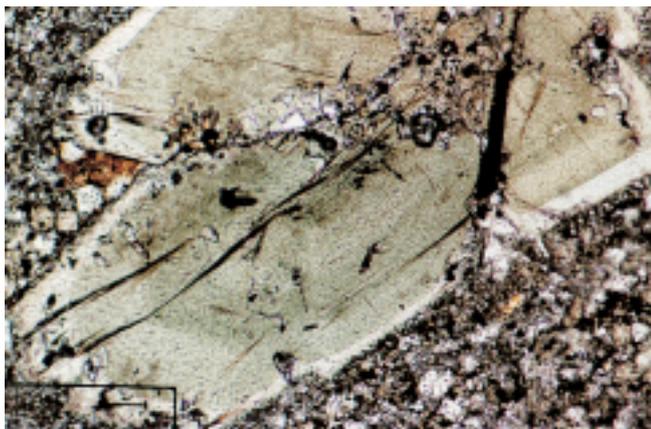
6. A polarizzatori paralleli, 25 ingrandimenti, veduta d'insieme: struttura porfirica e tessitura isotropa con pasta di fondo a grana fine di colore prevalentemente grigio, con microfenocristalli di pirosseni, feldspati e mica; in primo piano un fenocristallo di leucite di forma irregolare (lava leucititica).
7. Stessa immagine precedente a polarizzatori incrociati, 25 ingrandimenti (lava leucititica).
8. A polarizzatori paralleli, 100 ingrandimenti. In primo piano un cristallo di augite di colore dal verde chiaro al grigio; pasta di fondo di colore grigio predominante (lava leucititica).
9. Stessa immagine precedente a polarizzatori incrociati, 100 ingrandimenti (lava leucititica).
10. A polarizzatori paralleli, 100 ingrandimenti. In alto a sinistra un fenocristallo di leucite idiomorfo con inclusi vetrose, presenza di granuli di magnetite dispersi nella pasta di fondo (lava leucititica).
11. Stessa immagine precedente a polarizzatori incrociati, 100 ingrandimenti. Cristallo di leucite con bordo di smescolamento tipico del minerale (lava leucititica).



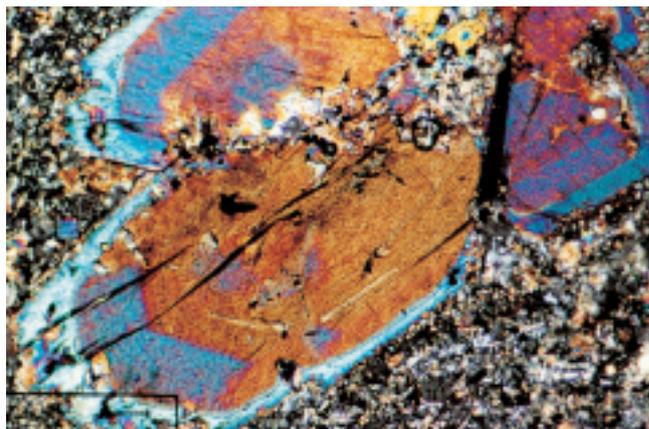
6



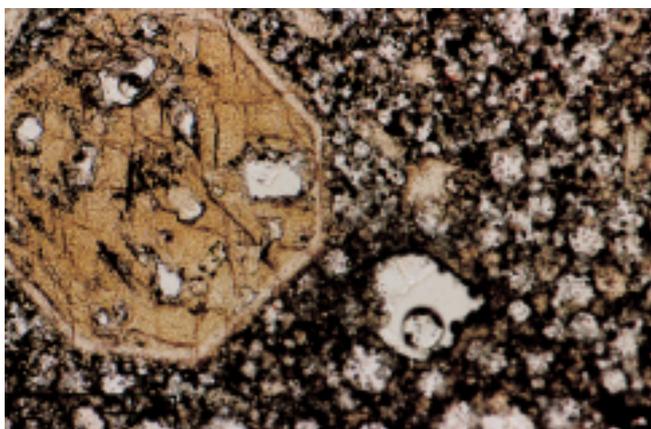
7



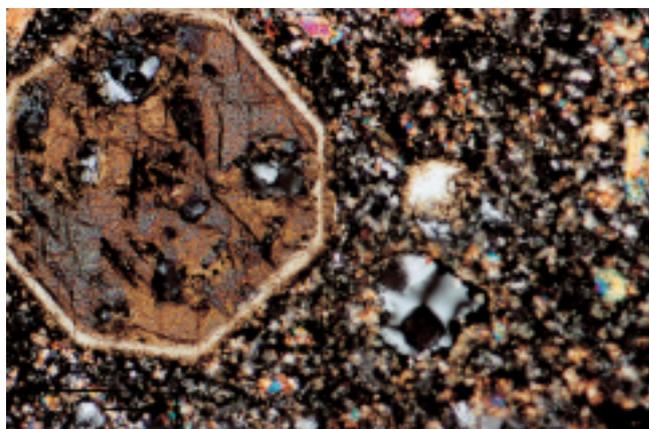
8



9



10



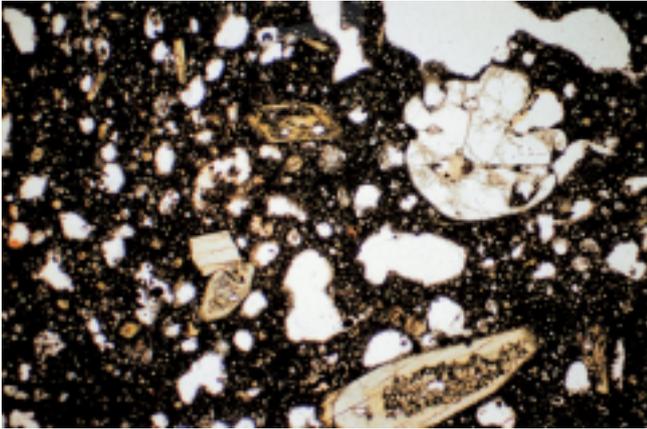
11

12. A polarizzatori paralleli, 25 ingrandimenti. Struttura porfirica con pasta di fondo a grana fine molto porosa con presenza di microfenocristalli e fenocristalli di pirosseni e feldspati; si osservano le sostituzioni parziali in pseudoleucite (sperone).

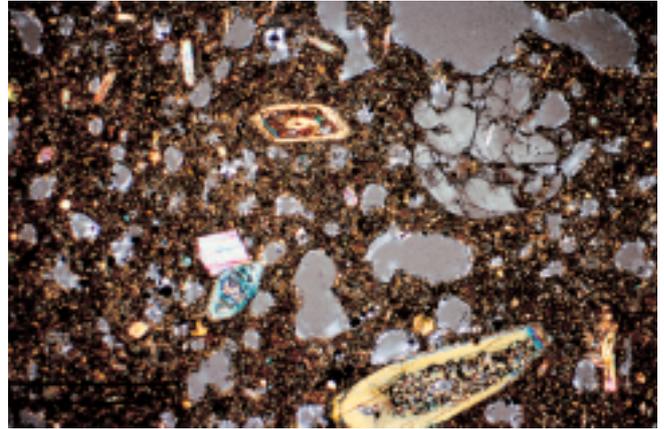
13. Stessa immagine precedente a polarizzatori incrociati, 25 ingrandimenti (sperone).

14. A polarizzatori paralleli, 100 ingrandimenti. Pasta di fondo di colore giallo dovuto all'alterazione dei pirosseni e presenza di cristalli romboedrici di ematite (sperone).

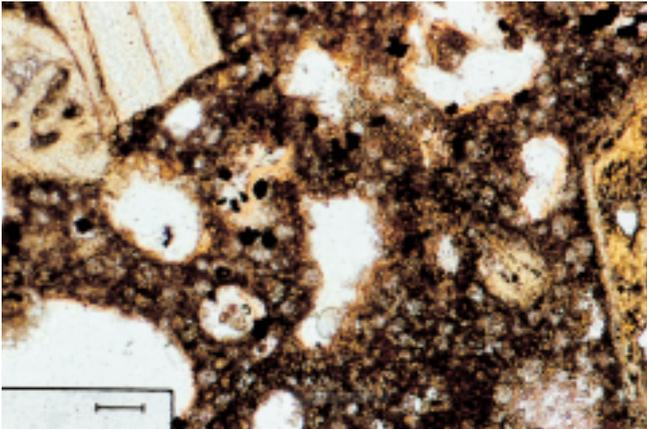
15. Stessa immagine precedente a polarizzatori incrociati, 100 ingrandimenti (sperone).



