



Bibliotheca Archaeologica  
*Collana di archeologia  
a cura di Giuliano Volpe*

20

MATERIALI DA COSTRUZIONE  
E PRODUZIONE DEL FERRO  
Studi sull'economia populoniese  
fra periodo etrusco e romanizzazione

a cura di

*Franco Cambi, Fernanda Cavari, Cynthia Mascione*

---

*E S T R A T T O*

---



EDIPUGLIA

Bari 2009

## INDICE DEL VOLUME

Introduzione  
*di Gilda Bartoloni*

### PARTE PRIMA MATERIALI DA COSTRUZIONE E LAPIDEI ORNAMENTALI

#### **I MATERIALI DA COSTRUZIONE**

Cave e edilizia a Populonia  
*di Cynthia Mascione*

Metodologia per una ricostruzione virtuale del monumento antico: l'acropoli di Populonia  
*di Giulia Grassi, Rita Spina, Elena Vattimo*

La cava e la necropoli di Buche delle Fate. Ricerche svolte e metodologie applicate  
*di Cynthia Mascione*

Le indagini geofisiche: procedure e interpretazione *di Gianfranco Censini, Cynthia Mascione, Pasquino Pallecchi*

La cava e la necropoli. Scavo e documentazione  
*di Giorgio Baratti, Marta Coccoluto*

Analisi e interpretazione delle tracce di cavatura  
*di Stefano Camporeale, Alessandra Pais*

La "panchina" dell'antico bacino estrattivo di Buca delle Fate: considerazioni sui caratteri compositivi e tessiturati e sul suo utilizzo nelle costruzioni dell'acropoli e delle necropoli di Populonia  
*di Pasquino Pallecchi*

La necropoli  
*di Giorgio Baratti*

I materiali della necropoli: la ceramica  
*di Laura Pagliantini, Rosanna Salerno*

I materiali della necropoli: le sculture  
*di Cynthia Mascione, Giulia Peresso*

#### **I LAPIDEI ORNAMENTALI**

Ricostruzione paleogeografica dell'area della Val di Cornia  
*di Debora Brocchini*

Rivestimenti pavimentali e manufatti in marmo dagli edifici dell'acropoli di Populonia  
*di Fernanda Cavari*

Caratterizzazione petrografica e provenienza dei materiali del pavimento con emblema a cubi prospettici dalle "Logge" di Populonia  
*di Francesca Droghini, Anna Gandin, Marco Giamello*

Conclusioni  
*di Fernanda Cavari, Cynthia Mascione*

Bibliografia

### PARTE SECONDA IL FERRO

#### **ALLE ORIGINI DELLA QUESTIONE**

Siderurgia in ambito elbano e popoloniese: un contributo delle fonti letterarie  
*di Alessandro Corretti*

Pratiche metallurgiche e circolazione di saperi all'origine di Populonia  
*di Valeria Acconcia, Matteo Milletti*

Attività minerarie e trasferimento dei saperi metallurgici nell'alto Tirreno: conoscenze attuali e prospettive di ricerca  
*di Andrea Zifferero*

#### **IL CONTESTO DI POPULONIA**

L'area siderurgica di Rondelli ed il contesto produttivo etrusco nel Golfo di Follonica e al Puntone di Scarlino  
*di Biancamaria Aranguren, G. Giachi, Pasquino Pallecchi*

Le lagune di Populonia dall'antichità alle bonifiche  
*di Carlo Isola*

Lo scavo della spiaggia di Baratti a Populonia  
*di Valeria Acconcia, Franco Cambi*

Le risorse minerarie e metallurgiche dell'entroterra popoloniese  
*di Luisa Dallai, Elisabetta Ponta*

L'arcipelago toscano e la romanizzazione: il contributo delle ultime ricerche  
*di Marco Firmati*

I sistemi di produzione e gli impianti siderurgici del territorio in età medievale  
*di Silvia Guideri*

#### **ARCHEOLOGIE E ARCHEOMETRIE**

I bacini di approvvigionamento dei minerali metalliferi e le tecnologie produttive del rame e del ferro  
*di Laura Chiarantini, Marco Benvenuti*

L'archeomagnetismo per la datazione delle attività siderurgiche antiche  
*di Jonas Malfatti, Claudia Principe, Simone Arrighi, Claudio Arias*

Provenienza dei minerali di ferro utilizzati per antiche produzioni metallurgiche: dati preliminari sulla tracciabilità del minerale di ferro dell'isola d'Elba  
*di Andrea Dini, Marco Benvenuti, Laura Chiarantini, Alessandro Corretti, Massimo D'Orazio, Daniele Tardani*

Conclusioni. Populonia. Ferro, territorio e bacini di approvvigionamento fra il periodo etrusco e il periodo romano  
*di Franco Cambi*

---

# Le indagini geofisiche: procedure e interpretazione

di Gianfranco Censini, Cynthia Mascione, Pasquino Pallecchi

Nell'ambito del progetto di prospezioni geofisiche nella cava di Buche delle Fate è stato adottato il metodo della 'sismica a rifrazione', perché ritenuto maggiormente adatto, rispetto ad altri sistemi solitamente applicati all'indagine archeologica (geoelettrica o magnetometria), alla morfologia dell'area, caratterizzata da forti dislivelli, alla copertura boschiva e alla natura dei depositi.

