| Atti e Memorie della Commissione Grotte "E. Boegan" | Vol. 40 (2004) | pp. 153-173 | Trieste 2005 |
|---|---|---|---|

MARCO DELLE ROSE [1,2] – MARIO PARISE [1, 3]

# SPELEOGENESI E GEOMORFOLOGIA DEL SISTEMA CARSICO DELLE GROTTE DELLA POESIA NELL'AMBITO DELL'EVOLUZIONE QUATERNARIA DELLA COSTA ADRIATICA SALENTINA

**RIASSUNTO**

*Il sistema carsico delle Grotte della Poesia, lungo la costa adriatica della provincia di Lecce, costituisce un sito di estremo interesse carsico e geomorfologico, oltre che storico ed archeologico. All'interno di una delle grotte sono state infatti rinvenute iscrizioni che risalgono a un'epoca compresa tra il II millennio a.C. e l'età romana repubblicana. Due doline di crollo (corrispondenti alla* Grotta della Poesia Grande*, e a quella della* Poesia Piccola*) si aprono nei pressi della falesia calcarenitica e sono la parte più evidente di un ampio complesso di cavità e gallerie carsiche. In questo lavoro viene descritto l'assetto geomorfologico ed idrogeologico dell'area in cui ricade il sistema carsico, sino a spingersi, verso l'interno, all'area occupata dal bacino palustre dei Tamari. Si analizzano quindi i fenomeni di instabilità individuati lungo la fascia costiera che si estende dall'abitato di Rocavecchia sino a Torre dell'Orso, e se ne esamina la relativa distribuzione spaziale e l'evoluzione temporale, sino ai crolli avvenuti di recente nella* Grotta della Poesia Piccola*. L'evoluzione geomorfologica del sistema carsico è infine ricostruita, a partire dall'inizio delle fasi speleogenetiche, attraverso la formazione delle doline di crollo, sino alla fase attuale, ed agli ultimi eventi di instabilità.*

**Parole chiave:** *grotte costiere, instabilità, speleogenesi, Puglia.*

**ABSTRACT**

*The Grotte della Poesia karst system, located along the Adriatic coast of Apulia (southern Italy), is a remarkable site as regards coastal karst geomorphology and archaeology. One of the cave of the system hosts in fact thousands of ancient inscriptions on its walls.*

*Two large sinkholes (named, respectively,* Grotta della Poesia Grande *and* Grotta della Poesia Piccola*) open on the tabular coast plain near the calcarenite cliff. The karst system is furtherly made of intervening galleries, minor cavities and a gallery which connects* Grotta della Poesia Piccola *to the sea.*

*This article deals with description of the geomorphological and hydrogeological setting of a stretch of Adriatic coast extending from the town of Rocavecchia to Torre dell'Orso, and of the inland area, in-*

(1) CNR-IRPI, Sezione di Bari, Via Amendola 122, I-70125 Bari; e-mail: m.dellerose@ba.irpi.cnr.it, m.parise@ba.irpi.cnr.it

(2) Gruppo Speleologico Neretino, Nardò (LE)

(3) Gruppo Puglia Grotte, Castellana-Grotte (BA)

*cluding the palustrian environment of the Tamari. In situ surveys and interpretation of multi-temporal sets of air photographs allowed to identify some 50 instability events along the coast, and to analyze their spatial distribution and temporal evolution as well. Some of the events have directly affected the* Grotte della Poesia *caves, the recent most on December 2003. This highlights the hazard for the archaeological site and even for tourists, since the area is very populated during the summer season, due to natural beauty of the coastline and the sea. Eventually, an attempt to reconstruct the geomorphological evolution of the karst system is presented, starting from the onset of the speleogenesis, through sinkhole development, up to the present phase, with the recent detachment of rock falls. To this latter regard, some suggestions about the more likely sistemation works are also given.*

**Key words:** *coastal caves, instability, speleogenesis, Apulia.*

## Introduzione

Il Salento, propaggine meridionale della regione Puglia, è noto per la diffusa presenza di grotte costiere, molte delle quali di notevole rilevanza archeologica. Il presente contributo intende illustrare il sistema carsico delle Grotte della Poesia, sito sul litorale del territorio comunale di Melendugno, inquadrandolo nell'ambito dell'evoluzione morfologica di un tratto di costa adriatica intensamente interessato da fenomeni di instabilità e di erosione costiera. I rischi connessi hanno indotto le locali autorità a realizzare opere di difesa dall'erosione costiera, quali barriere frangiflutti di blocchi rocciosi elevate sino al ciglio della falesia, che comportano un indubbio impatto negativo dal punto di vista paesaggistico. In aggiunta ai fenomeni di instabilità lungo la costa, gli stessi ingressi al sistema delle Grotte della Poesia (due doline di crollo, distanti poche decine di metri l'una dall'altra) costituiscono un'ulteriore testimonianza della pericolosità da dissesti idrogeologici nell'ambito costiero salentino (Delle Rose & Parise, 2002; Delle Rose *et al.*, 2004).

Le Grotte della Poesia sono distinte in Grotta della Poesia Grande e Grotta della Poesia Piccola (rispettivamente, Pu 127 e Pu 128 nel Catasto della Federazione Speleologica Pugliese; Giuliani, 2000), ma in realtà costituiscono un unico complesso carsico parzialmente sommerso, articolato in tre sale a pianta ellittica, e in varie gallerie impostate lungo fratture tettoniche (Forti, 1985). La Grotta della Poesia Piccola riveste, in particolare, un'eccezionale importanza per le migliaia di segni, simboli ed iscrizioni, databili fra il II millennio a. C. e l'età romana repubblicana (Pagliara, 1987), ancora oggi oggetto di studi e ricerche.

Il sito è compreso nell'ambito di quella porzione di territorio salentino nota sotto il nome di *Grecìa*, un'isola linguistica dove tuttora permangono tracce linguistiche e culturali le cui origini risalgono all'epoca bizantina, e in cui si parla ancora oggi un dialetto, denominato *griko*, derivante dalla lingua greca (Rohlfs, 1974; Parise *et al.*, 2003).

## Inquadramento geologico

Il territorio in esame costituisce un tavolato, con quote topografiche massime di alcune decine di metri, che progressivamente degrada morfologicamente dall'entroterra verso Rocavecchia, località elevata solo alcuni metri sul livello del mare. La regolarità topografica è interrotta dall'ampia depressione dei Tamari (Fig. 1) che presenta quote minime di circa 1 m sul livello del mare. Il tavolato è solcato da incisioni fluvio-carsiche delimitate da ripidi versanti.

Le rocce affioranti sono costituite da calcareniti, calcareniti fini e calcilutiti; gli strati presentano strutture sedimentarie, tra cui frequenti laminazioni e bioturbazioni, nonché diffusi resti fossili, localmente concentrati sino a costituire veri e propri giacimenti fossiliferi (Varola, 1965; Bonfiglio & Donadeo, 1982). Tali rocce sono correlabili con la Formazione di Uggiano

(Largaiolli *et al.*, 1969) e sono attribuibili al Pliocene medio-superiore sulla base delle analisi biostratigrafiche di Bossio *et al.* (1985). Questi ultimi Autori analizzano e datano, in particolare, la serie affiorante a sud dell'area oggetto della presente ricerca, in località S. Andrea, caratterizzata da strati con significative percentuali di minerali argillosi che, probabilmente, occupano una posizione stratigrafica inferiore rispetto a quella affiorante a Rocavecchia.

Gli strati dei depositi pliocenici hanno spessori compresi in genere tra 0,5 e 1,5 metri, mentre spessori maggiori di 2,5 m sono decisamente subordinati. L'erodibilità è elevata; in particolare gli strati più grossolani (calcareniti) appaiono più tenaci di quelli più fini (calcilutiti). Specie lungo i tratti di falesia più antichi e stabili, i primi sono quindi in rilievo rispetto ai secondi, ad indicare la selettività dell'erosione.

