

## **RELAZIONE SU**

### **ANALISI PALINOLOGICA DEL COMPLESSO DI FRASASSI – PRIMI RISULTATI PER RICOSTRUZIONI PALEOAMBIENTALI (Secondo Stralcio anno 2010-2011)**

**Genga – Regione Marche**

**Analisi eseguita da: Dott.ssa Mara Loreti**

**Incarico: G.S.AL.VA.P. Pioraco, sulla base della Legge Regionale 23 Febbraio 2000, n.12 (Regione Marche). Norme sulla Speleologia (art.12).**

**Prelievo dei campioni: con la collaborazione del Gruppo Speleologico AL.VA.P. Pioraco**

**Trattamento pollinico e Analisi Palinologica: Scuole di Scienze Ambientali Università di Camerino, Dipartimento di Biologia (Laboratorio di Palinologia e Paleobotanica) Università di Modena e Reggio Emilia**

**Elaborazione dati e stesura della relazione:**

**Dott.ssa Mara Loreti**

**Prof.ssa Anna Maria Mercuri**

**Dott. Sandro Galdenzi**

*... che hanno sempre creduto nelle "piccole carote di fango" che provengono dalle umide e fredde grotte dell'Appennino Centrale ...*

La relazione si riferisce ad un lavoro di analisi e interpretazione di dati pollinici da campioni provenienti dal Complesso di Frasassi, dati raccolti per ricostruzioni paleofloristico/ambientali e paleoclimatiche, e per la valutazione della qualità dell'ambiente nell'area studiata.

### **Cos'è la palinologia?**

La Palinologia è la Scienza che si occupa dello studio del polline e delle spore, sia viventi sia fossili. Il polline è prodotto dai fiori e come polvere colorata si sparge, si sposta e rimane vitale anche per tempi molto lunghi. Il polline contiene i gameti maschili necessari alla riproduzione sessuale delle piante.

Il granulo di polline è provvisto di un rivestimento che nella parte più esterna (esina) è costituito da sporopollenine, biopolimeri resistenti all'attacco di acidi e basi forti. Grazie alla resistenza dell'esina, i pollini fossili si mantengono riconoscibili e sopravvivono, in substrati diversi, da centinaia a milioni di anni. Questo rende possibile l'analisi pollinica di materiale fossile: i granuli si mantengono identificabili in substrati di laghi, carote marine e anche grotte.

I granuli pollinici diventano quindi uno strumento d'indagine e di misurazione estremamente comodo, in quanto sono emessi dalle piante stagionalmente e restano intrappolati nei sedimenti.

I substrati di grotta sono in genere poco conservativi per il polline e poco ricchi di sostanza organica, pertanto il loro ritrovamento non è sempre garantito e sicuramente il loro numero è sempre esiguo rispetto al grande dispendio di tempo ed energie che queste analisi richiedono.

Il palinologo, infine, è per definizione a cavallo di materie diverse e come tale deve lavorare in un approccio multidisciplinare.

## **Il polline in grotta e la speleo palinologia**

Nello studio di sedimenti di grotta, è importante porre molta attenzione alla scelta del sito di raccolta, in modo da assicurarsi la possibilità di trovare polline in buone quantità. In grotte superficiali, o con ingressi ampi, ci si può attendere l'arrivo del polline anemofilo per mezzo del trasporto aereo (anemofilo); in grotte più profonde il trasporto può avvenire o tramite acqua (idrofilo) o tramite animali (entomofilo) che un tempo frequentavano la grotta stessa. In grotte con ingressi piccoli, o poco ampie, gran parte dell'arrivo è da apporto idrico, da percolamento da superficie o scorrimento sotterraneo.

Il particolare contesto de posizionale della grotta, comunque, richiede un approccio metodologico e interpretativo peculiare e che tenga conto della morfologia della grotta studiata.

In grotta, è necessario raccogliere una quantità di campioni in peso umido maggiore rispetto a quella che si preleva normalmente (ad es. da carote lacustri o torbiere) a causa della generale quantità limitata del contenuto pollinico che si trova in questi depositi. Infatti, i substrati calcarei/alcalini di grotta non sono conservativi per il polline, e sono poveri di sostanza organica. Com'è uso in queste ricerche, poi, in laboratorio i campioni di grotta devono essere sottoposti a trattamenti fisico-chimici che eliminino tutta la sostanza minerale e concentrino il polline, senza però alterare la struttura e la morfologia dell'esina, che è determinante per il suo riconoscimento.

Tra le prime grotte studiate dal punto di vista palinologico in Italia, ricordiamo la grotta di Buco Bucone posta nell'Appennino Umbro (M.Serrasanta), a 1260 m di quota (LORETI M., 1997 - Ricerche Palinologiche nel Paleoringhio Buco Bucone. Gruppo Speleologico Gualdo Tadino (PG). Speleologia.,pp.2). I sedimenti prelevati a 210m di profondità hanno rivelato al microscopio polline raro ma ben conservato che testimonia che nei sedimenti si erano depositate nel tempo le tracce di una vegetazione

appartenente ad una fase quaternaria postglaciale a clima atlantico continentale (20.000-12.000 anni; periodo anatermico).