I profili sono stati progettati a copertura di tutta l'area di cava attualmente visibile, con estensioni anche nella fascia limitrofa, nel tentativo di registrare meglio l'areale dell'affioramento calcarenitico.

Le direttrici dei profili ovest-est sono state tracciate a distanza di circa 20 m e con orientamento tendenzialmente trasversale all'andamento dei fronti emergenti, che rispecchia la direzione dei piani di coltivazione, a loro volta conformi alla stratificazione della calcarenite.

## **La rifrazione per esplorare il sottosuolo**

Il fenomeno fisico della rifrazione viene utilmente sfruttato anche nella esplorazione del sottosuolo, in particolare in quelle zone in cui si ha uno strato di materiali sciolti, detriti naturali o terreni di riporto, sopra ad un substrato di roccia compatta (*bedrock*).

In pratica, un fronte d'onda, generato in un punto della superficie, propagandosi nel sottosuolo con velocità dipendenti dalle caratteristiche di compattezza dei materiali che incontra, raggiunge in tempi più brevi i sensori posti a distanze elevate, se nel sottosuolo vi sono strati di roccia compatta, rispetto a situazioni dove si hanno solo terreni detritici molto allentati.

Questo significa che l'analisi dei tempi di arrivo del suddetto fronte d'onda ad una serie di sensori posti a distanze variabili, con una progressione prefissata, può consentire di determinare la presenza e la relativa profondità di una variazione di compattezza nel sottosuolo.

L'analisi della propagazione di molteplici fronti d'onda, generati in posizioni prestabilite e registrati da una serie di sensori posti in determinate posizioni, porta alla possibilità di ricostruire un modello matematico costituito da un grande numero di elementi, in cui può essere suddiviso il sottosuolo.

Ogni elemento risulterà caratterizzato dalla velocità

di propagazione compatibile con i tempi di transito dei vari fronti d'onda che lo hanno attraversato. Il modello finale sarà, quindi, più o meno rispondente alla realtà del sottosuolo, in base alla più o meno elevata corrispondenza dei tempi di transito, sperimentalmente osservati tra i vari punti di tiro (punto di origine dei fronti d'onda) ed i punti di posizionamento dei sensori, con i tempi calcolati sui percorsi teorici, degli stessi fronti d'onda, nel modello ipotizzato.

L'ottimizzazione del modello matematico è, in genere, un processo iterativo che, ad ogni passaggio, apporta piccole modifiche al modello stesso, aumentando o diminuendo la velocità di un determinato elemento, a seconda che i tempi di percorso dei fronti d'onda che hanno interessato il suddetto elemento siano risultati, mediamente, maggiori o minori nel calcolo, rispetto alle osservazioni sperimentali.

La procedura iterativa può continuare finché, da un passaggio all'altro, si ha una riduzione dello scarto quadratico medio (RMS) tra i tempi sperimentali ed i tempi calcolati. Questo RMS, infatti, in base alle caratteristiche dei siti, alla bontà dei sismogrammi sperimentali, alla complessità geologica e geomorfologica dell'area, può raggiungere valori minimi, anche molto diversi da caso a caso e, comunque, rappresenterà sempre un modello matematico, compatibile con le condizioni del sottosuolo in termini di velocità di propagazione delle onde sismiche, ma non sarà mai definibile come il modello "vero", esatto, del sottosuolo.

## **Operazioni di acquisizione ed elaborazione dati**

L'area d'indagine è stata esplorata mediante l'esecuzione di 9 profili sismici. Per tutti i profili eseguiti è stata utilizzata una cadenza geofonica pari a 3 metri e, pertanto, utilizzando un sismografo a 24 canali, la lunghezza complessiva per ognuno dei profili eseguiti è stata di 72 m (fig. 1). Nel complesso, quindi, sono stati eseguiti 648 metri di indagini sismiche ad onde P (di compressione).

Le operazioni di acquisizione sono state realizzate utilizzando il sismografo digitale OYO McSeis SX, 24

