





Dipartimento di Scienze

Giovedì 6 marzo 2025 ore 10:30 – 12:30

Il Seminario si terrà on-line su piattaforma Teams

#### LA GEOLOGIA NEL MONDO DEL LAVORO

A PIERLUIGI FRIELLO: UN GEOLOGO PROFESSIONISTA, UN AMICO

SEMINARI DI ORIENTAMENTO PER GLI STUDENTI ISCRITTI ALLA LAUREA TRIENNALE IN SCIENZE GEOLOGICHE E ALLE
LAUREE MAGISTRALI NEL SETTORE UTILI PER LA PREPARAZIONE AGLI ESAMI DI STATO E PER L'AGGIORNAMENTO
PROFESSIONALE CONTINUO DEI GEOLOGI PROFESSIONISTI

# LE SCIENZE DELLA TERRA PER I BENI CULTURALI

SILVANO AGOSTINI

C.A.A.M. (Centro di Archeometria Archeomatica Microanalisi)
Università G. D'Annunzio Chieti-Pescara

#### **ISCRIZIONI**

La geoarcheologia, concorre alla definizione più ampia di Archaeometry, nella sua originaria definizione, del 1958, in una rivista edita dalla Oxford University. In particolare la geoarcheologia è la relazione tra le discipline proprie delle scienze della terra e l'archeologia I.s. che sono applicate dalle prospezioni archeologiche fino alle stratigrafie dei contesti di origine antropogenica, o più in generale a un territorio ed ai suoi siti archeologici. La geoarcheologia permette di comprendere la relazione tra i processi naturali e quelli antropici e la loro espressione, spesso ben conservata, nell'evoluzione diacronica del paesaggio. La diagnostica e l'archeometria s.s., hanno per finalità la conoscenza dei materiali, degli "artefatti" e dei monumenti che costituiscono i beni culturali. Studiano le tecniche di produzione, la conservazione e il loro restauro. Saranno illustrate le metodologie di studio e i protocolli di analisi applicati ai lapidei di interesse culturale, quali marmi e pietre policrome, alle ceramiche e alle malte, accennando all'analisi critica e statistica dei dati acquisiti. Si concluderà raccontando alcuni esempi di analisi di campo, in work in progress, molto particolari.







# Le Scienze della Terra per i Beni Culturali

Silvano Agostini

CAAM UdA già MIC - Servizio Geologico e Paleontologico SABAP Abruzzo

6 marzo 2025



# Studio geoarcheologico di un territorio

- > caratterizzazione geolitologica e fisiografica geomorfologica (UGF \*) del territorio di interesse;
- > individuazione delle aree da investigare sulla base della interpretazione delle immagini telerilevate;
- > strategia della fase di ricognizione archeologica s.s.
- > scelta dei metodi di prospezione geofisica da impiegare;
- > elaborazione ed interpretazione di tutti i dati acquisiti;
- > saggi di scavo
- > taratura dei dati prerilevati

<sup>\*</sup> defizione di unità e sottounità geomorfologica fondamentale (UGF)

La geoarcheologia è un processo di indagine che si serve dell'ausilio di metodi geologici quali la stratigrafia e la geomorfologia, abbinate anche a tecniche proprie della pedologia.

L'approccio "geoarcheologico" è di tipo ambientale, ossia cerca di situare il sito archeologico o un insieme di siti archeologici in un contesto più ampio: il territorio in cui è/sono inseriti.

La geoarcheologia si pone come obiettivo di ricostruire la storia culturale del sito, la sua dinamica ed evoluzione (nella definizione di cultura di C. Lorenz); definisce la capacità di utilizzo ed i modi, delle risorse che il territorio offriva.

La geoarcheologia integra gli studi archeometrici dei reperti rinvenuti in uno o più siti.

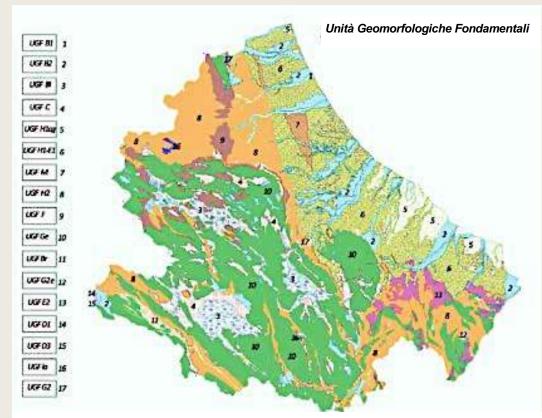
Geoarchaeology is the application of concepts and methods of the earth sciences (especially geology, geomorphology, hydrology, sedimentology, pedology, and exploration geophysics) to archaeological problems.

It provides evidence for the development, preservation, and destruction of archaeological sites, and for regional-scale environmental change and the evolution of the physical landscape, including the impact of human groups.

Archaeometry, the study of archaeological and art history materials using the techniques of the physical and biological sciences, including radiometric dating and the chemical and isotopic analysis of artefacts.

Con Unità Geomorfologiche Fondamentali "U.G.F." si intendono gruppi litologici omogenei per natura, permeabilità, erodibilità, processi geomorfici (forme del paesaggio) e coperture di suoli tipo (ad esempio i suoli bruni, le terre rosse o i suoli redziniformi dell'UGF G. Ovverosia con le U.G.F. sono contraddistinti contesti geoambientali caratterizzati, ciascuno, da specifici aspetti geomorfologici. I caratteri chimici e fisici dei suoli, inoltre, possono far suddividere in sotto unità ad esempio G1c (piane carsiche), G1s (versanti) o G1a (zona sommitale) un'area. Queste sotto unità posso evidenziare un remoto uso agricolo del terreno (contenuto di fosforo e o di potassio) o altri aspetti utili per lo studio geoarcheologico di un'area. Le alluvioni UGF B e i detriti di età recente UGF C, come pure i sedimenti di suoli (detriti di suoli erosi) e colluvi in quest'ultima unità, testimoniano gli effetti di variazioni climatiche nell'Olocene e relativi processi idrogeomorfologici naturali o altresì anche l'impatto antropico sui versanti (disboscamento etc.) che può o ha potuto determinare o amplificare i suddetti processi. Le informazioni forniteci, dalla vegetazione (anche residua) o dalle piante definite "infestanti", completano le ricostruzioni per l'evoluzione del territorio e il suo uso da parte dell'uomo nel tempo (Agostini e Rossi 1989).

Agostini e Rossi 1989 - Le caratteristiche geomorfologiche del territorio pp. 55-59, in Amplero: archeologia e storia di un centro italico-romano. 20 anni di ricerche. Catalogo della mostra a cura di C. Letta e M. Paoletti.

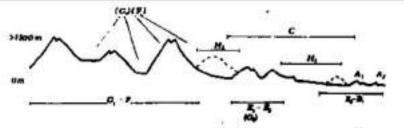


- (1) UGF B1 Unità alluvionali recenti (post piccola età glaciale) e attuali
- (2) UGF B2 Unità alluvionali del Pleistocene medio e superiore
- (3) UGF B3 Unità lacustri e alluvionali dei bacini interni del Pleistocene inferiore Olocene
- (4) UGF C Unità delle brecce e dei detriti di versante, delle conoidi, dei depositi morenici; di età compresa Pleistocene inferiore Olocene
- (5) UGF H1cg Conglomerati di transizione e di conoide del Pleistocene inferiore superiore
- (6) UGF H1-E1 Argille, limi e sabbie delle colline pedemontane e costiere; di età compresa tra il Pliocene inferiore e il Pleistocene superiore.
- (7) UGF M Marne e limi sabbiosi del "Vomano" del Pliocene inferiore
- (8) UGF H2 Torbiditi: arenarie, marne e limi in alternanze; di età compresa tra il

Miocene medio e superiore e il Pliocene inferiore

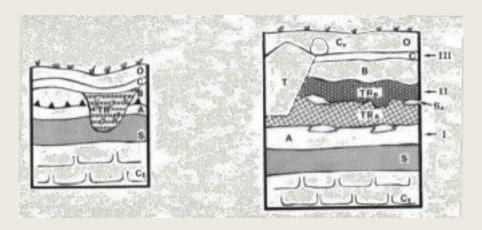
- (9) UGF F Marne e calcari marnosi di età compresa tra l'Eocene inferiore e il Miocene superiore
- (10) UGF Ge Calcari, calcari dolomitici, calcari marnosi, talvolta con selce; di età compresa tra il Trias inferiore e il Miocene medio
- (11) UGF Br Brecce in banchi "della Renga" del Miocene medio
- (12) UGF G2e Gessi, evaporiti e calcari marnosi fetidi del Bacino molisano "o alloctono molisano); di età Miocene superiore (Messiniano)
- (13) UGF E2 Calcari marnosi, marne e argille policrome del Bacino molisano "o alloctono molisano)
- (14) UGF D1 Depositi piroclastici (tufi, cineriti e brecce da base surge) dell'apparato vulcanico intrappenninico di Oricola
- (15) ÚGF D3 Depositi pyroclastic flows dell'apparato vulcanico intrappenninico di Oricola del Pleistocene medio
- (16) UGF la Lago di sbarramento per frana sismo indotta di Scanno Pleistocene medio
- (17) UGF G2 Lago artificiale di Campotosto già sede di depositi lacustri del Pleistocene inferiore e superiore





Transet ideale Appennino-Adriatico ed ubicazione delle principali U.G.F. (fuori scala)



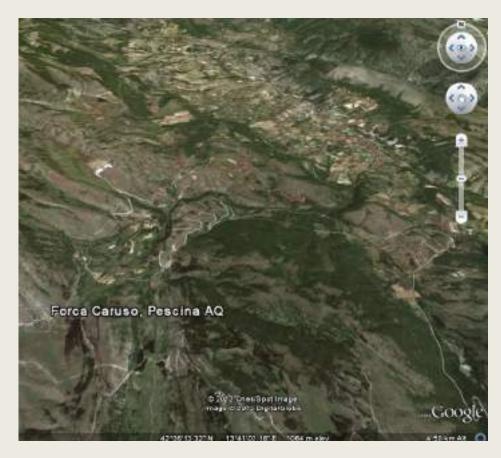


stratigrafia naturale stratigrafia "antropica

Neolitico, età del bronzo e del ferro, contesti di abitato e di necropoli, problemi relativi a fasi erosive e deposizionali del fiume Pescara, a fasi di deposizione dei *tufa carrbonate* (cambiamenti climatici).

concetto di paesaggio naturale – paesaggio disegnato – paesaggio costruito e loro rapporti nel tempo

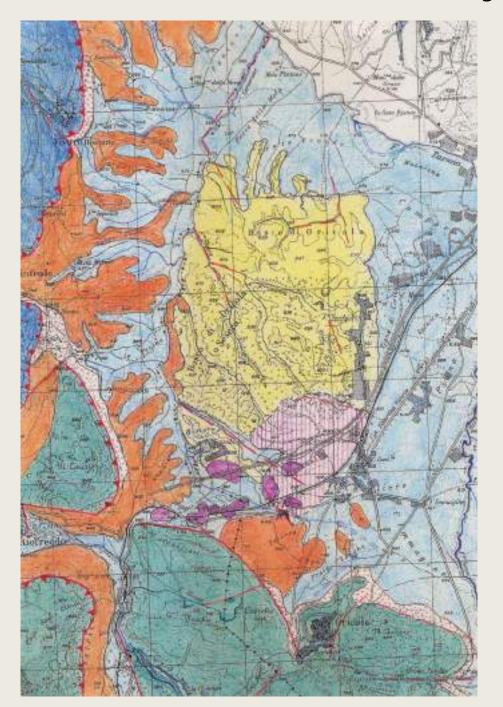
# Carta geomorfologica con elementi antropici



Forca Caruso Castelvecchio Subequo (AQ)

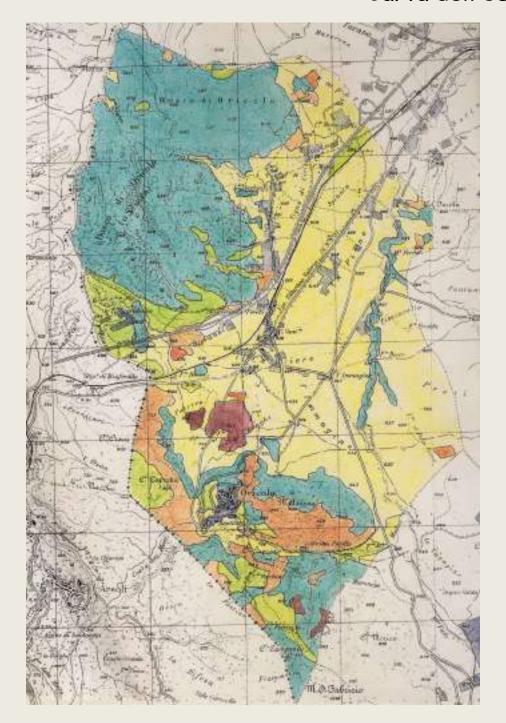


## Carta Geologica





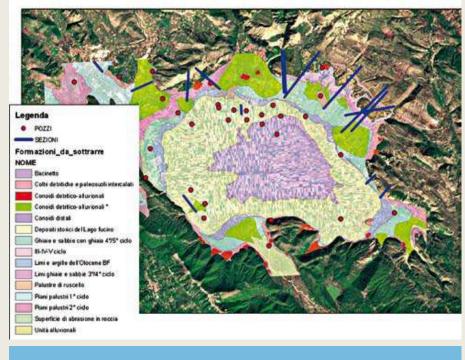
### Carta dell'Uso del Suolo

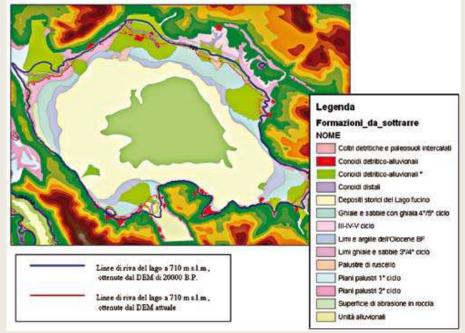




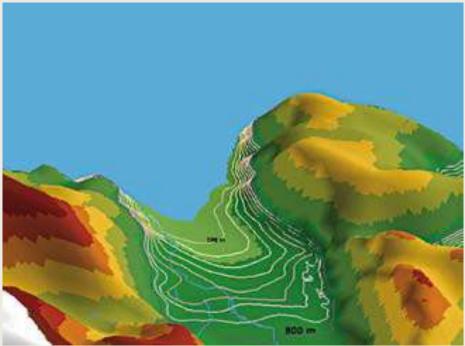
Uso del Suolo Visibilità

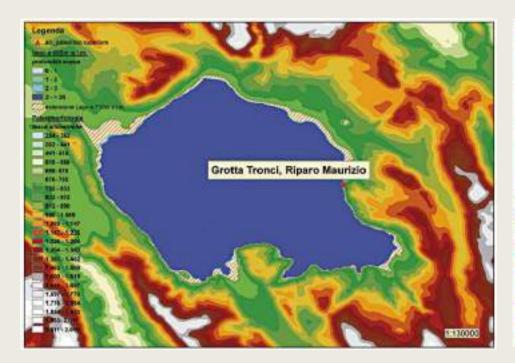
## Bacino del Fucino studio paleoambientale, ecologico e del popolamento: Paleolitico superiore