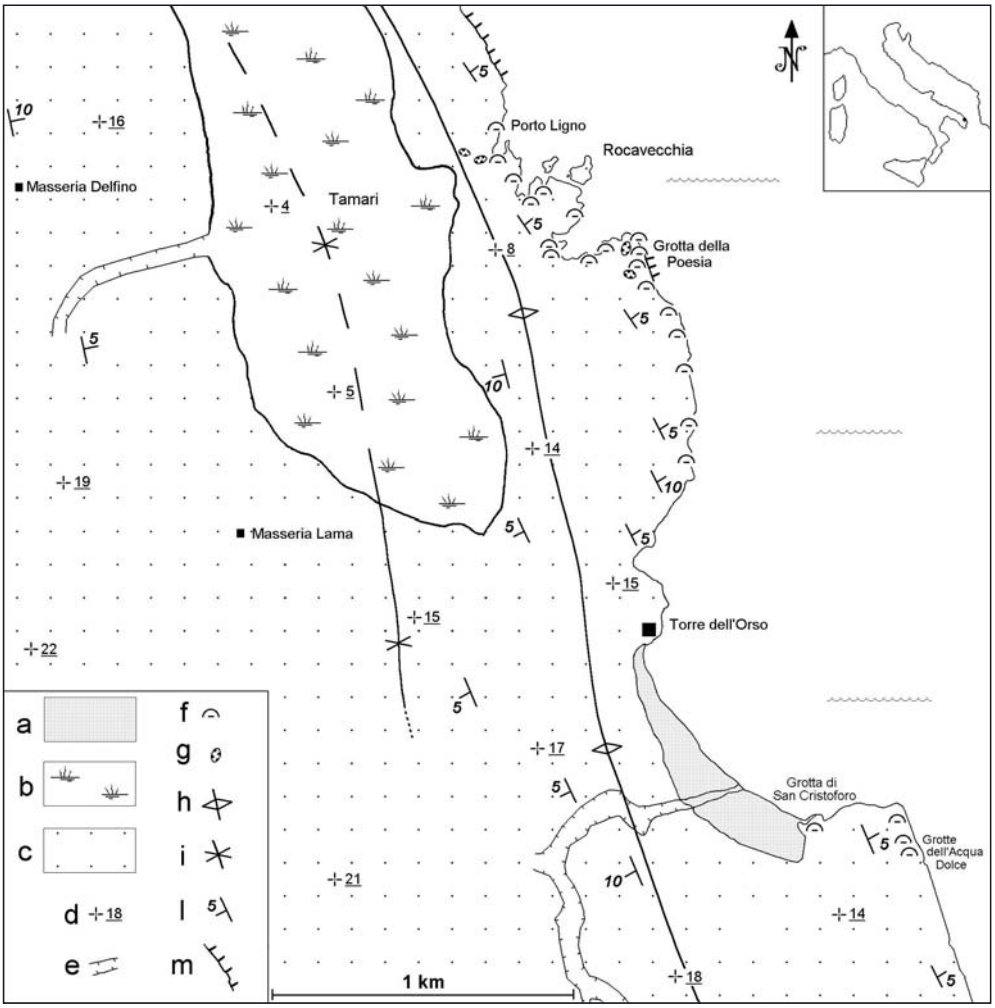


Fig. 1 – Ubicazione dell'area studiata e schema geologico: a) sabbie recenti; b) argille e sabbie (Olocene); c) depositi calcarenitici e calcilutitici del Pliocene medio-superiore; d) punti quotati; e) incisione fluvio-carsica; f) grotta; g) dolina; h) anticlinale; i) sinclinale; l) giacitura di strato; m) barriera frangiflutti

Nell'area di indagine, l'unità stratigrafica pliocenica non appare sormontata da altre unità marine più recenti. Tuttavia, in alcune fratture dell'ammasso roccioso sono stati osservati riempimenti calcarenitici consolidati, in guisa di piccoli "filoni sedimentari", che costituiscono indizi di un ciclo sedimentario di età tardopliocenica o pleistocenica. D'altra parte, depositi calcarenitici e calciruditici marini, in contatto trasgressivo con quelli del Pliocene, sono presenti già a partire da alcune centinaia di metri più a nord del tratto di costa considerato (Largaiolli *et al.*, 1969). Nella depressione dei Tamari i depositi pliocenici sono sormontati da sabbie, limi e argille, contenenti materiale carbonioso e con paleosuoli intercalati, deposti in ambiente continentale.

In merito all'assetto tettonico degli strati pliocenici sono state rilevate pieghe sinclinaliche ed anticlinaliche i cui assi presentano direzioni NNO-SSE (Fig. 1). Le differenze altimetriche del territorio rispecchiano lo stile tettonico del substrato geologico. In particolare, il bacino dei Tamari è impostato lungo una blanda sinclinale.

L'ammasso roccioso è interessato da 4 principali sistemi di fratture tettoniche subverticali, con direzioni medie (da N verso E) 20, 65, 110 e 155° e con deviazioni dai valori medi poco frequentemente superiori a 15°. Va sottolineata la congruenza degli assi strutturali delle pieghe con i sistemi di fratture. In altre parole, essi possono essere il risultato di un singolo stress tettonico di compressione con asse di maggior sforzo orientato OSO-ENE. Parte delle superfici di frattura è ondulata e intersecata (sistemi anastomizzati). La spaziatura è variabile da circa 0,2 a oltre 20 m.

Le fratture appaiono in gran parte ricementate da concrezioni carbonatiche; altre, al contrario, risultano allargate da fenomeni di dissoluzione carsica con aperture dell'ordine di alcuni millimetri, sino ad alcuni metri nei casi di sviluppo completo di gallerie. Subordinate sono risultate le fratture beanti riempite, parzialmente o totalmente, da detriti e suoli.

Le fratture caratterizzano fortemente la morfologia del sito: sia la falesia che i sistemi carsici sono costituiti da tratti orientati in prevalenza secondo tali direzioni, come osservato anche in altri siti costieri del Salento (Delle Rose & Parise, 2003b).

## Geomorfologia della fascia costiera

La costa dell'area di studio costituisce una falesia con profilo in genere rettilineo e più o meno regolare. L'altezza media della falesia aumenta gradualmente da NNO a SSE. I valori minimi si riscontrano nell'area di Roca, mentre quelli massimi (fino a 20 m) si raggiungono poco a nord dell'insenatura di Torre dell'Orso. La falesia è molto frastagliata, con pronunciate insenature e tratti di costa orientati secondo direzioni in genere coincidenti con quelle delle fratture tettoniche

Alla base della falesia si osserva un solco di battente costituito da un intaglio orizzontale alto 1-1,5 m e profondo da alcuni decimetri a circa un metro. Esso coincide con la porzione inferiore del piano vegetazionale sopralitorale, per lo più privo di alghe macroscopiche, e con il piano mesolitorale (Parenzan, 1983), interposto tra il livello superiore delle alte maree normali e quello delle basse maree eccezionali. Il solco di battente è estesamente colonizzato da feoficee, rodoficee e cloroficee, sia crostose che fruticose, tra cui trovano rifugio varie specie di molluschi, policheti e crostacei (Beccarisi *et al.*, 2003).

Le pareti del solco di battente hanno struttura alveolare con vuoti subsferici e subcilindrici, in parte comunicanti. Tale struttura, analoga a quelle definite (in altre aree carsiche costiere) ad alveare da Gregor (1981) e a "formaggio svizzero" da Back *et al.* (1984), interessa la roccia per alcuni decimetri, sfumando progressivamente verso la roccia intatta. La genesi della struttura alveolare deve essere attribuita, in gran parte, a processi biologici operati dagli organismi sul substrato litico. In particolare, nella porzione superiore del solco i processi di erosione della roccia sono ben evidenti ad opera soprattutto di alcuni molluschi, quali patelle e chitoni, che producono nella roccia cavità subcilindriche di diametro e forma coincidenti con quello dei sin-

goli individui. Più in generale, l'azione degli organismi sul substrato roccioso si esplica in maniera complessa, attraverso i principali meccanismi di secrezione di sostanze chimiche, disgregazione fisica e processi chimici causati dalla degradazione della materia organica (Golubic & Schneider, 1972; Folk *et al*., 1973; Schneider, 1977). Rispetto a tali azioni, il moto ondoso, allontanando continuamente la materia organica in via di degradazione, ne riduce gli effetti demolitrici sulle rocce.

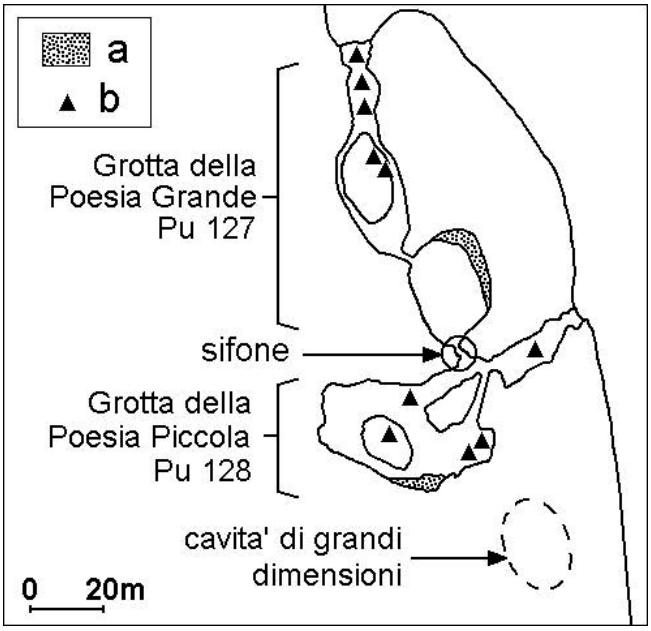


Fig. 2 – Schema delle grotte della Poesia ricavato in base ai rilievi di Forti (1985): a) depositi sabbiosi e ciottolosi; b) detriti di crolli. La cavità di grandi dimensioni indicata a tratteggio è quella individuata mediante indagini geofisiche da Luzio *et alii* (1987)

L'azione del moto ondoso, in virtù della copertura vegetazionale, non produce di norma abrasione lungo il solco di battente e si manifesta con la rimozione di frammenti rocciosi già quasi del tutto isolati dal substrato litico. Pronunciati solchi di battente sono stati osservati, nelle limitrofe aree di San Foca e S. Andrea, anche sui lati rivolti verso terra di scogli isolati, dove nulle sono le azioni del moto ondoso e ridotte quelle di dissoluzione chimica, a conferma di quanto sia determinante il contributo biologico per la loro formazione. Il solco di battente costituisce di frequente l'elemento destabilizzante delle pareti rocciose.