In tempi più recenti, la speleopalinologia si sposta in Abruzzo, dove è stato svolto uno studio multidisciplinare, nella Grotta di Valle delle Vacche nell'area della Cicerana all'interno del Parco Nazionale D'Abruzzo (LORETI M., MERCURI A.M., 2007 - La ricostruzione del paleoambiente attorno alla Grotta delle Vacche - Parco Nazionale d'Abruzzo: un'ipotesi su base speleopalinologica. In : M.Loreti e P.Salerno (a cura di), Una cavità dalle mille sorprese : La Grotta delle Vacche, nel Parco nazionale d'Abruzzo, Lazio e Molise. Arduino Sacco Editore, Bella (PZ), pp.43-67). Per 1 km attorno alla grotta, la faggeta con tigli e il querceto misto avevano probabilmente una distribuzione altitudinale diversa. La faggeta doveva essere distribuita nella fascia altitudinale superiore. I querceti erano a quota più bassa. Era presente di certo un'area umida confermata dalla presenza di pioppi, salici, platani e piante erbacee di ambienti umidi. L'abbondante edera, affiancata al luppolo e alla clematide, ha permesso di ricostruire un bosco diradato dove le piante lianose si potevano espandere e in questo caso nascondere l'imboccatura della grotta. E' stata confermata una cronologia olocenica del deposito analizzato, in accordo con l'ipotesi formulata su base paleozoologica.

L'esperienza palinologica vola in Messico, nelle stupende grotte di Naica, e in particolare nella Cueva de los Cristales. Dopo molti trattamenti chimici, i campioni di cristallo di selenite sono sciolti e per la prima volta al mondo si sono estratti dai cristalli pollini fossili ben conservati tali da poter consentire la ricostruzione del paleo clima e del paleo ambiente (Climatic control on the growth of gigantic gypsum crystals within hypogenic caves (Naica mine, Mexico)? - Paolo S. Garofalo, Mattias B. Fricker, Detlef Günther, Paolo Forti, Anna-Maria Mercuri, Mara Loreti, Bruno Capaccioni – in corso di pubblicazione su Earth and Planetary Science Letters).

Lo studio della grotta di Naica presentava, oltre alle problematiche tipiche della speleopalinologia, particolari complicazioni legate alla difficoltà di esplorare e alla scarsità di strati di posizioni idonei al campionamento. Il polline estratto dai cristalli

ha permesso, con la sua buona conservazione e la posizione all'interno dei cristalli stessi, di poter affermare che la loro deposizione è coeva alla formazione dei cristalli stessi.

### **Il polline nel Complesso di Frasassi**

Il Complesso di Frasassi è stato oggetto di continui studi geologici, geomorfologici e mineralogici, un solo studio palinologico effettuato nel 1977, aveva trovato i campioni prelevati sterili, cioè non contenenti pollini (Bertolani M., Garuti G., Rossi A., Bertolani Marchetti D. – Le Grotte d'Italia 1977)

I sedimenti sono stati prelevati in siti diversi, collocati a quote diverse corrispondenti a fasi carsiche non tutte riconducibili allo stesso evento di deposizione.



Fig. 1 – Punti di campionamento delle analisi palinologiche (prelievi eseguiti da Mara Loreti planimetria da Bocchini e Coltorti, 1990; ubicazione campioni di Sandro Galdenzi).

I granuli pollinici trovati sono risultati in buone/ottime condizioni tali da permettere il riconoscimento dei generi. Le concentrazioni polliniche sono risultate per lo più buone. Stato di conservazione e quantità di polline hanno reso il materiale campionato idoneo all'esecuzione delle analisi e particolarmente promettente per la ricostruzione paleovegetazionale.

## **II COMPLESSO CARSICO IPOGEO di FRASASSI – Genga (Marche)**

### **Le grotte - caratteri morfologici**

Le grotte di Frasassi si aprono nel versante adriatico dell'Appennino Umbro Marchigiano, a circa 40 km dal mare, in una piccola dorsale anticlinale tagliata da una profonda gola incisa dal torrente Sentino (Fig. 1). Le altitudini vanno da 200 m, corrispondente al livello di base locale, fino a circa 900 m; il clima della zona è sub-continentale montano, con temperature medie annue di circa 13 °C e precipitazioni pari a circa 1.000 mm/anno. Le grotte si aprono al nucleo della struttura anticlinale, principalmente sul versante orientale della dorsale, e si sviluppano quasi interamente all'interno di calcari giurassici molto puri e di elevata permeabilità, grossolanamente stratificati, interessati da una intensa fatturazione.

All'interno del rilievo carsificato si sviluppa una falda idrica a superficie libera, con livello abbastanza stabile, regolato dal F. Sentino; la circolazione idrica avviene con moti generalmente lenti in condotti sommersi di origine carsica. Soltanto nella zona nord-orientale del complesso carsico una barriera di permeabilità rappresentata da un orizzonte marnoso favorisce la concentrazione della circolazione freatica: in questa zona possono così aversi flussi freatici relativamente veloci in canali carsici.

Nell'acquifero si possono riconoscere due gruppi principali di acque:

- quelle bicarbonatiche, che derivano direttamente dall'assorbimento delle precipitazioni meteoriche sulla superficie del rilievo,
- quelle solfato-clorurate, a maggior tenore salino (fino a 2 g/l), comunemente note con il termine di acque sulfuree per la presenza di H<sub>2</sub>S, con concentrazioni fino a 18 mg/l; queste acque devono il loro chimismo alla risalita attraverso sottostanti rocce

evaporitiche ed alla miscelazione con quantità variabili stagionalmente di acque meteoriche (Sighinolfi, 1990; Tazioli et al., 1990; Galdenzi et al., 1999a); nella falda possono aversi fenomeni di stratificazione delle acque freatiche, con acque bicarbonatiche sovrapposte alle acque mineralizzate.