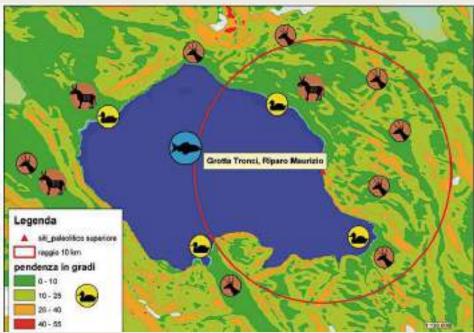


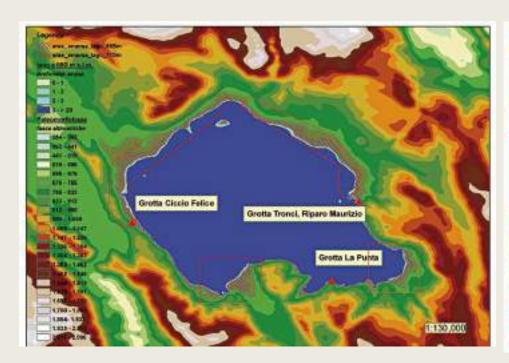


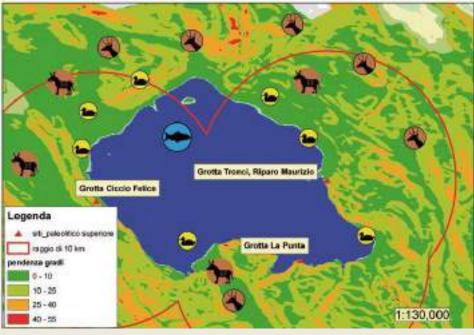




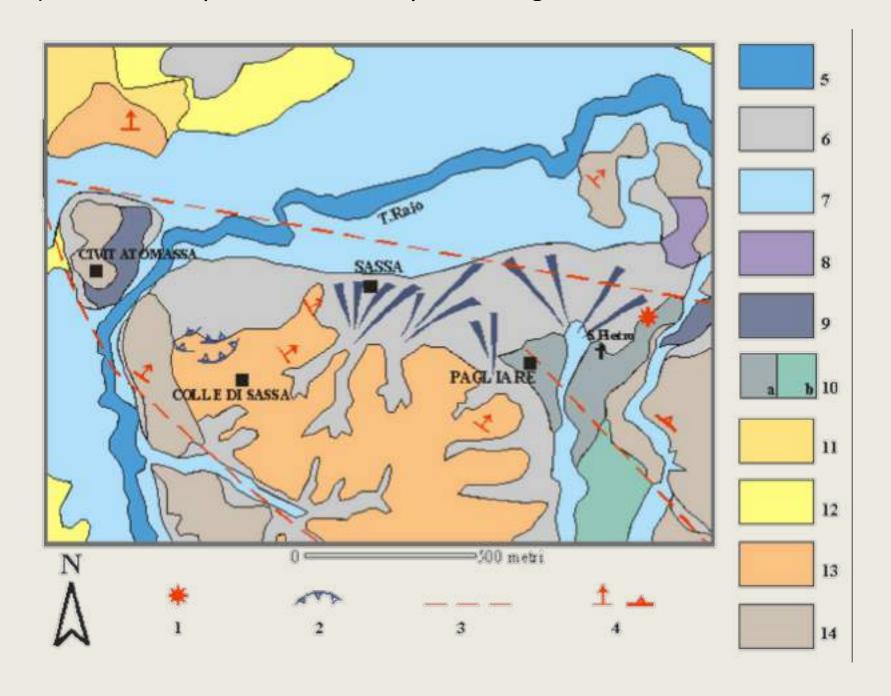


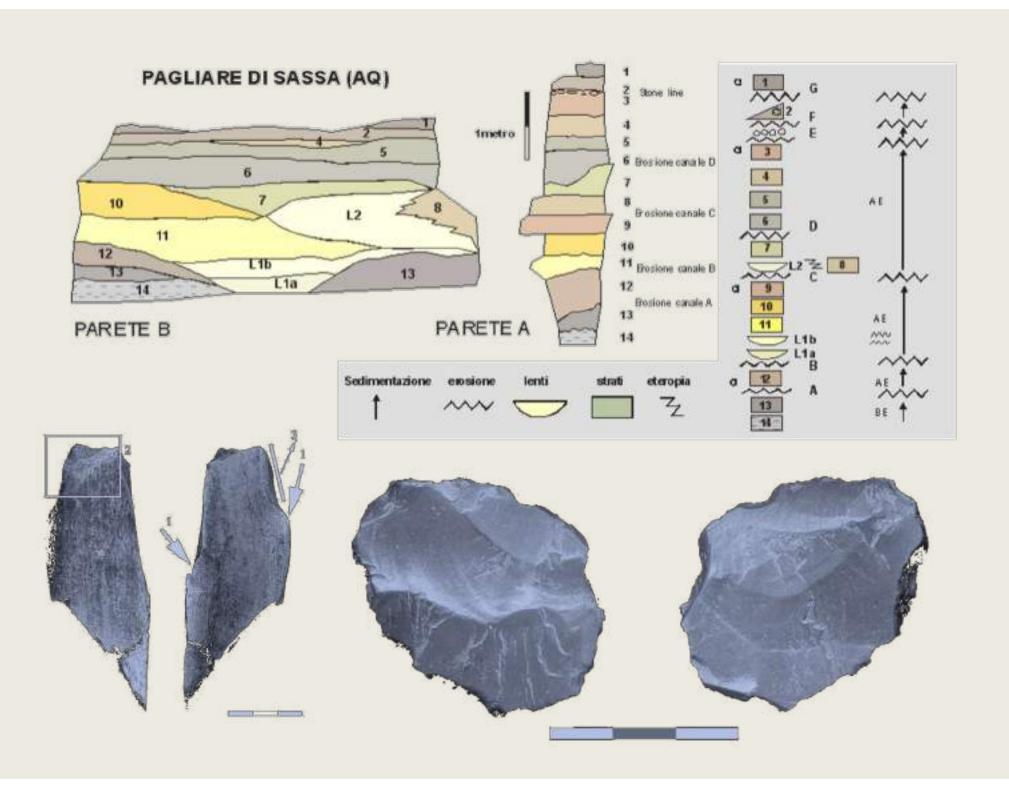


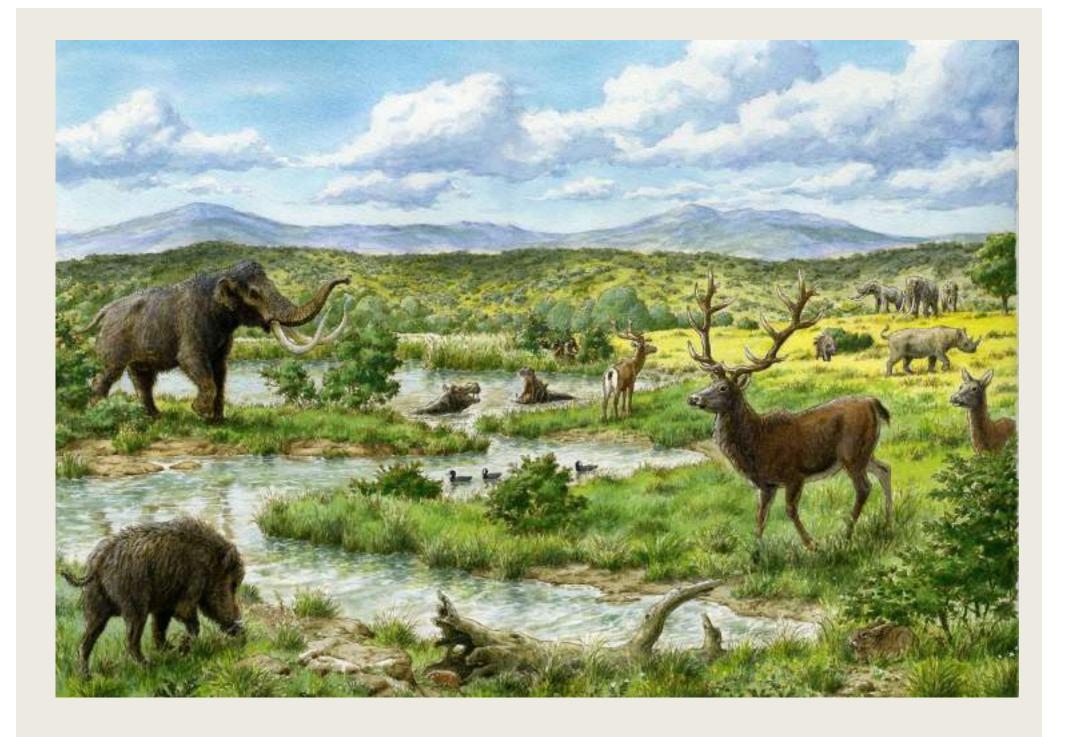




# Bacino aquilano studio paleoambientale, paleontologico e tafonomico: Paleolitico inf.

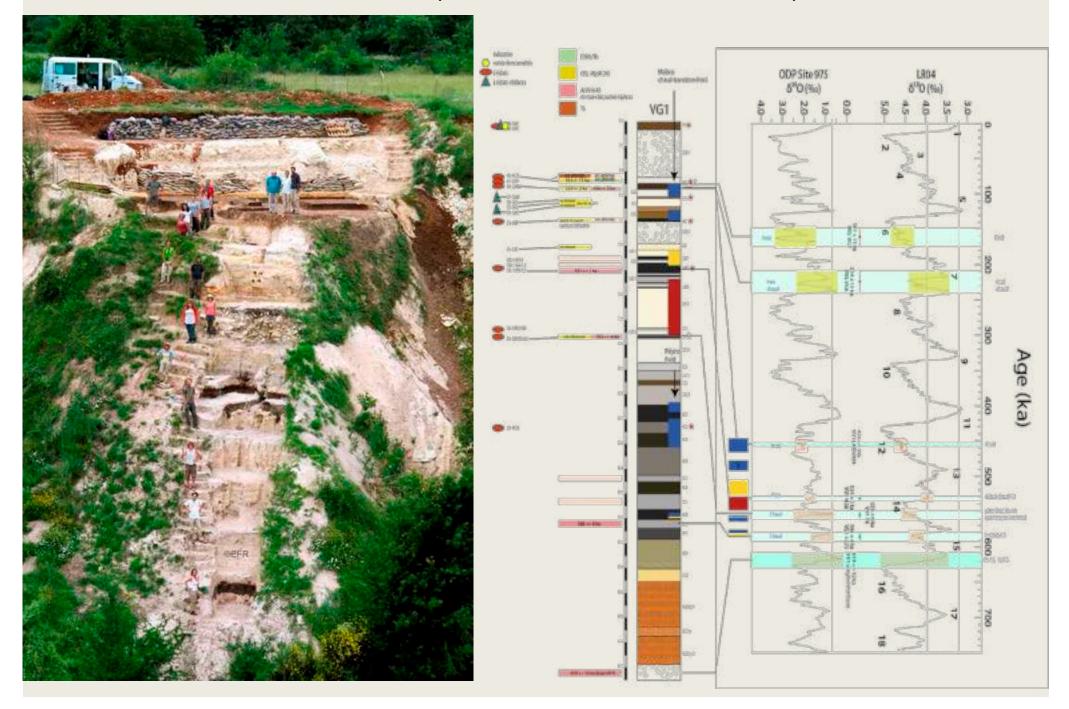




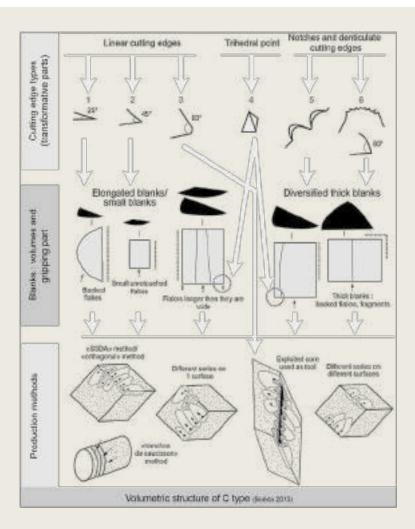




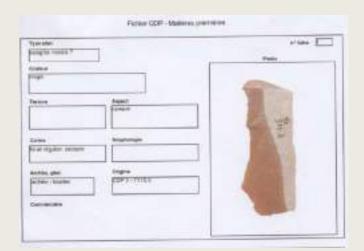
## Valle Giumentina studio geologico e paleoambientale: Paleolitico inferiore, paleolitico medio e Paleolitico superiore.



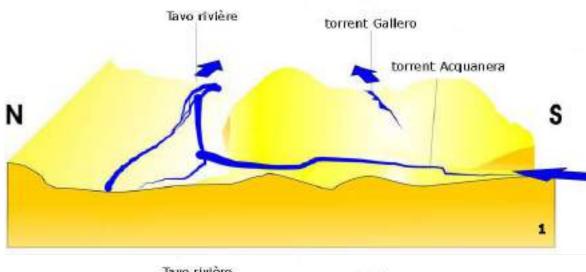


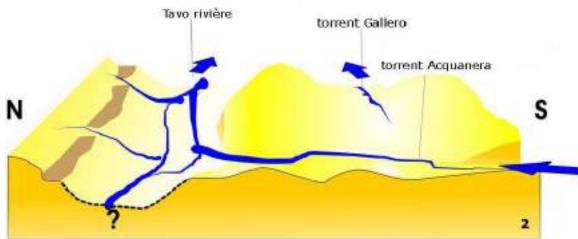


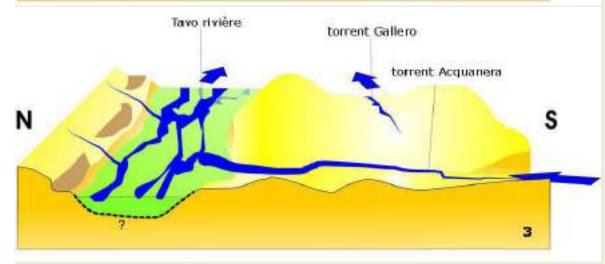




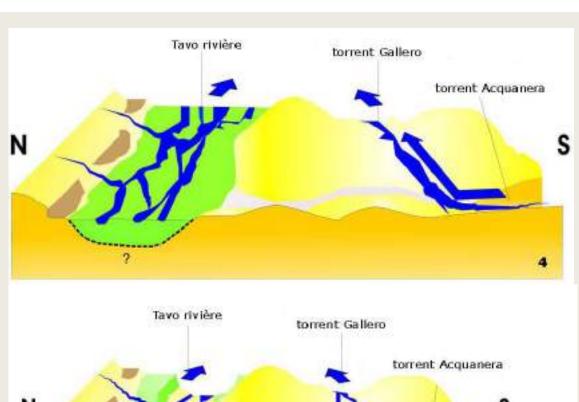


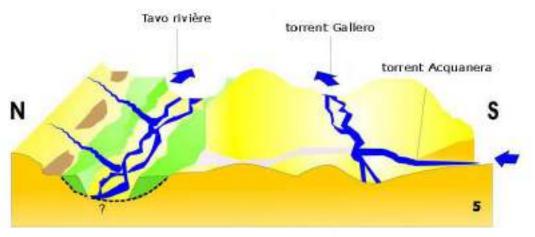


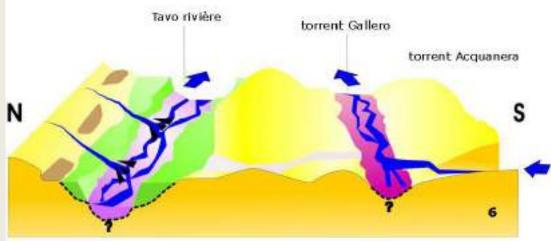




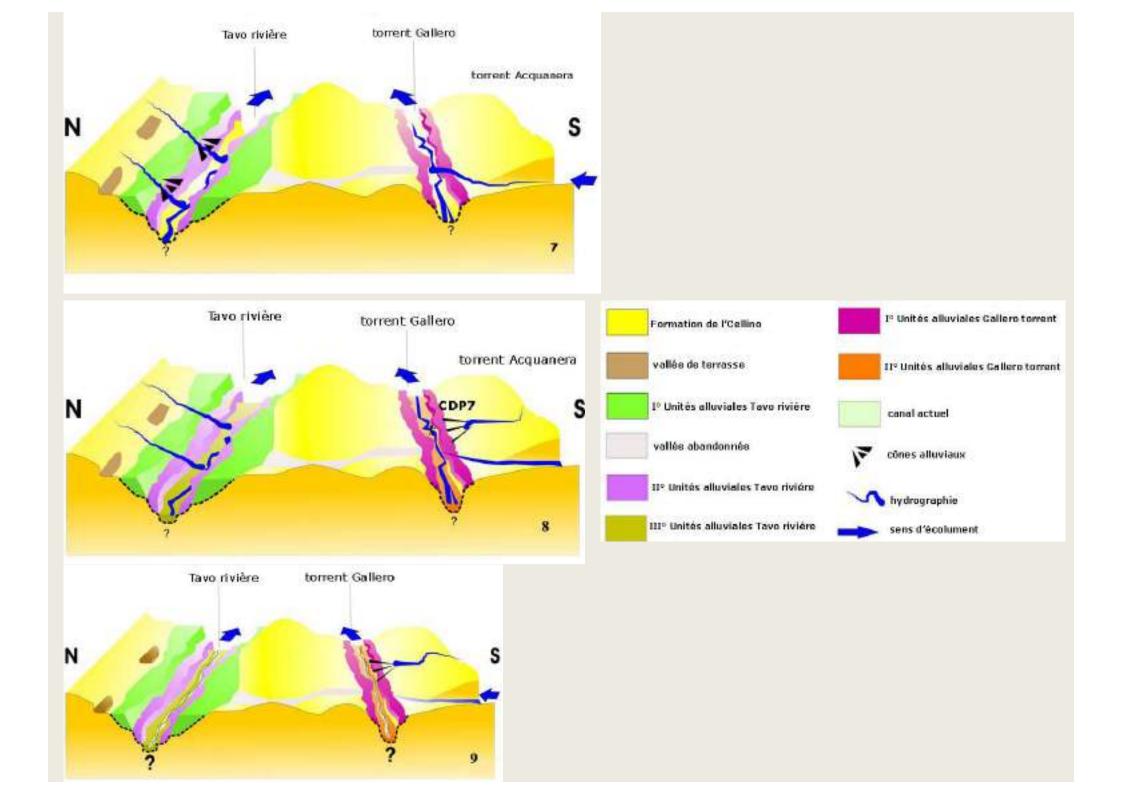




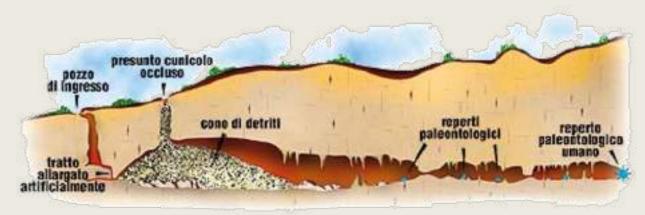








# Grotta dell'uomo di Altamura (BA) - Paleolitico medio Grotta dei Cervi di Porto Badisco Otranto (LE) - Neolitico Rilievi, geologia, morfologia, sedimentologia, tafonomia, archeometria.



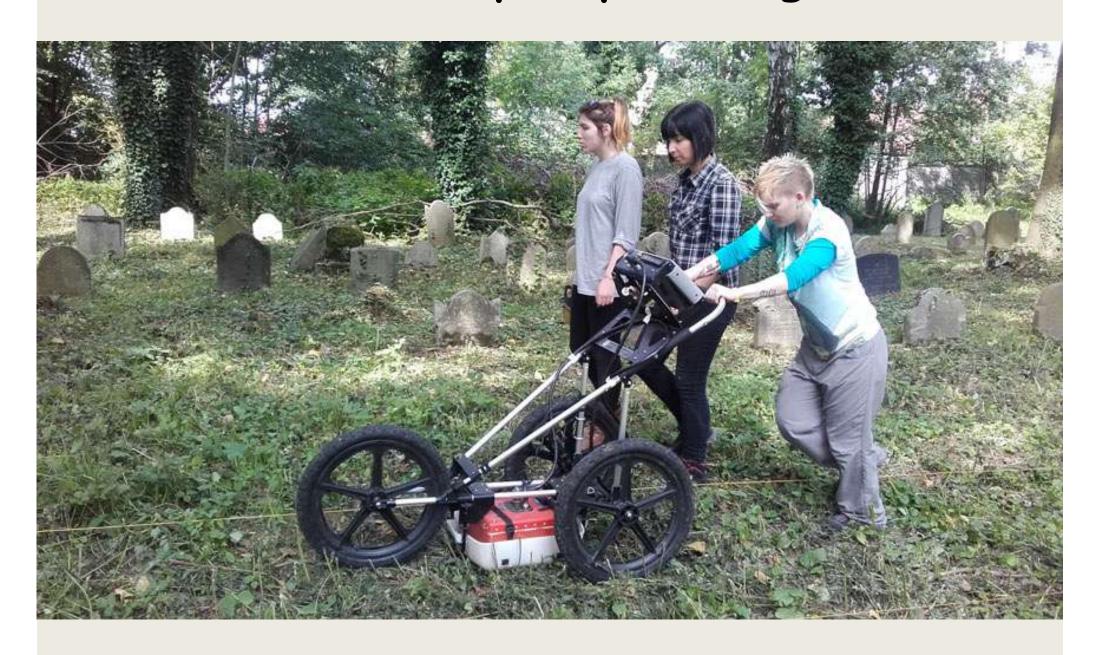




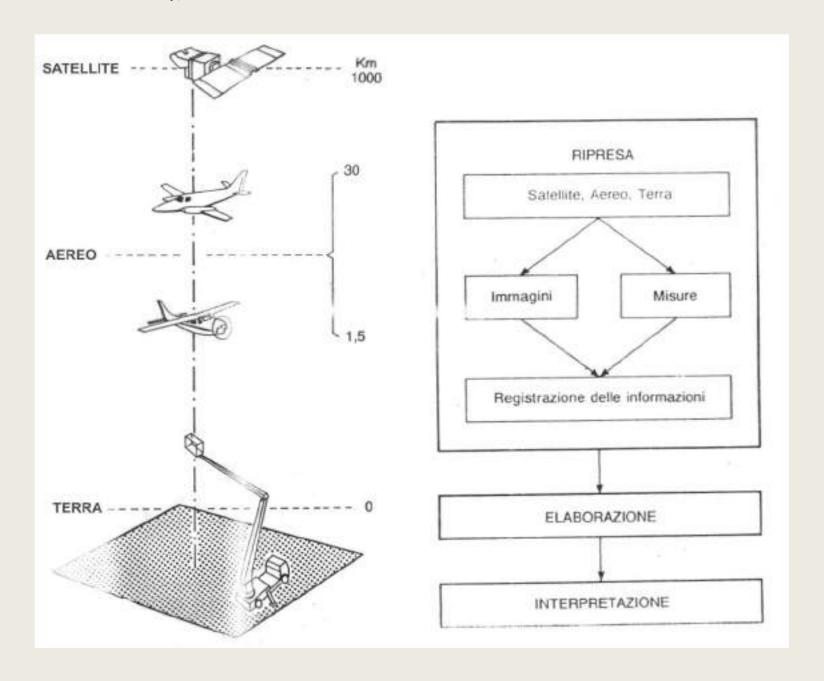




# Telerilevamento e prospezioni geofisiche



## Telerilevamento



### Telerilevamento con droni



≻rilievi fotogrammetrici di siti archeologici a bassa quota (dai 20 ai 150 metri);

De analisi di nuclei abitativi edificati per la lettura della viabilità antica ed i rapporti tra essa e l'edificato storico, per la migliore comprensione delle dinamiche evolutive del tessuto urbano e delle paleomorfologie

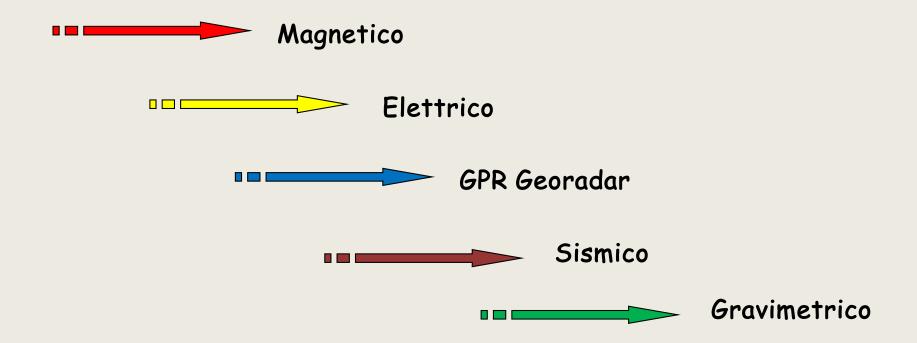
➤ispezioni e rilievi fotografici di dettaglio di strutture architettoniche in elevato come acquedotti antichi, palazzi storici, monumenti e tutte quelle tipologie di strutture in cui sia necessario analizzare le parti più alte o non raggiungibili senza l'ausilio di mezzi meccanici o ponteggi per le ispezioni ispezioni

>di strutture architettoniche in interni non accessibili direttamente o di dimensioni ridotte mediante l'utilizzo di "micro-droni"

>documentazione immediata delle varie fasi di scavo archeologico stratigrafico nella sua interezza per una mappatura e restituzione grafica (anche 3D) che permetta la "reversibilità" degli interventi di scavo mediante l'analisi delle diverse fasi stratigrafiche sovrapposte

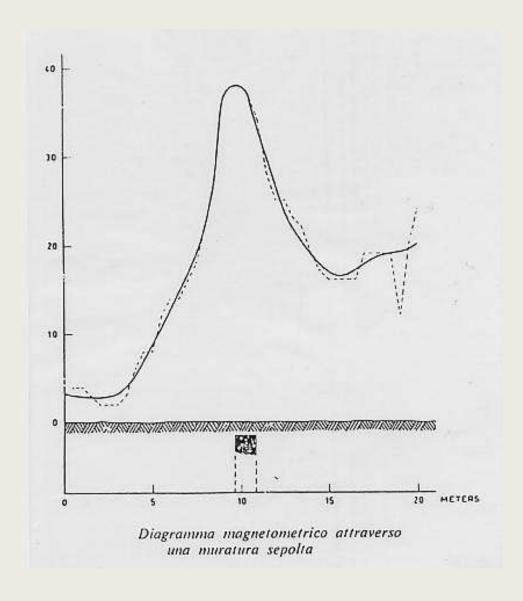
## Metodi geofisici di indagine del sottosuolo applicati alla geoarcheologia

Le prospezioni geofisiche consentono una ricognizione del sottosuolo di una determinata area mediante la misura, effettuata dalla superficie terrestre, delle variazioni di alcune grandezze fisiche. Dalle variazioni spaziali e temporali di queste grandezze si può ipotizzare la presenza di strutture sepolte.



La scelta del tipo di metodologia da impiegare dipende dalla costituzione geo litologica dei terreni nei quali risulta inserito l'elemento archeologico, dalle condizioni logistiche dell'area oggetto dell'intervento di prospezione, nonché dagli eventuali disturbi causati dalle infrastrutture dei centri abitati e industriali, dalle linee elettriche e ferroviarie.