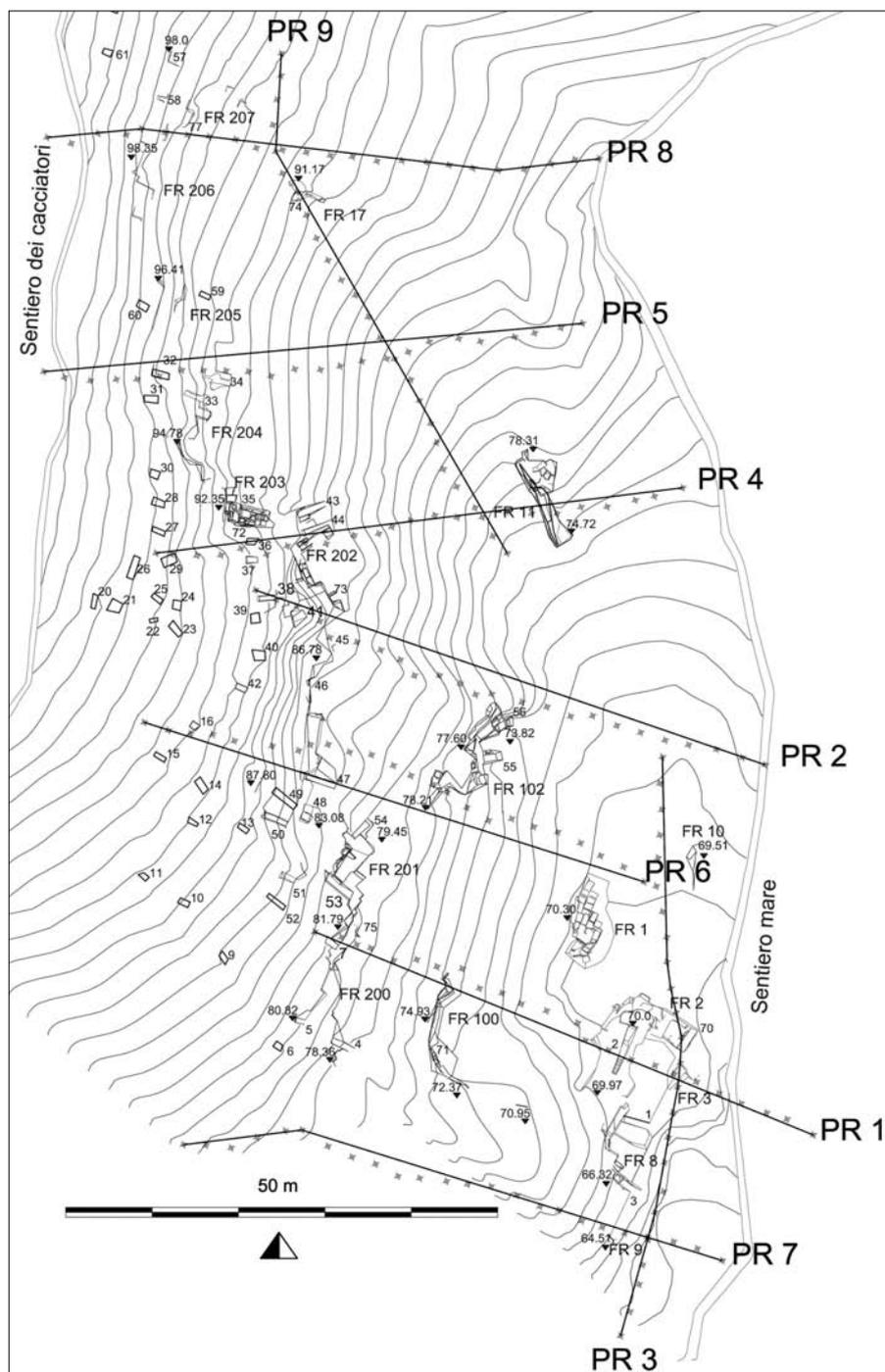


Fig. 1 - Planimetria dell'area della cava di Buche delle Fate, con l'indicazione dei tracciati seguiti dai profili sismici.

geofoni verticali Mark-Products a 10 Hz e n. 2 cavi sismici multipolari con *take-out* a cadenza di 3 m.

Per la generazione delle onde di pressione è stata utilizzata una mazza da 11 kg, battente su una piastra in PVC. Il sistema si è dimostrato sufficiente a fornire l'energia necessaria alle indagini.

I tiri sismici sono stati effettuati lungo tutti i profili, con cadenza di uno ogni tre geofoni, ed oltre i limiti degli stessi.

L'acquisizione dei dati è stata effettuata con registrazioni di 2048 campioni per traccia, di ogni singolo canale, distribuiti su 409.6 millisecondi con un intervallo di campionamento di 200 microsecondi.

La possibilità di ricostruire il modello matematico del sottosuolo comporta, necessariamente, l'esatta conoscenza della morfologia di superficie delle sezioni esplorate; quindi, la fase di acquisizione dati è stata completata con il rilievo topografico dei punti di posizionamento dei sensori e dei punti di tiro.

Una volta acquisiti i vari sismogrammi relativi a tutti i punti di tiro, si è proceduto a stabilire gli istanti di arrivo dei fronti d'onda. Questa operazione è stata effettuata mediante l'ausilio del software Reflexw, che permette la visualizzazione e l'eventuale miglioramento del segnale sismico mediante tecniche di filtraggio digitale.

In genere si procede alla regolarizzazione della scala di ampiezza della traccia, al filtraggio di rumori ad alta e/o a bassa frequenza, oltre alla eliminazione di componenti monotoni a 50 Hz, derivanti da linee elettriche presenti nelle vicinanze. Queste operazioni hanno portato a notevoli miglioramenti dei sismogrammi acquisiti.

Nella figura 2 si riporta un esempio di sismogramma trattato mediante le tecniche descritte, con indicati i punti di arrivo dei segnali sismici.

Partendo dai dati del *picking* è stata effettuata, per tutti i profili, l'elaborazione tomografica con il software RAYFRACT. Questa operazione parte da un modello iniziale generato dai valori di velocità e profondità ottenuti da una analisi quantitativa automatica con la tecnica Deltat-V.