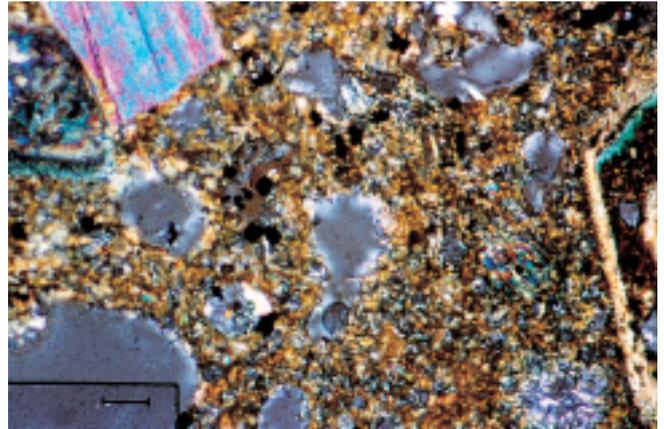
12



13

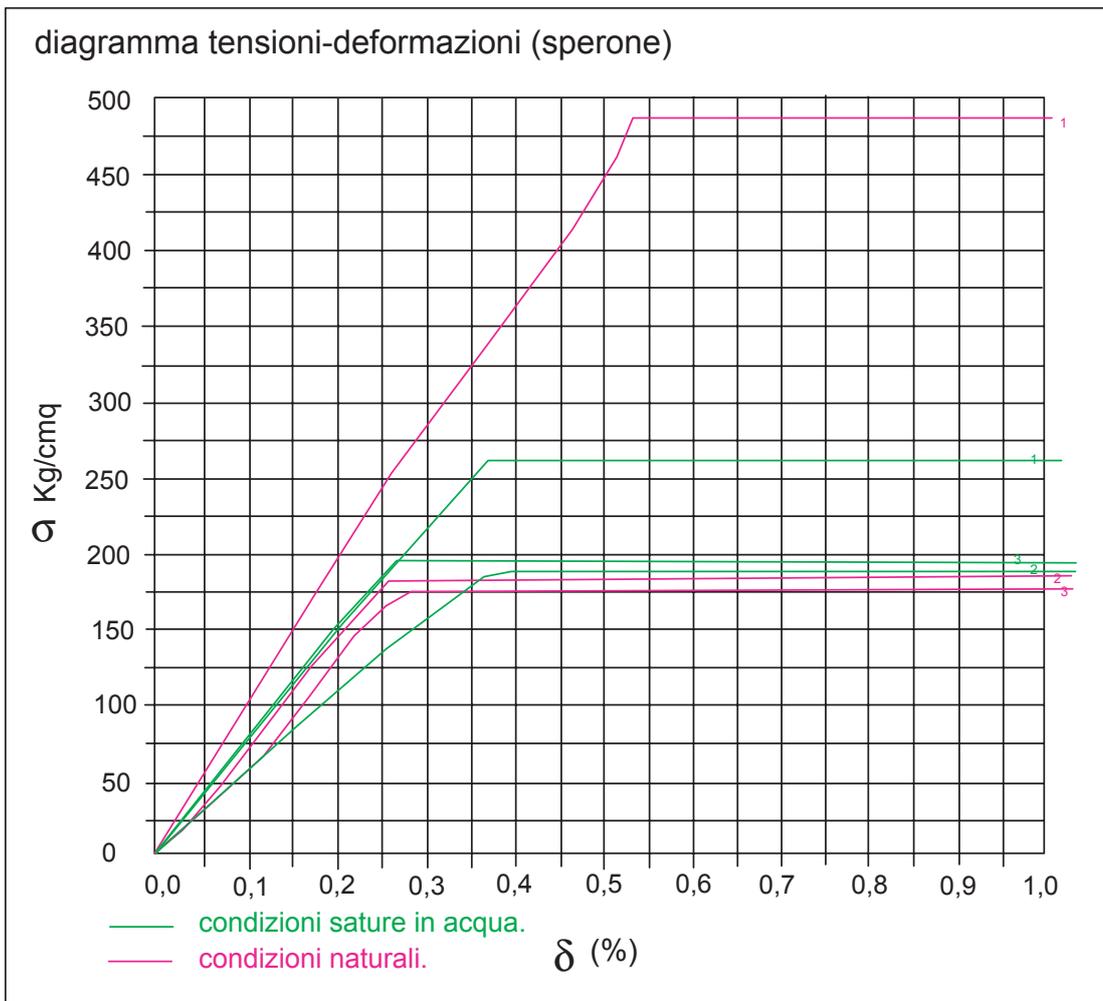


14



15

Tabella 1 - SPERONE - Montecompatri (RM) - CAMPIONE 1 -	Laboratorio
$\gamma$ naturale (g/cmc)	2,41
$\gamma$ secco (g/cmc)	2,31
$\gamma$ saturo (g/cmc)	2,43
coeff. di imbibizione (% in peso)	5,53
Gelività (20 cicli - 15°C / + 35°C) perdita di peso < 2 % assenza screpolature	non gelivo
Resistenza a compressione media (Kg/cmq)	246
Deformazione a rottura (%)	0,36



## Il peperino di Marino

Pio Sella

Il ‘peperino’ è una roccia di origine vulcanica il cui impiego nell’edilizia risale al IV/III sec. a.C. con la realizzazione di numerose opere nella città di Roma – come ad esempio le arcate dell’acquedotto Marcio o il muraglione del Foro di Augusto – e prosegue fino ai nostri giorni con attività estrattiva in due cave ancora esistenti nel comune di Marino (RM). Tali cave, inizialmente ubicate lungo la Via dei Laghi, sono state successivamente spostate – per motivi di viabilità – di fronte all’attuale stazione ferroviaria di Marino, dove si possono ancora osservare le tecniche estrattive, quali la separazione dei blocchi dai fronti di cava, la loro successiva suddivisione in conci e il taglio di lastre per usi più diversi come opere murarie, di rivestimento e accessorie (soglie, gradini, stipiti, architravi) e anche per realizzare sculture.

Il termine ‘peperino’, di antica origine romana (*‘lapis piperinus’*), è una denominazione generica utilizzata dai cavatori che trae origine dall’aspetto della roccia, la quale appare picchiettata di bianco e – soprattutto – di nero (‘granuli di pepe’). A titolo di curiosità, aggiungiamo che il Cermelli (1782), oltre a riportare l’etimologia sopra riferita, ne suggerisce anche un’altra che mette in relazione il nome della roccia con quello della città di Piperno, oggi Priverno: *“V’ha chi crede, che Piperno abbia dato luogo a tale denominazione, perché questa pietra calcarea è forse stata da principio scavata ne’ contorni di questa Città; e pensa alcuno, che il peperino siasi così chiamato per la simiglianza di alcuni suoi grani con quelli di pepe”*. È evidente che il Cermelli confonde la roccia sedimentaria calcarea di Priverno con il peperino che, al contrario, è di origine vulcanica.

Dal punto di vista geologico-strutturale, le cave di Marino si trovano in un settore del vulcano dei Colli Albani nel quale il bordo della cinta calderica è stato in più punti obliterato da una serie di crateri secondari disposti sul lato Ovest e Sud-Ovest del vulcano stesso (fig. 1): due di questi ospitano rispettivamente il lago Albano (o di Castelgandolfo) e il lago di Nemi mentre altri erano occupati da laghi oggi prosciugati (per cause naturali o artificiali), come Valle Ariccia,

Giuturna (Laghetto di Pavona) e Valle Marciana e – più a Nord – i crateri di Pantano Secco, Prata Porci e Castiglione. Questi crateri sono definiti ‘eccentrici’ a causa della loro ubicazione distale rispetto al centro eruttivo principale, corrispondente all’apparato vulcanico interno delle Faete<sup>1</sup> (fig. 1). La loro formazione risale alla fase finale dell’attività eruttiva freatomagmatica<sup>2</sup> del vulcano dei Colli Albani, nell’intervallo di tempo compreso tra 260.000 anni, per il cratere di Castiglione, e circa 50.000/19.000 anni per il cratere Albano (M. Voltaggio, M. Barbieri, 1995), la cui attività è stata caratterizzata da almeno quattro eventi esplosivi distinti (D. De Rita, R. Funicello, M. Parotto, 1988). In particolare, il peperino di Marino era considerato – sino a non molto tempo fa – l’ultimo prodotto emesso dal cratere Albano, a chiusura dell’attività eruttiva di tutto il sistema vulcanico dei Colli Albani; recenti studi hanno invece dimostrato l’esistenza di prodotti provenienti dal cratere Albano molto più recenti, databili a circa 5.000 anni fa, osservati in alcuni scavi aperti nella piana di Ciampino, in prossimità del GRA<sup>3</sup> (R. Funicello, G. Giordano, D. De Rita, M.L. Carapezza, F. Barberi, 2002).