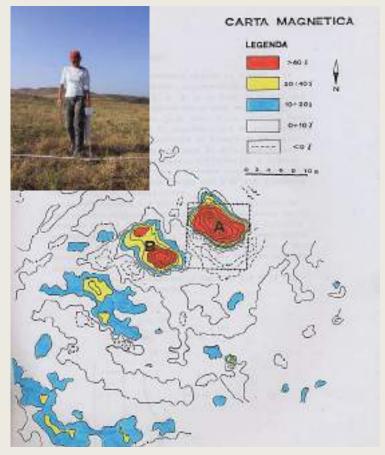
## Metodo Magnetico



L'applicazione del *metodo magnetico* in archeologia si basa sull'individuazione delle variazioni del campo magnetico terrestre causate dalla presenza di resti archeologici (murature, tombe, strade, fossati etc.) nel sottosuolo

Le strutture archeologiche e il terreno che le ingloba sono caratterizzati da proprietà magnetiche differenti tra loro (diversa suscettività magnetica)

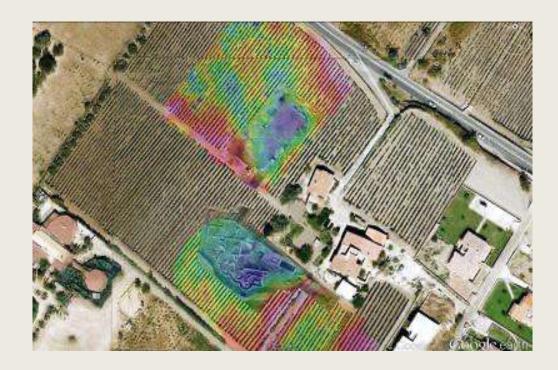
Per questo motivo, eseguendo delle misure del campo magnetico in un'area in cui sono presenti delle strutture sepolte, è possibile localizzare le strutture stesse sulla base delle *anomalie* cui esse danno luogo





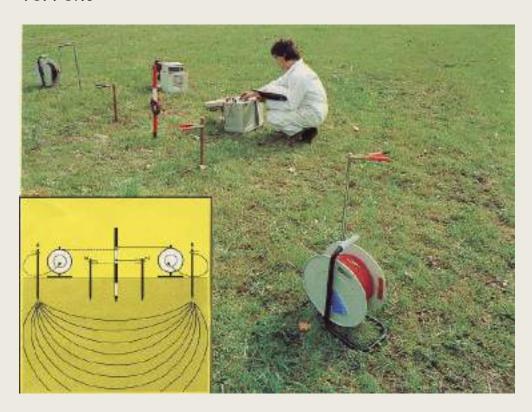
Sul campo il lavoro avviene con un'acquisizione dei dati eseguita, mediante uno strumento chiamato magnetometro, lungo profili paralleli che nel loro complesso costituiscono una maglia regolare che ricopre l'intera area da investigare

Prima di procedere con le misure è necessario impostare sul sito una griglia le cui dimensioni possono variare a seconda degli obiettivi e tempi della ricerca archeologica.



### Metodo Elettrico

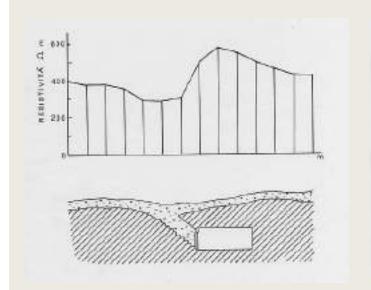
L'applicazione del metodo elettrico in archeologia si basa sul fatto che le strutture archeologiche possono essere caratterizzate da proprietà elettriche differenti da quelle del terreno che le ingloba. In particolare questo metodo sfrutta il contrasto di resistività che esiste tra strutture e terreno

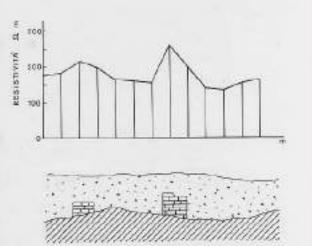


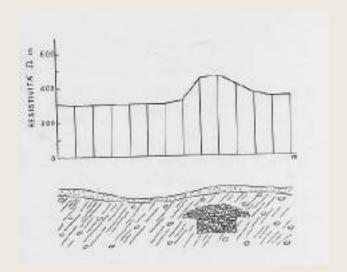
Il metodo consiste nell'inviare nel sottosuolo, tramite due elettrodi A e B detti di energizzazione, una corrente di intensità I nota. Tramite altri due elettrodi, M e N detti di potenziale, si misura la differenza di potenziale  $\Delta V$  provocata nel terreno dal passaggio della corrente

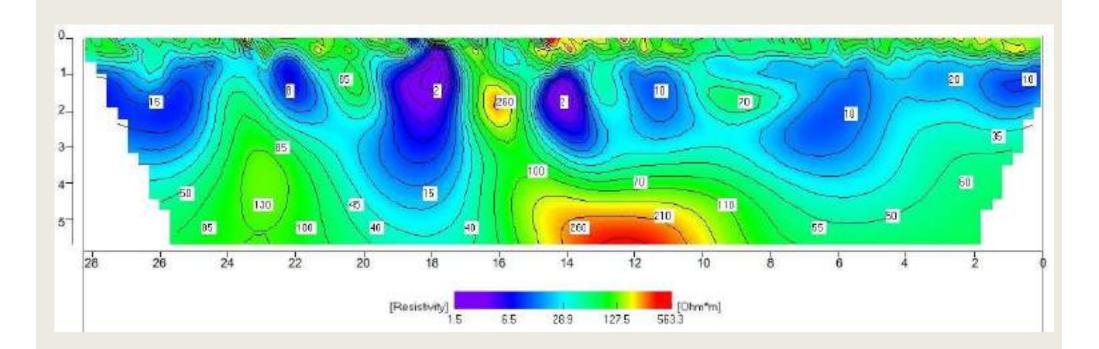
Dalla misura della differenza di potenziale  $\Delta V$  si ricava la *resistività* p, che è una proprietà intrinseca del conduttore, in questo caso il terreno che ingloba le eventuali strutture archeologiche

Il contrasto di resistività tra le strutture archeologiche e il terreno permette, attraverso l'esecuzione di misure su tutta l'area, di definire la loro geometria, volume (tomografia elettrica e slice) ed ipotizzare la tipologia delle strutture stesse

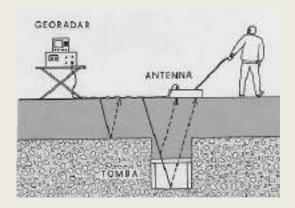








### GPR Georadar



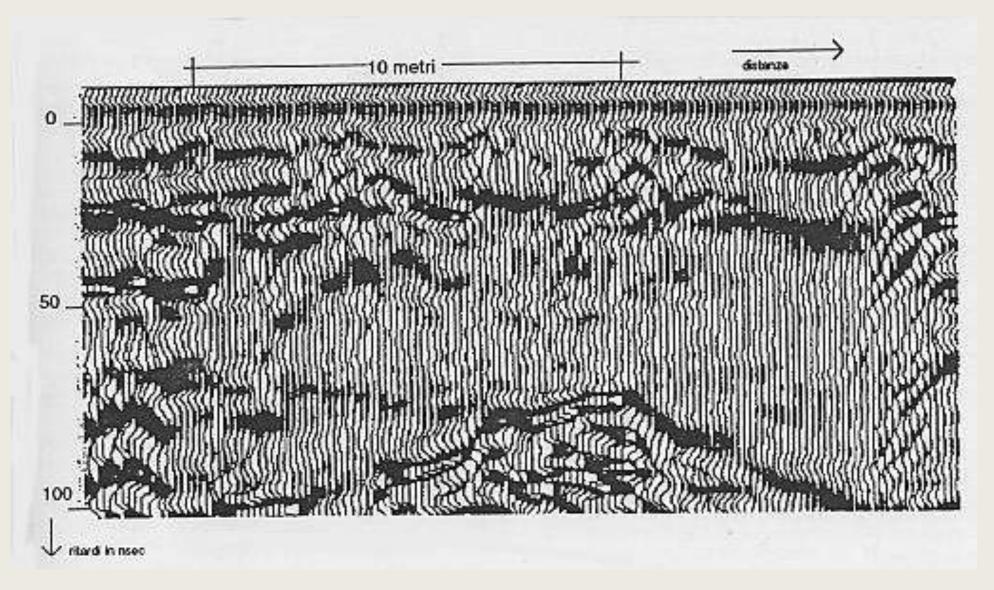
Il sistema trasmettitore-ricevitore viene spostato lungo la superficie da indagare e per ogni punto di questa viene ricavato un radargramma. Il range di esplorazione (profondità) è funzione del tempo di andata e ritorno programmato. I segnali possono essere continui lungo la linea di acquisizione oppure discontinui. Dal radargramma è possibile determinare la forma e il volume degli "oggetti" e conoscendo i valori di velocità di propagazione in ogni strato del segnale, anche la loro profondità assoluta e non relativa.



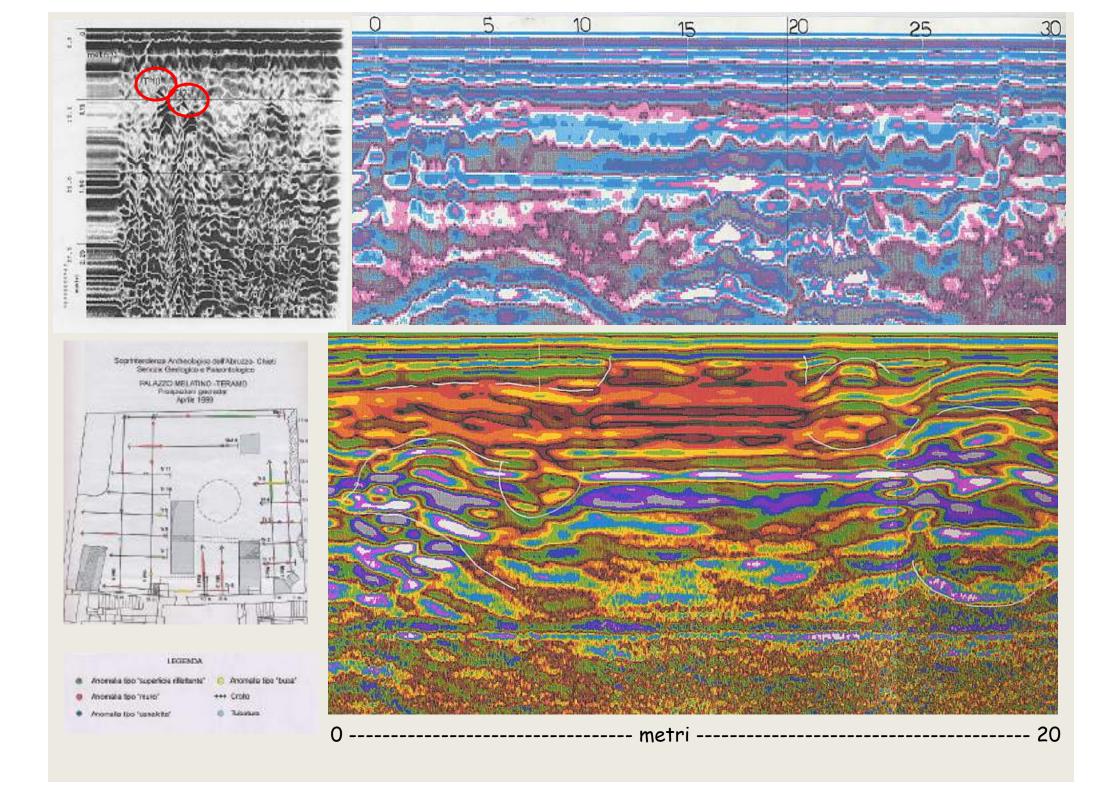


Anche il metodo Georadar (GPR Ground Penetrating Radar) si basa sull'ipotesi che le strutture archeologiche siano caratterizzate da proprietà elettriche - in questo caso la costante dielettrica - differenti da quelle del terreno che le ingloba. Il metodo consente, di rilevare la posizione di un oggetto sepolto misurando l'intervallo di tempo che un impulso elettromagnetico generato da un'antenna impiega per propagarsi nel terreno, raggiungere l'oggetto, venire riflesso da esso (la riflessione è causata dalla diversa costante dielettrica dell'oggetto rispetto a quella del terreno che lo ricopre) e tornare all'antenna con funzione ricevente.





Radargramma o sezione radar raffigurata attreverso le tracce elementari

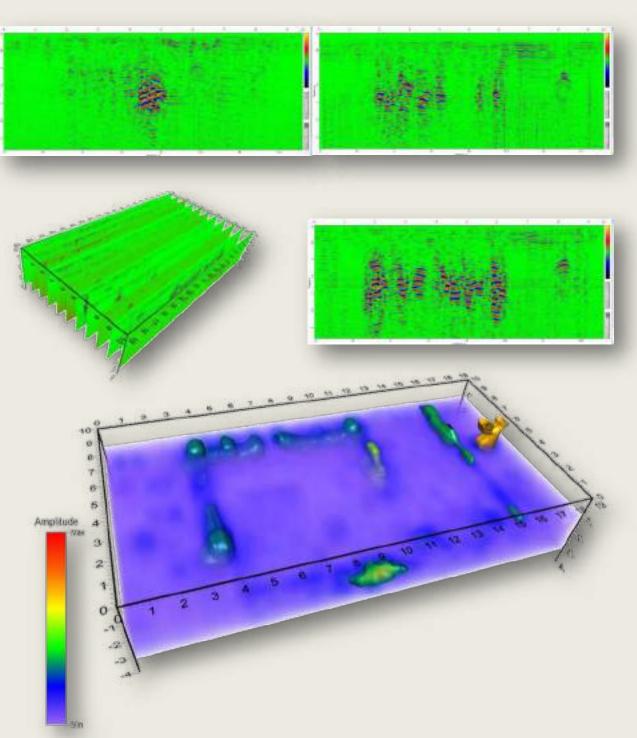


### GPR slice e 3D

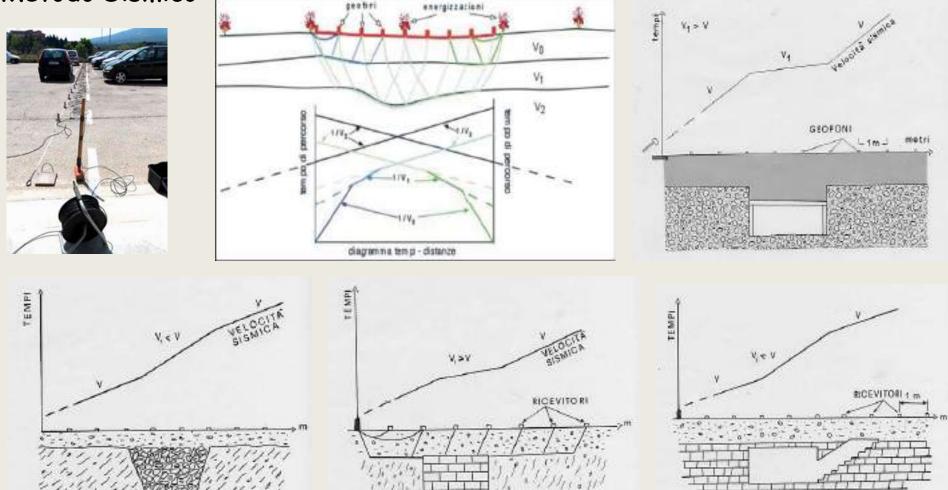


Scontrone (AQ): prospezioni geofisiche GPR per i Carabinieri del Nucleo Operativo Tutela Beni Culturali) nell'ambito di indagini della Magistratura

Radargrammi acquisiti con una antenna da 500 MHz, il range di profondità è stato posto a 80 ns: i risultati dopo l'elaborazione sono espressi in formato 3D



### Metodo Sismico



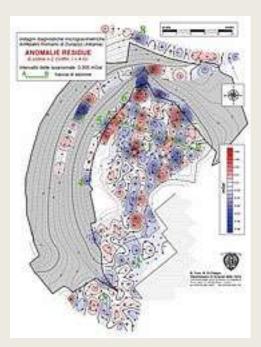
Il *metodo sismico*' effettua l'esplorazione del sottosuolo, attraverso lo studio delle propagazione delle onde elastiche generate sia mediante l'utilizzazione di masse battenti sia tramite esplosioni controllate. Oggi nel campo della ricerca archeologica il metodo sismico è utilizzato meno frequentemente rispetto agli altri metodi (magnetico, elettrico, georadar).

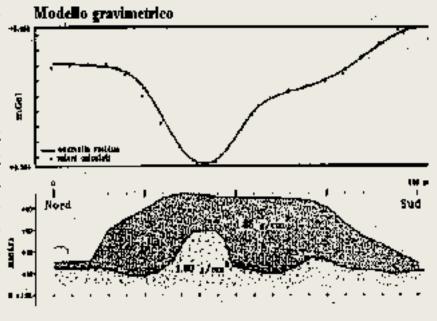
### Microgravimetria

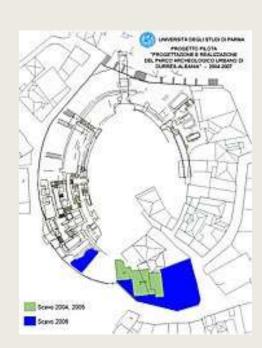
Nella prospezione micro gravimetrica sono misurate con estrema precisione dopo un rilievo topografico di dettaglio, le variazioni delle componenti verticali della gravità tra diversi punti del terreno, di norma disposti secondo una maglia regolare. In archeologia il metodo microgravimetrico trova la sua applicazione soprattuto nella ricerca di ambienti e cavità ipogee, o di corpi a forte contrasto di massa.

Interessanti risultati si sono ottenuti nei contesti urbani caratterizzati da una articolata e complessa stratificazione storica che nel tempo ha sepolto strutture e ambienti, o dove le aree risultano poco accessibili, o gli altri metodi riscontrano limiti di impiego.









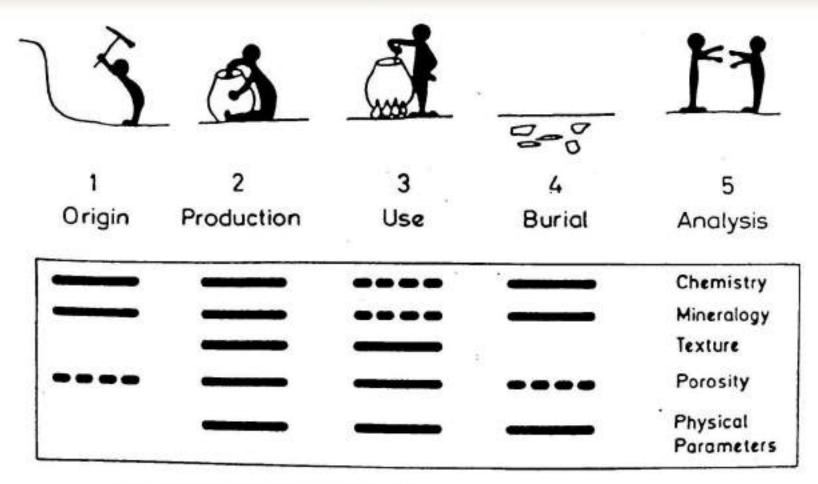
# Archeometria e Diagnostica

# Ceramica Statue Marmi e Pietre policrome



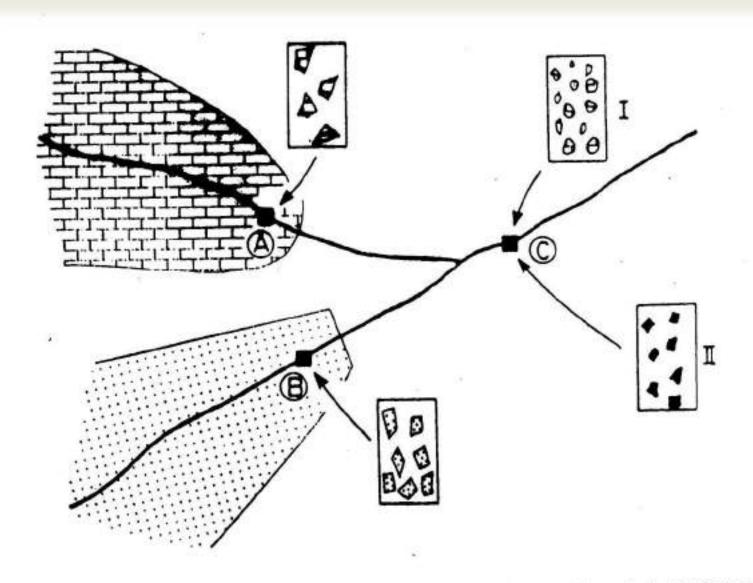




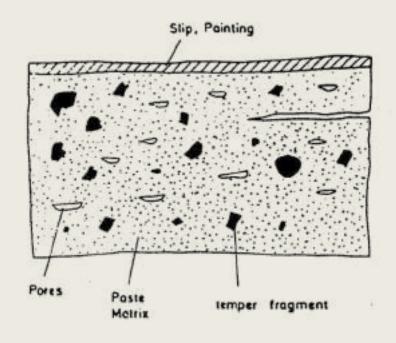


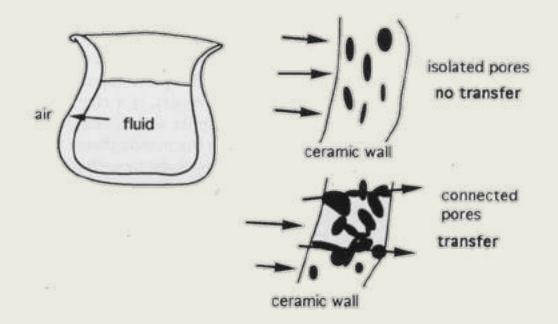
Life span of a sherd (MAGGETTI 1982).