I dati suddetti, calcolati per tutti i punti corrispondenti ai vari CMP (Common Mid Points) che si possono calcolare lungo il profilo, portano ad un modello ad ele-

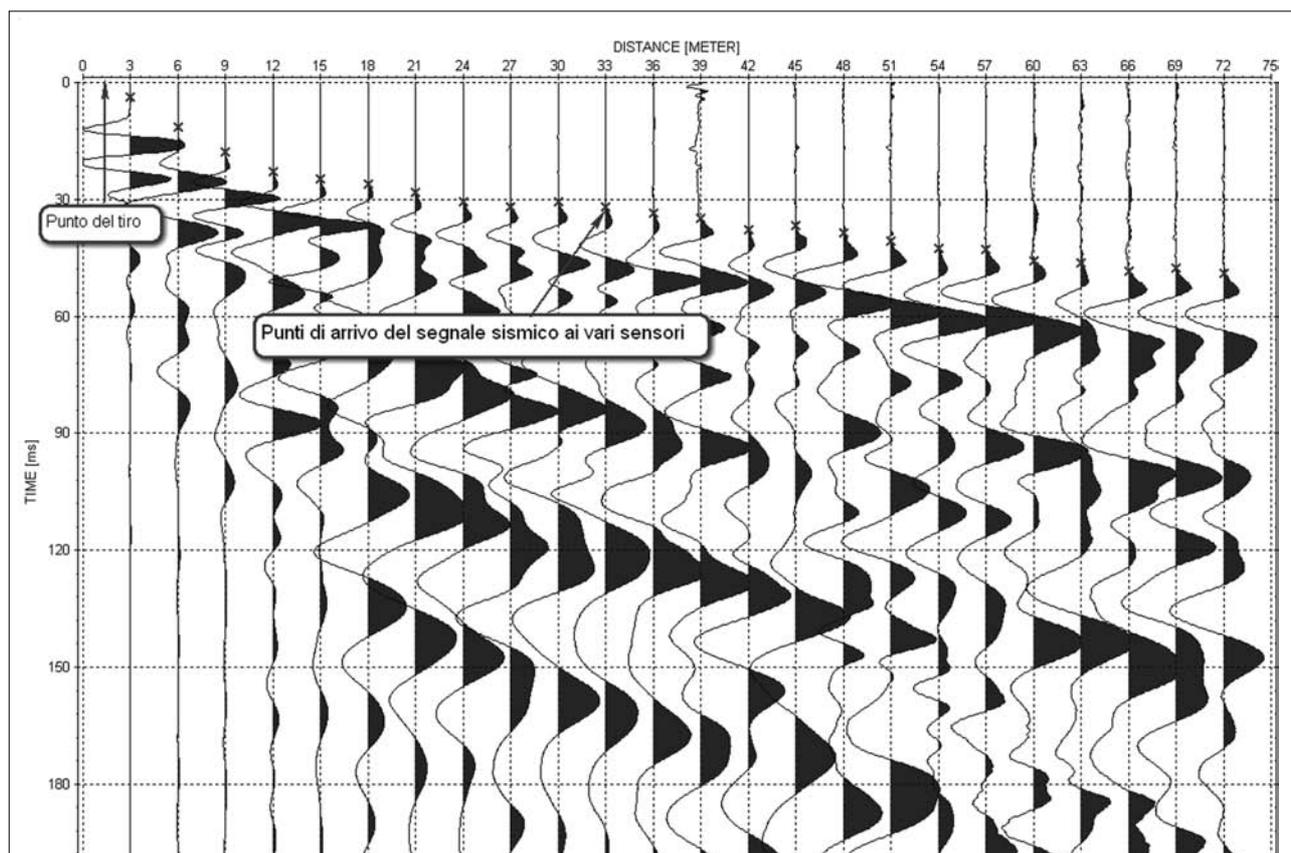


Fig. 2 - Buche delle Fate: esempio di sismogramma a 24 canali, registrato lungo il profilo 8, con punto di tiro collocato vicino al sensore 1. La cadenza dei geofoni, pari a 3 m, porta ad una distanza massima tra punti di tiro e sensori di 72 m. L'arrivo del segnale sismico ai vari sensori è indicato dalle crocette, lungo le tracce.

menti finiti di piccole dimensioni (dell'ordine di grandezza dei decimetri), ottenuto dalla interpolazione dei dati con algoritmo di *kriging*. Questo modello iniziale viene ottimizzato per iterazioni successive, verificando che i tempi di transito dai vari punti di tiro ai vari geofoni, sia il più possibile vicino a quello che i fronti d'onda impiegano, per collegare gli stessi punti (tiro/geofono) nel modello numerico del sottosuolo. Questo processo di elaborazione, pertanto, può portare a modelli in cui, a differenza dei risultati ottenibili con l'elaborazione GRM, si hanno anche zone a bassa velocità, intercalate a zone a velocità più alta.

In tutte le elaborazioni tomografiche eseguite sono stati presi in considerazione numerosissimi fronti d'onda, il cui numero si ricava moltiplicando i tiri effettuati lungo il profilo, per i geofoni utilizzati per registrare le vibrazioni; nel caso di questo studio si è arrivati ad analizzare fino a 264 fronti d'onda per profilo (11 tiri x 24 geofoni). L'aumento del numero di questi fronti d'onda è un indice indiretto dell'attendibilità del modello finale, infatti il risultato è tanto più affidabile, quanto più questo deriva dall'analisi di segnali che hanno attraversato i vari elementi con traiettorie differenti.