Il paesaggio retrostante la falesia è tipicamente carsico. Le forme di maggior rilievo sono costituite da doline di crollo, due delle quali costituenti gli accessi verticali al sistema delle Grotte della Poesia (Figg. 2 e 3). Altre doline di crollo sono state individuate all'altezza dell'insenatura di Porto Ligno, benché la vegetazione e le modificazioni antropiche ne abbiano in gran parte mascherato le evidenze. Molto diffuse sono le forme carsiche minori, quali vaschette di corrosione e soprattutto pozzetti carsici, in alcuni dei quali Blanc & Cardini (1961) individuarono inumazioni del V secolo a. C. I pozzetti presentano forma generalmente circolare, subordinatamente di tipo ellittico; più raramente, assumono forma squadrata, controllata dalle fratture tettoniche. Il diametro varia da 15 a 155 cm; la profondità maggiore osservata è di oltre 4 m (Delle Rose & Parise, 2003a).

I pozzetti sono in genere rivestiti da concrezioni carbonatiche, spesse sino a 20 cm, costituite da millimetriche lamine di micrite e sparite, contenenti clasti di quarzo e bioclasti (molluschi, echinodermi). Essendo più resistenti all'erosione degli strati carbonatici, le concrezioni sporgono spesso ben in evidenza sulla superficie topografica.

È stato inoltre osservato che i pozzetti sono allineati secondo fratture tettoniche e, spesso, in corrispondenza delle intersezioni di fratture appartenenti a differenti insiemi. In merito alla genesi dei pozzetti, questi sono stati interpretati come il risultato dello sviluppo di condotte carsiche verticali o dell'approfondimento di vaschette di corrosione (Delle Rose & Parise, 2003a).

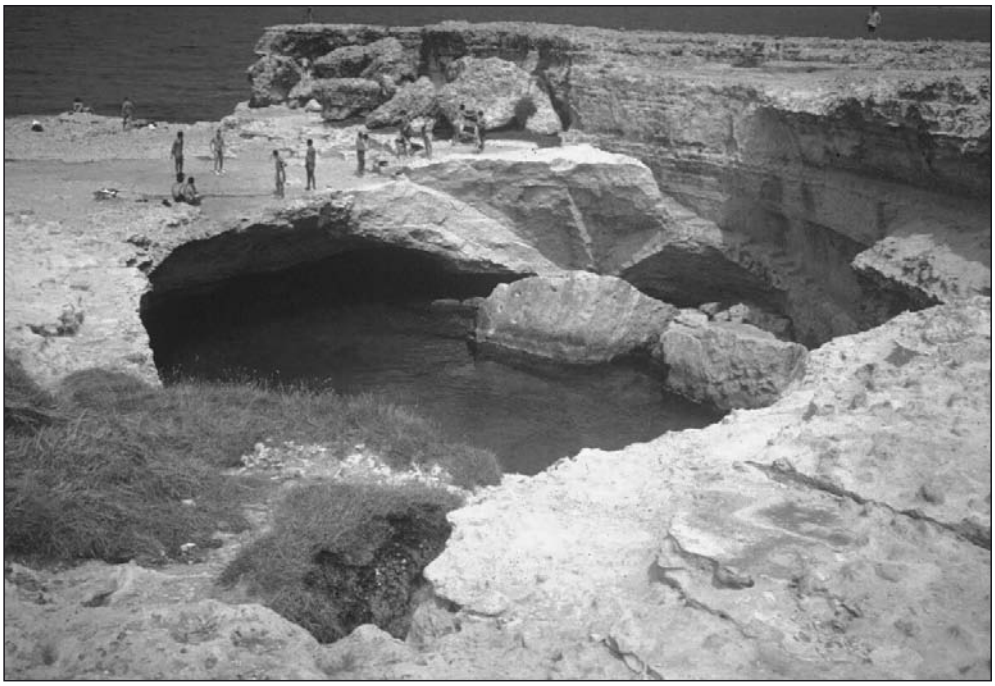

Fig. 3 – Ingresso della Grotta della Poesia Grande, con in evidenza alcuni grossi blocchi di crollo

**Aspetti idrogeologici**

La fascia costiera è caratterizzata da varie sorgenti d'acqua, mentre l'entroterra è puntellato da numerosi pozzi. Le rocce carbonatiche plioceniche costituiscono, nel complesso, un acquifero che, nell'entroterra, raggiunge spessori di molte decine di metri (Reina, 1969; Calò *et al.*, 1990). In ogni caso, essendo gli strati calcarenitici più permeabili di quelli calcilutitici, la circolazione sotterranea avviene secondo più livelli, individuando, nella sostanza, varie falde sovrapposte.

Le sorgenti lungo la costa sono ubicate, in genere, in corrispondenza di cavità carsiche. Lo stesso termine "Poesia", deriverebbe da una forma dialettale del *griko*: più precisamente, in base all'ipotesi più accreditata, dallo *"slittamento per omofonia nel termine romanzo* poisìa, poesìa, puesìa … *il termine greco [essendo] attestato anche in forme dialettali greche vive in aree di provenienza delle popolazioni ellenofone del Salento medioevale (Cipro, Pelopenneso) ad indicare l'acqua potabile"* (Pagliara, 1987). A riprova di ciò alcuni idiomi locali conservano ancora il griko *posìa*. Lo stesso Autore segnala nella Grotta della Poesia *"l'esistenza di un flusso d'acqua dolce che … si mescola immediatamente all'acqua marina, abbassandone però notevolmente in quel punto la concentrazione salina"*. Tale deflusso appare aver subito negli ultimi decenni una significativa riduzione delle portate, probabilmente a causa di un eccessivo sfruttamento dell'acquifero (peraltro sovente impropriamente perforato con trivellazioni che mettono in collegamento i vari livelli idrici), nonché della diminuzione delle piogge che ha interessato negli ultimi decenni il Salento, come evidenziato dalle misure registrate dalla stazione pluviometrica di Lecce (Baldassarre *et al.*, 2000).

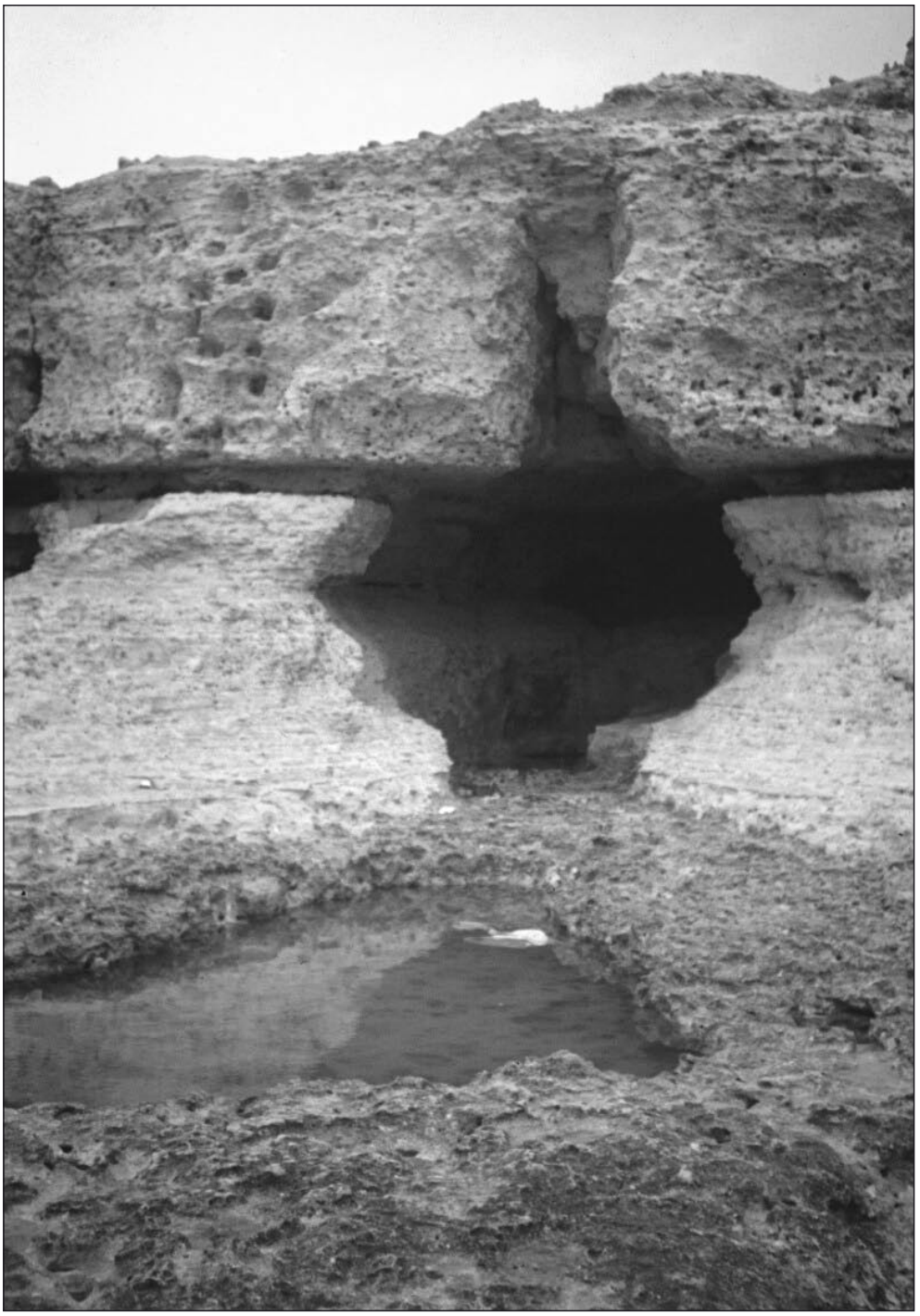

Fig. 4 – Una delle Grotte dell'Acqua Dolce, all'estremità sud dell'area esaminata