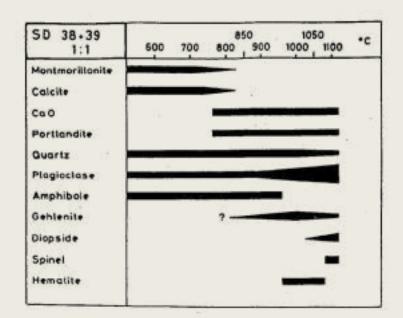
As shown in Fig. 2, the lifespan of a piece of pottery can be divided into five steps: 1) extraction of the clay from the pit; 2) manufacture of the object (processing, firing); 3) use, with

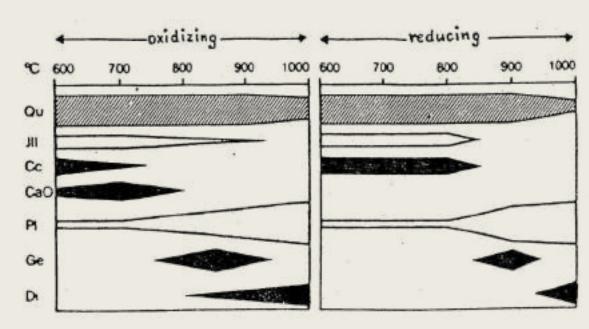


Principle of source localization of the temper fragments by petrographic analysis (MAGGETTI 1982).









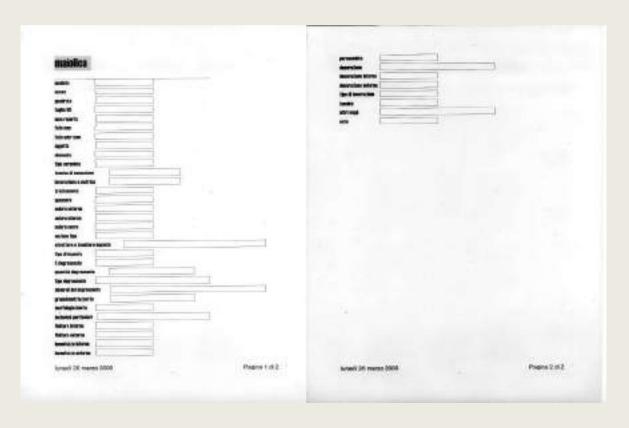
# Classificazione della ceramica

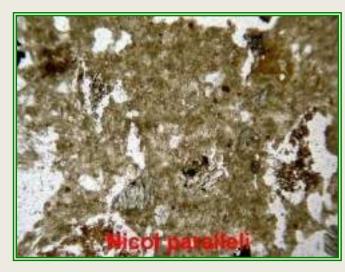
In base alla temperatura raggiunta nella cottura, si possono classificare i prodotti ceramici in:

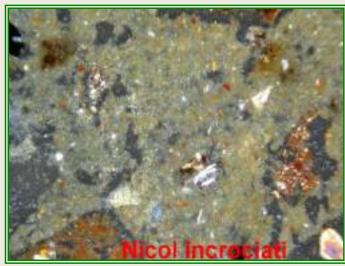
- · se la temperatura è non superiore a 900°C si ha la *terracotta*, una ceramica molto porosa e poco resistente
- tra 900 e 1100°C si ottiene la *terraglia* o *earthenware*, una ceramica meno porosa a cui la presenza impartisce un colore rosso
- · tra 1100 e 1200°C la presenza di calcio favorisce lo sviluppo di un color crema
- tra 1200 e 1300°C si ha un prodotto fortemente vetrificato e impermeabile, il gres o stoneware, molto resistente e trascurabilmente poroso
- sopra i 1300°C si ottiene un prodotto altamente vetrificato, translucido e impermeabile, la porcellana, che si ottiene a partire da un'argilla completamente incolore, il caolino

### ANALISI IN SEZIONE SOTTILE AL MICROSCOPIO POLARIZZATORE

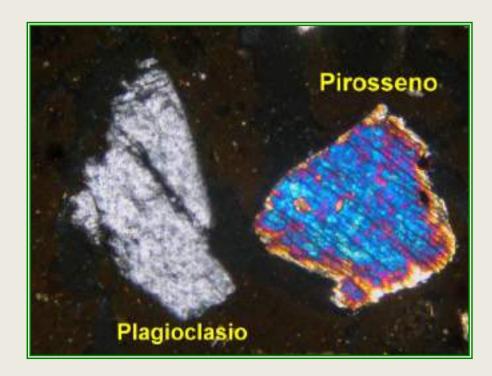
protocollo analitico - guida
scheda
data base
atlante

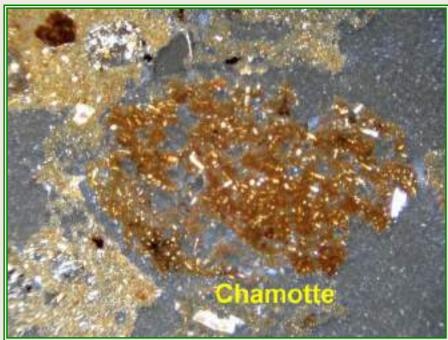






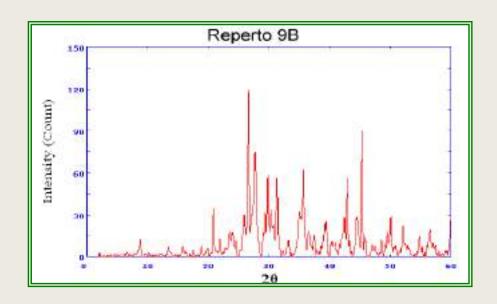


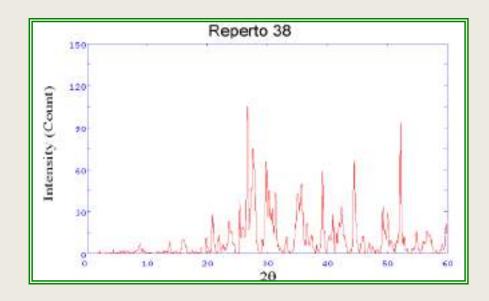


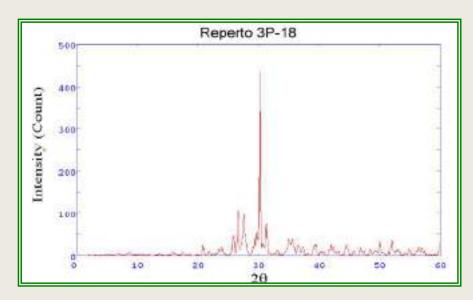




### DIFFRATTOMETRIA (XRD) degli impasti fasi e neo fasi mineralogiche

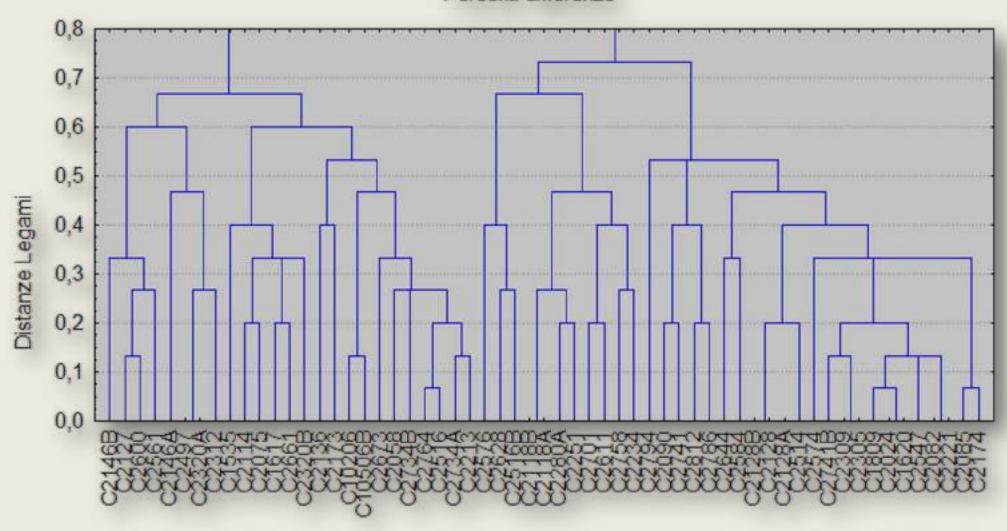






	<i>C</i> amp. 38	Camp. 9B	Camp. 3P-18
Augite	***	***	***
Calcite	**	**	**
Plagioclasio	*	*	*
Flogopite	**	**	
Gehlenite	**	**	*
Quarzo	***	***	***

Dendrogramma per 59 Casi Legame Completo Percent. differenze



### ARCHEOLOGIA SPERIMENTALE



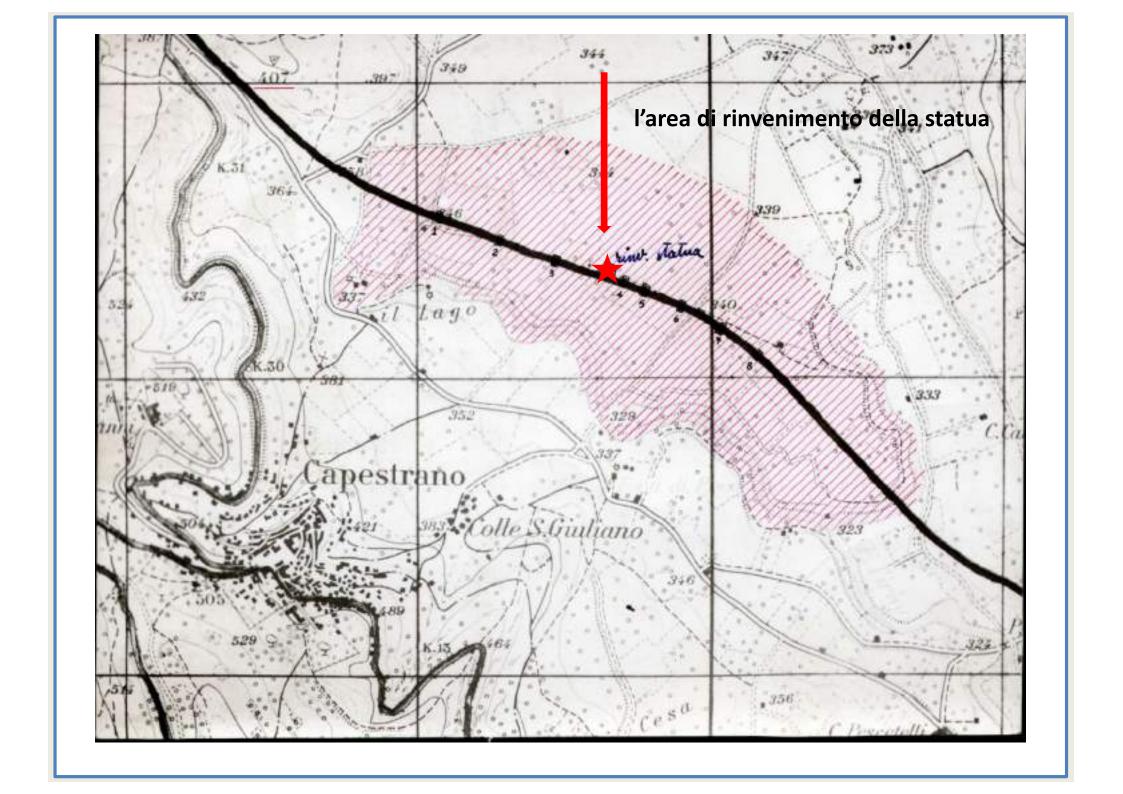


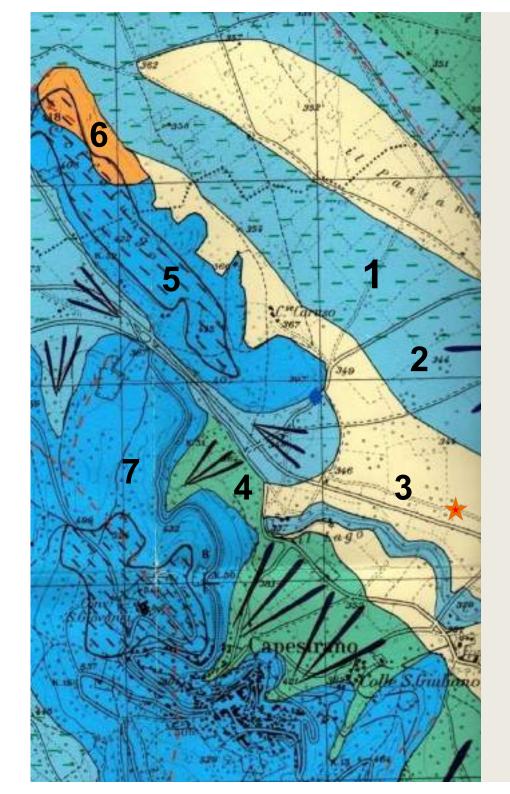
# Archeometria e diagnostica per il Guerriero di Capestrano: quarant'anni di ricerca.



G8 l'esposizione sulla piattaforma antisismica ....
ora nel Museo Archeologico Nazionale di Chieti







### Carta Geologica (luglio 2000)

1 – sedimenti eluvio colluviali e palustri:
 limi,sabbie e ghiaie derivate dai depositi
 quaternari più antichi

### (Olocene)

2 – sedimenti di fondovalle del F. Tirino: sabbie limose e lenti di ghiaie (Pleistocene superiore – Olocene)

3 – sedimenti lacustri, palustri e fluviali: Limi bianchi e grigi, sabbie e ghiaie; sono presenti livelli vulcano sedimentari

### (Pleistocene medio finale – superiore)

4 – depositi di versante: detriti in matrice di conoide e glacis di accumulo, talora in apparati sovrapposti

### (Pleistocene superiore – Olocene)

5 – superficie di modellamento poligenetica

6 – calcareniti scure e giallastre in strati medi e spessi, marne argillose

### (Miocene medio)

7 – calcari e calcari marnosi di rampa e bacino (Cretacico superiore – Eocene medio)



- rinvenimento statua del guerriero

Il rinvenimento avvenne da parte di Michele Castagna durante i lavori di impianto di una vigna nel Settembre del 1934, successivamente Castagna rinvenne l'elmo e ii torso femminile (giacente sotto l'elmo), ma il tutto fu lasciato sul posto al sole e alla pioggia.

A seguito di un sopralluogo dei Carabinieri, cui pervenne la notizia, i reperti furono trasportati in caserma, dove i funzionari della Soprintendenza ai monumenti dell'Aquila esaminati i tre «pezzi» organizzarono il loro trasporto al Museo Nazionale delle Terme a Roma. Nel dicembre del 1934 iniziarono le ricerche di terreno (ricognizioni e saggi) e contestualmente gli scavi archeologici che individuarono 33 tombe: 21 a inumazione (età del ferro), 3 più superficiali sconvolte a inumazione (post età del ferro), 5 a cremazione molto disfatte.

\_\_\_\_\_\_

I nuovi frammenti rinvenuti dagli scavi del Moretti riferibili alla statua del guerriero erano, come riporta una relazione di Cianfarani:

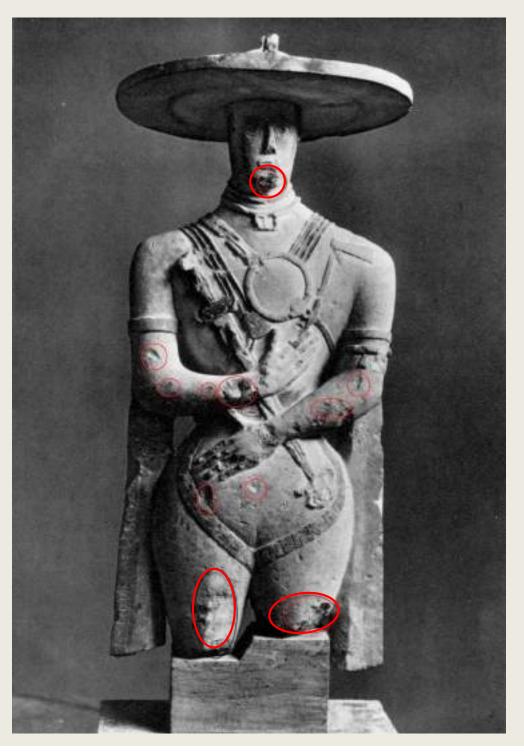
- Il blocco di base diviso in due da una rottura «longitudinale»
  - La gamba destra in 4 frammenti
  - La gamba sinistra in 6 frammenti
  - I pilastri di cui quello sinistro in 4 frammenti
    - I piedi con evidenti lacune

Cinfarani inoltre evidenzia che l'arcata sopraccigliare sx presentava una lacuna.

THE CAPESTRANO WARRIOR: A NEWLY-UNEARTHED ITALIAN STATUE DATING FROM THE SIXTH CENTURY B.C., AND SHOWING DISTINCT ORIENTAL APPRISTIES; WITH AN INSCRIPTION ON THE RIGHT SUPPORT (POSSIBLY IN OSCAN OR PICENAN) WHICH CAN BE MORE CLEARLY TRACED IN THE UPPER ILLUSTRATION ON THE OPPOSITE PAGE.

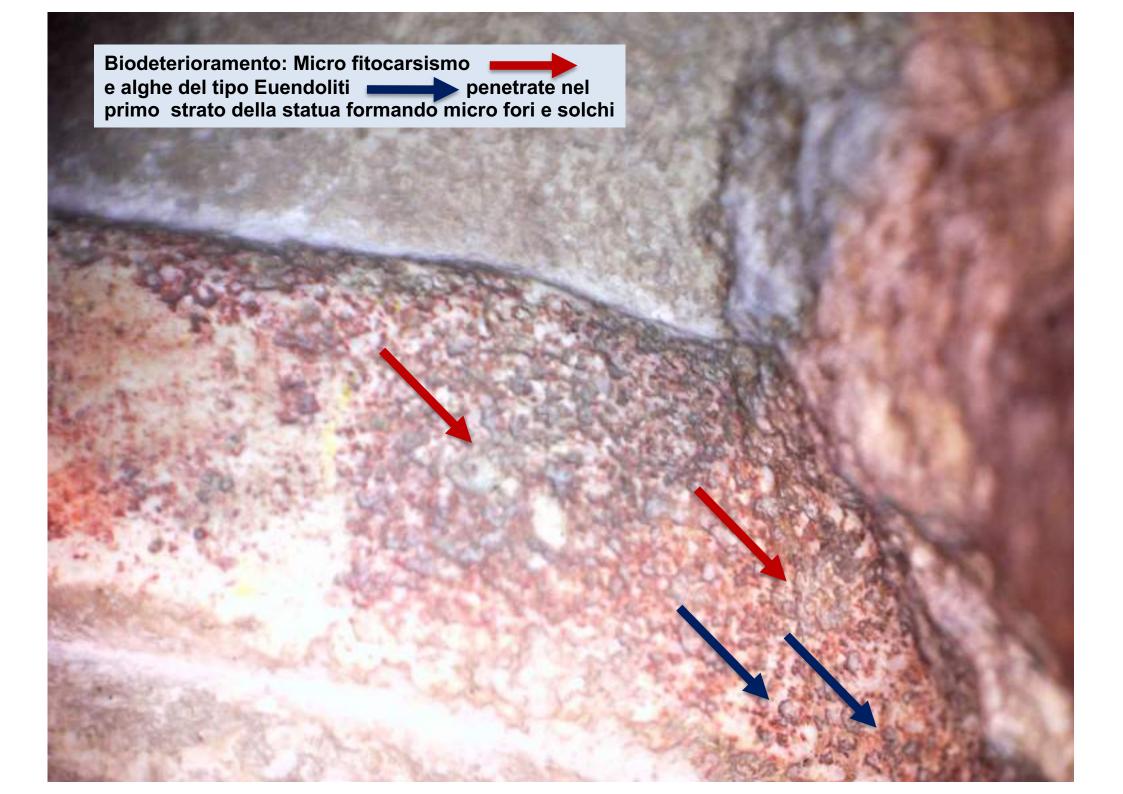
# Studio delle fotografie eseguite prima e dopo il primo restauro

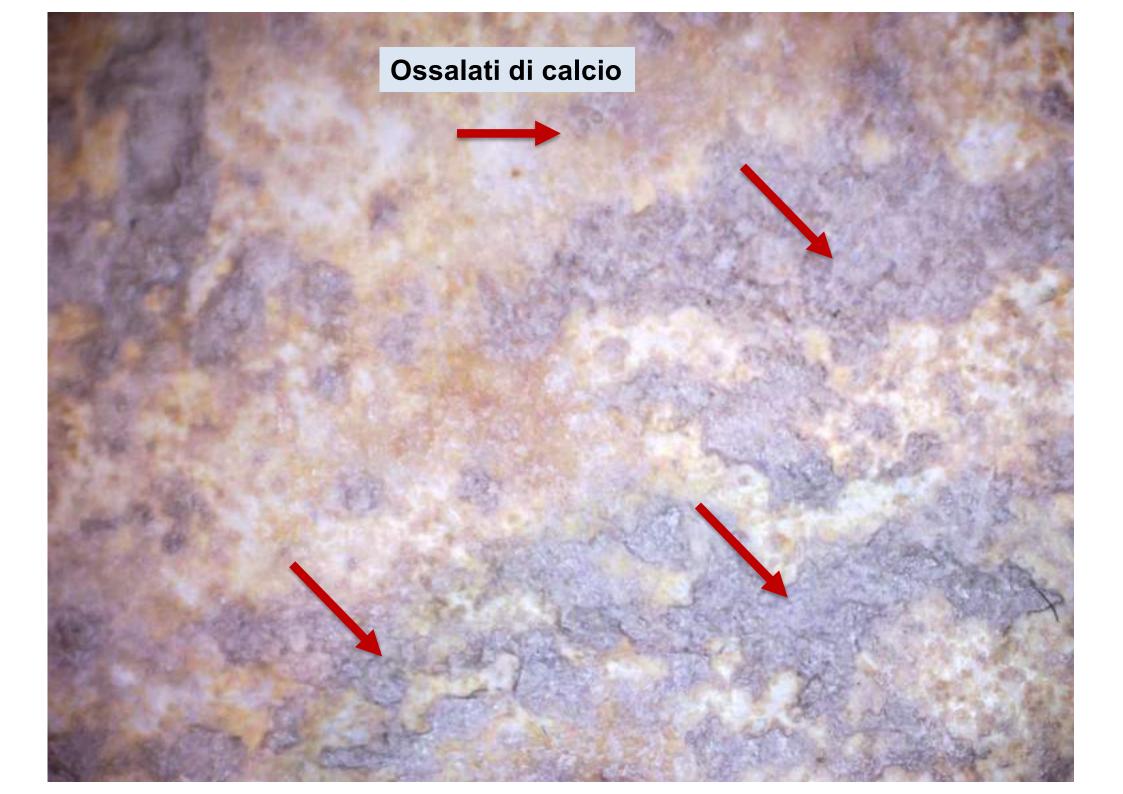




- I processi di degrado determinati dal lungo seppellimento sono evidenziati da più generazioni di microscopici fori prodotti dai processi corrosivi di micro fitocarsismo e da alghe endolitiche.
- Presenza di estese concrezioni di Ossalati di calcio di origine biologica.
- Tutti gli effetti del degrado sono la conseguenza del prolungato (molti secoli) seppellimento sottoterra della statua.