Il modello stratigrafico, ottenuto come insieme di

elementi caratterizzati da una specifica velocità, viene quindi rappresentato mediante il *contour* a linee di iso-velocità. La colorazione dei vari elementi secondo una scala cromatica facilita l'immediata visualizzazione dei risultati, che vengono evidenziati nelle Tavole 2-4.

Si deve comunque tener presente che la ricostruzione tomografica di sezioni del sottosuolo è tanto più affidabile quanto più si è in presenza di una geometria delle discontinuità prossima ad un sistema "bidimensionale infinito", cioè le anomalie che si vedono nel piano della sezione, nella realtà devono svilupparsi all'infinito, perpendicolarmente al piano stesso e da entrambi i lati. Quindi, sezioni tra loro parallele devono essere uguali o molto simili.

Nella realtà, purtroppo, queste condizioni sono molto rare ed in genere si è in presenza di evoluzioni tridimensionali dei contesti anomali e la loro rappresentazione nel piano della sezione potrebbe non essere facile. Questo problema può essere limitato cercando di esplorare il sottosuolo lungo più sezioni parallele e perpendicolari in modo da localizzare con maggior cognizione le eventuali situazioni anomale riscontrate. In ogni caso, la rappresentazione che scaturisce da una elaborazione di dati acquisiti esclusivamente in superficie sarà sempre

una rappresentazione schematica ed indicativa.

Le tomografie ottenute dall'elaborazione dei dati hanno delineato i caratteri essenziali della stratigrafia superficiale: in particolare si è evidenziata la copertura detritica (velocità delle onde sismiche minori di 600 m/sec) che oblitera la superficie dei fronti e dei piani di estrazione.

Meno definibile è il passaggio fra la calcarenite e il sottostante Macigno, a causa di uno spesso strato superficiale di alterazione del substrato arenaceo, che al tetto presenta un grado di fatturazione elevato, rendendolo simile ad una copertura detritica. Nonostante ciò, l'interfaccia Macigno alterato-Panchina sembra generalmente riconoscibile nella fascia di velocità compresa fra 800 e 1000 m/sec, dato verificato dalle quote rilevate nelle sezioni grafiche eseguite all'interno delle tombe agibili. Queste sono infatti scavate al di sotto del banco calcarenitico e dunque utilizzano come soffitto la base del deposito. La documentazione realizzata all'interno delle tombe ha consentito, inoltre, di verificare la natura degli strati geologici su cui insiste l'accumulo calcarenitico. Nella

zona sommitale la calcarenite si è sedimentata a diretto contatto di strati più o meno alterati di Macigno (tombe 7, 53, 49, 43, 35, fig. 3), mentre nell'area più bassa, con un intervallo molto ridotto di sabbie limose (tombe 1 e 3)<sup>1</sup>, insiste su un più profondo deposito di natura consimile, formazioni che generano ovviamente velocità sismiche diverse.

Le tomografie elaborate hanno consentito di guadagnare informazioni anche riguardo alla necropoli, poiché la presenza delle camere funerarie, vuote o riempite di materiale detritico, è evidenziata con sufficiente chiarezza da zone a bassa o media velocità sismica.

**Il profilo 8** (tav. 2) è stato progettato sul limitare settentrionale della cava, in un'area interessata da tracce di estrazione, apparentemente di consistenza limitata. La tomografia ha evidenziato un lotto di cava, probabilmente di estensione ridotta, delimitato a monte dall'emergenza del piccolo fronte di taglio 206, che sembra concludersi a valle in corrispondenza del geofono 13, posizionato poco a nord di un punto emergente di calcarenite, con limitate tracce di cava (FR 17). Il profilo a valle, pur indicando la presenza di uno spessore limitato di calcarenite, restituisce un andamento delle superfici