A sud della baia di Torre dell'Orso si aprono le Grotte dell'Acqua Dolce (Pu 169, 170, 171, 172 e 173 del catasto regionale) dalle quali fuoriescono, anche durante il semestre più caldo e secco, rivoli d'acqua dolce (Fig. 4).

Altra situazione idrogeologica caratteristica è costituita da deflussi diffusi, che formano veri e propri fronti idrici più o meno continui, individuati dall'affioramento lungo la falesia di calcareniti con alla base calcilutiti. Un intenso flusso è osservabile immediatamente a sud delle Grotte dell'Acqua Dolce, dove l'acqua viene a giorno ad una quota di circa 2 m sul livello del mare (Fig. 5). In virtù della giacitura del corpo sedimentario, il suindicato strato acquifero si dovrebbe trovare qualche metro al di sotto del livello del mare nella zona delle Grotte della

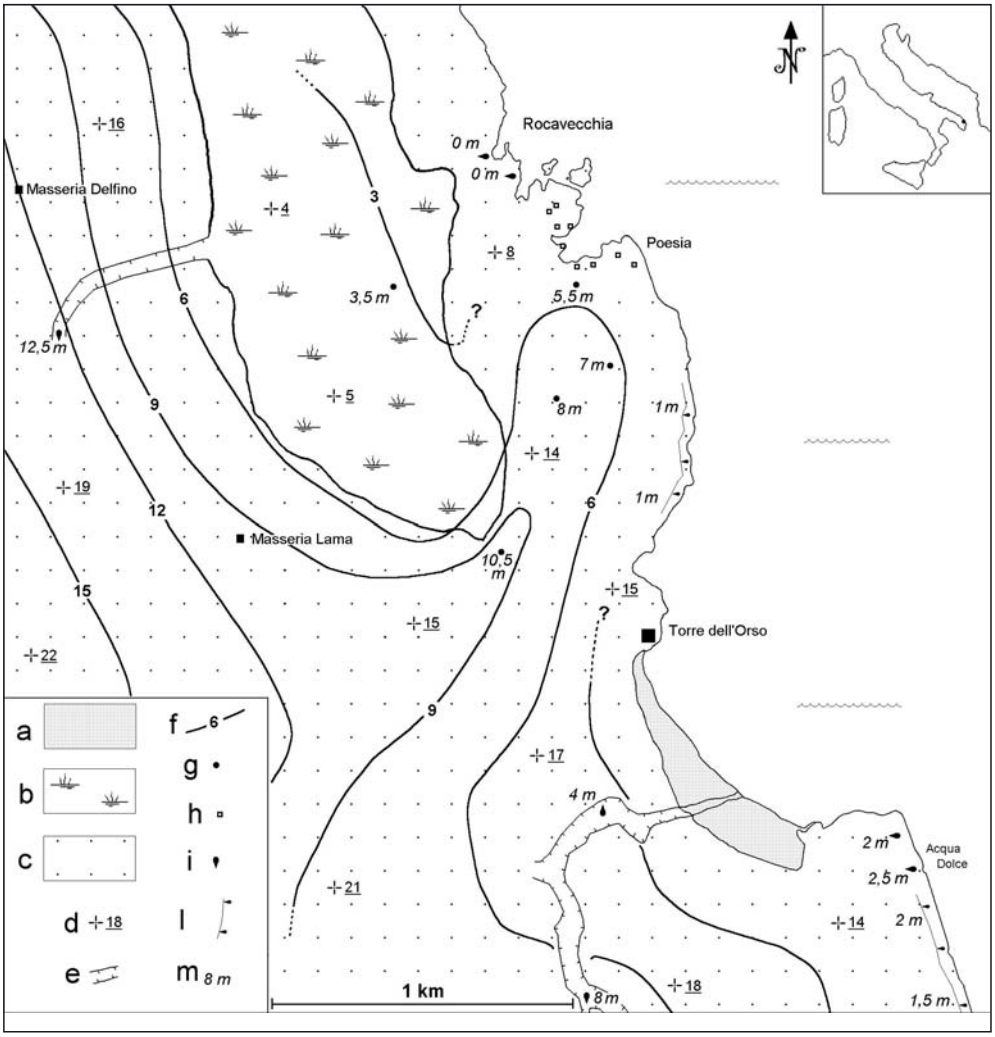


Fig. 5 – Schema idrogeologico dell'area di studio: a) sabbie recenti; b) argille e sabbie (Olocene); c) depositi calcarenitici e calcilutitici del Pliocene medio-superiore; d) punti quotati; e) incisione fluvio-carsica; f) isofreatica; g) pozzo in uso; h) pozzo antico; i) sorgente; l) fronte di deflusso della falda; m) livello piezometrico.

Poesia, potendo quindi rappresentarne il relativo livello carsico di base.

Anche nell'entroterra, e specie lungo le incisioni fluvio-carsiche, si osservano venute a giorno di acque sotterranee. Una di queste è ubicata all'inizio di una breve incisione che sfocia nel bacino dei Tamari (Fig. 6). L'incisione è sbarrata da briglie fluviali, che determinano la presenza di zone relativamente umide e, nell'area più prossima alla sorgente, uno specchio d'acqua palustre perenne.

Fig. 6 – Veduta generale della piana dei Tamari, dai pressi della sorgente citata nel testo

La ricchezza di risorse idriche sotterranee in più punti emergenti in superficie già in antico attirò l'attenzione di gruppi umani, spingendoli ad ingegnarsi al fine di razionalizzarne gli usi. Non a caso, presso l'insediamento protostorico di Rocavecchia, è stato individuato un pozzo che presenta al suo interno reperti dell'XI-X secolo a. C (Pagliara, com. pers), risultando così una delle opere idrauliche più antiche dell'intero Mediterraneo centrale ed occidentale. Altri pozzi presenti sul promontorio di Rocavecchia (Fig. 5) risalgono alla seconda metà del primo millennio a. C. ed al Medio Evo (Pagliara, 2001). La stessa Grotta della Poesia Piccola è intersecata sul lato orientale da un pozzo la cui base si apre attualmente nella cavità ma che in origine poteva essere da questa separata.

Il sistema di circolazione idrica sotterraneo definisce nel complesso un acquifero carsico costiero multifalda (Fig. 7). La zona appare alimentata, oltre che dalle piogge di incidenza diretta, soprattutto da deflussi sotterranei provenienti dall'entroterra, dove sono documentati carichi piezometrici elevati sino a 18 - 20 m sul livello del mare (Calò *et al.*, 1990). Gli strati meno permeabili, come già accennato, determinano la presenza di più livelli idrici sovrapposti

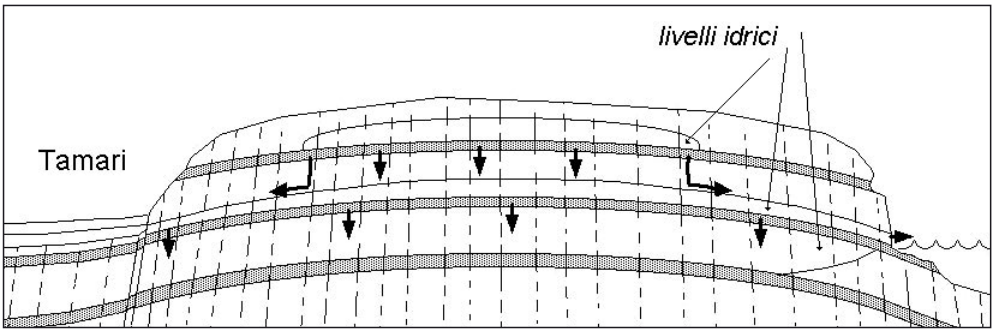


Fig. 7 - Modello dell'acquifero multifalda costiero della zona studiata. La presenza di livelli meno permeabili (in puntinato) permette l'esistenza di più livelli idrici sovrapposti. Fratture più o meno carsificate consentono collegamenti tra i vari livelli. Lungo la costa l'acqua marina confina con quella di falda in corrispondenza degli strati più permeabili. Le frecce indicano le principali linee di drenaggio dei livelli idrici

oltre a individuare i livelli di base di sviluppo dei sistemi carsici. Fratture tettoniche, più o meno allargate dai processi di dissoluzione, permetterebbero scambi idrici tra i diversi livelli, potendo anche favorire l'intrusione marina e, quindi, la salsificazione delle falde. Questo ultimo fenomeno si può inoltre manifestare in corrispondenza di grotte costiere e laddove strati calcarenitici affiorino al livello del mare, come dedotto in base a preliminari analisi chimico-fisiche delle acque di falda.