Le grotte conosciute sono oltre 100, ma soltanto tre (Grotta del Fiume - Grotta Grande del Vento, Buco Cattivo, Grotta del Mezzogiorno - Grotta di Frasassi) raggiungono sviluppi considerevoli. Le grotte hanno un andamento principalmente orizzontale e sono chiaramente disposte su livelli preferenziali (piani carsici); i piani carsici inferiori sono correlabili con i terrazzamenti alluvionali epigei (Bocchini & Coltorti, 1990; Taddeucci et al., 1992).

I piani inferiori delle cavità, compresi tra quote di 200 e 300 m, si sono sviluppati in condizioni idrogeologiche analoghe a quelle attuali; ciò è chiaramente testimoniato dalle morfologie simili, sia in grande che in dettaglio, nonché dalla identica conformazione del reticolo ipogeo; nei piani ubicati a quote più elevate (tra i 300 ed i 500 m) le caratteristiche morfologiche sono invece parzialmente differenti.

Ogni piano presenta un andamento essenzialmente ramiforme, con grandi ambienti che terminano improvvisamente su strette fessure e cunicoli in cui possono svilupparsi zone a spongework; non mancano tratti labirintici, generalmente impostati su sistemi di fratture.

In tutta la grotta si hanno morfologie freatiche: i singoli condotti hanno in prevalenza una sezione tubolare, con diametri variabili da 1 a 10 m, sono complessivamente orizzontali e presentano frequenti anastomosi. Alcuni grandi saloni presentano ampie volte tondeggianti e pavimenti rocciosi pianeggianti; fratture e crepacci sul pavimento costituiscono le originarie vie di afflusso delle acque freatiche. Strutture a cupola di varie dimensione sono presenti in tutto il complesso; la loro origine può essere avvenuta sia in zona freatica che in ambiente aerato, per effetto di acque di condensazione (Cigna & Forti, 1986).

Depositi argillosi e siltitici abbondano nella grotta, dove sono stati interpretati come depositi residuali (Bertolani et al., 1977), mentre ghiaie alluvionali alloctone sono assenti o limitate alle zone molto vicine alla superficie.

## ANALISI PALINOLOGICHE

### **Campionamento**

I campioni sono stati prelevati da Mara Loreti, Sandro Galdenzi (speleologi e ricercatori) e Giulio Cotechini (speleologo). I campioni appartengono a siti corrispondenti a livelli carsici diversi. I Campioni sono i seguenti, le età stimate indicate, ad eccezione del 1° campione, sono quelle delle gallerie e non dei depositi, basandosi sui dati di Taddeucci et al.).

#### **5° campione**

- Grotta Grande del Vento "Sala Duecento" dislivello > 20 metri sul livello di base locale - età stimata > 130.000 anni
- 15 g di sabbia fine sotto il gesso
- presenza di carbonato di calcio (effervescenza resistente al trattamento con HCl 10%)
- sedimento con materiale organico più evidente

#### **6° campione**

- Grotta Grande del Vento "Sala Duecento" dislivello > 20 metri sul livello di base locale - età stimata > 130.000 anni
- 15 g di materiale limoso-argilloso siliceo dilavato dalle acque ricche di acido solforico
- non presenza di carbonato di calcio

- sedimento con materiale organico più evidente

### **7° campione**

- Grotta Grande del Vento "Sala Duecento" dislivello > 20 metri sul livello di base locale - età stimata > 130.000 anni
- 15 g di materiale argilloso senza evidenza di alterazione da acque sulfuree
- non presenza di carbonato di calcio
- sedimento con scarso materiale organico

### **8° campione**

- Grotta del Fiume "Condotta Fabrianese, la Cannella" dislivello circa 20 metri sul livello di base locale - età stimata > 130.000 anni
- 15 g di materiale limoso-argilloso poggiante sul pavimento della grotta
- non presenza di carbonato di calcio
- sedimento con materiale organico limitato ma evidente

### **9° campione**

- Grotta del Fiume "il Salsicciotto" dislivello circa > 30 metri sul livello di base locale - età stimata > 130.000 anni
- 15 g di materiale limoso-argilloso con sottili livelli sabbiosi clino stratificati facenti parte di un cono detritico coperto da crostone calcitico
- non presenza di carbonato di calcio
- sedimento con scarso materiale organico

## Trattamento chimico

In laboratorio, i primi quattro campioni sono stati sottoposti ad estrazione del polline attraverso passaggi chimici e fisici. Il metodo utilizzato è stato messo a punto dall'Istituto di Scienza della Terra dell'Università di Vrije (Amsterdam). Tale metodo libera i pollini dal sedimento in cui sono imprigionati e li rende ben visibili al microscopio ottico.

Una quantità di ca. 10g di peso umido per campione (quantità elevata poiché, come detto sopra, il contenuto pollinico di questi depositi è scarso) è stata sottoposta a un trattamento di estrazione. Spore di *Lycopodium* sono state aggiunte per il calcolo della concentrazione pollinica (espressa in granuli pollinici per grammo = p/g). Il metodo prevede deflocculazione con Na-pirofosfato 10%, dissoluzione dei carbonati con HCl 10%, setacciatura con filtro di nylon a maglie di 7  $\mu\text{m}$ , acetolisi (anidride acetica e acido solforico 9:1, secondo Erdtman 1960) a bagnomaria per 10' per eliminare parte della sostanza organica, arricchimento con liquido pesante (Na-metatungstato idrato) per concentrare il polline per galleggiamento, dissoluzione dei silicati con HF 40%, lavaggio in etanolo, inclusione in glicerina. Il campione 4 ha mostrato effervescenza al trattamento con HCl 10%.