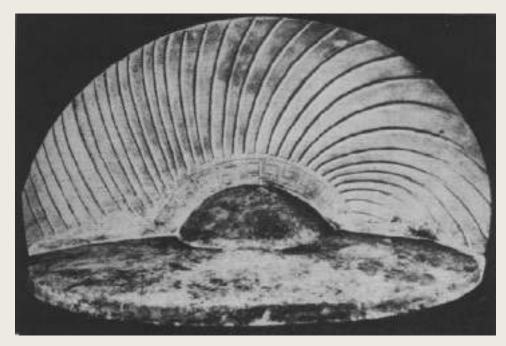




La statua del guerriero dopo il primo intervento di restauro eseguito sotto la guida di Giuseppe Moretti e gli elementi di reintegro successivamente rimossi con il restauro curato da V. Cianfarani







### **Restauro Moretti:**

Stuccature in pece greca, biacca e polvere di pietra (marmorino) amalgamate e applicate a caldo. Integrazione (soggettiva) della cresta del cappello e dei calzari dei piedi.

### Altri interventi tra primo e secondo restauro:

Numerosi calchi di parti eseguiti in più momenti (cfr. autorizzazione del 30/7/1938) con l'uso di miscele di talco e argilla e realizzati anche in Duralbo (noto anche come pietra artificiale del ventennio a base di cemento).

### Restauro Cianfarani:

Rimozione della cresta del cappello e dei calzari dei piedi, eseguendo prima i loro calchi. Inserimento di piccoli perni alle caviglie dei piedi.

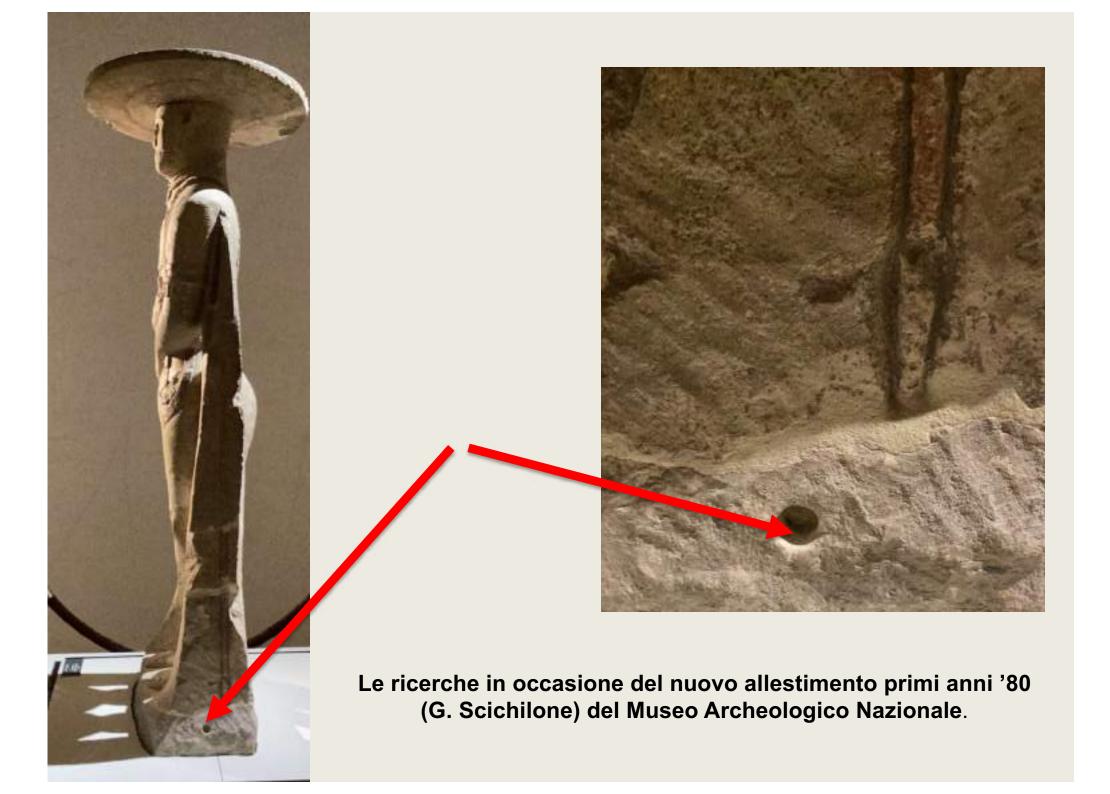
Sotto squadro delle stuccature in pece greca diventate scure e più dure della roccia, che furono eseguite con una stuccatura «morbida» e con colore in tono a quello della pietra.

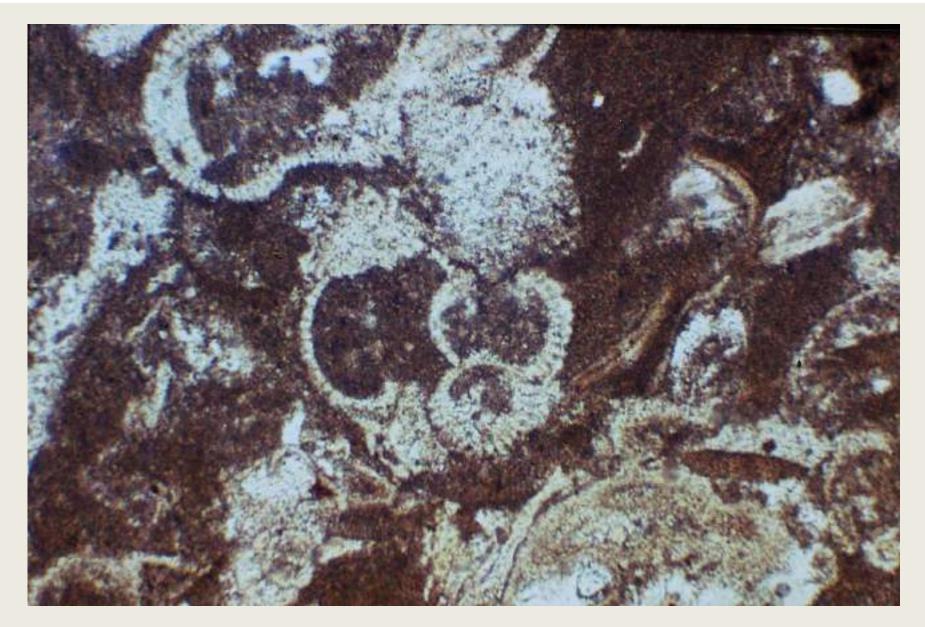
Manifesta una critica verso l'esecuzione dei molti calchi eseguiti su varie parti della statua del Guerriero che hanno «oscurato» la superficie finita della statua, comprese le parti colorate.

Fa eseguire l'analisi del colore rosso, che risulta costituito da ossidi di ferro.

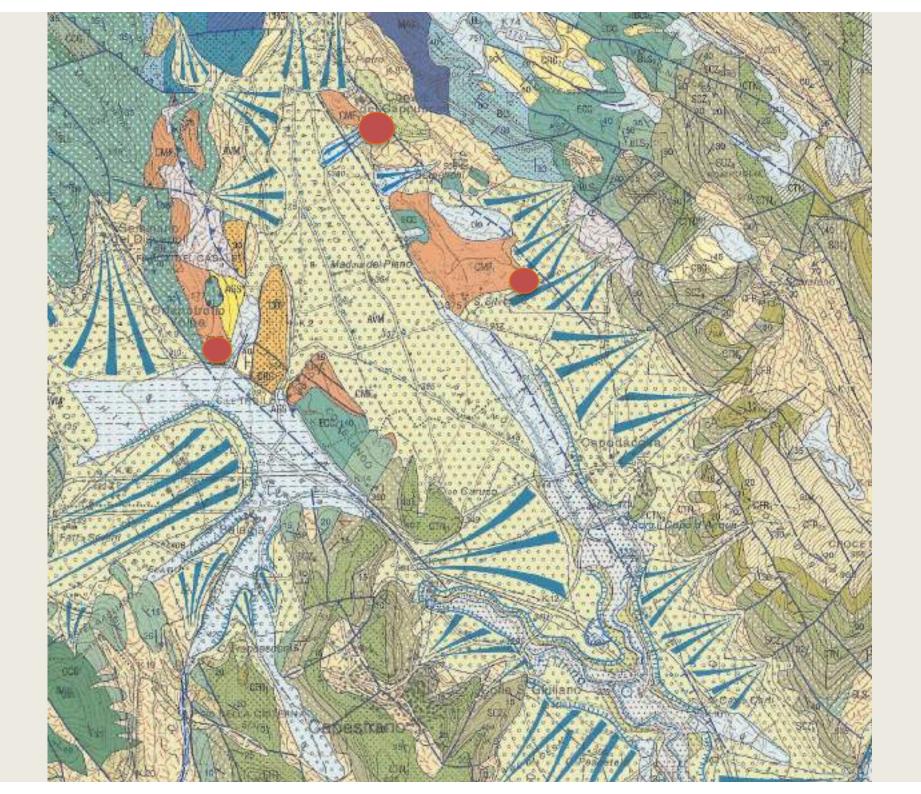
FA eseguire il ravvivamento delle parti in colore rosso con trattamento chimico a base di soluzione alcolica di nylon (ancora oggi utilizzato con successo).

Rimozione delle principali e diffuse incrostazioni di calcare (ossalati di calcio) coprenti zone particolari della statua.



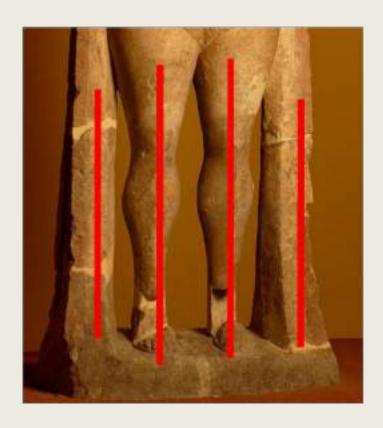


L'unica sezione sottile del calcare (1982): sparbiomicrite - di rampa carbonatica « Formazione (o Gruppo) di Bolognano» (Miocene medio)

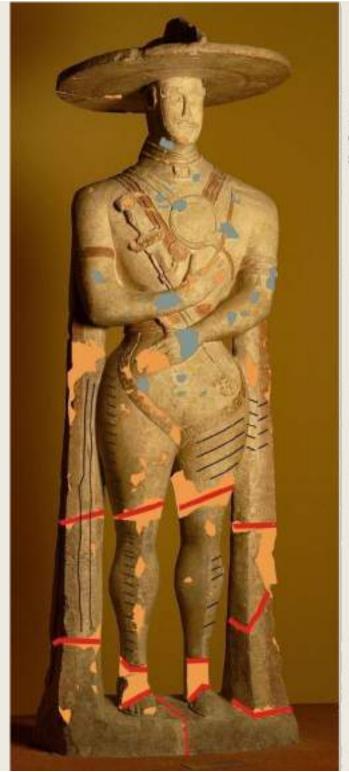


Il primo intervento di restauro operò l'inserimento di perni nelle gambe, nei fianchi dei pilastri e nel cappello. Non è stata rinvenuta una dettagliata relazione e solo successivamente attraverso le analisi «Eddy Current» eseguite con tecnici dell'ENEA, si sono rilevate le posizioni dei perni e che gli stessi sono costituiti da una lega metallica (tipo ottone). Inoltre i perni sono affogati solo alle loro estremità in un amalgama a base di piombo.

Le stuccature, dopo analisi dirette e indirette eseguite nel corso degli anni '80 e '90 del secolo scorso, sono risultate costituite da una miscela di pece greca, biacca e polvere di pietra (marmorino) amalgamata a fuoco ed applicata a caldo (cfr Moretti e Cinfarani) le stesse a volte sono ricoperte da una miscela a base o con gesso, cfr Cianfarani e rifiniture successive.









Mappatura delle princiapli mancanze e lacune, alcune delle quali integrate da stuccature



Mappatura delle princiapli stuccature riprese nel secondo restauro



Mappatura delle princiapli fratture



Mappatura delle princiapli tracce di lavorazione

Prospetto frontale con esempi di mappatura sia diagnostica che archeometrica

# mappature tematiche analisi diagnostiche

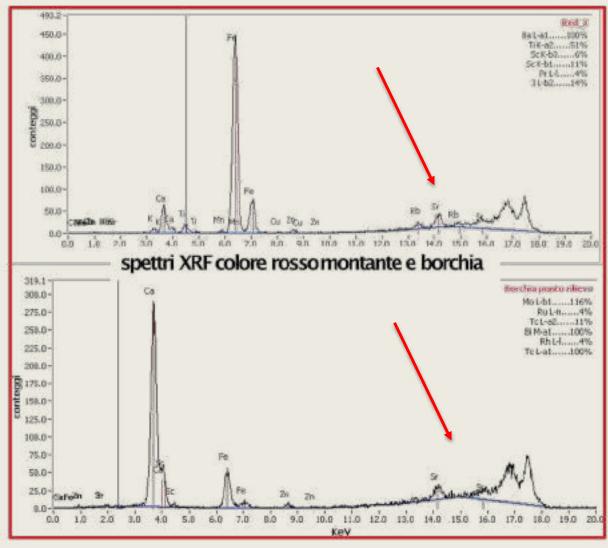
Le stuccature del primo restauro utilizzarono un "mastice" a base di pece greca.

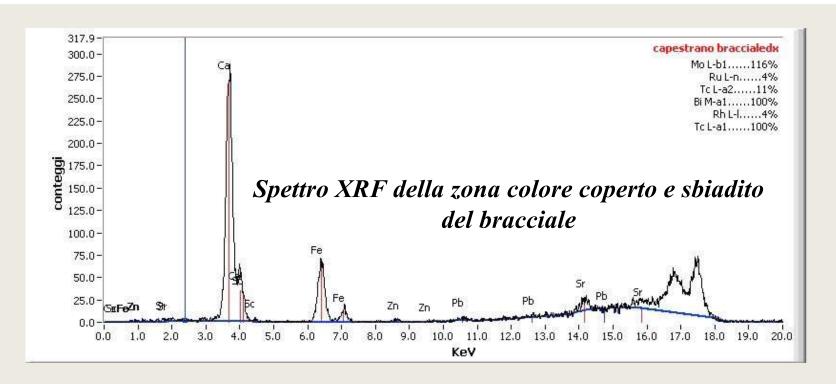
In un secondo restauro alcune di esse furono in parte messe sottosquadro e ristuccate con prodotti più reversibili

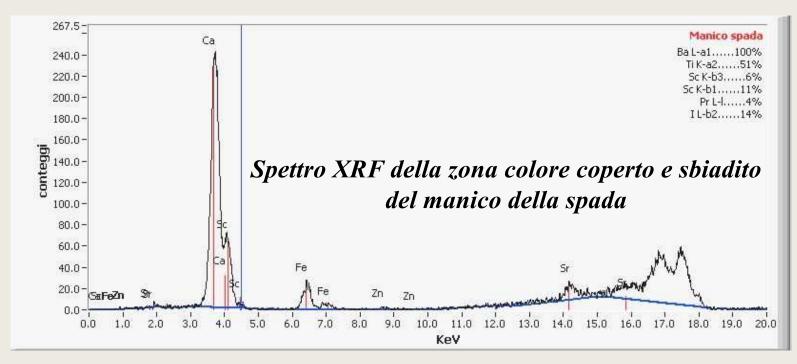
Le tracce di lavorazione mettono in evidenza sia i differenti utensili impiegati dall'artista, che la tecnica, più o meno estesa, di lisciatura eseguita sulla superficie a vista.

Analisi diagnostiche non invasive sono state condotte con metodologia pXRF e strumentazione portatile modello Lithos dell'Assig. Le analisi furono eseguite insieme al tecnico progettista dello strumento (dr. Geol. Paolo Lescia). Sono state analizzate le componenti dei colori (rosso prevalente e bianco rosato), le concrezioni di copertura, i prodotti di degrado superficiale determinato dai liquidi utilizzati nel tempo per la pulizia degli ambienti dove è stata esposta la statua del guerriero e i prodotti utilizzati nel secondo restauro.

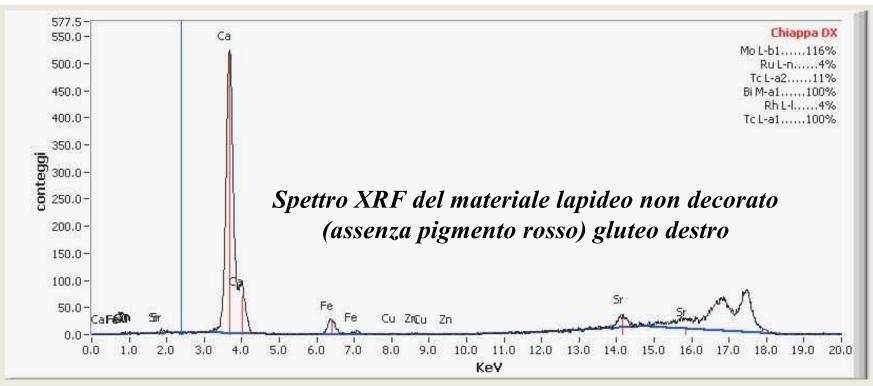


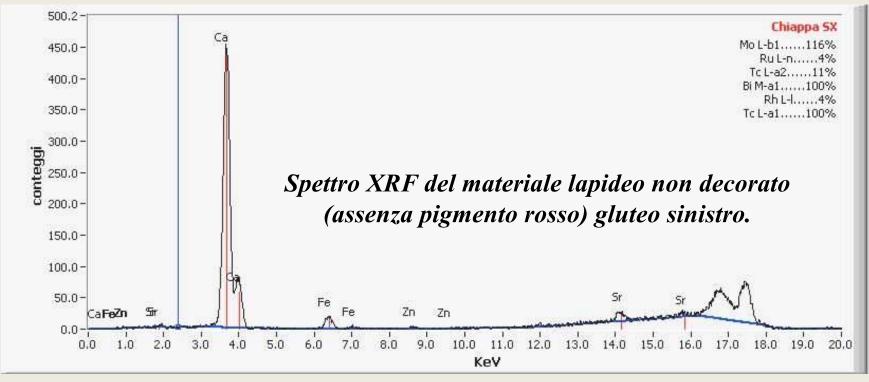


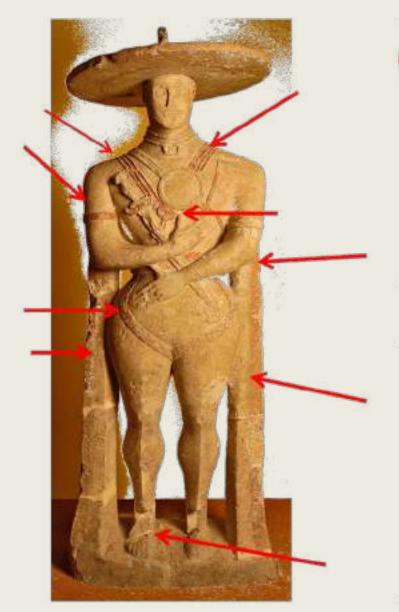














le decorazioni in rosso del guerriero



La parte pittorica, ossia la decorazione eseguita con il colore rosso (spesso ricoperta da ossalati di calcio) è dunque costituita da pigmenti di ossidi di ferro derivati (estratti) da un paleosuolo fersiallitico del Pleistocene inferiore-medio, e forse contenente anche minerali (anch'essi alterati da pedogenesi) pertinenti un *tephra* vulcanico degli apparati laziali.