In prossimità della linea di costa, mescolamenti delle acque di falda con quelle marine producono acque salmastre molto aggressive sul carbonato di calcio (ipercarsismo per diffusione sensu Cigna, 1983; Forti, 1991, 1993). Altri processi ipercarsici sono innescati da acque meteoriche (sotto forma di precipitazioni dirette negli ipogei aperti e di acque di infiltrazione e stillicidio) e dall'idrodinamismo costiero che causa, specie nelle fasce sopratidale e intertidale, variazioni di umidità e, di conseguenza, di salinità delle acque permeate dalle rocce.

## Sistemi carsici

Alla notevole diffusione di forme carsiche di superficie corrisponde nel sottosuolo una cospicua presenza di forme carsiche ipogee. Tali forme sono costituite da singoli elementi (grotte, gallerie, cunicoli, ecc.) collegati tra loro a costituire sistemi carsici più o meno complessi.

Per quanto concerne le cavità naturali, queste sono diffuse lungo l'intero tratto di costa considerato (Fig. 1): il sistema carsico ubicato in corrispondenza dell'insenatura di Porto Ligno presenta, in particolare, uno sviluppo planimetrico considerevole, essendo costituito da un insieme di cunicoli e gallerie in collegamento con il mare e facenti capo a due piccole doline. Questo sistema risulta in buona parte ostruito da materiali di riempimento.

Le altre grotte hanno dimensioni di alcuni metri, forma di ripari di interstrato e, sovente, presentano pronunciati canali di volta. Alla base si osserva la medesima struttura alveolare del solco di battente, mentre solo in alcune grotte minori ubicate nell'insenatura di Madonna di Rocavecchia sono stati osservati segni di abrasione marina e ciottoli elaborati dal moto ondoso.

Per quanto riguarda le Grotte della Poesia, queste costituiscono un articolato sistema carsico di circa 150 m di sviluppo complessivo, formato da tre sale principali collegate da sifoni, cunicoli e gallerie (Fig. 2). Due ambienti sono direttamente comunicanti con l'esterno a causa del crollo parziale delle rispettive volte. Alle aperture sulle volte delle cavità corrispondono, sulla superficie del tavolato, le due ampie doline a sud del promontorio di Rocavecchia (Figg. 3 e 8). Queste ultime hanno forma ellittica, con diametri massimi compresi tra 25 e 50 m (Forti, 1985), e sono alte sino a circa 10 m e in parte sommerse dall'acqua marina. Un livello stratigrafico particolarmente erodibile cinge il bordo orientale della dolina della Grotta della Poesia Grande e costituisce il ciglio

Fig. 8 - Ingresso della Grotta della Poesia Piccola

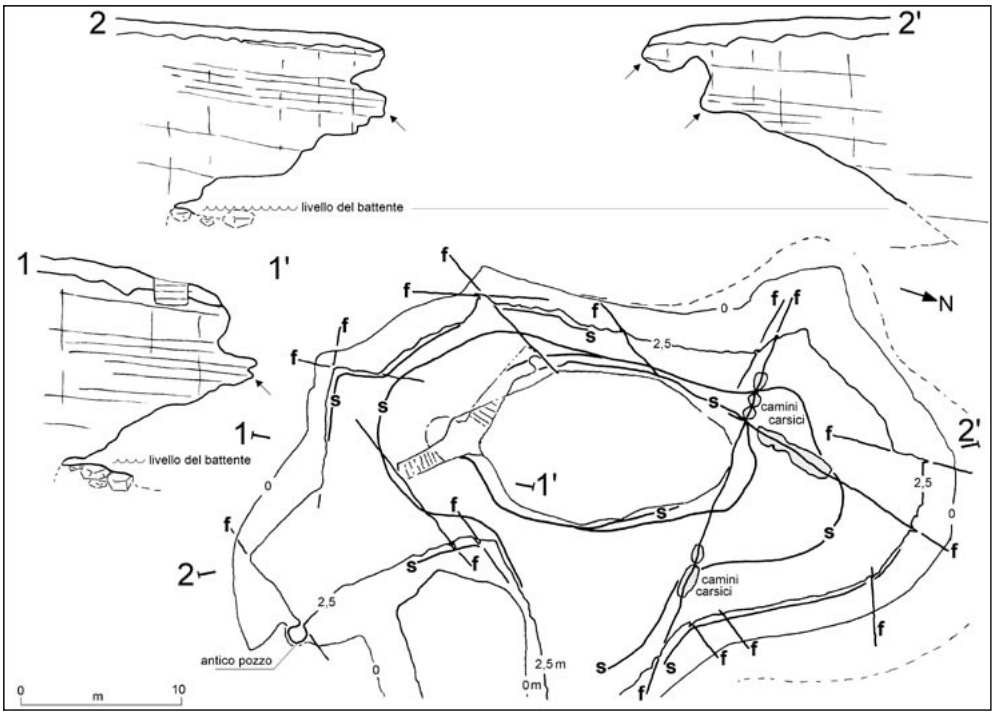


Fig. 9 - Planimetria e sezioni della Grotta della Poesia Piccola con indicate le principali fratture tettoniche e discontinuità stratigrafiche. Le fratture (indicate con f) sono sub-verticali e controllano chiaramente lo sviluppo delle pareti; si seguono visivamente per tratti anche di oltre 30 m, ma in genere la loro persistenza non è verificabile nella grotta per distanze superiori a 4-5 m. Sulla base delle osservazioni complessive condotte sui sistemi di fratture, tali discontinuità sembrano persistere nell'ammasso roccioso per qualche decina di metri. Le superfici di stratificazioni (s nella figura) formano in pianta delle linee quasi parallele alle curve di livello. Le frecce indicano alcuni punti di potenziale distacco di blocchi rocciosi. Le cifre 0 e 2,5 indicano le quote delle rispettive curve di livello. La linea tratteggiata indica approssimativamente la massima ampiezza planimetrica della base della grotta

della dolina della Grotta della Poesia Piccola. Tale livello è ben osservabile anche in altri punti dell'area investigata, determinando più o meno evidenti scarpate morfologiche. Le pareti e le volte delle due cavità presentano significative differenze; infatti mentre la Poesia Grande è delimitata da pareti molto acclivi e subverticali, abbassandosi la volta in contropendenza solo in corrispondenza dei passaggi con gli ambienti ipogei limitrofi, la Poesia Piccola presenta pareti in contropendenza in tutte le direzioni. La contropendenza delle pareti dell'ipogeo prosegue anche al di sotto del mare almeno per circa 2 m, ossia sino alla massima profondità priva di depositi di riempimento (v. sez. 2-2' in Fig. 9).

Le sale e le gallerie delle Grotte della Poesia hanno il fondo costituito da sabbie, detriti di crollo e depositi sciolti. Questi ultimi appaiono stratificati e con spessori di circa due metri, come rilevato da alcune indagini geofisiche riportate in Pagliara (1987). Lungo le pareti subverticali delle gallerie si osservano impronte di erosione di flussi idrici diretti verso mare (*scallops*). Segni di abrasione sono presenti lungo la base sommersa e lungo le pareti delle gallerie.

All'interno delle doline le condizioni di luce, temperatura ed umidità variano in funzione dell'altezza sulla verticale e delle morfologie interne. Anche nei tratti delle gallerie più prossimi alla costa, si può osservare come il solco di battente risulti variamente colonizzato da comunità biologiche fotofile a seconda della luminosità. L'irraggiamento diretto interessa quasi completamente la Poesia Grande, mentre solo una parte della Poesia Piccola. Le pareti della dolina di Poesia Piccola sono colonizzate da vegetazione terrestre erbacea e arborea tra cui spicca la presenza di *Ficus carica*. Ampie porzioni delle pareti rocciose delle Grotte della Poesia a ridosso del battente d'acqua sono colonizzate da specie marine, anch'esse in stretta dipendenza delle mutevoli condizioni di illuminazione e di salinità (Beccarisi *et al.*, 2003).

Occorre inoltre ricordare che, a poche decine di metri dal sistema carsico delle Grotte della Poesia, Luzio *et alii* (1987), sulla base di prospezioni geofisiche, ipotizzano la presenza di almeno un'altra cavità di grandi dimensioni, che potrebbe appartenere allo stesso sistema (Fig. 2).