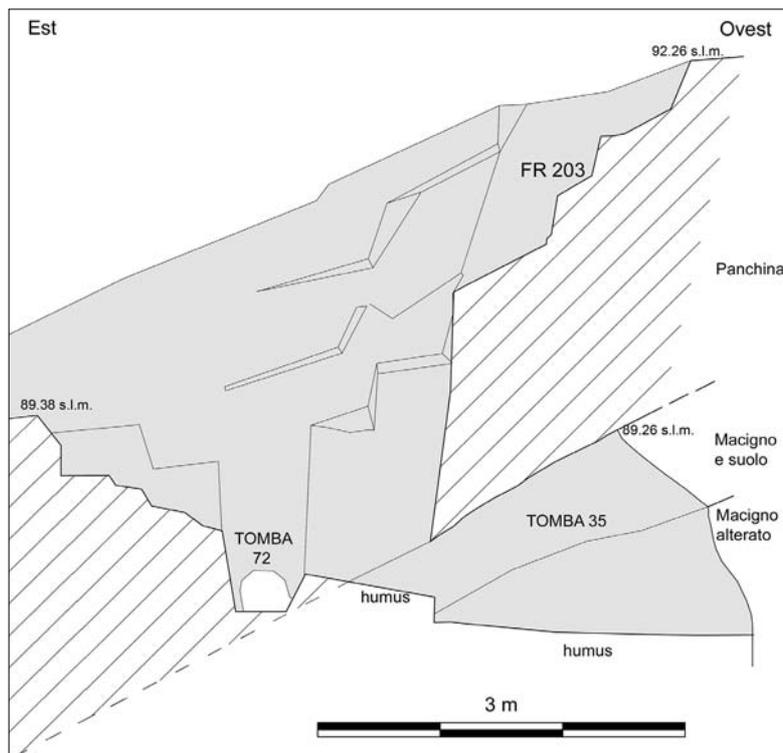


Fig. 3 - Sezione est-ovest dell'area di cava 203, in cui sono state tagliate la tomba n. 35 e, successivamente, la n. 72. Nella camera della tomba 35 è stato possibile rilevare il profilo inferiore del deposito di calcarenite e gli strati geologici sottostanti. L'andamento del profilo inferiore della calcarenite è confermato dalla sezione della tomba n. 43, ricavata nel sottostante fronte 202.

piuttosto lineare e non sembra dunque mostrare tracce evidenti di estrazione o anomalie riconducibili alla presenza di sepolture.

**Il profilo 5** (tav. 2) è stato tracciato lungo una direttrice che non mostra sul terreno tracce di cava. Queste sembrano rintracciabili nella tomografia restituita dal profilo, nella zona a valle del geofono 14, e sembrano indicare un unico lotto di estrazione che si estende ancora a valle, oltre i limiti della sezione sismica, con un probabile punto di affioramento tra i geofoni 6 e 7, leggermente interrato. A monte del geofono 14 la tomografia è stata influenzata dalla presenza delle tombe 34 e 32. La calcarenite in quest'area ha uno spessore molto ridotto (ca. 30-40 cm, rilevati nella volta della contigua tomba 31, sfondata dai tombaroli) e dunque la fascia di velocità sismica 600-800 m/sec restituita dal profilo non è associabile, in questo caso, allo strato di Panchina.

È ipotetica, infine, la presenza di un'altra sepoltura, in corrispondenza dell'anomalia evidente tra i geofoni 1-3, che potrebbero averne intercettato il *dromos*.

**Il profilo 4** (tav. 2) ha delineato con nettezza il lotto di cava delimitato a monte dal fronte di taglio 202 e a valle dalla parete 11. Tra i geofoni 9 e 10 sembra segnalato un affioramento della roccia, non visibile sul terreno e probabilmente coperto da uno strato ridotto di suolo.

<sup>1</sup> Pallecchi, in questo volume.

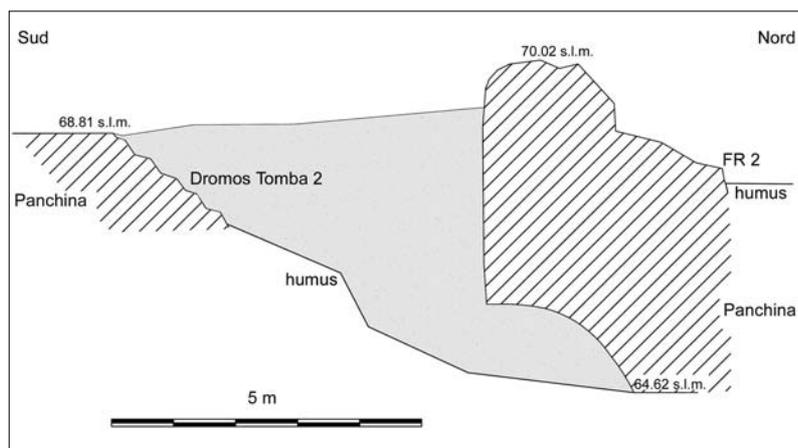


Fig. 4 - Sezione della tomba 2, una delle rare sepolture, tra quelle documentabili, che ha la camera, almeno parzialmente, tagliata nella calcarenite.

Nella zona orientale è visibile dalla tomografia una ulteriore area di estrazione, poco percepibile in superficie, che si prolunga verso valle, oltre il limite del profilo.

La zona a monte del fronte 202, pare interessata ulteriormente da operazioni di estrazione, non rilevabili sul terreno in corrispondenza del tracciato seguito dal profilo 4, ma documentate immediatamente a sud, intorno alle tombe 38 e 41 (fig. 1). Tuttavia, il profilo sismico in questa zona è nettamente influenzato dalla presenza di numerose sepolture, che si sono addensate intorno e al di sopra del costone roccioso (tombe 36, 37, 72 e 29).

È infatti evidente l'anomalia relativa alla camera della tomba 44<sup>2</sup>, tagliata sul fronte 202. Ancora a monte, tra i geofoni 19-21, il profilo è influenzato dalla presenza delle due tombe contigue 36 e 37, le cui camere, attualmente non agibili, sono con tutta probabilità separate da una parete di spessore limitato. Infine, una sepoltura è probabilmente da rintracciare al di sotto dei geofoni 5-7, indiziata da una zona a velocità sismica media, che ha influenzato nettamente anche i valori sottostanti.