Sono stati allestiti vetrini fissi, due per ogni campione, depositando sul vetrino portaoggetto piccoli quantitativi di preparato insieme a pochi grammi di glicerina glicerinata. Sui bordi del vetrino copri oggetto è stato steso uno strato di paraffina allo stato liquido, che in breve si solidifica formando un "muro" lungo il contorno. Il vetrino portaoggetto è lasciato per pochi secondi sulla fiamma, in modo da amalgamare il materiale secco con la glicerina glicerinata, quindi lo si copre con il vetrino copri oggetto. La paraffina, a contatto con il calore, si scioglie spandendosi intorno al preparato. Si toglie repentinamente il vetrino dalla fiamma e lo si lascia raffreddare. Con questo sistema i vetrini si conservano più a lungo.

I vetrini fissi così allestiti sono stati etichettati e sono entrati a far parte della Palinoteca del Laboratorio di Palinologia di Modena.

L'osservazione al microscopio ottico è stata eseguita a 400x, e a 1000x per le determinazioni. Durante l'esame microscopico sono stati registrati tutti i granuli pollinici. L'identificazione palinologica è stata eseguita per mezzo di atlanti (ad esempio, Reille 1992, 1995, 1998) e della collezione di vetrini di confronto del laboratorio (Palinoteca; Torri et al., 2005).

## **Risultati**

**Questa indagine palinologica ha reso possibile l'osservazione – per la prima volta – di polline fossile nei depositi argillosi-limosi-sabbiosi del Complesso Frasassi.**

**Le analisi si sono rivelate piuttosto complesse poiché il materiale pollinico, anche se complessivamente ben conservato, è risultato di difficile individuazione.**

## 5° Campione- Grotta Grande del Vento - Sala Duecento – Sotto il gesso

**Litografia:** sedimento costituito di sabbia fine sotto il gesso.

Durante il trattamento chimico si è rivelata la presenza di carbonato di calcio. Il sedimento è il più ricco di materiale organico.

**Età stimata:** > 130.000

**Polline fossile:** conservazione buona / ottima

**Rapporto Legnose / Erbacee = 69,57 % / 30,34 %**

**Legnose: 7 taxa** - *Betula* (1), *Cupressus* (1), *Quercus* caducif. (1), *Fraxinus ornus* tipo (1), *Pinus* (6), *Abies* (3), *Picea* (2).

**Erbaceae: 8 taxa** – Asteroideae indiff. (1), *Centaurea* (1), Poaceae indiff. (1), Cyperaceae indiff. (1), *Rubus* (1), *Lilium* (1), *Plantago media/major* (1), *Vitis* (1).

Il numero delle legnose è decisamente superiore alle erbacee.

Le Conifere trovate nel campione sono 12 granuli pollinici su un totale di 16, e ciò, pur nella scarsità di dati, sembrerebbe propendere per un deposito relativo ad una fase a clima freddo.

## 6° Campione- Grotta Grande del Vento - Sala Duecento

**Litografia:** deposito fluviale limoso – argilloso siliceo dilavato dalle acque ricche di acido solforico.

Durante il trattamento chimico non si è rivelata la presenza di carbonato di calcio. Il sedimento è il più ricco di materiale organico.

**Età stimata:** > 130.000

**Polline fossile:** conservazione buona / ottima

**Rapporto Legnose / Erbacee = 73,17 % / 26,83 %**

**Legnose: 19 taxa** – *Hedera helix* (1), *Betula* (3), *Alnus* (2), *Fagus* (1), *Carpinus orientalis* (3), *Ostrya carpinifolia* (1), *Quercus caducif.* (4), *Quercus ilex* (1), *Fraxinus excelsior* tipo (2), *Fraxinus ornus* tipo (3), *Salix* (3), *Tilia* (1), *Ulmus* (1), *Cupressus* (1), *Taxodium* (3), *Pinus* (25), *Abies* (3), *Picea* (1), *Cedrus* (1), *Salix* (3), *Tilia* (1), *Ulmus* (1).

**Erbaceae: 8 taxa** – Apiaceae indiff. (1), *Helianthemum* (2), *Vaccinium* (1), Fabaceae indiff. (2), Poaceae indiff. (11), Chenopodiaceae indiff. (1), *Pyrus* (1), *Linaria* tipo (2).

Il numero delle legnose è decisamente superiore alle erbacee e testimonia una fase forestata.

E' il campione più ricco di conifere ed in particolare *Pinus*. Il numero delle latifoglie non supera quello delle conifere.

L'associazione mediocratica di *Pinus* – *Quercus* – *Abies* – *Picea* – *Tilia* – *Ulmus* – *Carpinus* – *Betula* - *Ostrya*, a clima temperato caldo è stata rinvenuta nel bacino di Leonessa (Ricciardi, 1964) - (Pleistocene inferiore), nel bacino di Rieti (Loreti e Tosti, 1975) attribuita sempre al Pleistocene inferiore e nel bacino di Pietrafitta (Ricciardi, 1961), cronologia Plio - Pleistocene.

E' il campione relativamente più ricco di *Taxodium*, conifera spiccatamente termofila del Pliocene, è stato osservato nel bacino di Pietrafitta (Ricciardi, 1961), nel bacino di Rieti (Loreti e Tosti, 1975) con cronologia Plio – Pleistocene., nel deposito fluviale del torrente Sentino (Frasassi), (Bertolani et al., 1977), cronologia Pliocenica per la presenza anche di *Tsuga* ed altre conifere indiff.) e nel tufo litoide della formazione di “peperino” della via Flaminia - Roma (Follieri, Magri, 1961), (Follieri, 2007), (Howell, 1962), Pleistocene medio, 450 ka, in associazione a *Cedrus*, *Abies*, *Cupressus* e *Picea*. Nel deposito di Sessano - Molise (Russo Ermolli et al., 2010), Pleistocene medio, nei

sedimenti fluvio – lacustri di Madonna della Strada, Scoppito (Aquila), (Magri e Colasanti, 2010), deposito lacustre Valle del Salto, Tora e Borgorose (Lazio), (Sadori e Giardini, 2007).