Il rilievo strutturale di dettaglio della Grotta della Poesia Piccola ha evidenziato come lo sviluppo planimetrico della cavità sia marcatamente determinato dagli andamenti delle fratture tettoniche. Da rilevare che lungo alcune fratture, ed in corrispondenza della volta dell'ipogeo si osservano frequenti camini carsici subverticali con diametri decimetrici. La presenza di camini carsici lungo fratture tettoniche, comportando la riduzione della superficie di contatto dei lembi rocciosi ai lati delle fratture stesse, contribuisce senz'altro ad aumentare l'instabilità potenziale dell'ammasso roccioso.

Le discontinuità individuate, siano esse fratture di origine tettonica o superfici di stratificazione, risultano sovente all'origine dei crolli dei blocchi rocciosi presenti nella Grotta della Poesia Piccola, così come nell'intero sistema carsico. Particolarmente affette da discontinuità di origine tettonica e sedimentaria sono le parti alte delle pareti della grotta, ossia il coronamento stesso della dolina, lungo il quale affiora, come già detto, un livello particolarmente erodibile e relativamente poco tenace. Ne risulta che l'ammasso roccioso lungo il bordo della dolina appare fortemente predisposto ai fenomeni di crollo.

Oltre alle grotte di origine naturale, numerose sono quelle scavate dall'uomo in tempi passati (principalmente nel Medioevo, all'epoca del fenomeno degli insediamenti rupestri) nelle tenere rocce della falesia, e che ancora oggi si riconoscono, sebbene sezionate dai crolli, nelle insenature del litorale di Rocavecchia. Da segnalare, infine, all'estremità meridionale dell'insenatura di Torre dell'Orso, la Grotta di San Cristoforo, anch'essa di rilevanza archeologica in quanto tra i principali santuari costieri adriatici (Pagliara, 1991), e su cui si tornerà più oltre a proposito dei fenomeni di instabilità.

## Instabilità della falesia e delle grotte

L'instabilità della falesia e dei sistemi carsici della zona studiata è stata analizzata attraverso rilievi in sito, l'analisi della documentazione storica disponibile, e l'interpretazione di foto aeree stereoscopiche eseguite in varie annate (1943, 1955, 1972, 1987, 1996) e messe a disposizione dal Dipartimento di Beni Culturali dell'Università di Lecce. Sono stati riconosciuti nel complesso circa 50 eventi di crollo tra Porto Ligno e Torre dell'Orso (Fig. 10).

L'analisi aereo-fotogrammetrica eseguita consente alcune valutazioni relativamente alla frequenza dei fenomeni di frana (Tabella 1). In particolare, 29 crolli sono avvenuti tra il 1943 ed il 1996. Considerando che tali eventi sono avvenuti in un arco di tempo di 53 anni, la media relativa è di 0,58 all'anno, ossia più di un evento ogni due anni. I crolli sembrerebbero avvenire con regolarità, come dedotto dall'analisi di intervalli temporali più ristretti; infatti nell'intervallo tra il 1943 e il 1972 sono documentati 9 eventi (0,31 all'anno), mentre tra il 1972 e il 1996 gli eventi ammontano a 10 (0,42 all'anno).

| intervallo di tempo | numero di eventi | eventi |
|---|---|---|
| tra 1943 e 1972 | 3 | 9; 10; 24 (possibile crollo tra 1943 e 1955) |
| tra 1943 e 1987 | 2 | 15; 16 |
| tra 1943 e 1996 | 2 | 11; 22 (vari eventi, con evoluzione continua) |
| tra 1955 e 1972 | 6 | 3 (crollo di una parte del litorale comprendente una grotta); 6 (ampliamento dell'insenatura: prima fase); 18; 19; 20; 26 |
| tra 1955 e 1987 | 1 | 12 |
| tra 1955 e 1996 | 5 | 28; 29; 30; 31; 32 |
| tra 1972 e 1987 | 8 | 3 (crollo definitivo); 6 (ampliamento dell'insenatura: seconda fase); 7; 8; 13; 14; 17; 21 |
| tra 1987 e 1996 | 2 | 5; 23 |

Tab. 1 – Eventi di frana riconosciuti tramite interpretazione multi-temporale di fotografie aeree. I numeri nella colonna degli eventi corrispondono alla localizzazione in figura 10

Sulla base delle osservazioni eseguite sugli affioramenti rocciosi è stato riscontrato che le discontinuità dell'ammasso roccioso, e segnatamente le superfici di stratificazione e quelle di fratturazione tettonica, sono determinanti in gran parte dei fenomeni di distacco di blocchi rocciosi dalla falesia ed all'interno degli ipogei. Gran parte dei fenomeni individuati può essere classificato come frane da crollo e/o da ribaltamento, innescate prevalentemente dallo scalzamento al piede per la presenza del solco di battente o di livelli stratigrafici ad elevata erodibilità (Delle Rose & Parise, 2004). L'innesco è, infine, favorito ulteriormente dall'erosione marina.

Una percentuale inferiore, ma ugualmente significativa, di frane rientra invece tipologicamente in fenomeni di scivolamento traslativo, talora con rottura a cuneo, nel caso di intersezioni tra due sistemi di discontinuità. Per un limitato numero di fenomeni di crollo, principalmente all'interno dei maggiori ipogei dell'area, il meccanismo determinante i dissesti è stato invece di rottura per flessione.

Occorre inoltre sottolineare che la presenza di pozzetti e camini carsici lungo fratture tettoniche, riducendo le superfici di contratto tra i lembi rocciosi, aumenta senz'altro la probabilità del verificarsi di eventi di crollo. Si ribadisce quindi che pozzetti e camini carsici devono essere considerati, riguardo gli equilibri delle pareti rocciose, come elementi destabilizzanti.

Da rilevare che il tratto di costa interessato dai crolli indicati con i numeri 11, 12 e 13, coincide con quello lungo il quale erano stati segnalati, sulla base del confronto con vecchie immagini fotografiche, *"crolli e mutamenti avvenuti a distanza di circa cinquant'anni, che mostrano la scomparsa di un tratto delle fortificazioni medioevali e lo stacco di consistenti porzioni di costa sui quali sono ancora visibili tracce di costruzioni antiche"* (Pagliara, 1987).

Uno dei siti maggiormente interessati da frane è il settore nei pressi della Grotta di San Cristoforo, dove si osservano sul litorale sabbioso ingenti volumetrie rocciose derivanti da fenomeni di crollo e di ribaltamento (Fig. 11) che hanno reso necessario recintare la spiaggia al fine di salvaguardare l'incolumità di bagnanti e turisti.

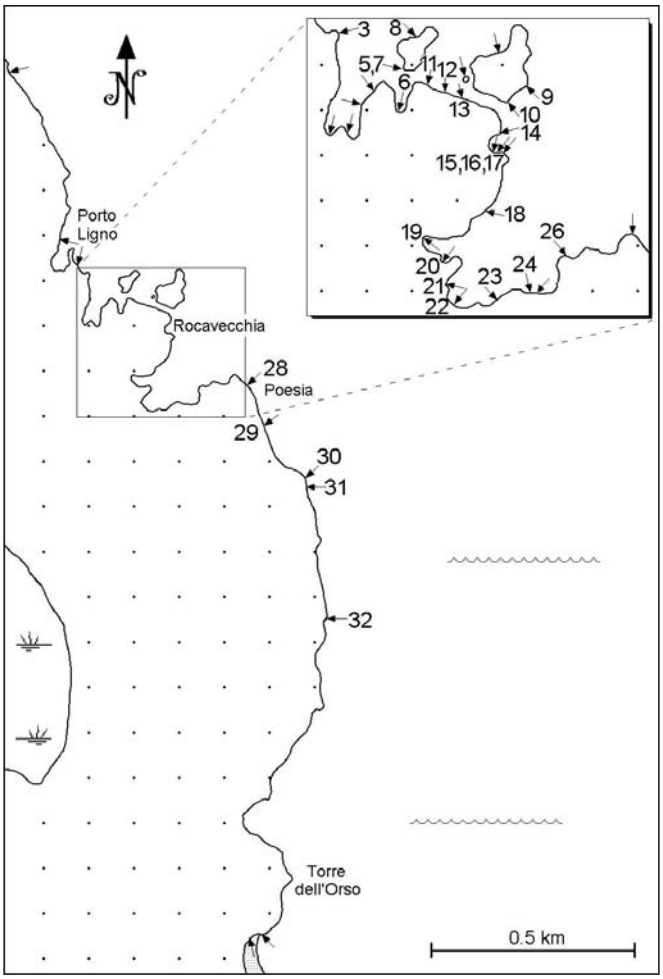


Fig. 10 – Ubicazione dei crolli lungo la falesia dedotti dall'analisi aereo-fotogrammetrica e da rilievi in sito. La numerazione degli eventi di crollo è come in tabella 1