Dalla sezione stratigrafia della cava riportata nella scheda 2, lungo il fronte di estrazione, dall’alto verso il basso (fig. 18), si osserva inizialmente un peperino ricco di inclusi litici<sup>4</sup> non arrotondati di origine sia magmatica, sia sedimentaria, con dimensioni da pochi centimetri ad una decina di centimetri (fig. 18A), disposti in maniera casuale nel deposito in una matrice cineritica (livello A). Questo peperino termina, in prossimità del piano di cava e con un passaggio graduale, in un peperino con scarsi o assenti inclusi litici (livello B) e con più abbondante matrice cineritica (fig. 18B); in questo stesso livello è stato ritrovato un resto fossile ligneo non combusto. In entrambi i livelli, superiore e inferiore, del fronte di cava, non si osservano strutture sedimentarie<sup>5</sup>, l’aspetto è massivo con qualche piccola fessura riempita da minuti cristalli di calcite (‘peli bianchi’). Le strutture sedimentarie sono invece presenti in altri peperini, denominati per la precisione ‘tufi grigi granulari’ (G. Civitelli, R. Funicello, M. Parotto,

1975), visibili nelle zone più vicine al cratere Albano, in particolare lungo la Via della Spiaggia del Lago, internamente ed esternamente all'orlo craterico. Tali strutture sono prevalentemente costituite da laminazioni<sup>6</sup> più o meno fitte, ondulate o incrociate con impronte da impatto di clasti balistici<sup>7</sup>, livelli con antidune<sup>8</sup> e presenza di 'accretionary lapilli'<sup>9</sup>. Mentre le strutture sedimentarie presenti nei 'tufi grigi granulari' hanno caratteristiche strettamente collegate ai meccanismi di eruzione esplosiva e ai processi di trasporto e sedimentazione tipici della propagazione di un flusso piroclastico tipo '*base surge*' che si origina alla base della colonna eruttiva freato-magmatica, l'assenza di analoghe strutture nel peperino (ci riferiamo qui nuovamente a quello di Marino), ne suggerisce, invece, una possibile diversa origine, verosimilmente riconducibile a processi di trasporto prevalentemente gravitativo e non direttamente associati ad eruzioni, come, per esempio, una colata di fango di origine vulcanica, ossia un '*lahar*', oppure una colata piroclastica fredda eruttata dal cratere di Albano che poi, scendendo lungo i fianchi del vulcano, si è evoluta dinamicamente in un '*lahar*'. Considerato che entrambi i prodotti (tufi grigi granulari e peperino) sono stati originati dall'attività del cratere Albano, è opportuno soffermarsi sulle differenze tra un '*base surge*' e un '*lahar*'.

Un '*base surge*'<sup>10</sup> è un particolare tipo di flusso piroclastico, costituito da una miscela turbolenta di gas, vapore o acqua e parti solide, come ceneri, lapilli, piccoli cristalli di minerali e litici, che si irradia radente al terreno al di fuori del condotto esplosivo, con una velocità paragonabile al vento di un uragano, trascinando anche pezzi di magma e frammenti del condotto vulcanico (R. Scandone, L. Giacomelli, 1998). Tali flussi hanno generalmente un alto grado di umidità e temperature non troppo elevate, che variano in funzione soprattutto del contenuto in acqua; sono inoltre dotati di una bassa concentrazione di particelle solide rispetto al quantitativo predominante di gas e di vapore o acqua. In vicinanza del punto di emissione, durante la fase iniziale del trasporto, i gas e la componente di vapore-acqua sono in grado di sostenere in sospensione, attra-

verso moti turbolenti, le particelle solide fini mentre quelle più grandi e pesanti – come blocchi di lava o di origine sedimentaria – non vengono sostenuti dalla corrente e percorrono traiettorie balistiche indipendenti, ricadendo sui materiali appena depositati generando le tipiche forme da impatto già descritte (fig. 19, nota 7). In genere una corrente piroclastica così poco concentrata non è in grado di percorrere grandi distanze dal centro eruttivo, in quanto la fase gassosa, che è il motore del trasporto, almeno nella fase iniziale, abbandona rapidamente il flusso, disperdendosi nell'atmosfera, cosicché la componente solida, non più sostenuta dalla turbolenza, si deposita per gravità; la sedimentazione è inoltre favorita da fenomeni di aggregazione della cenere umida in strutture sferiche ('pisoliti' o 'accretionary lapilli', nota 9), che essendo più pesanti delle singole particelle di cenere, precipitano sul fondo. Inizialmente, scorrendo lungo i versanti del vulcano, il flusso ha una velocità proporzionale all'energia dell'esplosione freatomagmatica; in seguito la velocità varia soprattutto in relazione al gradiente topografico e agli attriti che la corrente incontra nel suo cammino. Man mano che si propaga lungo il pendio del vulcano, il flusso perde quindi turbolenza e il trasporto del materiale solido avviene solo per gravità mediante una corrente trattiva<sup>11</sup>, con la formazione di depositi di ceneri e lapilli caratterizzati dalle strutture sedimentarie sopra descritte (fig. 20), quali laminazioni parallele e incrociate, la cui formazione viene peraltro favorita dalla bassa concentrazione del sedimento (fig. 16A - B).

Il termine '*lahar*' è di origine indonesiana, ed il primo Autore che lo utilizzò fu B.G. Escher<sup>12</sup> nel 1922, per descrivere una colata di fango originatasi a seguito di un'eruzione avvenuta in un lago. Si tratta infatti di un flusso costituito da una miscela di materiale solido quasi saturo in acqua (40% circa in volume), la cui parte solida è costituita da un'abbondante matrice fangosa d'origine vulcanica (cenere) che può sostenere e trasportare al suo interno clasti con dimensioni molto varie, dalla decina di centimetri fino a blocchi di un metro e oltre. Per la formazione di un '*lahar*' sono

necessarie le seguenti condizioni: un giusto apporto di acqua; un quantitativo di detrito poco coerente costituito da ceneri e lapilli da flusso, o da ricaduta, accumulate nelle parti più alte e scoscese di un cratere; presenza di pendii ripidi e valli lungo le quali esso possa scivolare e/o incanalarsi; infine, un meccanismo scatenante che inneschi la colata.

L'ammasso di materiale solido che si origina dopo l'arresto del flusso è paragonabile a quello prodotto da un evento alluvionale, ed è per tale motivo che l'uso del termine *labar* è più propriamente utilizzato per indicare il solo processo di formazione, e non ciò che si deposita (J.W. Vallance, 2000); i *labars*, infatti, si possono distinguere in sin-eruttivi e post-eruttivi, a seconda che la colata di fango cineritico si manifesti durante oppure dopo un'eruzione vulcanica. In altre parole, ciò significa che la massa di cenere e lapilli originatasi per attività vulcanica esplosiva (anche di tipo freato-magmatico) che si depone su pendii ripidi, e che quindi si trova in condizioni di equilibrio instabile acuito dalla circostanza di essere del tutto incoerente e spesso imbevuta di acqua d'origine idrotermale, può dar luogo al fenomeno *labar* durante l'attività eruttiva oppure dopo alcuni giorni o mesi dalla cessata attività, per cause diverse (forti piogge, terremoti) (fig. 16C). Questa seconda possibilità è quella che si è verificata, per esempio, in seguito all'eruzione del Vesuvio del 79 d.C. quando, dopo circa uno o due giorni dalla distruzione di Pompei, si generò una corrente fangosa innescata verosimilmente da piogge intense che appesantirono ulteriormente i cumuli di cenere appena depositi, facendoli franare rovinosamente a valle; la colata raggiunse in pochi secondi la città di Ercolano, seppellendola con circa 20 m di fango. Stessa cosa accadde in seguito all'eruzione del Vesuvio del 1906, quando si verificarono ripetute valanghe di fango fino a un anno dopo l'eruzione; addirittura, nel recente episodio franoso di Sarno (1998) sono state rimobilizzate, in seguito a forti piogge, le ceneri vulcaniche depositatesi 'a velo' sui rilievi calcarei intorno a Napoli migliaia di anni fa. Ritornando al peperino, nelle cave di Marino non si