Le erbacee rappresentate sono indicatrici di praterie o radure temperate.

## 7° Campione- Grotta Grande del Vento Sala Duecento

**Litografia:** sedimento argilloso senza evidenza di alterazioni da acque solfuree.

Durante il trattamento chimico non si è rivelata la presenza di carbonato di calcio. Il sedimento è scarso di materiale organico.

**Età stimata:** > 130.000

**Polline fossile:** conservazione buona / ottima

**Rapporto Legnose / Erbacee = 75,00 % / 25 %**

**Legnose: 3 taxa** – *Quercus* caducif. (1), *Pinus* (4), *Abies* (1).

**Erbacee: 1 taxa** – Poaceae indiff. (1).

Le scarsissime presenze suggeriscono a livello ipotetico un'associazione forestata di conifere e querce.

## 8° Campione- Grotta del Fiume “ Condotta Fabrianese”

**Litografia:** sedimento limoso – argilloso poggiante sul pavimento della grotta.

Durante il trattamento chimico non si è rivelata la presenza di carbonato di calcio. Il sedimento è scarso di materiale organico.

**Età stimata:** > 130.000

**Polline fossile:** conservazione buona / ottima

**Rapporto Legnose / Erbacee = 100,00 % / 0,00 %**

**Legnose: 2 taxa – *Abies* (1). *Taxodium* (1).**

## 9° Campione- Grotta del Fiume “ Il Salsicciotto”

**Litografia:** sedimento limoso – argilloso con sottili livelli sabbiosi clino - stratificati facenti parte di un cono detritico coperto da crostone calcitico.

Durante il trattamento chimico non si è rivelata la presenza di CaCO<sub>3</sub>. Il sedimento è scarso di materiale organico.

**Età stimata:** > 130.000

**Polline fossile:** conservazione buona / ottima

**Rapporto Legnose / Erbacee = 87,50 % / 12,50 %**

**Legnose: 9 taxa** - Celastraceae (8), *Quercus caducif.* (2), *Corylus avellana* (1), *Fraxinus excelsior* tipo (2), *Fraxinus ornus* tipo (1), *Salix* (1), *Cupressus* (1), *Abies* (1), *Olea / Ligustrum* (1).

**Erbaceae: 1 taxa** - Cyperaceae indiff. (1).

La presenza delle Celastraceae e delle Cupressaceae potrebbe indicare una datazione Pre - Pleistocenica. Il campione potrebbe essere avvicinato al campione 4.

## **Discussione**

I risultati delle analisi polliniche consentono di ottenere alcune informazioni:

### **a) Stato di conservazione**

Lo stato di conservazione dei granuli pollinici osservati è risultato piuttosto simile nei cinque campioni. Gran parte dei granuli pollinici, dei quattro campioni osservati al microscopio, sono risultati in stato di conservazione buono/ottimo. Ciononostante, la biodiversità floristica è risultata di (totale 75 taxa): non possiamo dunque escludere che nei campioni sia avvenuta una corrosione selettiva (secondo Andersen in Berglund 1986; Haviga, 1967) dei granuli con esina meno resistente. Tale ipotesi è suggerita dall'aver osservato che alcuni granuli presentano segni di deterioramento, e questo può avere causato la perdita delle tipologie con esine più sottili.

### **b) Concentrazione pollinica**

La concentrazione pollinica è genericamente bassa se confrontata con altri depositi pollinici (ad es., essa può essere di migliaia di granuli/grammo in campioni da depositi lacustri, e di milioni di pollini per grammo in cuscinetti muscinali o campioni ricchi di sostanza organica come lo sterco).

I campioni qui esaminati presentano concentrazioni scarse, come normalmente avviene in depositi di grotta. Infatti i depositi di grotta sono poveri di sostanza organica e inoltre i substrati calcarei/alcalini di grotta non sono conservativi per il polline. In questo caso, a differenza di altri depositi di grotte studiati nell'Appennino Umbro-Marchigiano, ci troviamo a cercare polline in depositi di età superiore ai 200.000 anni. Ciò può aver

decisamente influito sulla quantità del polline ma non sulla qualità risultata buona, tale da poter permetterne il riconoscimento.

Se strati ricchi di sostanza organica sono accumulati in grotta, come ad esempio è il caso di depositi archeologici o strati di sterco accumulati per frequentazione delle grotte da parte di animali, anche in grotta si possono trovare valori molto elevati di concentrazioni polliniche. La conformazione del complesso ipogeo di Frasassi e gli scarsi ritrovamenti di resti di fauna, però, porta a escludere la frequentazione assidua da parte di animali. Si tratta dunque di un contenuto pollinico apportato in grotta da un vettore che deve aver occupato in modo simile tutte le parti dove i campioni pollinici sono stati raccolti, e questo suggerisce l'ipotesi, riportata di seguito, che il polline in questi depositi sia dovuto a un apporto prevalentemente idrico, e questo rende tali campioni migliori di molti altri esaminati in grotte simili dal punto di vista palinologico.