Per ciò che attiene l'instabilità della Grotta della Poesia Piccola occorre considerare almeno due tipi di processi aventi differenti scale temporali e grandezza. Il primo tipo riguarda il coronamento della dolina coincidente con l'apertura superiore della grotta. Tale bordo presenta profili morfologici articolati, con brusche variazioni di pendenza (Fig. 9); esso inoltre è intagliato lungo un livello stratigrafico marcatamente carsificato e particolarmente erodibile che determina anche i crolli e i ribaltamenti che cingono il lato a mare della dolina della Grotta della Poesia Grande. Il suddetto livello, nonché lo strato sottostante, risultano particolarmente interessati da numerosi piani di discontinuità suborizzontali coincidenti con laminazioni di origine sedimentaria. Le fratture che segmentano l'intervallo stratigrafico affiorante lungo il coronamento della dolina della Poesia Piccola, risultano in genere allargate, mentre i lembi adiacenti possono mostrare indizi di dislocazioni. Tra tali fratture beanti si incuneano sovente le radici dei numerosi esemplari di *ficus carica* qui presenti. Inoltre il già fragile profilo del bordo della dolina è parzialmente interessato da antichi scavi antropici. Ne risulta che l'ammasso roccioso in questione è sezionato in blocchi con facce quadrangolari di varie dimensioni in generali condizioni di incipiente instabilità. Non a caso il crollo più recente all'interno della Grotta della Poesia Piccola, avvenuto nel dicembre 2003, ha interessato proprio uno dei suddetti blocchi, evidenziando l'elevata pericolosità a franare del sito (Delle Rose *et al.*, 2004).

Altri problemi di instabilità, aventi scale temporali e di grandezza sensibilmente diverse rispetto a quelli sopra descritti, riguardano il periplo di base della grotta, ossia la porzione compresa tra l'attuale livello del mare e la linea di contatto tra le pareti ed i depositi di riempimento. Questa porzione potrebbe essere tuttora soggetta a fenomeni geomorfologici attivi che tenderebbero ad ampliarla, con l'effetto conseguente di aumentare le contropendenze alla base delle pareti dell'ipogeo. Tali fenomeni sono dovuti all'erosione marina che si esplica

Fig. 11 – Litorale nei pressi della Grotta S. Cristoforo: in evidenza, la falesia calcarenitica intensamente coinvolta in fenomeni di crollo e ribaltamento, i cui depositi sono visibili sulla spiaggia

attraverso il moto ondoso, le reazioni chimiche dissolutive di tipo ipercarsico e i fenomeni erosivi di origine biologica. L'incidenza delle singole tre componenti dell'erosione marina è mutata verosimilmente più volte nel tempo geologico in virtù delle modificazioni ambientali. Attualmente, la dissoluzione chimica della roccia sembra essere di entità relativamente bassa a causa degli scarsi afflussi di acqua di falda in grotta; le acque salmastre all'origine dei fenomeni ipercarsici si formano, in ogni caso, in occasione delle precipitazioni meteoriche e per effetto dello stillicidio delle acque infiltrate in superficie (Fig. 12).

Come accennato nell'introduzione, a seguito di recenti crolli avvenuti lungo il litorale negli ultimi anni, sono state realizzate opere di difesa costiera tramite barriere frangiflutti (Fig. 1), che hanno riguardato nello specifico la zona dell'abitato di Roca e il settore di falesia prospiciente le Grotte della Poesia. Nell'ipotesi che le barriere frangiflutti posizionate all'imbocco da mare della Grotta della Poesia Piccola assolvano, anche in parte, alla loro funzione, la bioerosione verrebbe a costituire l'insieme di processi che, nel lungo termine, approfondendo l'incisione al livello del battente d'acqua, potrebbe compromettere la generale stabilità della grotta. Occorre tra l'altro considerare che le stesse barriere frangiflutti hanno sensibilmente ridotto il ricambio delle acque all'interno della cavità determinando un aumento dell'accumulo di detrito organico, alcuni prodotti della cui degradazione possono significativamente incentivare i processi di dissoluzione chimica della roccia.

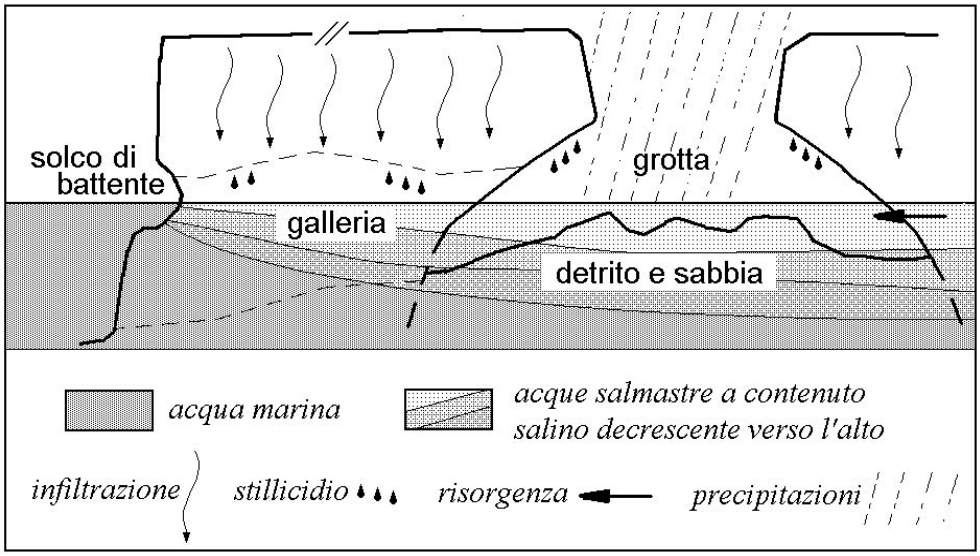


Fig. 12 - Azioni ipercarsiche all'interno delle Grotte della Poesia. Attualmente la risorgenza della falda appare piuttosto ridotta rispetto al passato (v. testo). In ogni caso acque salmastre si formano in occasione delle piogge oltre che, in archi di tempo più ampi, a causa dello stillicidio delle acque di infiltrazione

**Ipotesi di ricostruzione dell'evoluzione geologica**

Più volte in precedenza è stato posto l'accento sulla frequenza e sulla diffusione dei fenomeni di crollo nella zona indagata. Occorre in ogni caso considerare che, alla scala geologica, detti fenomeni altro non sono che un principale meccanismo di evoluzione morfologica del sito. La tendenza naturale della falesia è quella di un arretramento complesso ed affatto graduale. Elaborando un modello semplice, si può considerare un tratto di costa inizialmente rettilineo, nel cui immediato entroterra si venga a sviluppare un ipogeo carsico (Fig. 13). La successiva formazione di una dolina conseguente al crollo della volta dell'ipogeo innescherà condizioni ambientali che favoriranno ulteriori dissesti dell'ammasso roccioso. I successivi eventi di crollo amplieranno il periplo della dolina sino a farle perdere l'individualità. La forma carsica successivamente costituirà quindi una insenatura costiera mentre la falesia, nel complesso, risulterà decisamente più frastagliata.

Tale tipo di evoluzione persisterà finché non cambieranno sostanzialmente le condizioni ambientali del sito, come già accaduto più volte negli ultimi milioni di anni. Infatti, nel Pliocene inferiore e medio, l'area oggetto di studio, unitamente all'intero Salento nord-orientale (Palmentola, 1987), fu invasa dal mare nel quale si depositarono le calcareniti e calcilutiti oggi affioranti. L'episodio marino si esaurì nel Pliocene superiore a causa di movimenti tettonici che determinarono il piegamento e la fratturazione degli strati, nonché l'emersione dell'area. Si instaurò così una circolazione idrica superficiale e sotterranea che determinò le prime azioni carsiche sulle rocce. A questo periodo si può riferire la fase di individuazione e di sviluppo iniziale del sistema carsico delle Grotte della Poesia (Tabella 2 e Fig. 14).

Nel Pleistocene inferiore tutta la penisola Salentina tornò in ambiente marino (PALMENTOLA, 1987). Nell'area oggetto di studio la sommersione perdurò probabilmente durante parte del Pleistocene medio, ed alcune fratture, allargate durante la precedente emersione dalla dissoluzione carsica, vennero riempite da sedimenti marini.

L'ultima emersione, che perdura tuttora, avvenne tra il Pleistocene medio e quello superiore. Il sistema carsico delle Grotte della Poesia venne interessato da una nuova fase speleogenetica nella quale i crolli assunsero importanza sempre maggiore nel determinare le dimensioni e la forma degli ipogei. In seguito, l'alternarsi delle fasi glaciali ed interglaciali determinò l'avvicendarsi di condizioni costiere e continentali. Il tratto di costa considerato e i sistemi carsici qui presenti, risentirono di tali cambiamenti: il primo sottraendosi all'erosione marina durante le fasi glaciali a causa dell'arretramento della linea di costa, i secondi esponendosi a intense azioni ipercarsiche di dissoluzione della roccia durante gli interglaciali.