osservano strutture sedimentarie tipiche di depositi da *base surge*, mentre se ne osservano in un affioramento vicino al depuratore, dove probabilmente il flusso, a causa degli attriti sviluppati al contatto con il versante della valle, ha subito un rallentamento, con conseguente formazione di strutture. Sia pure con un po' di incertezza, si osserva a luoghi una gradazione inversa<sup>13</sup> e mal cernita<sup>14</sup> dei litici (scheda 2) che si trovano maggiormente distribuiti nella parte alta del deposito e si riducono, fino a scomparire, nella parte bassa; a circa 3-4 m dal tetto di alcune cave si osserva un livello di litici più grandi, non arrotondati, di spessore variabile dai 30 ai 70 cm, che rastrema verso valle (figg. 21, 22). Non frequenti, invece, sono i ritrovamenti di blocchi lavici di grandi dimensioni all'interno del peperino, nonostante la poca distanza delle cave dal punto di provenienza del materiale (carta geologica, scheda 2), forse perché in origine già mancanti nel deposito oppure perché rimasti intrappolati in profondità nel centro della valle, in una zona di possibile variazione di pendenza del versante. Alcuni cavatori, durante le operazioni di separazione manuale dei conci di peperino, hanno a volte osservato cavità vuote di forma sferica delle dimensioni di qualche centimetro, mentre i ritrovamenti di fossili vegetali non combustibili, di cui si è già fatto cenno, sono presenti soprattutto dalla parte bassa del deposito, indicata con la lettera B nella scheda 2; tali ritrovamenti sono spesso costituiti da piccoli frammenti di parti vegetali come quello da noi ritrovato e studiato in questo lavoro.

Da quanto sin qui esposto, si possono trarre le seguenti conclusioni: la quasi totale assenza di strutture sedimentarie e la presenza di una sia pur labile ed incerta gradazione inversa dei litici, suggeriscono una possibile genesi del deposito collegata ad un flusso fangoso tipo *labar* iperconcentrato, ossia con alto rapporto solido/acqua. Effettivamente, i depositi iperconcentrati di materiale vulcanico appaiono talora massivi, con gradazione inversa e mal cernita nella componente detritica e con abbondante matrice cineritica, mentre le strutture sedimentarie possono essere assenti o debolmente pronunciate. Anche la forma del deposito

avvalora l'ipotesi del *lahar*, in quanto esso è allungato per alcuni chilometri all'interno di una valle e lo spessore risulta maggiore in prossimità del cratere Albano mentre si riduce man mano che ci si allontana da esso (carta geologica, scheda 2). Peraltro, lo studio effettuato nella Piana di Ciampino sopra menzionato, segnala la presenza, ad alcuni metri di profondità in uno scavo presso il GRA (uscita orientale del nuovo tunnel sotto l'Appia Antica), di un bancone dello spessore di circa 3 metri di peperino di Marino, ad una distanza ben superiore – dunque – di quella finora conosciuta; la qual cosa dimostra l'elevata energia cinetica di un *lahar*, capace di percorrere notevoli distanze adattandosi alla morfologia che incontra man mano che scorre per effetto della gravità, in ciò favorito, almeno inizialmente, dall'abbondante contenuto di acqua. Poiché però questa viene progressivamente persa durante lo scorrimento, il flusso diviene sempre più concentrato e viscoso fino al definitivo arresto. Un flusso di questo tipo può avere una densità intorno a 2,20 - 2,40 g/cm<sup>3</sup> ed è in grado di scorrere lungo versanti con pendenze minime, sino a valori compresi tra 1° e 5°. Questa capacità di scorrimento è dovuta all'elevata densità del fango, che è in grado di generare una forte spinta di galleggiamento nei confronti del detrito grossolano trasportato, con conseguente perdita di resistenza al taglio interna del materiale stesso. Per quanto riguarda la presenza di piccole cavità vuote di forma più o meno sferica e una diffusa porosità che si può osservare direttamente con una lente, potrebbero rappresentare o impronte lasciate dall'acqua o dai gas residui interni (poi evaporata o sfuggiti), oppure, per le cavità più grandi, essere state occupate da frammenti vegetali ormai scomparsi. Tale particolarità insieme alla presenza di lapilli accrezionali, come si vedrà meglio in seguito nelle sezioni microscopiche della roccia, conferma un'origine ancor più complessa, come quella da colata piroclastica fredda eruttata dal cratere Albano ed evoluta nelle paleovalli in un *lahar*.

Un'ultima questione da definire è quella relativa alla temperatura del *lahar* o colata piroclastica che ha dato origine al peperino di Marino.

In base alla presenza in esso di vegetali fossili non combusti e privi di qualsiasi traccia di imbrunimento dei tessuti, tale temperatura doveva essere quanto meno inferiore a quella di combustione del legno, che oscilla tra 170 e 260 °C (G. Giordano, 1981), e forse addirittura inferiore ai 100 °C, come viene affermato nel saggio di E. Missori in questo stesso volume, cui si rimanda; essa dovette inoltre dipendere anche dal tempo intercorso tra l'eruzione che ha generato il deposito piroclastico instabile (il *surge*, caratterizzato da una sua temperatura compresa tra i 100 e i 400 °C)<sup>15</sup>, e il franamento a valle dello stesso (*lahar*), intervallo che può essere stato anche molto lungo (come si è verificato, ad esempio, per la frana di Sarno).

In teoria, tale intervallo di tempo potrebbe essere ricavato, con una certa approssimazione, a partire dalle specie vegetali inglobate all'interno del peperino, il cui riconoscimento potrebbe fornire informazioni utili per ricostruire il grado di colonizzazione raggiunto dalla vegetazione sui versanti del vulcano Albano, tra l'eruzione che ha generato il deposito piroclastico instabile e il suo scivolamento a valle. In realtà, ciò è di difficile determinazione in quanto, con i dati a disposizione, non è possibile stabilire se i vegetali contenuti nel peperino fossero parte della vegetazione già presente nella vallata al momento della messa in posto del *surge*, e poi coinvolta, poco o molto tempo dopo (anche alcuni decenni dopo), dal *lahar* (fig. 17A); oppure se si trattasse di vegetazione cresciuta sul *surge* e coinvolta nel *lahar*, la qual cosa presuppone un certo lasso di tempo durante il quale la vegetazione ha colonizzato il deposito del *surge* (fig. 17B), non potendosi nemmeno escludere, naturalmente, una terza possibilità, quella cioè di un *lahar* che nel corso del suo franamento a valle abbia travolto sia la vegetazione del substrato preesistente, sia quella eventualmente cresciuta sul *surge* (fig. 17C).

#### *Caratteristiche petrografiche e mineralogiche*

Dal punto di vista petrografico e mineralogico vengono riportate alcune immagini al microscopio di un

campione di peperino prelevato nella cava dei F.lli De Nicola all'interno della parte bassa del deposito (livello A). Nelle figure 23 e 24 il peperino ha una struttura litoclastica<sup>16</sup> e tessitura isotropa con matrice<sup>17</sup> a grana fine di colore grigiastro composta da detrito cineritico<sup>18</sup> costituito da piccoli cristalli di leucite, clinopiroseno, biotite e piccoli frammenti vegetali non combustibili; si riscontra inoltre la presenza di una miscela di lapilli alcuni di essi accrezionali generatisi intorno a piccoli litici e frammenti di minerali, ceneri sottili e vetro fortemente zeolitizzati<sup>19</sup>.

I minerali principali sono costituiti da feldspatoidi come leucite e nefelina, presente con abbondanti cristalli, pirosseni con varietà clinopiroseni (augite) di colore verde a contorno rettangolare allungato e colori di interferenza dal giallo al verde bluastrato con cristalli grandi isolati o dispersi in minuti granuli prevalenti nella matrice. Sempre tra i minerali principali si osservano plagioclasti diffusi nella matrice, presenza di flogopite e biotite bruna e quantità notevoli di zeoliti come chabasite e herschelite, particolarmente abbondanti nella matrice grazie alla diffusa zeolitizzazione della roccia. Infine si osserva abbondante cemento<sup>20</sup> carbonatico con cristalli di calcite presenti nella matrice in piccoli individui (figg. 25, 26).

Si tratta in definitiva di una roccia clastica sedimentaria di origine vulcanica, in ragione soprattutto dell'origine del sedimento e della sua modalità di trasporto e di sedimentazione meccanica in ambiente sub aereo.