# Fronte

Velocità ultrasonica (m/s)

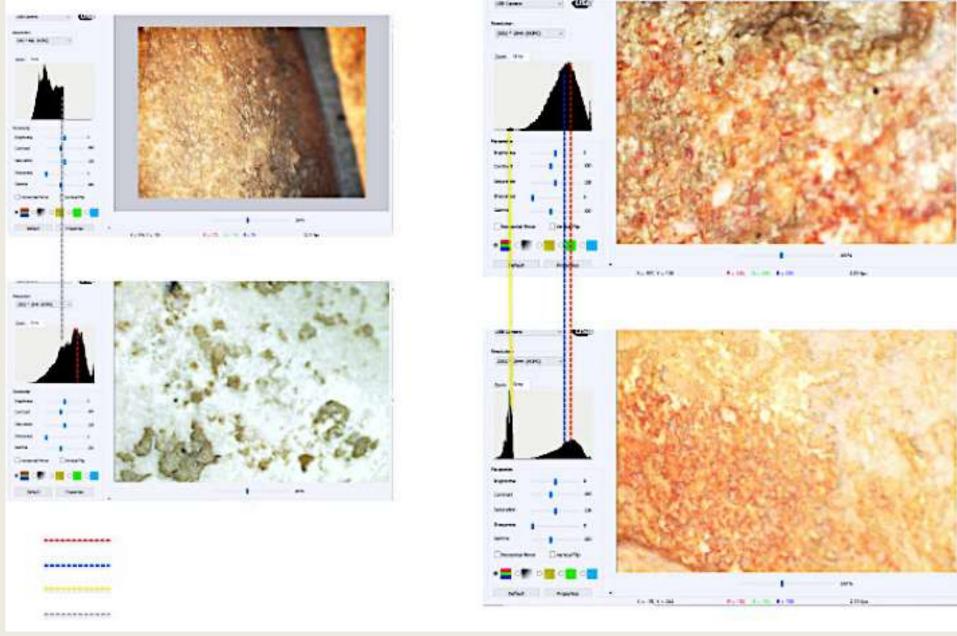
### Mappatura analisi ultrasuoni

I risultati espressi come mappa a colori delle velocità poiché mettono in evidenza che la frattura centrale delle gambe della statua è netta, lasciano supporre che la medesima derivi da un «trauma» meccanico impulsivo antico avvenuto in un unico evento non naturale, riconducibile molto probabilmente all'uomo. Solo successivamente, dopo il seppellimento si sono determinate nel tempo le fratture successive.

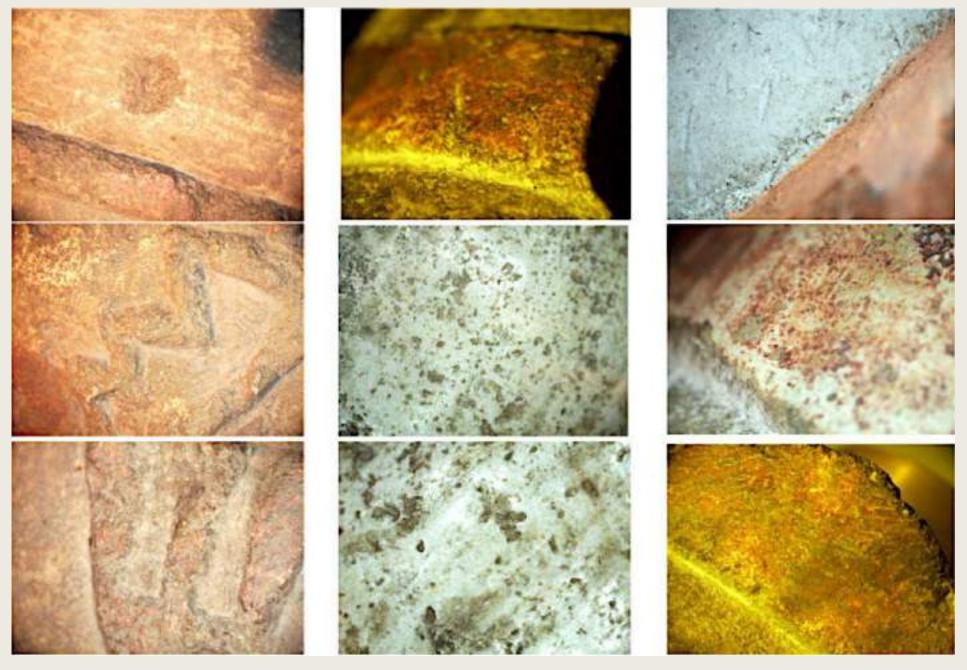
La rottura parziale del basamento, sembrerebbe l'unica avvenuta in relazione all'aratura dei campi quasi contemporanea al ritrovamento del Guerriero.



Esempi di fotografie con tecnica di ripresa a luce UV



Analisi delle superfici lavorate, dipinte e spettri dei colori, eseguite con microscopio digitale e tecniche originali di ripresa. In basso a destra spettro della roccia e delle concrezioni di ossalato a parziale copertura o compenetrate nel colore rosso.



Analisi con microscopio digitale della lavorazione del Guerriero e della Dama ottenuta con l'impiego di diversi strumenti; particolare della lisciatura e particolare dei colori tra cui il bianco calce posto a preparazione di base (tecnica simile a quella delle statue di marmo).

Successivamente al secondo restauro avvenuto sotto la guida di Valerio Cianfarani, con cui si alleggerì di molto le integrazioni operate in precedenza e da lui definite "vecchio energico restauro", la statua del guerriero dopo l'allestimento del Museo di Villa Frigerj del 1986 e con le successive esposizioni (tra cui quella temporanea avvenuta pochi mesi dopo il disastroso terremoto che ha colpito l'Aquila nell'ambito dei lavori del G8) è stata oggetto solo di riprese delle superfici e dei margini delle stuccature. Un attenta analisi ha infatti evidenziato come ogni spostamento, ogni variazione di luce non controllata e ogni variazione del microambiente espositivo, possono innescare e determinare danni materici e il degrado delle parti colorate.

✓Le parti pittoriche (decorazione in colore rosso) della statua sono state recentemente analizzate con tecniche non invasive (pXRF e pXRD) evidenziando la componente principale costituita da ossidi di ferro e calcite di origine biologica (ossalati).

✓Inoltre sulla superficie della statua è stata individuata presenza di S (zolfo) e Cl (cloro) di origine ambientale, e la presenza di una diffusa patina di alterazione superficiale, una fase amorfa e una sostanza organica. La patina era stata già individuata in passato dallo stesso V. Cianfarani, ed è riconducibile a "polverosità ambientale induritasi nel tempo"

### Definizione di marmo e pietra policroma:

·marmor = risplendente, luccicante

·significato scientifico

calcare o calcare marnoso metamorfosato con processo completo di ricristallizzazione (es. marmo apuano)

#### ·significato commerciale

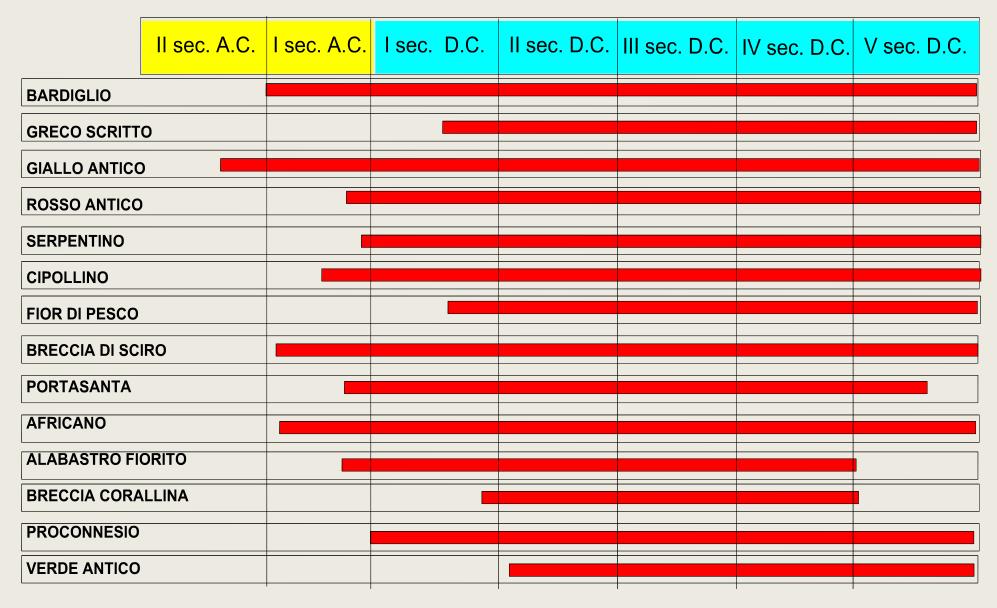
sono definite "marmo" tutte le pietre "lucidabili" ovverosia di uso edile ed ornamentale

requisiti: lavorabilità, resistenza all'abrasione, lucidabilità, durezza pari o superiore a 3-4 della scala di Mohs

Tra le varietà dei "marmi" in commercio sono dunque compresi i marmi in s.s., i calcari, le dolomie, i travertini, gli alabastri calcarei, le serpentiniti, gli oficalci, rocce ignee effusive e altre rocce metamorfiche, più raramente i graniti.

### PRINCIPALI CAVE DI MARMO E PIETRE POLICROME COLTIVATE IN ETA' ROMANA





Il rinvenimento di uno o più tipi di marmo e/o di una o più pietre policrome in un contesto archeologico possono contribuire a definire la sua datazione.

### EDITTO DI DIOCLEZIANO (301 d.C.) RELATIVO AI PREZZI DEI LAPIDEI

Porfido rosso

PORFIRITE, per piede 250

LACEDEMONIO, per piede 250 Porfido verde

NUMIDICO, per piede 200 Giallo Antico DOCIMINO, per piede 200 Pavonazzetto

LUCULLEO, per piede 150 Africano

TESSALICO, per piede 150 Verde Antico

CLAUDIANO, per piede 100 Granito del Foro

PROCONNESIO, per piede 75 Marmo Proconnesio

LESBIO, per piede 50 Marmo di Lesbo

THASIO, per piede 50 Marmo di Taso

SCIRIANO, per piede 40

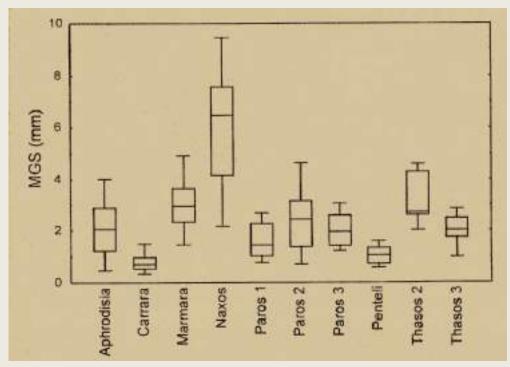
ANACASTINO, per piede 40

Breccia di Sciro

POTAMOGALLINO, per piede 40

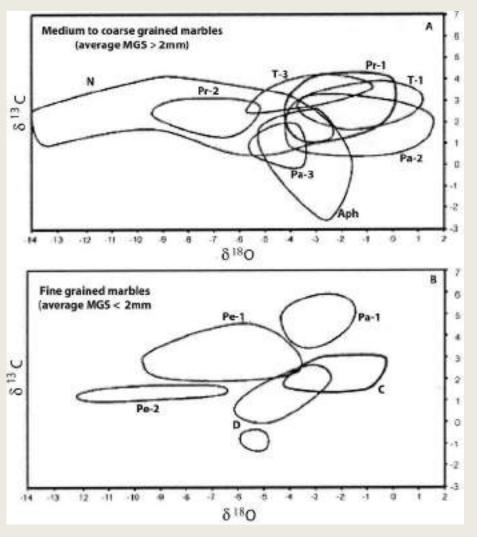
# Procedimenti analitici "standard" per il riconoscimento dei marmi bianchi e grigi

- 1- osservazioni macroscopiche di insieme: lucentezza, trasparenza, tonalità, venature o macchie, dimensione dei cristalli e geometria dei contatti tra i cristalli
- 2- analisi minero-petrografiche: fabric, quantità e rapporto calcite vs dolomite, dimensione massima dei cristalli (MGS), tipo di contatti tra i minerali, microstrutture derivate da presso soluzioni durante e dopo la fase metamorfica (stress l.s.) "memorizzate" dalla roccia, XRD delle polveri, caratterizzazione dei minerali accessori, analisi al SEM-EDAS
- 3- analisi geochimiche: analisi chimica quantitativa completa degli elementi principali ed in tracce (XRF), analisi per la determinazione dei rapporti degli isotopi stabili  $^{13}C/^{12}C$  e  $^{18}O/^{16}O$  o delle quantità rispetto a standard internazionali " $\delta$ "



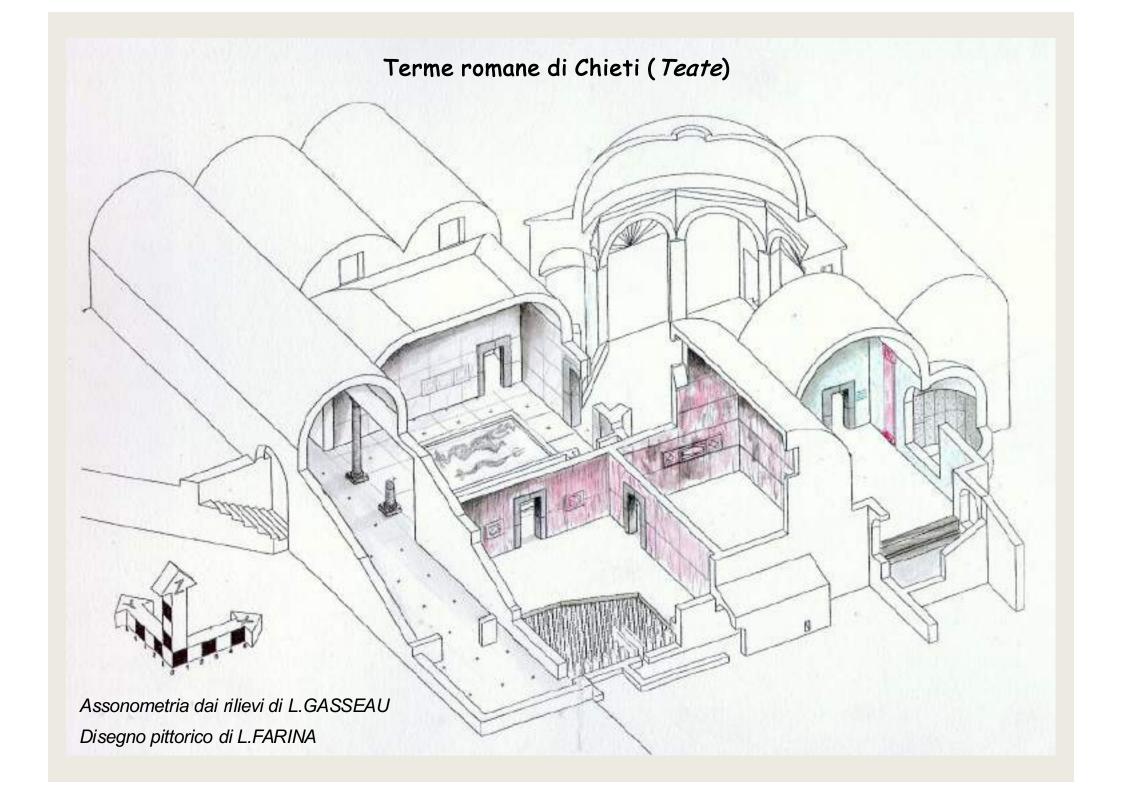
Variabilità nei marmi bianchi più diffusi dei valori del MGS (Maximum Grain Size)





Aree dei valori isotopici del  $\delta^{18}O$  e  $\delta^{13}C$  per diversi tipi di marmo bianco.

I valori determinati in molti casi ricadono in un'area non esclusiva, corrispondente anche più tipi.













GIALLO ANTICO E GIALLO ANTICO BRECCIATO
Marmor Numidicum



AFRICANO Marmor Luculleum





ROSSO ANTICO Marmor Taenarium













PAVONAZZETTO
Marmor Synnadicum









PORTASANTA Marmor Chium



BRECCIA DI SCIRO Marmor Scyreticum



<u>CIPOLLINO</u> <u>Marmor Carystium</u>









PROCONNESIO Marmor Proconnesium

GRECO SCRITTO Ephesian marble

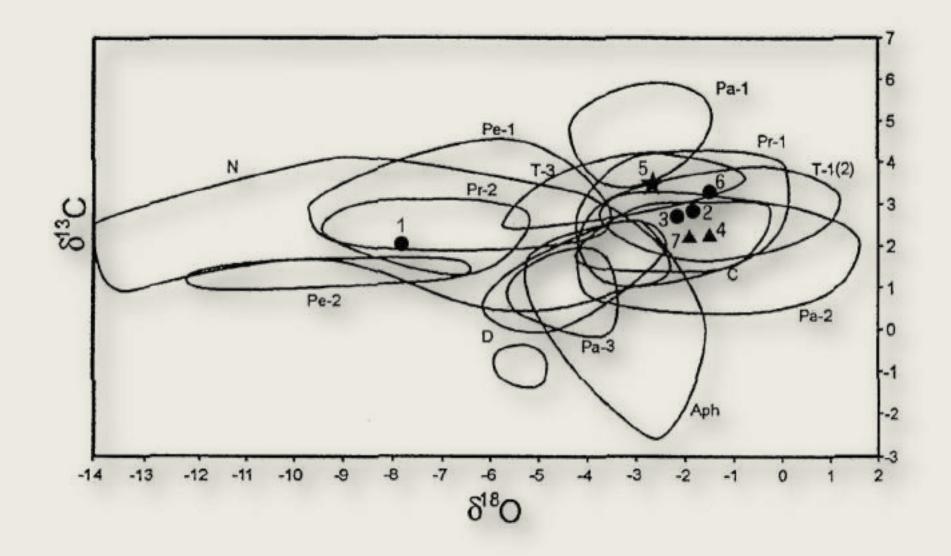


Diagramma generale dei rapporti isotopici di campioni di marmo delle terme di Chieti 1,2,3,6 = Marmo Proconnesio; 4,7 = Marmo Lunense; 5 = Marmo Greco scritto





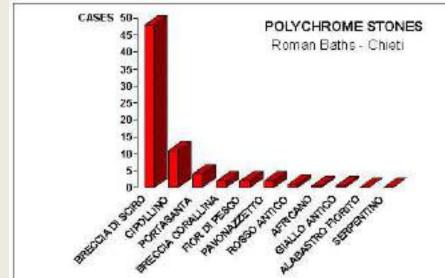


















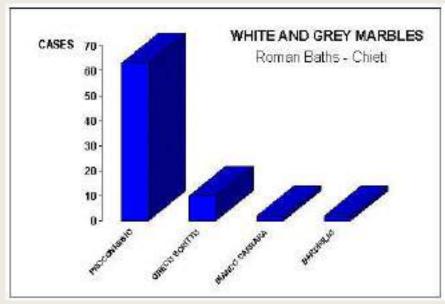






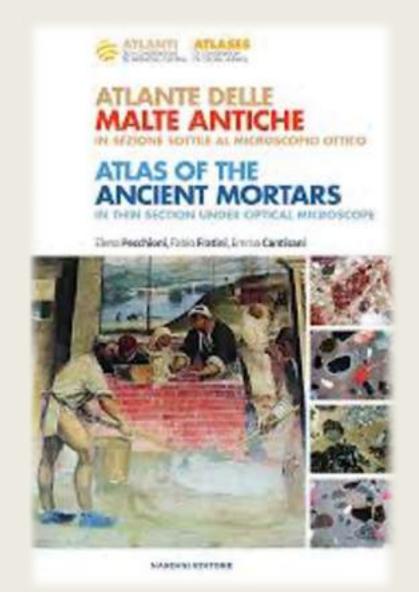






Pietre ornamentali	Spessore lastre min- max (cm)	Analisi minero- petrografiche	8 <sup>13</sup> C/8 <sup>18</sup> O	Pavimento	Lastre parietali						Modanature		7		
					Decorate						modanature		iles F		12.00
					cornici	specchiature	lesene	capitelli	basi di lesena	Non decorate	Cornici (alte)	Zoccolature	Vasche	Sedili	Colonne
Proconneso	1,4-3,0	Х	X		Х			Х			х	Х	Х	Х	Х
Breccia di Sciro	0,7-2,3	Х				Х	Х			х					
Cipollino	0,8-2,8	Х				х			7	Х					
Greco Scritto	1,2-1,5	Х	X							х			х		
Portasanta	1,2-2,0	X			Х										
Breccia Corallina	1,2-3,0	Х		X											
Fior di Pesco	1,2-1,5	Х				Х	х								
Bardiglio	1,3-2,0	Х	X	X(?)						X(?)					
Bianco di Carrara	3	х	Х									х			
Pavonazzetto	1,6-2,5	Х					X	8 03		X					Ī
Rosso antico		Х		ĵi				X	X						
Africano	1,0-2,2	Х								х	х				
Giallo Antico	0,7-1,8	Х								Х	х				
Serpentino	1									х					
Alabastro fiorito	1,2									Х					

# Archeometria e Diagnostica Malte Mappatura del degrado







### I travertini di Montepiano (CH): analisi delle facies

Alternanze di sabbie calcaree e travertini fitoclastici con intercalazioni di travertino fitoermale (Ambiente lacustre e/o palustre con temporanei incrementi nell'apporto di acque calcarifere).