### **c) Trasporto pollinico**

La morfologia del Complesso Frasassi suggerisce che il principale agente di trasporto del polline in questi depositi sia stata l'acqua, e che questi granuli siano arrivati con infiltrazioni a seguito dell'allargamento delle fratture da parte di acque di precipitazione e dilavamento, o al momento relativo alla fase freatica quando si andava formando la rete di condotte carsiche nel pleistocene medio e superiore o quando, nei periodi glaciali, la produzione di detriti causava il formarsi di sbarramenti che costringevano il torrente Sentino ad elevarsi, alluvionando gli stessi conoidi detritici per diversi metri, formando quindi piccoli bacini lacustri con il conseguente formarsi di depositi limosi e argillosi. Al termine del lavoro le correlazioni palinologiche e geomorfologiche potranno offrire la possibilità di contribuire alla genesi dei depositi argillosi.

Altro elemento utile per comprendere il trasporto pollinico è dato dall'osservazione che la lista floristica è costituita da molte piante anemofile legnose (querce, betulla, pini,

salici, ontani) ed erbacee (graminacee), prodotte in grandi quantità per essere affidate al trasporto eolico. La scarsa presenza di polline entomofilo (tiglio, edera) è coerente con quanto affermato in precedenza relativamente alla scarsa frequentazione animale del complesso ipogeo, in particolar modo per l'Abisso Ancona. Si può quindi affermare che il veicolo principale di apporto pollinico sia stato il trasporto idrico.

#### **d) Rappresentatività pollinica e ipotesi sulla ricostruzione paleovegetazionale**

E' noto che ciascun genere/specie di pianta ha una diversa rappresentatività pollinica in dipendenza da fattori genetici e fisiologici intrinseci, nonché delle condizioni ambientali di trasporto e deposizione. La percentuale di polline in un determinato substrato, dunque, non corrisponde direttamente alla vegetazione con equazione lineare (Faegri et al., 1989; Dimbleby, 1985).

Nelle analisi in esame, è di particolare interesse considerare le presenze di polline saccato di conifere. Tra di essi, la prevalenza di Pinaceae (*Pinus*, *Abies*, *Picea*, *Cedrus*) può essere legata a diversi fattori: a) le Pinaceae includono specie anemofile che producono molti milioni di granuli per pianta, per questo possono essere sovrarappresentati negli spettri pollinici, specialmente quelli relativi a depositi lontani dalle sorgenti (fondali marini, ad esempio); b) il polline delle Pinaceae è saccato, possiede cioè delle appendici cave che si rigonfiano di aria e ne favoriscono il galleggiamento in aria e in acqua; ciò rende il pino un polline molto abbondante nel caso di trasporto idrofilo.

Altri elementi 'favoriti' dal trasporto idrofilo sono salice e ontano (alberi che vivono in preferenze su terreni inzuppati) che, assieme alle alghe, sono legate ai percorsi compiuti dall'acqua vicino a corsi, pozze o specchi d'acqua dolce prima di infiltrarsi.

Nel campione n°5, il numero delle legnose è decisamente superiore alle erbacee.

Le Conifere, come *Pinus*, *Cupressus*, *Picea*, *Abies* trovate nel campione sono 12 granuli pollinici su un totale di 16, e ciò, pur nella scarsità di dati, sembrerebbe propendere per un deposito relativo ad una fase a clima freddo.

Nel campione n°6, il numero delle legnose è decisamente superiore alle erbacee e testimonia una fase forestata.

E' il campione più ricco di conifere ed in particolare *Pinus*. Il numero delle latifoglie non supera quello delle conifere.

L'associazione mediocratica di *Pinus- Quercus- Abies- Picea- Tilia- Ulmus-Carpinus- Betula- Ostrya*, a clima temperato caldo

E' il campione relativamente più ricco di *Taxodium*, conifera spiccatamente termofila del Pliocene,

Nel campione n°7, Grotta Grande del Vento, Sala 200, le scarsissime presenze di granuli pollinici, suggeriscono a livello ipotetico un'associazione forestata di conifere e querce.

Nel campione n°8, Grotta del Fiume "Condotta Fabrianesi" è stato trovato pochissimo polline di legnose, solo *Abies* e *Taxodium*. Un campione da dover sicuramente riprendere in esame per la presenza del *Taxodium*, conifera termofila antica del terziario.

Nel campione n°9, Grotta del Fiume "Il Salsicciotto" la presenza delle Celastraceae e delle Cupressaceae potrebbe indicare una datazione Pre - Pleistocenica. Il campione potrebbe essere avvicinato al campione n°4.

## **CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE**

**Al momento attuale, i risultati ottenuti dalle analisi palinologiche fin qui condotte sono incoraggianti, ma mostrano a pieno le difficoltà di questo tipo di ricerca: trattamenti chimico-fisici piuttosto lunghi e osservazioni microscopiche che richiedono molti vetrini e molto tempo a causa della scarsità del materiale.**

**Una prima interessante conclusione che si trae da queste analisi polliniche qui presentate è che la presenza stessa di polline, trovato per la prima volta, nei depositi argillosi e limosi, delle Grotte di Frasassi sembra confermare che l'origine dei sedimenti interni non è da attribuire ad un processo residuale di dissoluzione del calcare, ma alla percolazione dalle rocce di copertura e quindi di provenienza per la maggior parte alloctona, vista anche la notevole quantità di sedimenti.**