Si tenga presente che la cementazione della matrice nel peperino non è avvenuta soltanto per processi di zeolitizzazione, che comunque non è considerata cristallizzazione primaria (limite termico superiore di formazione 120 - 130 °C), ma anche ad opera di minerali autigeni<sup>21</sup> come la calcite, probabilmente provenienti da fluidi circolanti nel sedimento dopo la sua deposizione in fase diagenetica<sup>22</sup>.

#### *Caratteristiche fisico-meccaniche*

Le prove fisiche e meccaniche svolte in laboratorio sono state effettuate su due campioni prelevati dalla

cava di peperino dei Fratelli De Nicola, rispettivamente dal fronte di cava ricco di inclusi litici (livello A, scheda 2) e dal sottostante livello senza inclusi litici (livello B, scheda 2). Da tali blocchi sono stati tagliati dodici provini cubici (10 x 10 x 10 cm) per condurre prove di carico a rottura sia in condizioni naturali, sia in condizioni di saturazione dopo 72 ore di immersione in acqua, con carico applicato perpendicolarmente alle facce parallele al piano di cava. Da venti frammenti sono state ottenute alcune caratteristiche fisiche come i pesi di volume naturali, secchi e saturi e il coefficiente di imbibizione. Infine su due frammenti saturi in acqua con una faccia tagliata regolare e una tenuta grezza si è effettuata una prova di gelività con 20 cicli di gelo a - 15 °C e disgelo a + 35 °C.

I risultati delle prove riportati nelle tabelle 2-3 e nei relativi diagrammi di rottura permettono di evidenziare un alto coefficiente di imbibizione, che dimostra la notevole porosità nel materiale soprattutto per il livello inferiore B, e una resistenza a compressione media maggiore per il peperino del livello superiore A (193 kg/cm<sup>2</sup>) e minore per il livello inferiore B (156 kg/cm<sup>2</sup>). Inoltre si osserva una notevole diminuzione di resistenza a compressione per entrambi i campioni saturati in acqua, con una riduzione del 25% per il peperino del livello inferiore (117 kg/cm<sup>2</sup>) e del 58,5% per il peperino del livello superiore (80 kg/cm<sup>2</sup>).

Le prove di gelività per entrambi i campioni mostrano invece un materiale non gelivo per l'assenza di fessure e per una perdita di materiale inferiore al 2% in peso dopo 20 cicli di stress termico.

Nonostante il numero ridotto di campioni sottoposti a rottura, si può in ogni caso notare un peggioramento della resistenza a compressione del peperino in condizioni di saturazione in acqua, tale peggioramento è probabilmente provocato dalle pressioni interstiziali indotte dall'acqua di infiltrazione, che si sviluppano nelle microporosità del peperino, e inoltre l'acqua, soprattutto se è leggermente acida, è in grado di sciogliere parzialmente il cemento carbonatico presente nel peperino, riducendo sensibilmente la coesione interna.

*Desidero ringraziare, Adriano Ruggeri, Alberto Moscatelli, Laboratorio Geotecnico Sogea.*

<sup>1</sup> Vulcano edificatosi all'interno della cinta calderica: età tra 300.000 e 200.000 anni.

<sup>2</sup> Tipo di eruzione vulcanica esplosiva che avviene per il contatto di abbondanti quantità di acque di infiltrazione, quali quelle contenute nelle falde acquifere, con il magma che risale verso la superficie. In tali condizioni, il magma cede una parte del proprio calore all'acqua, la quale viene istantaneamente vaporizzata generando enormi pressioni che, se riescono a superare il carico litostatico, fratturano le rocce sovrastanti dando origine ad un'esplosione durante la quale vengono eruttate quantità notevoli di vapore misto a lava finemente frammentata, dalla pressione dei gas, in cenere e lapilli, accompagnati da frammenti di roccia, anche di grandi dimensioni, definiti 'litici' (nota 4).

<sup>3</sup> Grande Raccordo Anulare

<sup>4</sup> I 'litici' sono frammenti di rocce distinti tra accessori, che possono provenire dal magma solidificato durante eventi eruttivi precedenti a quello esplosivo (litici vulcanici nel peperino), ed accidentali che sono frammenti di varia natura, anche non magmatica, strappati dalle rocce incassanti il condotto vulcanico (litici calcarei nel peperino). Questi frammenti possono dare informazioni utili per ricostruire la probabile successione stratigrafica presente nel substrato vulcanico (R. Funicello, M. Parotto, 1978).

<sup>5</sup> Strutture sedimentarie: si tratta di tracce e indizi fossili all'interno di una roccia dopo la sua formazione, come le disposizioni geometriche dei sedimenti e le impronte, da cui è possibile risalire ai processi di trasporto e ai vari ambienti di sedimentazione.

<sup>6</sup> Laminazioni: suddivisioni del sedimento in lamine di spessore inferiore al centimetro, per lo più pari al diametro dei granuli che compongono le lamine o ad un loro piccolo multiplo; l'origine è riconducibile a cause dinamiche presenti nell'ambiente di sedimentazione.

<sup>7</sup> Impronte da impatto: deformazioni prodotte da grossi clasti, quasi esclusivamente lavici, lanciati in aria dall'eruzione esplosiva e successivamente ricaduti sugli strati di cenere precedentemente deposti o in via di deposizione. Tali strutture presuppongono che le ceneri appena deposte o in via di deposizione si trovassero in uno stato notevolmente umido e molle.

<sup>8</sup> Antidune: sono dune alte fino a 1 m e lunghe 6-7 m; si originano per l'elevata velocità raggiunta dal flusso.

<sup>9</sup> Accretionary lapilli: lapilli accrezionali; sono elementi sferici di dimensioni mediamente comprese tra 2 e 10 mm di diametro, formati per aggregazione di cenere a volte intorno a nuclei costituiti di piccoli frammenti di lava. Il processo di aggregazione è attribuito

all'azione di forze capillari e all'attrazione elettrostatica tra particelle di cenere all'interno di una miscela eruttiva umida; essendo quindi ipotizzata, per la loro formazione, la presenza di forte umidità, i lapilli accrezionali vengono normalmente considerati indicatori di eventi eruttivi idromagmatici, ma possono formarsi anche in nubi di ceneri asciutte accompagnate da precipitazioni meteoriche.

<sup>10</sup> Termine inglese tradotto in "fronte d'onda basale": questo termine viene utilizzato perché la nube prodotta dall'esplosione vulcanica è molto simile a quella, costituita da gas e polveri, che si forma alla base del fungo di un'esplosione atomica e che precede di pochi attimi la risalita della colonna esplosiva.

<sup>11</sup> Si tratta di una corrente generata dal moto di un fluido che, agendo sulla superficie di un sedimento, dà luogo, oltre che al trasporto dei granuli, anche a forme erosive e a strutture sedimentarie (fig. 17), F. Ricci Lucchi, 1980.

<sup>12</sup> Vulcanologo che ricostruì le varie fasi evolutive del vulcano Krakatoa e in particolare l'eruzione del 1883 (M. Bullard, 1985).

<sup>13</sup> Gradazione inversa: è un aumento delle dimensioni dei granuli più grossi, nel nostro caso dei litici, che avviene dal basso verso l'alto.

<sup>14</sup> Cèrnita: è il grado di dispersione della granulometria grossolana all'interno di un deposito.

<sup>15</sup> I *surges* si dividono in caldi e secchi quando la loro temperatura è superiore ai 373 °C (temperatura critica dell'acqua) e in freddi e bagnati con molto vapore quando la temperatura è inferiore a 373°C. Le temperature possono scendere anche al disotto del punto di condensazione del vapore (100 °C), e in questo caso l'acqua è presente allo stato liquido dando origine ad un "uragano di fango".

<sup>16</sup> È la struttura tipica delle rocce detritiche costituite da frammenti di rocce preesistenti e da minerali primari.

<sup>17</sup> Componente clastica più fine presente in una roccia sedimentaria, costituita da piccoli cristalli di minerali e dal cemento.

<sup>18</sup> Cenere vulcanica suddivisa in grossolana (2 mm - 62 µ) e fine (<62 µ).

<sup>19</sup> Zeolitizzazione: è un processo che trasforma i minerali primari, come la leucite e anche la massa vetrosa, in zeoliti (herschelite - chabasite) che costituiscono una delle componenti cementanti di un sedimento.

<sup>20</sup> Precipitato chimico di sali in forma di cristalli da una soluzione che circola negli interstizi di un sedimento.

<sup>21</sup> Minerali che si formano dai fluidi circolanti nel sedimento durante la diagenesi; sono nuovi minerali non presenti prima e hanno il compito di trasformare in roccia (litificazione) un sedimento sciolto.