Travertini fitoermali, spesso in facies di cascata, passanti lateralmente a sabbie calcaree e sabbie calcaree fitoclastiche con intercalazioni di travertini fitoclastici. (Ambiente con rapide o piccole cascate separate da zone a sedimentazione palustre).



Vergenza della superficie sommitale di accumulo dei travertini



Giaciture (sub-orizzontali) dei travertini clastici



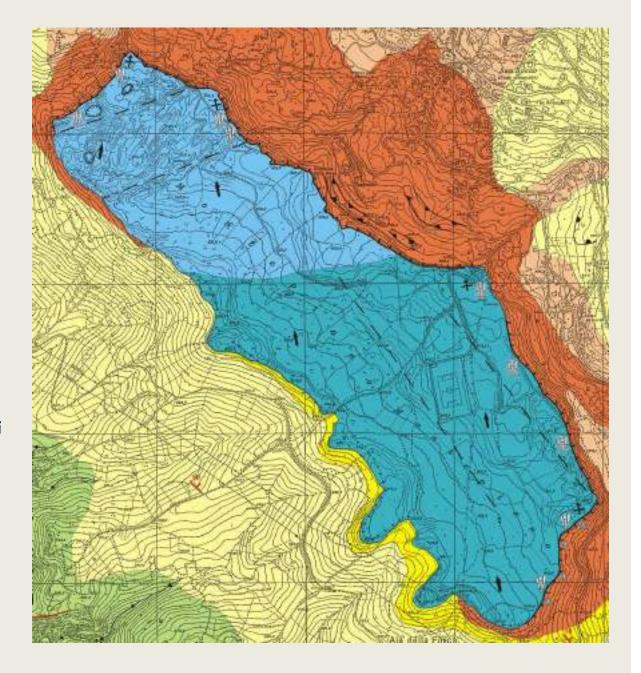
Tessiture ben conservate



Tessiture parzialmente obliterate



Tessiture totalmente obliterate



### Rilevamento e analisi di facies dei lapidei del monumento di San Rocco



### Analisi delle malte (NORMAL 12/83 e 27/88 e Documento UNI Normal 11176)

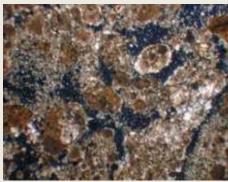
- 1. Analisi macroscopica: colore, aspetto dimensionale, grado di coesione, tipologia.
- 2.Osservazioni allo stereomicroscopio: forma dei clasti, classazione, morfologia superficiale, grado di addensamento.

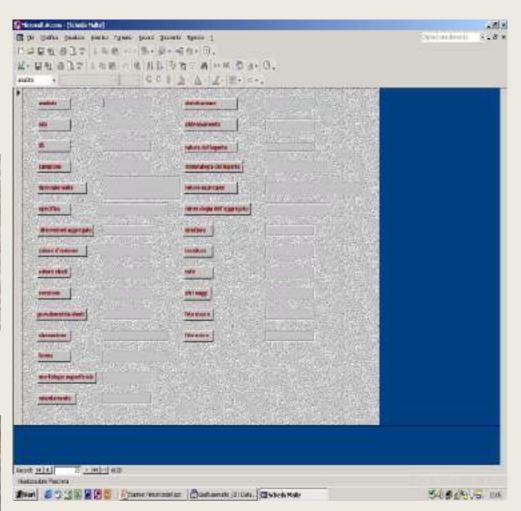




3. Analisi di sezioni sottili al microscopio ottico: caratterizzazione minero-petrografica.







4. Compilazione di una scheda su database Microsoft Access @ secondo le voci dei documenti implementate di microfotografie ed eventuali analisi XRF, XRD e SEM.

# Tipologie di alterazione e degrado riconosciute sul monumento (Documento Normal 1/88 e Documento UNI Normal



Alterazione cromatica



Alveolizzazione



Distacco



Efflorescenza



Erosione

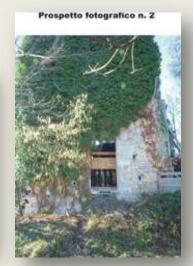


Fratturazione o fessurazione

# Rilevamento, classificazione e mappatura dell'alterazione e del degrado. su prospetti fotografici

- Mappatura
- \* Mancanza
- \* Alterazione cromatica
- \* Efflorescenze
- ❖ Patina Biologica
- ❖ Presenza di Vegetazione
- ❖ Fratturazione
- \* Fessurazione

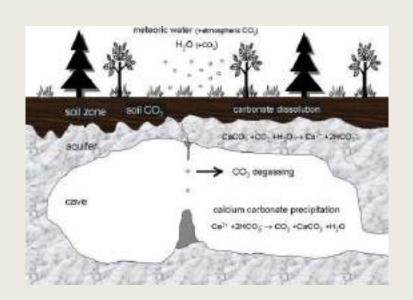








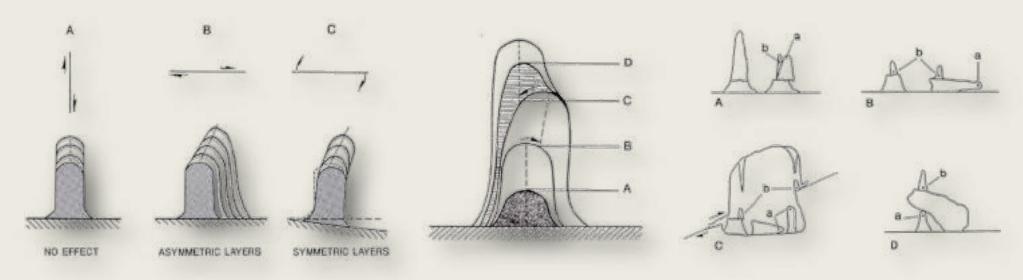
# Studi di paleosismicità in ambiente carsico ipogeo

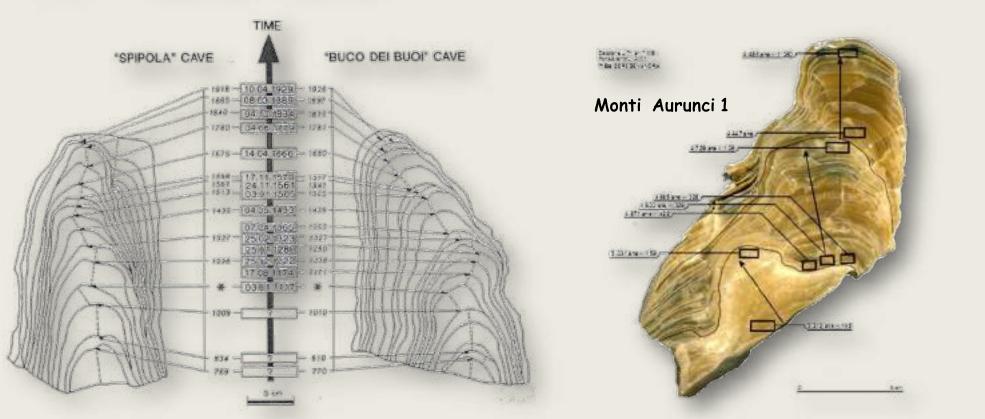


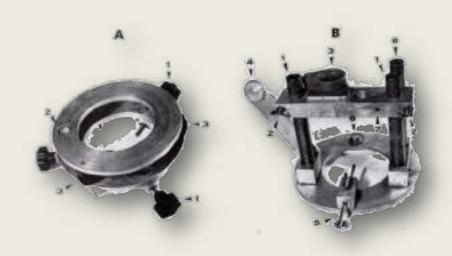


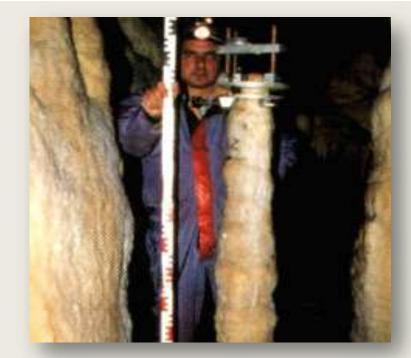


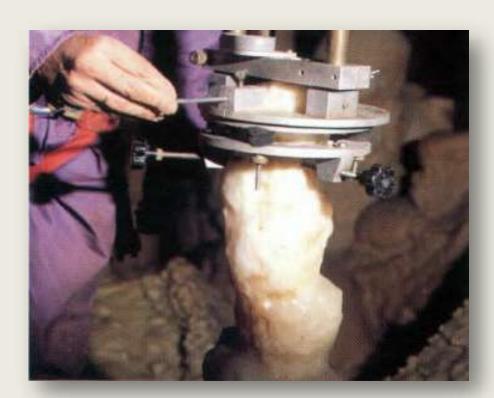




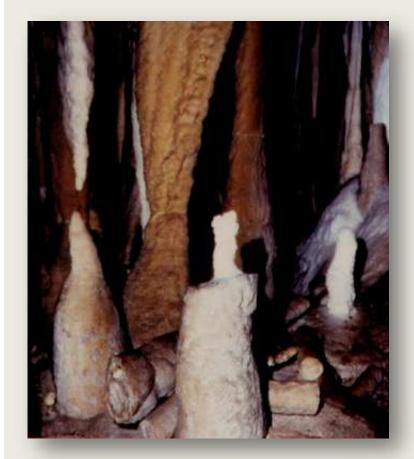


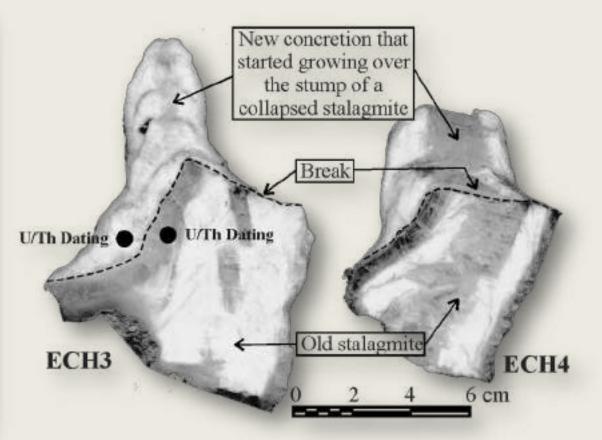


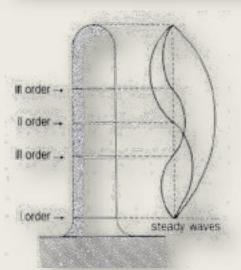


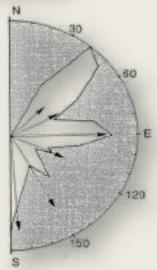


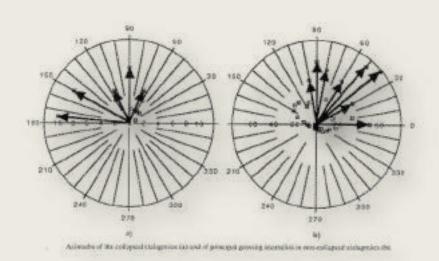


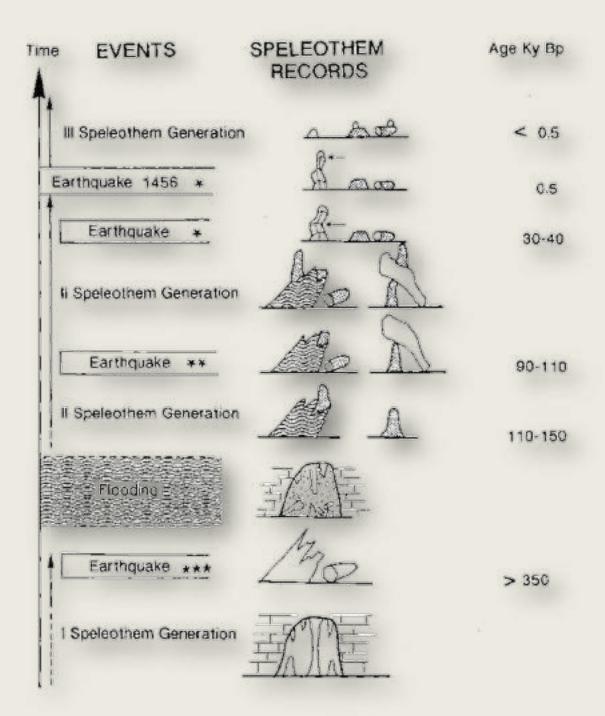








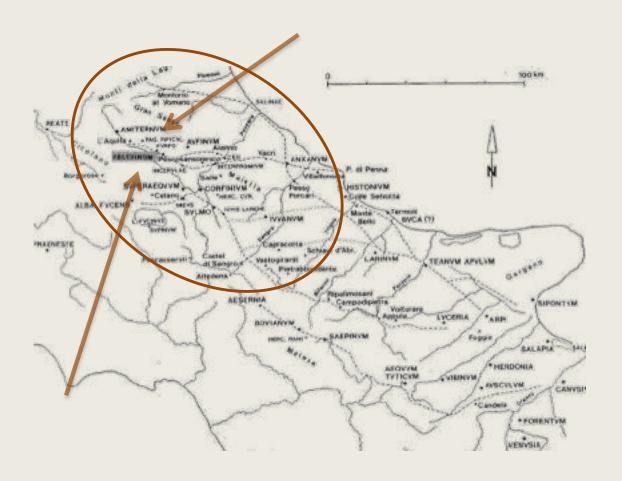




# Studi di archeosismologia

symtomata, collapsum, dilapsum ... terrae motus

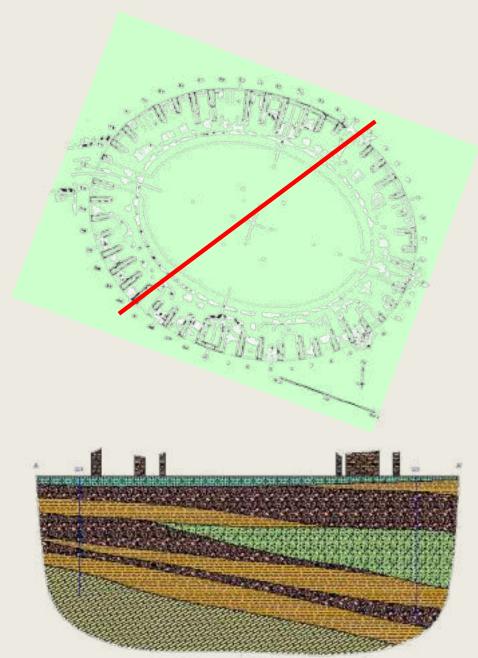
### Amiternum









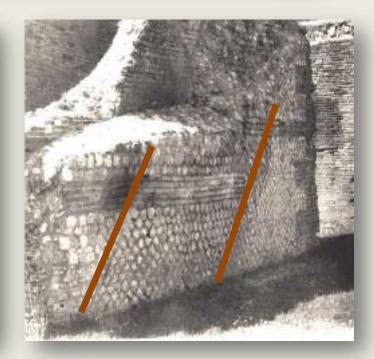






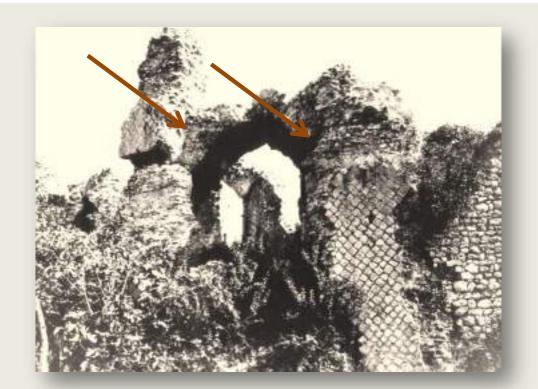














# Peltuinum



#### AREA FUCENSE

Alba Fucens (città) 346 d.C. e 508 d.C. S.Potito (villa) inizio II sec. d.C. e II sec. d.C. Marruvium (città) II sec. d.C. e VI-VII sec. d.C. Incile (emissario) 508 d.C.

#### VALLE DELL'ATERNO

Castel di Ieri (santuario) IV sec. a.C. e II sec. d.C.
Molina A. (insedimento) II sec. d.C.
Amiternum (città) II sec. d.C. e III-IV sec. d.C.
Coppito (ville)?
Civita di Bagno (città)?
Superequm (città) II sec. d.C.
Aufinum (città) II sec. d.C.
Peltuinum (città) II sec. d.C. e 346 d.C.

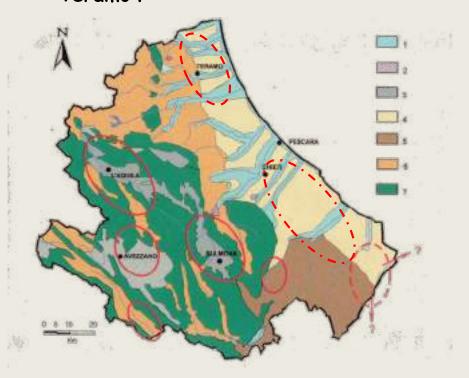
#### CONCA PELIGNA

Corfinio (città) II sec. d.C.
Interpronium (città) II sec. d.C.
Sulmo (città) II sec. d.C. e 346 d.C.
Cansano (città) II sec. d.C.
Ercole Curino (santuario) II sec. d.C. e 346 d.C. ed
altri
Raiano (insediamento) II sec. d.C.

ABRUZZO MERIDIONALE
Monte Pallano (città) II sec. d.C.
Histonium (città) IV sec. d.C.
Teate (città) II sec. d.C. e 346 d.C.
Cansano (città) IV sec. d.C. e VI-VII d.C.
Pinna (città) ?
Iuvanum (città) II sec. d.C. e 346 d.C.

VALLE DEL LIRI Cività d'Antino?