**Il profilo 2** (tav. 3) è stato tracciato lungo una direttrice interessata solo nella parte sommitale da emergenze note. Anche in questo caso risulta netta la superficie dei piani di coltivazione e dei piccoli fronti di taglio delimitati a monte dal 202. Il gradone rilevato fra i geofoni 10 e 11 corrisponde con tutta probabilità all'estensione verso nord del fronte di taglio 102, leggermente interrato e dunque non visibile in superficie. L'anomalia caratterizzata da alta velocità sismica (fino a 1800), registrata a valle del geofono 13 potrebbe corrispondere ancora alla presenza del corpo calcarenitico inferiore a compattezza elevata, che sem-

bra caratterizzare la zona sud-orientale dell'area (cfr. profilo 3).

A monte del fronte 202 le tracce di cava, associabili a estrazioni di piccola entità, sono poco percepibili nella tomografia restituita dal profilo, probabilmente a causa della presenza di sepolture (tombe 41 e 38). La presenza di un'altra tomba potrebbe essere indiziata dalla concavità evidenziata tra i geofoni 15 e 17, anomalia che risulta non del tutto perspicua e che potrebbe derivare anche da un approfondimento della cava, condotto fino ad esaurimento dello strato di calcarenite.

**Il profilo 6** (tav. 3) ha delineato i due lotti di cava delimitati a monte dai fronti già emergenti 102 e 202, dove la cava si è maggiormente approfondita, fino ad esaurire quasi del tutto la calcarenite, come documentato dalle quote dell'interfaccia inferiore del deposito calcarenitico, rilevate nel *dromos* della contigua tomba 47. L'estrazione pare aver interessato anche la zona sommitale, con limitate aree di coltivazione registrate tra i geofoni 20 e 21. Molto più ipotetica è la presenza di ulteriori tagli di cava tra i geofoni 22 e 24, dove l'area a bassissima velocità sismica potrebbe riferirsi piuttosto alla presenza di una sepoltura, forse identificabile con la tomba 16, riportata in planimetria (fig. 1). In questa zona il deposito di calcarenite è infatti molto sottile e la serie di tombe 14, 15, 16 sono scavate negli strati alterati di Macigno.

Una sepoltura sembra registrata con evidenza in corrispondenza del fronte 102, in correlazione con una zona a bassa velocità sismica, molto allungata (20 m), che in via ipotetica potrebbe aver intercettato più sepolture.

**Il profilo 1** (tav. 3) è stato tracciato lungo una direttrice che attraversa i fronti di taglio 3, del lotto di cava più a valle, 5-100 del gradone intermedio e 201 del fronte sommitale. Lo spessore residuo di calcarenite, ben delineato dalla tomografia, trova corrispondenza con le quote dell'interfaccia inferiore del deposito (contrassegnate in sovrapposizione all'immagine da pallini neri), rilevate nella zona del fronte 201 nelle tombe 7 e 75, e nel settore a valle nelle tombe 2 e 1 (fig. 4).

Il fronte 3 sembra appartenere ad un lotto di cava ampio che, con un sottostante fronte di taglio piuttosto pronunciato (visibile al di sotto del geofono 4), ha inciso in profondità il deposito calcarenitico, in questa zona

<sup>2</sup> Le camere delle due tombe parallele 43 e 44 sono separate da una sottile parete divisoria formata da Macigno alterato, in buona parte crollata per fenomeni naturali o demolita dall'azione dei tombaroli. Le camere risultano al momento comunicanti e un ulteriore

sfondamento si è creato tra la parete di fondo della tomba 43 e il *dromos* della tomba 72, tagliato in direzione nord-sud. L'ampia anomalia a bassissima velocità sismica registrata dal profilo è con tutta probabilità influenzata dall'ampio volume di vuoto sottostante.

evidentemente consistente (cfr. profilo 3). Nell'emergenza rocciosa, parzialmente risparmiata dalla cava e interessata dalla tomba 2, è stato possibile rilevare lo spessore del deposito di calcarenite, valutabile in almeno 5.60 m, misura calcolata in base alla quota dell'interfaccia inferiore del deposito, visibile nella camera della tomba 2, e la quota di conservazione maggiore della superficie, rilevata poco oltre la testata dell'ingresso della stessa sepoltura (fig. 4).

L'area di cava a monte è stata meglio delineata dalla tomografia, che pare confermare la presenza di due lotti di coltivazione su gradoni digradanti, intervallati dal fronte 100. Questo, in corrispondenza del profilo, è coperto da uno strato ridotto di suolo, che ne impedisce la visibilità. La sua prosecuzione verso nord sembra confermare quanto già ipotizzato riguardo alla possibilità di definire in questa zona un lotto di cava ben circoscritto e delimitato a monte dal fronte 100, lateralmente dalle emergenze 6 e 1 e a valle dalla parete 5.

L'anomalia compresa tra i geofoni 5 e 11, caratterizzata da velocità sismiche molto elevate, deriva con tutta probabilità dalla presenza del più profondo deposito calcarenitico, maggiormente compatto<sup>3</sup>, osservato nelle tombe 1 e 3 poste immediatamente a valle.