<sup>22</sup> Diagenesi: si tratta di una serie di modifiche chimiche e fisiche che avvengono in un sedimento dopo la sua deposizione; tale processo "diagenetico" avviene in tempi molto lunghi, fino alla trasformazione completa di un sedimento sciolto in una roccia sedimentaria.

Scheda 2

Comune di Marino (RM)  
 Cava di peperino  
 320 m.s.l.m.  
 località: Via Cave di Peperino  
 U.T.M. x - 305183  
 y - 4626858

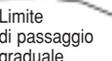
COLTIVAZIONE: attiva in due cave  
 METODO DI COLTIVAZIONE: a cielo aperto  
 a solo fronte o con un solo ampio  
 gradone e in ampie cavità  
 ESTRAZIONE: Sui fronti attraverso seghe  
 a nastro, poi con mandrillo e  
 spaccarocchia per separare i blocchi  
 LITOTIPO COLTIVATO: Tufo grigio granulare  
 "Peperino"

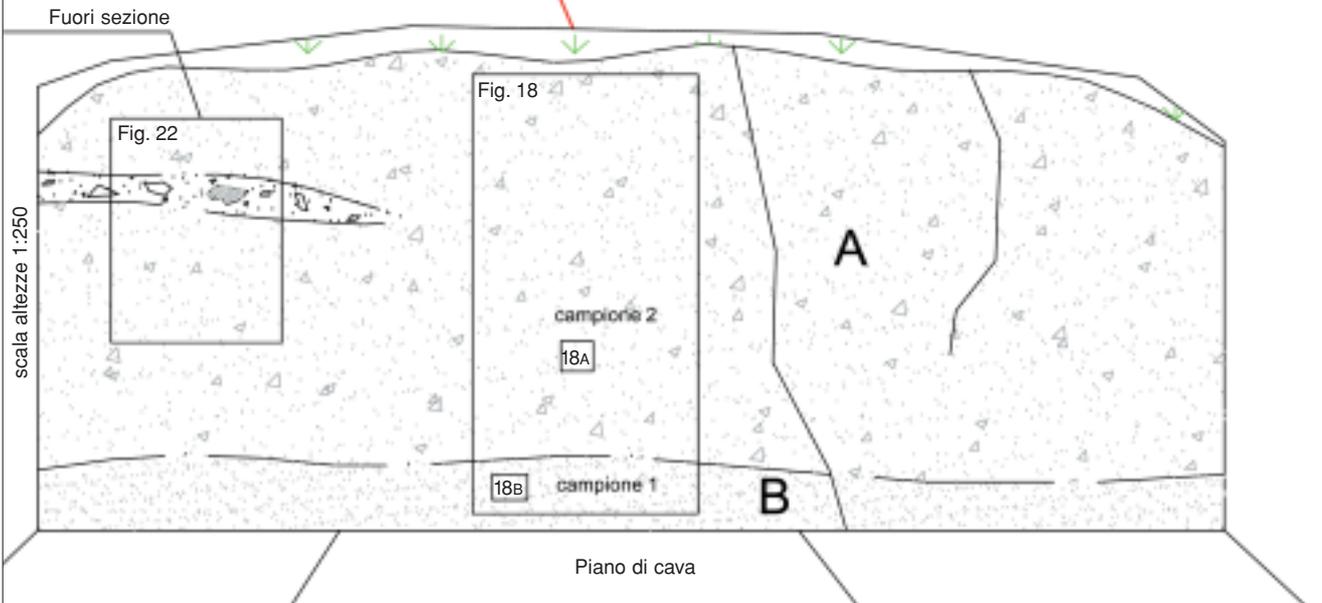
CARTA GEOLOGICA da: De Rita D., Funicello R., Parotto M. (1988, modificata, scala 1 : 15.000)



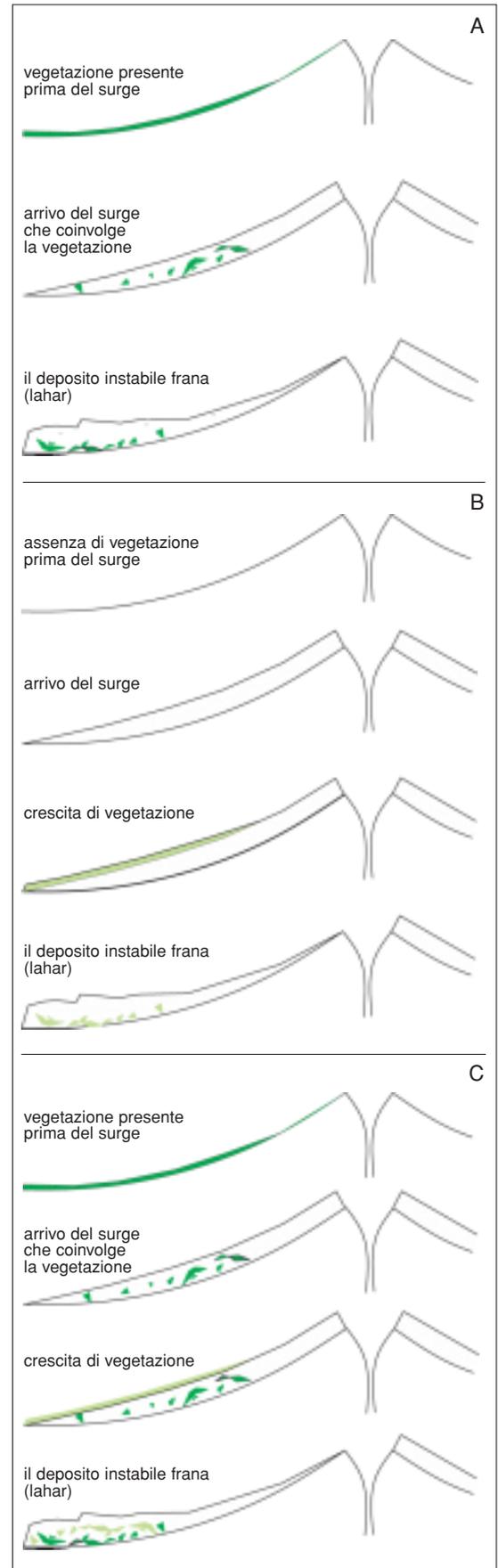
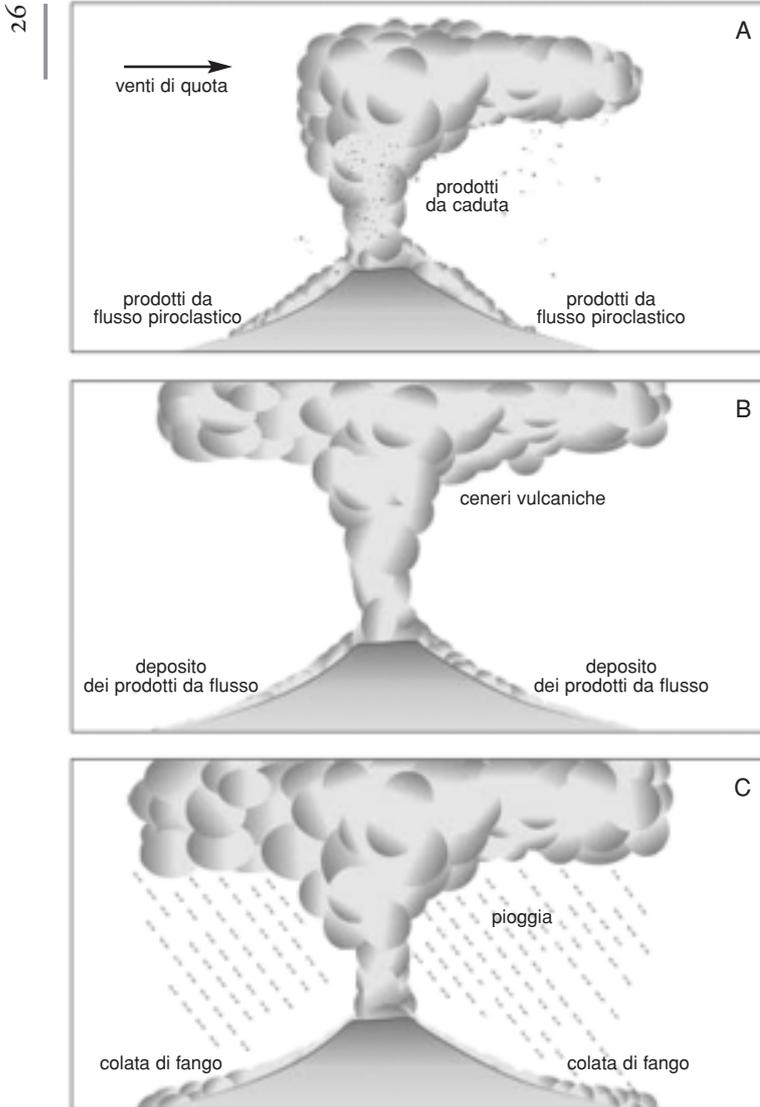
-  Terreni eluviali e colluviali, detriti di versante
-  Colate piroclastiche fredde che assumono i caratteri di lahar nelle paleovalli. Tufo litoide granulare con inclusi litici vulcanici e sedimentari "Peperini s.l.", resti vegetali incombusti
-  (IV unità) Prodotti di esplosioni freatomagmatica inizialmente con breccie seguite da livelli cineritici e sabbiosi-lapillosi con strutture sedimentarie tipiche dei depositi di "Base surge"
-  Colata piroclastica "calda" con un livello di concentrazione di litici alla base, mentre verso l'alto si osservano resti vegetali, con matrice cineritica e pomici
-  (III unità) Prodotti di esplosione freato-magmatica, presenza alla base di una breccia esplosiva seguita da livelli sabbiosi a matrice cineritica con strutture da impatto e accretionary lapilli
-  Piccola colata lavica all'interno del Fosso della Petrara
-  Verso di scorrimento della colata di fango