# ABRUZZO SETTENTRIONALE Teramo?





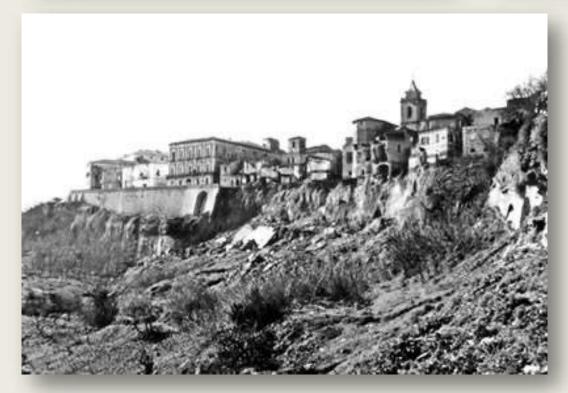
# Geoarcheologia applicata allo studio dei porti e delle linee di costa





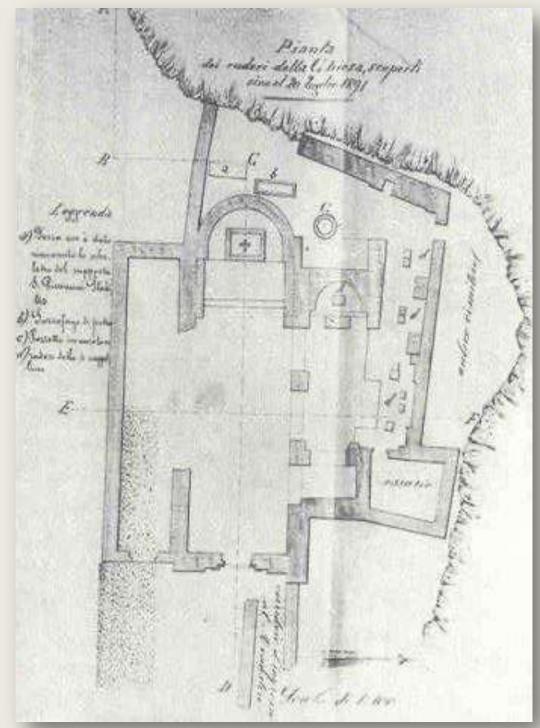








Paleofrane e frane



### Alluvioni e debris flow





# Work in progress: il progetto Graff-IT



Venezia Lazzaretto nuovo

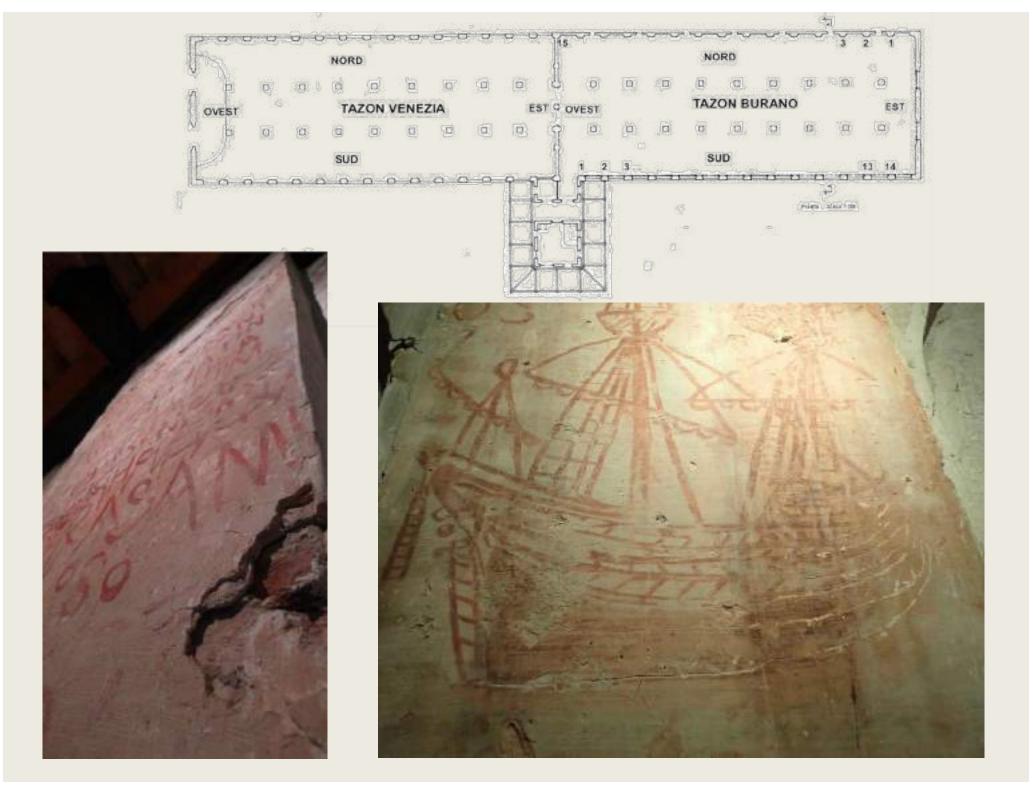
Assisi Basilica superiore e inferiore

**Foligno** 

#### Lazzaretto nuovo Venezia

Le scritte e i dipinti murali più o meno estesi, sono databili tra la seconda meta del 1500 e il primo quarto del 1600. Oltre all'uso di dogana sanitaria per equipaggi e merci, l'isola e le strutture sono state utilizzate per scopi militari, nel periodo napoleonico, austriaco ed infine dall'Esercito italiano fino al 1975





### Stratigrafia delle alterazioni riscontrate sui dipinti murali e sulla superficie del loro supporto originario (intonaco)

Tipologia della muratura del pilastro
Malta allettamento
Intonaco
Graffito
Calce di copertura dei militari italiani
Malta di ripresa pilastro o
Cemento di ripresa pilastro o tamponatura
Sigillatura intonaco (restauro)
Colature catrame dalle travi

Lacuna/e (supporto e/o intonaco dipinto)

Decoesione (supporto dell'intonaco dipinto)

Decolorazione (intonaco dipinto)

Erosione (intonaco dipinto)

Distacco e/o rigonfiamento

(supporto e/o intonaco dipinto)

Fratture

Mancanza

Pulitura invasiva (rimozione della calce dei militari italiani solchi – strie - sottosquadro)

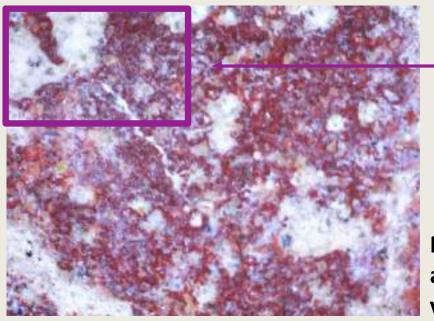
Fori, chiodi e altro degrado



Particolare della copertura di calce sul colore rosso degradato

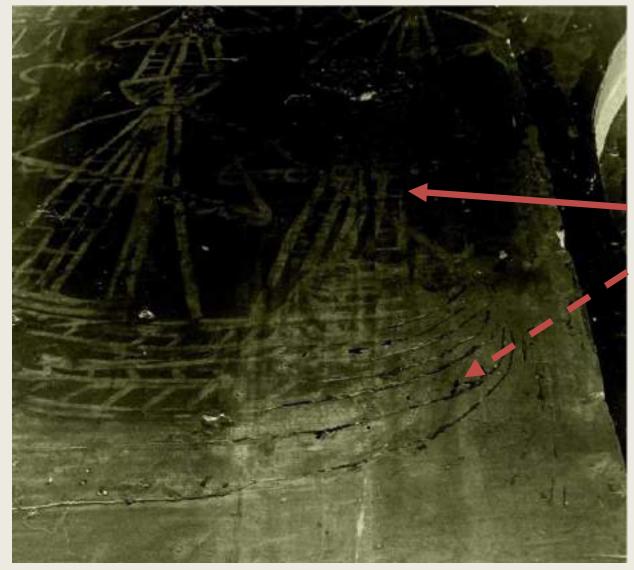


Particolare del colore rosso degradato e pigmentato alla luce UV





Particolare del colore rosso e parte del pigmento ancora degradato dall'originale "Graffito" dove è visibile l'intonaco sottostante

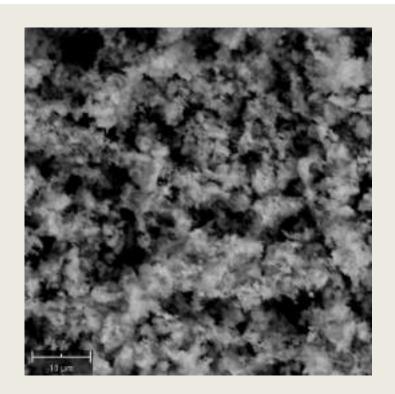


Esempio di analisi di immagine RX eseguita in sito per rilevare i "Graffiti" eseguiti con colore rosso

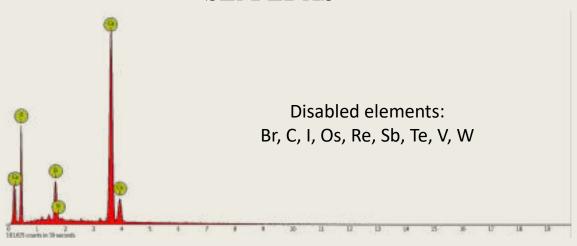
e i "Graffiti" incisi successivi e che li intaccano



Particolare di un pilastro con intonaco di rifinitura e "Graffiti" di colore rosso, in cui è stata rimossa solo in parte la calce di copertura dei militari italiani: sono evidenti i solchi della rimozione meccanica a mano lasciati sia sull'intonaco e sui "Graffiti". E' stata operata una "ripresa" del colore rosso dei "Graffiti" anche come raccordo di integrazione a coprire la malta dei militari.

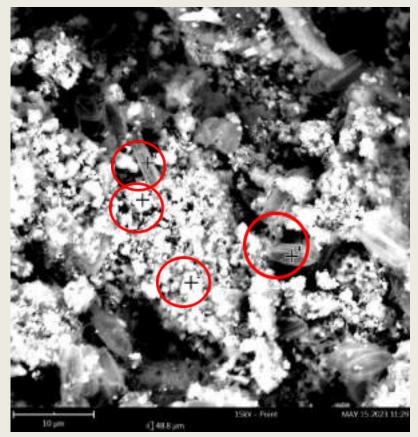


#### INTONACO SUPPORTO ANALISI SEM EDAS



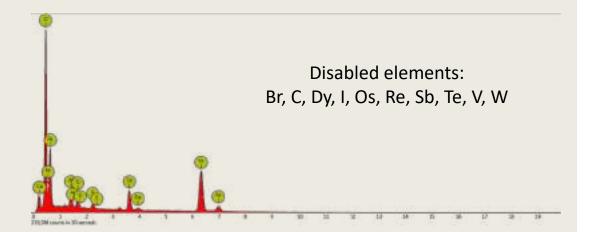
Microfotografia scansita al Sem che evidenzia la struttura del legante della malta ed il buon grado di ricarbonatazione della medesima

Element Symbol	Atomic Conc.	Weight Conc.	Oxide Symbol	Stoich. wt Conc.		
O Ca	75.19	55.63	CaO			
	21.89	40.58		87.50		
Si	2.92	3.79	SiO <sub>2</sub>	SiO <sub>2</sub> 12.50		



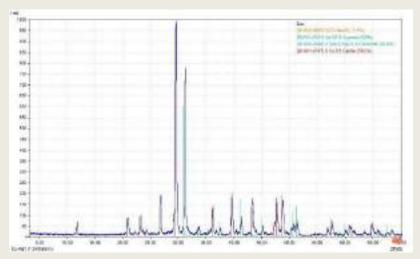
# Microfotografia scansita al Sem che evidenzia la struttura del colore rosso

# COLORE ROSSO "GRAFFITI" ANALISI SEM EDAS

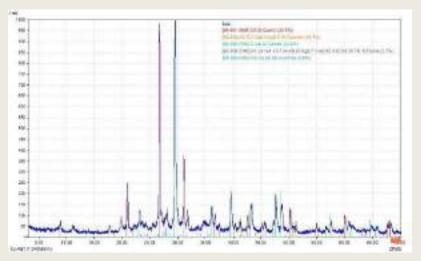


SPOT 2

Element Symbol	Atomic Conc.	Weight Conc.	Oxide Symbol	Stoich. wt Conc.		
0	75.68	50.93				
Fe	16.08	37.76	FeO	70.87		
Ca	3.08	5.20	CaO	10.61		
Al	2.61	2.96	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	8.17		
Si	1.77	2.09	SiO <sub>2</sub> 6.52			
S	0.78	1.05	SO <sub>3</sub>	3.84		



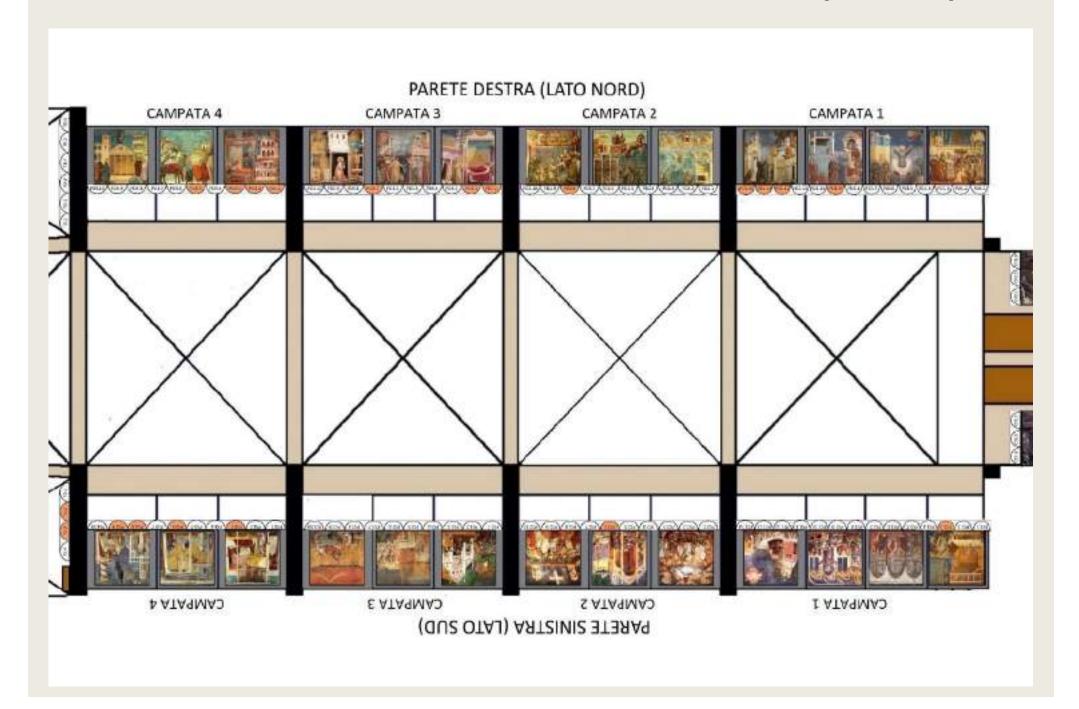
**XRD** - Campione AC14D

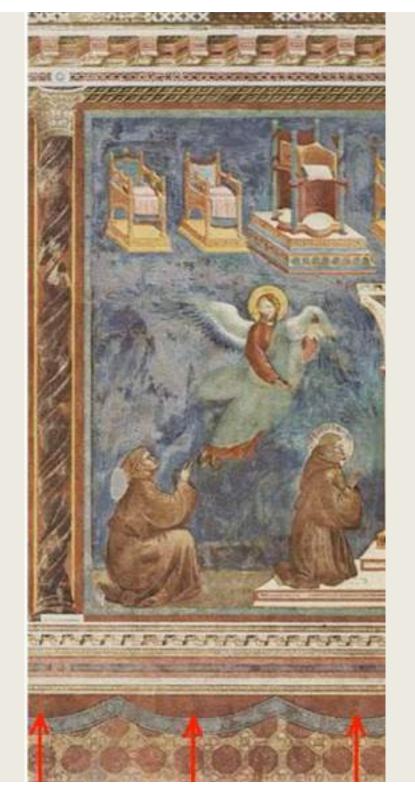


XRD Campione AC26D

					gica (XRD)	posizione minerale	Com		
Collocazione campione		Halite	K-mica	Gesso	Anortite	Dolomite	Calcite	Quarzo	Campione
Padiglione Burano	Iscrizione D BU18 lato sud (XRD su eroce)	0	7.6	5,5	3.0	32.8	43.2	7.9	AC-3D
	BU14 lato sud	3.6	0	3.0	11.7	31.3	39.5	10.9	AC-07D
	BU9 lato sud (parte rossa, substrato epigrafico)	0	0	12.0	0	25.6	49.1	13.3	AC-09D-R
	BU9 lato sud (parte bianca, substrato epigrafico)	0	0.3	2.8	2.0	39.0	45.1	10.7	AC-09D-W
	Sotto BU 18 lato sud (substrato epigrafico)	0	1.0	0	1.3	55.3	34.66	7.8	AC-10D
]	late nord	0	0.1	12.5	0	36.1	37.5	13.9	AC-11D
1	late nord	0	0.9	0	2.9	50.8	38.8	6.6	AC-12D
	late nord	0	0	0	2,6	30.6	59.3	7.5	AC-13D
1	late nord	0	0	6.8	0	35.8	50.0	7.4	AC-14D
Padiglior Venezia	VE15	0	0	10.9	0	25.7	56.8	6.7	AC22D
Padiglione Burano	Mattone pilastro 2	0	6.9	0	10.9	4.3	27.9	50.0	AC25D
	Mattone pilastro 11	0	2.5	0	9.9	18.7	33.2	35.7	AC26D

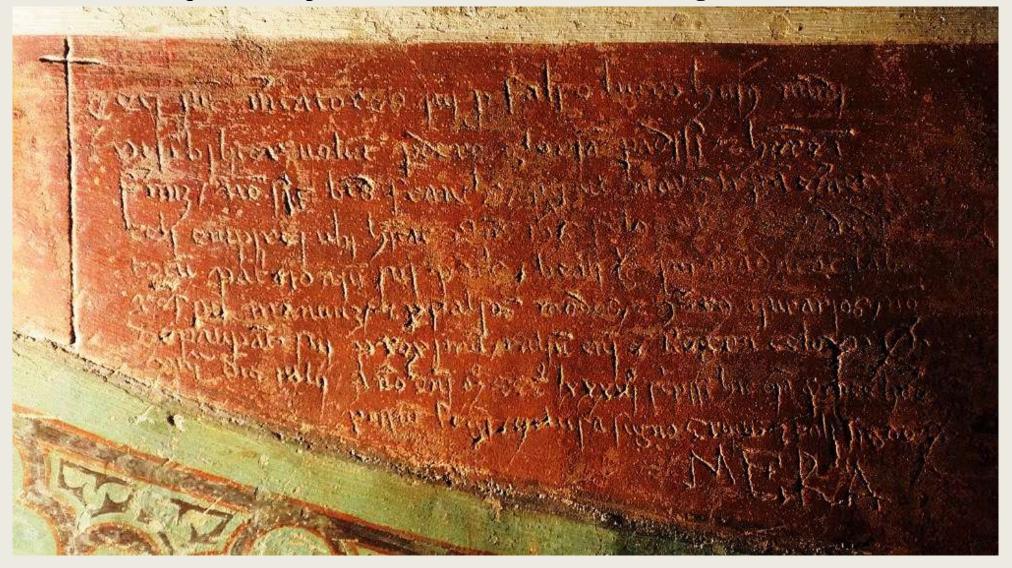
### Basilica superiore di San Francesco (Assisi)





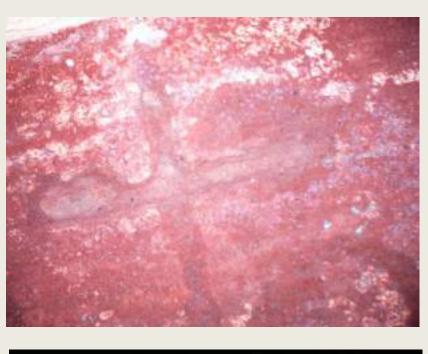


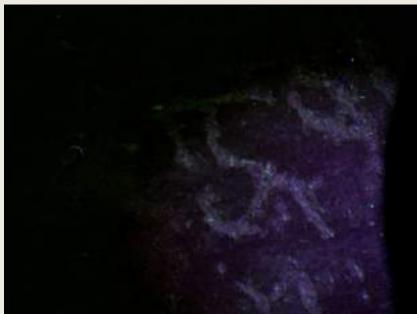
Parete destra, quarta campata, lunetta 5 Sotto scena del ciclo giottesco: Il dono del mantello

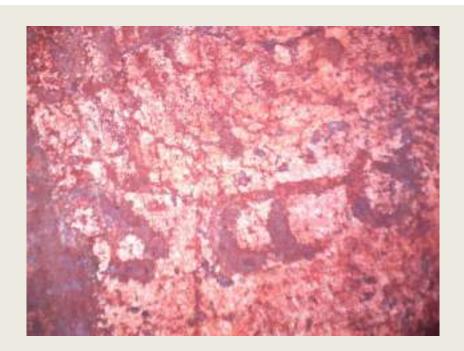


Nella Basilica di San Francesco si segnala un gruppo di venticinque graffiti – due di essi nella Basilica Inferiore e ventitré nella Superiore – eseguiti nel 1386 da un unico scrivente (?), identificabile con un frate, probabilmente italiano, come suggerisce l'analisi paleografica.











**Basilica superiore Campata 3 PD 3.2** 



Basilica inferiore transetto sinistro, impiccagione di Giuda



Basilica inferiore transetto sinistro, impiccagione di Giuda

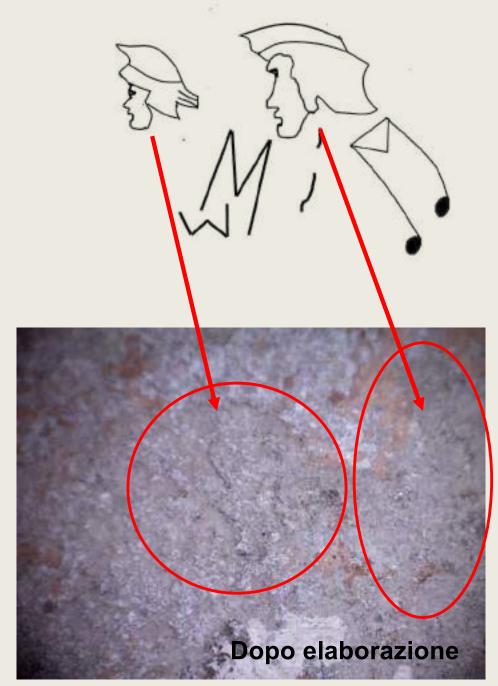
### San Niccolò Foligno

Ex convento dei Padri Agostiniani Eremitani, vi è un iscrizione eseguita da Amadeus Mozart. Leopold Mozart e il figlio Amadeus (quattordicenne) pernottarono tra il 14 e il 15 luglio 1770, durante un viaggio verso Loreto. Lo stato di conservazione è pessimo. Sono delineati due profili sinistri di figure maschili, un uomo ed un bambino, con due lettere W e M e delle note musicali.





Risultati dell'analisi eseguita su riprese al microscopio digitale in luce normale, infrarosso e UV. Elaborazione in falsi colori e restituzione in colori reali.





silvano.agostini@unich.it

silagogeo@libero.it

silagogeo@gmail.com

<u>Silvano AGOSTINI Research Director – ResearchGate</u>

Silvano AGOSTINI Academia Edu