**Abbiamo verificato la mancanza di pollini sub-attuali, e di pollini estranei all'associazione individuata, il che ci fa escludere una deposizione progressiva dei fanghi analizzati durante l'intera storia della grotta. Il tanto temuto rimescolamento è quindi escluso anche considerando, che lo stato di conservazione del polline è simile in ogni sito preso in esame e questo fa ritenere che la loro deposizione sia avvenuta in modo piuttosto omogeneo.**

**Le prime ipotesi di ricostruzione paleoambientale che possiamo formulare riguardano alcuni tratti principali che paiono riproporsi in tutti gli spettri pollinici:**

- la vegetazione doveva essere prevalentemente legnosa, corrispondente a foreste prevalenti sulle aree aperte**
- tale vegetazione doveva essere distribuita su fasce altitudinali con distribuzione, probabilmente, da termofile -sempreverdi alle fasce più basse, verso latifoglie e conifere alle fasce più alte**

- i campioni, che corrispondono in parte o tutti a fasi cronologiche diverse, suggeriscono che durante le fasi più calde, la vegetazione fosse caratterizzata da una lecceta, mentre nelle fasi più fresche/fredde nella foresta ci fosse espansione di latifoglie, per ora individuate soprattutto in carpini, frassini, quercia, tiglio, castagno, betula.
- La presenza del *Taxodium*, *Abies* nel campione della “Condotta Fabrianese”, attribuisce sicuramente il sito al Pleistocene medio.
- La presenza delle Celastraceae e delle Cupressaceae, relitti termofili del tardo terziario, confermano per il campione n°9 “Il Salsicciotto” una cronologia ascrivibile al periodo Plio-Pleistocene
- In ambienti freschi, ombrosi e umidi è presente a quote alte una foresta di latifoglie e conifere, costituita da *Betula*, *Castanea*, *Fraxinus ornus* tipo, *Fraxinus excelsior* tipo, *Tilia*, *Abies*, *Picea* e *Cedrus*
- La presenza di *Juniperus* tipo si può associare alla formazione di una foresta di conifere temperata insieme alle altre Cupressaceae come *Cupressus* e *Taxodium*, o alla macchia di sclerofille mediterranea, insieme a *Quercus ilex* tipo, *Myrtus* e *Olea*
- L’associazione di conifere antiche come *Podocarpus*, *Taxodium*, *Cupressus*, *Cedrus*, *Abies*, *Picea*, *Pinus haploxylon* confermano una foresta montana fredda di un periodo glaciale Pleistocenico, sopravvissuta nell’Appennino centrale dal tardo Pliocene, fino al Pleistocene medio.
- Importante il ritrovamento del *Taxodium*, conifera termofila che segna il passaggio dal Pliocene al Pleistocene, Limite Tiberiano, che sembra essere spostato alla seconda glaciazione del Pleistocene. Infatti il *Taxodium* è stato rinvenuto fino nel Pleistocene medio in diversi lavori di palinologia al Centro Italia. In stazioni di rifugio, è sopravvissuto all’abbassamento delle temperature durante le glaciazioni del Pleistocene.

- Il taxa *Podocarpus*, è il rappresentante di una flora antartica endemica a clima freddo/umido, che viveva nelle regioni meridionali del Gondwana, e che al momento della separazione dei continenti iniziata circa 100 milioni di anni fa, si è spostato nelle regioni umide dell'Australia per poi migrare in Asia, da cui rari esemplari sono arrivati in Europa del Nord. Il suo ritrovamento nella Grotta Frasassi rappresenta un'alta preziosità e fa di questa grotta, l'unico sito in Italia centrale ed il secondo in Italia.
- A quote più basse era presente il querceto misto termofilo di *Quercus caducif.*, *Fraxinus ornus* tipo, *Fraxinus excelsior* tipo, *Carpinus orientalis*.
- La presenza dei taxa erbacei rinvenuti, come *Artemisia*, *Chenopodiaceae*, *Cyperaceae*, *Heliantenum*, *Rosaceae*, *Poaceae* indiff., *Caryophyllaceae*, *Asteroidae*, indiff., *Fabaceae* indiff., confermano che nell'area di Frasassi esistevano praterie / steppe a clima freddo e arido.

*Il quadro vegetazionale/ambientale fin qui emerso potrà essere dettagliato e verificato grazie ad ulteriori indagini. Si ritiene, dunque, interessante procedere al trattamento e analisi degli altri campioni prelevati, nonché al prelievo eventuale di altri campioni.*

*Il confronto con dati crono-stratigrafici potrà essere di notevole aiuto per le identificazioni polliniche e per l'inquadramento della florula pollinica così individuata in quadri vegetazionali-climatici appropriati.*

## **Bibliografia consultata**

- ACCORSI C.A., BANDINI MAZZANTI M., FORLANI L., MERCURI A.M., TREVISAN GRANDI G., 1999, *An overview of Holocene Forest pollen flora/vegetation of the Emilia Romagna Region – Northern Italy*. *Archivio Geobotanico*, 5 (1-2): 3-27.
- BERGLUND B.E. (ed.) *Handbook of Holocene Paleoecology and Palaeohydrology*. Chichester.
- BERGLUND B.E., RALSKA-JASIEWICZOWA M. 1986. Pollen analysis and pollen diagrams. In: Berglund B.E. (ed.) *Handbook of Holocene Paleoecology and Palaeohydrology*. Chichester, pp. 455-484.
- BERTOLANI MARCHETTI D., FORLANI L. & TREVISAN GRANDI G., 1983 *Analisi polliniche in reperti delle grotte del Lago Copaide (Beozia-Grecia)*. *Le Grotte d'Italia*, 11, pp. 173-182.
- BROSTRÖM, GAILLARD M.-J., IHSE M., ODGAARD B.- *Pollen-landscape relationships in modern analogues of ancient cultural landscapes in southern Sweden-a first step towards quantification of vegetation openness in the past*. In *Vegetation History and Archaeobotany*, 7, 1998, p. 189–201
- DIMBLEBY G.W., *The Palynology of Archaeological Sites*, Academic Press, London (1985).
- ERDTMAN G., 1960 *The acetolysis method, a revised description*. *Svensk.Bot. Tidskr.*, 54, pp. 561-564.
- FAEGRI K., KALAND P.E., KRZYWINSKI K., 1989 *Textbook of Pollen Analysis*. Wyley & Son, London.
- HAVINGA A.J., *Palynology and pollen preservation*, *Review of Palaeobotany and Palynology* 2 (1967), pp. 81–98.
- HOROWITZ A. - *Palynology of arid lands*. Amsterdam, Elsevier, 1992.