**IN SEZIONE**

 <b>A</b>	Tufo grigio granulare "Peperino", con abbondanti inclusi litici di origine sia vulcanica sia sedimentaria, presenza di punti a più alta concentrazione di litici	 Particolari
 <b>B</b>	Livello con pochi inclusi litici con abbondante matrice cineritica e con resti vegetali	 Limite di passaggio graduale

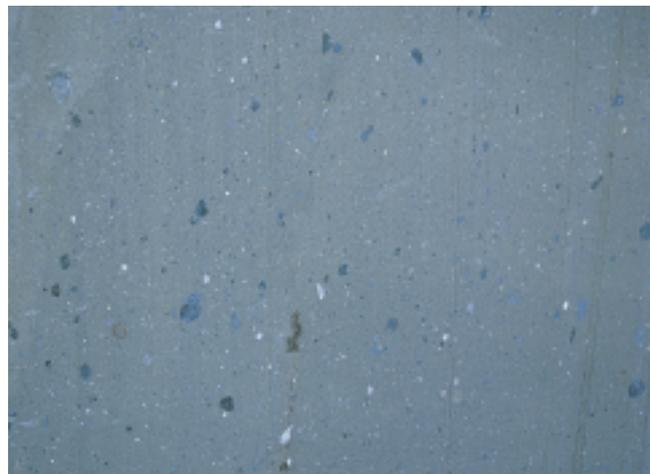


16. Rappresentazione schematica della deposizione di un flusso piroclastico e del successivo innesco di una colata di fango lahar
17. Descrittiva delle diverse modalità di coinvolgimento della vegetazione durante l'eruzione e durante il lahar



18. Fronte di cava dove si osserva, attraverso la linea rossa, il passaggio graduale tra il peperino del livello superiore (A) ricco di litici non cerniti, e il livello inferiore (B) con scarsi litici e matrice più cineritica (cava Fratelli De Nicola).

18A. Particolare, livello superiore con concentrazione di litici.  
18B. Particolare, livello inferiore con scarsi o nulli inclusi litici.



19. Struttura post-deposizionale: impronta da impatto balistico. Si nota al centro della foto lo strato di cenere deformato dall'impatto di un blocco lavico che dimostra lo stato umido e molle del surge appena depresso; si intuisce inoltre la provenienza del blocco, da sinistra della foto (nota 7), sentiero naturalistico delle cave di Marino.



19

20. Struttura post-deposizionale: antiduna erosa da un base surge successivo. Le piccole pieghe e contorcimenti interni che interessano una sottile lamina cineritica stanno ad indicare un comportamento idrico-plastico del surge; inoltre è possibile osservare il verso di provenienza del flusso, da sinistra verso destra della foto (sentiero naturalistico delle cave di Marino).



20

21. Accumulo di litici grossolani trasportati in sospensione dal lahar a quote più elevate rispetto alla base di scorrimento (cave di peperino di Marino)



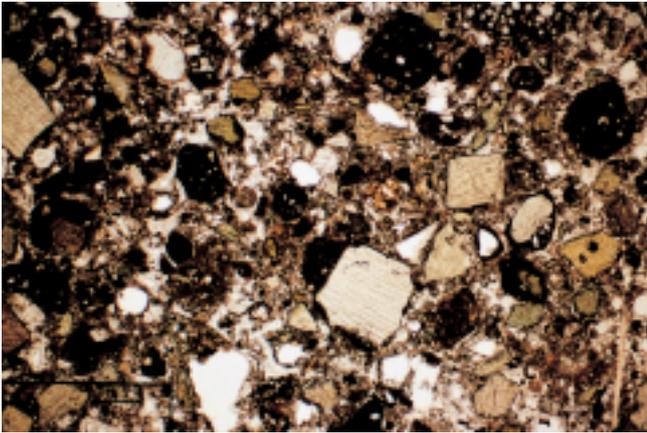
21

22. Visione da vicino dell'accumulo di litici: si nota in basso e a destra della foto un livello a granulometria più sottile con deboli lineazioni (cave di peperino di Marino).



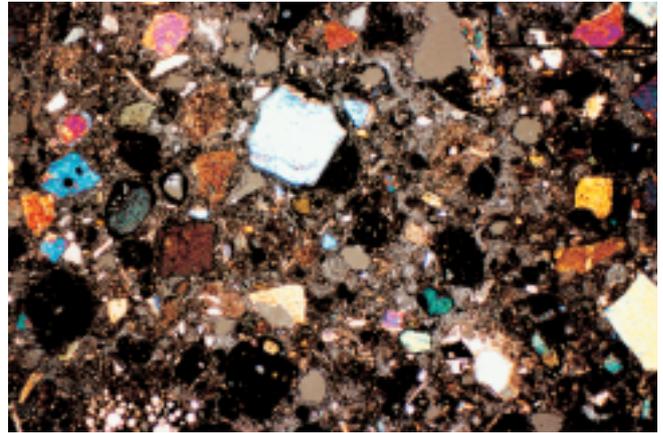
22

23. A polarizzatori paralleli, 25 ingrandimenti, veduta d'insieme. Struttura litoclastica e tessitura isotropa, con matrice a grana fine di colore grigiastro composta da detrito cineritico. Si osservano frequenti vuoti (bolle) alcuni con bordi interni parzialmente ricristallizzati e presenza di lapilli accrezionali intorno a nuclei costituiti da piccoli minerali preesistenti e litici (peperino di Marino).

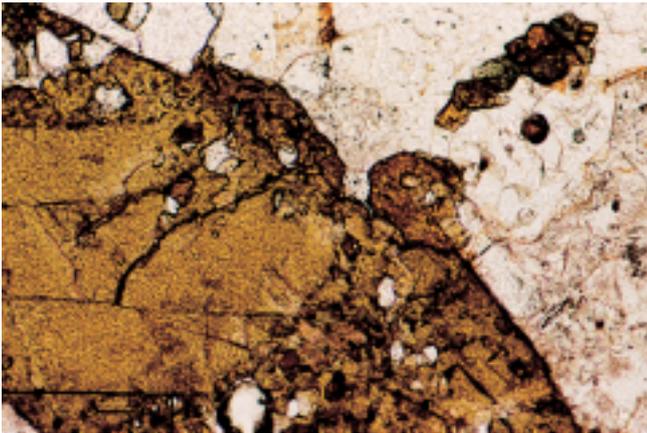


23

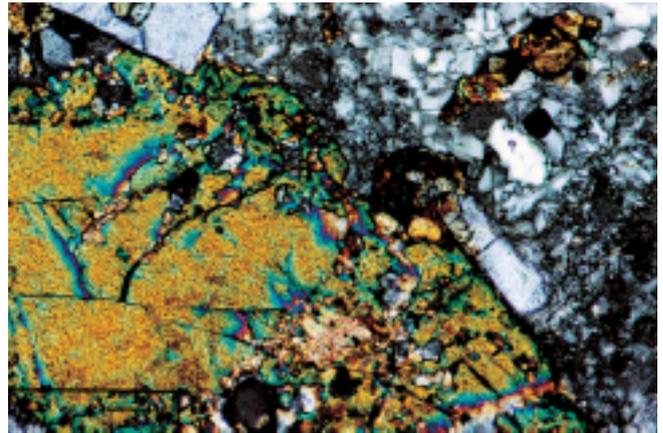
24. Stessa immagine precedente, 25 ingrandimenti a polarizzatori incrociati (peperino di Marino).  
 25. A solo polarizzatore, 100 ingrandimenti, particolare. Nella metà a destra della foto presenza di minuti cristalli di calcite presenti nella matrice (cemento carbonatico); nella metà a sinistra della foto un cristallo di augite frammentato (peperino di Marino).