Il profilo ha intercettato anche una serie di sepolture, solo in parte già note. Sul fronte 201, la tomografia ha evidenziato zone a bassa velocità corrispondenti alle tombe 7, di cui in sovrapposizione all'immagine è stata riportata la sezione grafica, e 75, interessata da una fossa scavata dai tombaroli, in buona parte ora ricolma. Due ulteriori sepolture giacciono sul fronte 100 e, probabilmente, immediatamente a monte della parete 5. In quest'ultimo caso il profilo sembrerebbe interessare la camera funeraria di una tomba scavata verosimilmente in direzione nord-sud, sfruttando forse un gradone laterale del lotto di cava.

**Il profilo 7** (tav. 4) è il più meridionale della serie concepita con andamento ovest-est ed è stato tracciato in un'area che in superficie presenta un solo fronte di taglio nella parte più bassa (FR 9). La tomografia, integrata dalla sezione del fronte di taglio 9, solo parzialmente emergente, ha permesso di delimitare il lotto di cava immediatamente a valle, che presenta una lunghezza di circa 13.70 m ca., con un interro massimo di ca. 2.50 m, rispetto all'attuale piano di campagna.

Altri due fronti di taglio sembrano percepibili nella zona compresa tra i geofoni 13 e 19, che paiono segnalare una prosecuzione nello sfruttamento dell'affioramento a sud dei bacini già noti e delimitati dai fronti 100-6-5 e 200.

Nel profilo 7 la presenza di una più che probabile tomba è segnalata al di sotto del fronte di taglio 9. L'ingresso non è attualmente visibile, ma la sepoltura è stata con tutta probabilità raggiunta dai clandestini, che hanno praticato lungo il fronte 9 una fossa, in buona parte ora ricolma di detriti e suolo. Un'altra sepoltura è forse identificabile nell'area caratterizzata ancora da bassa velocità, registrata al di sotto dei geofoni 2-3; meno perspicua è invece un'anomalia consimile, evidente al di sotto dei geofoni 10-12, che potrebbe derivare, in via ipotetica dalla presenza di una camera funeraria di una tomba tagliata in direzione nord-sud.

I due ultimi profili 9 e 3 sono stati tracciati in direzione trasversale rispetto ai precedenti, e si estendono a nord e a sud, oltre i limiti visibili in superficie dell'area di cava.

**Il profilo 9** (tav. 4) pare indicare modesti interventi di estrazione a nord del fronte di taglio 17 e coltivazioni più importanti nel settore a valle, con un fronte di taglio più incisivo tra i geofoni 9 e 10. L'area di cava delimitata a monte dal fronte 17 sembra terminare in corrispondenza dell'affioramento registrato tra i geofoni 22 e 23, visibile anche nel profilo 4, nel punto di intersezione con il 9.

Per quanto riguarda la necropoli, la presenza di una tomba potrebbe essere indiziata sotto il fronte più importante compreso tra i geofoni 8 e 10.

**Il profilo 3** (tav. 4) mostra fra i sensori 1 e 11 due lotti di estrazione, apparentemente separati da un corpo emergente di calcarenite, con copertura ridotta di suolo, che corrisponde in planimetria ad un prolungamento del fronte 10 (fig. 1). Un lotto di cava particolarmente incisivo è il secondo, delimitato a ovest dal fronte 1 e a sud dal fronte 2, che nel piano di estrazione più profondo ha una copertura detritica di circa 3 m, rispetto all'attuale piano di campagna e risulta più basso di 2 m (65.60 s.l.m.) in relazione alla quota minima del fronte 1 (67.60 s.l.m.).

Ben evidente è l'emergenza del corpo calcarenitico tra i geofoni 11-14, che separa nettamente il lotto di cava a nord (fronti 1-2) e quello più basso, a sud-est, delimitato a monte dal fronte 3, poco incisivo nel settore iniziale, ma più profondo nella parte orientale (cfr. profili 1 e 7). In questa zona la superficie del piano di coltivazione evidenziata dalla tomografia, al di sotto della copertura detritica, ha trovato un riscontro puntuale nelle quote rilevate a fine scavo, nel saggio 8 (punto contrassegnato da un pallino rosso<sup>4</sup>). In sovrapposizione alla tomografia sono state riportate anche le quote dell'interfaccia inferiore del deposito calcarenitico, rilevate all'interno della camera della tomba 2 e all'ingresso della

<sup>3</sup> Pallecchi, in questo volume.

<sup>4</sup> Cfr. Baratti, Coccoluto, in questo volume.

tombe 1 e 3 (pallino nero), dislocate immediatamente ad ovest del profilo. Il confronto con le misure rilevate, pur nella differente natura dei due dati, evidenzia l'anomalo valore sismico restituito dal corpo calcarenitico emergente, che in questo caso porta ad associare alla calcarenite velocità molto elevate.

Il profilo ha inoltre intercettato il *dromos* della tomba

70 (cfr. fig. 1), attualmente quasi del tutto interrato, e ne ha evidenziato la camera funeraria, scavata probabilmente nel banco di calcarenite compatta, presente al di sotto dello strato di Panchina coltivata. Il passaggio tra i due strati di calcarenite è stato osservato all'interno delle camere delle tombe 2 e 1, poste immediatamente ad ovest del profilo.