LOWE J.J., ACCORSI C.A., BANDINI MAZZANTI M., BISHOP A., FORLANI L., VAN DER KAARS S., MERCURI A.M., RIVALENTI C., TORRI P., WATSON C., 1996, *Pollen stratigraphy of sediment from crater lakes (Lago Albano and Lago Nemi) and the Central Adriatic spanning the interval from oxygen isotope Stage 2 to present day*. Memorie dell'Istituto Italiano di Idrobiologia, 55 : 71-98.

LORETI M., 1974-75, *Analisi palinologica dello strato superficiale (0 – 1 m) dei depositi lacustri del Bacino di Rieti*, Tesi di Laurea (relatore: Prof. R. Pichi Sermolli), Università degli Studi di Perugia.

LORETI M., SALERNO P., BERARDI D., CERASA N., 2002, La Grotta delle Vacche nel Parco Nazionale d'Abruzzo, in Atti Montello 2002 "conglomeriamoci", 21° Incontro Internazionale di Speleologia, Nervesa della Battaglia 1-3 novembre 2002, pp. 155-171.

MACPHAIL et al. 2004: MACPHAIL R.I., CRUISE G.M., ALLEN M.J., LINDERHOLM J., REYNOLDS P. - *Archaeological soil and pollen analysis of experimental floor deposits; with special reference to Butser Ancient Farm, Hampshire, UK*. In *Journal of Archaeological Science*, 31, 2004, p. 175-191.

MC GARRY S.F., CASELDINE C., 2004 Speleothem Palynology: an undervalued tool in Quaternary studies. *Quaternary Science Reviews*, 23 (23-24): 2389-2404.

MERCURI A.M., 1999 Palynological analysis of the Early Holocene sequence. In di Lernia S. (ed.), *The Uan Afuda cave Hunter-gatherer Societies of Central Sahara*. Arid Zone Archaeology, Monographs 1, All'Insegna del Giglio, Firenze, pp. 149 – 181, 239 – 253.

MILLER N.F., 2005 An Idiosyncratic and Not Exhaustive Bibliography for Animal Dung and Archaeology. University of Pennsylvania Museum (August 2005): <http://www.sas.upenn.edu/~nmiller0/dung.html>.

MONTALI E., MERCURI A.M., TREVISAN GRANDI G., ACCORSI C.A., in stampa - *Towards a "crime pollen calendar" - pollen analysis on corpses throughout one year* – *Journal of Forensic Science*.

MOORE P.D., WEBB J.A., COLLINSON M.E., 1991 Pollen analysis. Blackwell Scientific Publication, Oxford.

NAVARRO C., CARRION J.S., NAVARRO J., MUNUERA M. and PRIETO A.R., 2000 An experimental approach to the palynology of cave deposits, *Journal of Quaternary Science* 15, pp. 603–619.

NAVARRO C., CARRION J.S., MUNUERA M., PRIETO A.R., 2001 Cave surface pollen and the palynological potential of karstic cave sediments in palaeoecology. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 117 (4) 245-265.

REILLE M., 1992 Pollen et spores d'Europe et d'Afrique du Nord, Marseille.

REILLE M., 1995 Pollen et spores d'Europe et d'Afrique du Nord. Supplement 1, Marseille.

REILLE M., 1998 Pollen et spores d'Europe et d'Afrique du Nord. Supplement 2, Marseille.

RONCHITELLI A., ABBAZZI L., ACCORSI C.A., BANDINI MAZZANTI M., BERNARDI M., MASINI F., MERCURI A., MEZZABOTTA C., ROOK L., 1997 - The Grotta Grande of Scario (Salerno-Southern Italy): stratigraphy, archaeological finds, pollen and mammals. Proceedings 1 International Congress of "Science and technology for the safeguard of Cultural Heritage in the Mediterranean Basin (Catania, 27 November-2 December), pp. 1529- 1535.

SUGITA S. - *A Model of pollen Source Area for an Entire Lake Surface*. In *Quaternary Research*, 39, 1993, p. 239-244.

TORRI P., TREVISAN GRANDI G., ACCORSI C.A., 2005 – Palinoteca e Corsi Universitari di Palinologia. *Informatore Botanico Italiano*, 37 (1, parte B): 940-941.

TREVISAN GRANDI G., MARIOTTI LIPPI M., MERCURI A.M., 1998 - Pollen in dung layers from rockshelters and caves of Wadi Teshuinat (Libyan Sahara). In

M.Cremaschi, S.di Lernia (eds.) Wadi Teshuinat. Palaeoenvironment and prehistory in south-western Fezzan (Libyan Sahara), CNR-Quaderni di Geodinamica Alpina e Quaternaria, pp. 95-106.