24



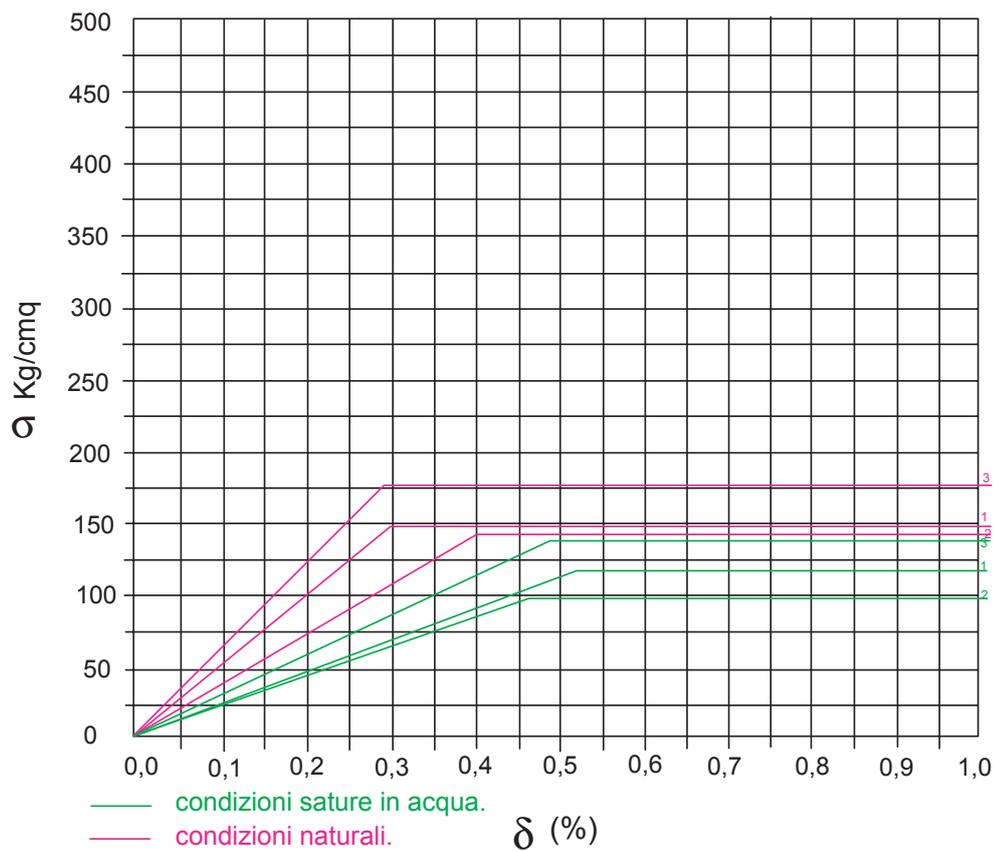
25



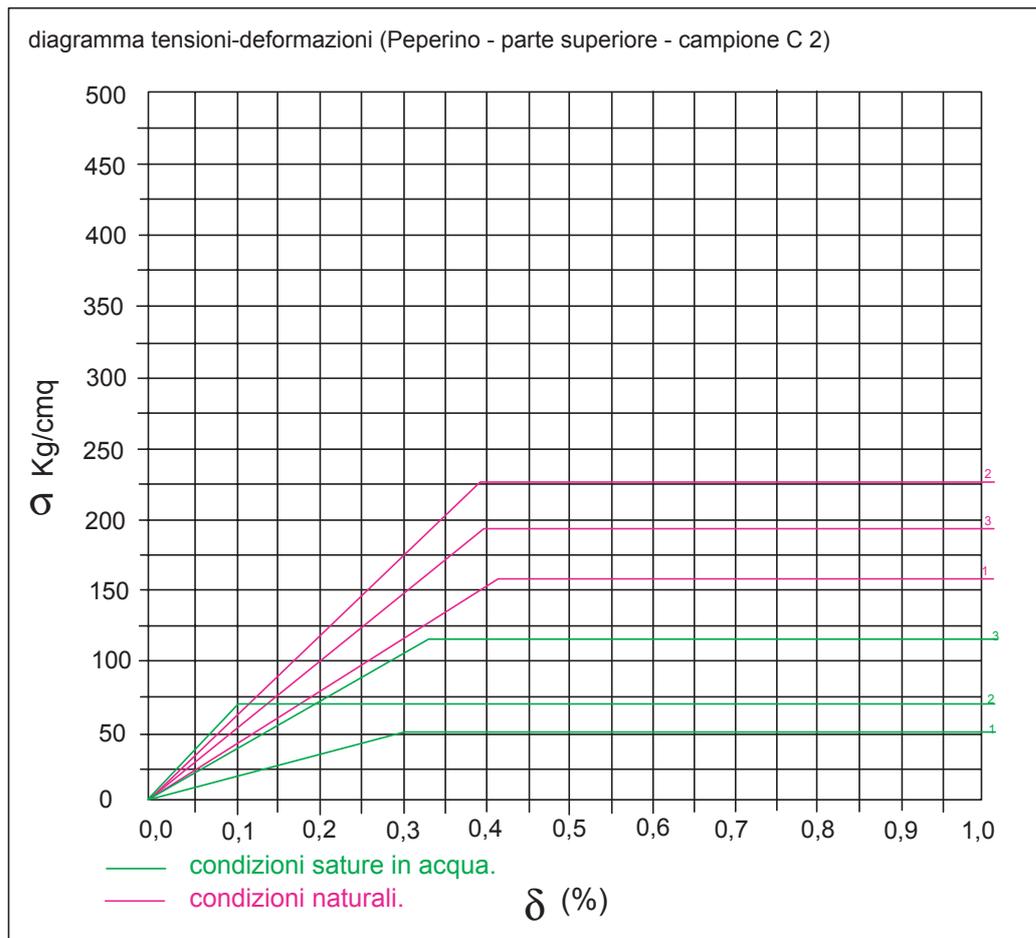
26

<b>Tabella 2 - PEPERINO Marino (RM) - CAMPIONE 1 - parte inferiore</b>	Laboratorio
$\gamma$ naturale (g/cmc)	1,79
$\gamma$ secco (g/cmc)	1,66
$\gamma$ saturo (g/cmc)	1,91
coeff. di imbibizione (% in peso)	16,1
Gelività (20 cicli - 15°C / + 35°C) perdita di peso < 2 % assenza screpolature	non gelivo
Resistenza a compressione in condizioni naturali (Kg/cmq)	156
Deformazione a rottura (%)	0,36
Resistenza a compressione in condizioni di saturazione dopo 72 ore (Kg/cmq)	117
Deformazione a rottura (%)	0,49

diagramma tensioni-deformazioni (Peperino - parte inferiore - campione C 1)



<b>Tabella 3 - PEPERINO Marino (RM) - CAMPIONE 2 - parte superiore</b>	Laboratorio
$\gamma$ naturale (g/cmc)	1,88
$\gamma$ secco (g/cmc)	1,84
$\gamma$ saturo (g/cmc)	2,04
coeff. di imbibizione (% in peso)	10,37
Gelività (20 cicli - 15°C / + 35°C) perdita di peso < 2 % assenza screpolature	non gelivo
Resistenza a compressione in condizioni naturali (Kg/cmq)	193
Deformazione a rottura (%)	0,36
Resistenza a compressione in condizioni di saturazione dopo 72 ore (Kg/cmq)	80
Deformazione a rottura (%)	0,41



27. Una delle due porzioni legnose ritrovate all'interno del peperino di Marino nel livello A di base della cava (foto all'atto del ritrovamento).



28. Sezione trasversale del reperto legnoso in cui sono visibili i vasi disposti in bande oblique a fiamma all'interno di una cerchia legnosa annuale (4X).



29. Sezione longitudinale-radiale del reperto legnoso coi vasi ben evidenti e i sottili ispessimenti spiralati (40X).