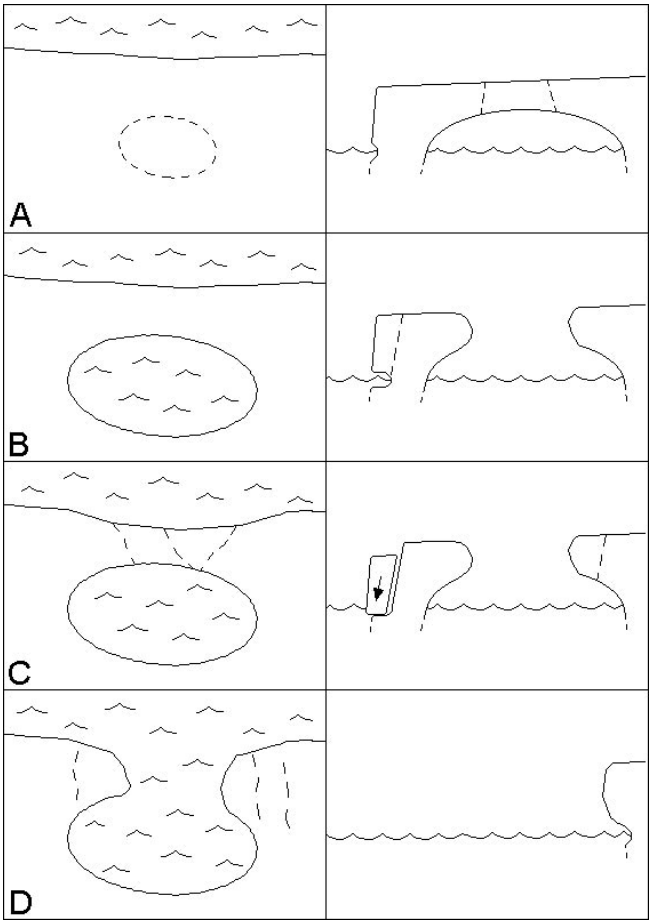


Fig. 13 - Modello evolutivo della falesia. A, formazione del solco di battente ed inizio dello sviluppo di un ipogeo; B, primi segnali di instabilità lungo la falesia per scalzamento al piede della stessa e crollo della volta della grotta; C, crolli lungo la falesia e il perimetro delle doline; D, formazione di un'insenatura costiera e progressivo ulteriore arretramento della costa.

Durante l'ultimo periodo glaciale, il Würm, la linea di costa venne a trovarsi circa 100 m al di sotto della sua posizione attuale. In seguito, durante l'Olocene medio, ed in particolare nel corso del cosiddetto *Optimum* climatico, il livello del mare raggiunse una quota analoga a quella attuale o, addirittura di alcuni metri superiore (MASTRONUZZI *et al.*, 1994).

Durante le prime fasi documentate di frequentazione antropica della grotta, il livello del mare doveva essere di alcuni metri inferiore rispetto a quello attuale. La Grotta della Poesia Piccola e parte della galleria orientale non erano probabilmente allagate. La dolina non si doveva essere ancora formata, benché la volta dell'ipogeo fosse già probabilmente instabile e causasse, quindi, ripetuti eventi di crollo con l'effetto complessivo di divenire progressivamente più elevata.

| | | |
|---|---|---|
| *Pliocene Medio*<br>*Pliocene Superiore* | da 2,2 a 1,7 milioni di anni fa | formazione della roccia; fratturazioni tettoniche |
| *Pliocene Superiore*<br>*Pleistocene Inferiore* | da 1,7 a 1,2 milioni di anni fa | emersione dell'area e prima fase speleogenetica (individuazione delle "protogrotte") |
| *Pleistocene Inferiore*<br>*Pleistocene Medio* | da 1,2 milioni sino a circa 350.000 mila anni fa | trasgressione del mare; le grotte sono sommerse |
| *Pleistocene Medio*<br>*Pleistocene Superiore* | intorno a 350.000 mila anni fa | nuova emersione e inizio della seconda fase speleogenetica (ampliamento per crolli) |
| *parte finale del*<br>*Pleistocene Superiore* | da circa 200.000 anni fa | alterni periodi di condizioni costiere e continentali a causa delle oscillazioni glacioeustatiche |
| *Olocene* | da 11 mila anni fa | risalita del mare sino alla posizione attuale |

Tab. 2 – Principali fasi evolutive della zona Porto Ligno-Torre dell'Orso e del sistema carsico delle Grotte della Poesia

In merito al crollo della volta, Pagliara (1987) ritiene che possa essere messo in relazione con *"l'episodio di scavo […] evidenziato dalla traccia di due brevi scale intagliate; la prima porta[nte] dal piano di campagna ad un piccolo ambiente circolare; la seconda da questo ai resti di un ambiente allungato del quale è salva una parete ad angolo. Il taglio della roccia, praticato per ottenere gli spazi ipogeici, [avrebbe] interrotto linee d'arco naturali […] e squilibrato l'intera massa rocciosa […] Incerta rimane la datazione di queste forme di insediamento, genericamente riconducibili ai secoli a cavallo fra il primo e il secondo millennio d. C."* (Fig. 14). Nel frattempo il livello del mare doveva essersi innalzato, senza tuttavia raggiungere ancora la posizione attuale.

## Conclusioni

L'arretramento della falesia e l'ampliamento degli ipogei carsici avvengono generalmente per frane da crollo indotte da una efficace azione di scalzamento al piede da parte dell'erosione marina. Quest'ultima si esplica attraverso complesse interazioni tra moto ondoso, reazioni chimiche dissolutive di tipo carsico e fenomeni erosivi di origine biologica.

I fenomeni carsici e quelli bioerosivi rivestono un ruolo principale nell'evoluzione della falesia e degli ipogei di Rocavecchia, soprattutto nelle fasce intertidale e sopratidale. Ad eccezione di circoscritte evidenze di abrasione, i processi legati al moto ondoso si esplicano con la rimozione di frammenti di substrato litico già in parte isolati dal resto dell'ammasso roccioso. L'incidenza del carsismo e della bioerosione è variabile sia spazialmente, dagli ipogei alla falesia, che temporalmente. In particolare, la bioerosione appare essere il principale processo morfologico di approfondimento del solco di battente alla base della falesia.

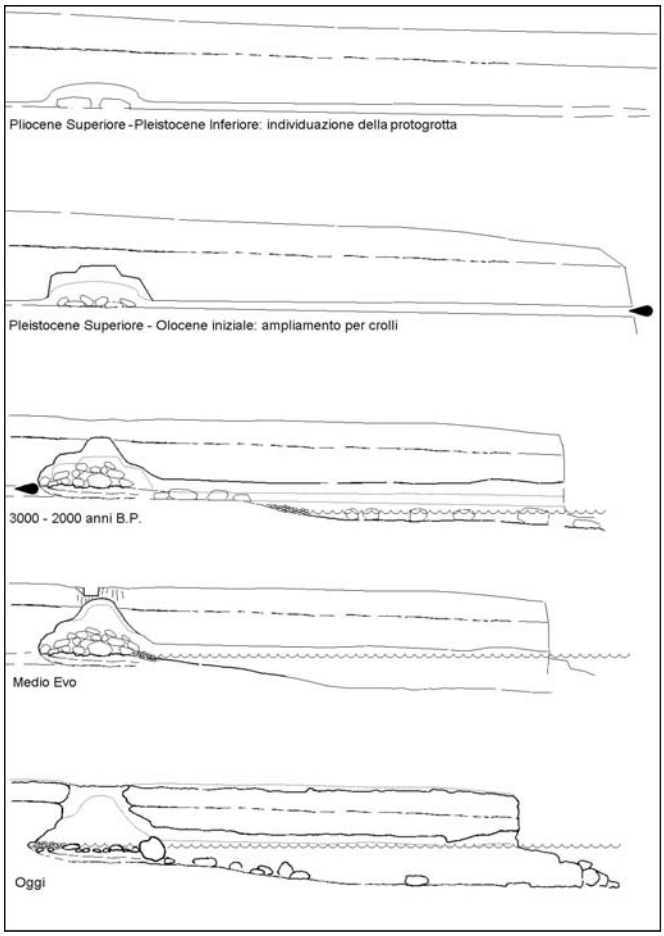


Fig. 14 - Modello evolutivo della Grotta della Poesia Piccola

Per ciò che attiene l'origine dei sistemi carsici, essa è riferibile a livelli carsici di base legati ad altrettante falde idriche sorrette da strati impermeabili e, in prossimità della costa ed in idonee condizioni idrogeologiche, da acque marine di intrusione. Così la speleogenesi e l'evoluzione delle Grotte della Poesia sono state controllate sia dalle variazioni litologiche della serie stratigrafica che dall'interazione tra acque dolci di falda ed acque salate. L'occorrenza degli sprofondamenti che hanno determinato la situazione attualmente osservabile alle Grotte della Poesia rientra nell'ambito di diffuse situazioni descritte sulla fascia costiera del Salento, connesse ad evoluzione carsica e a processi di *sinkholes* (Delle Rose *et al.*, 2004).

Infine, occorre rilevare che la realizzazione di barriere frangiflutti sul litorale in esame, e in particolare all'imbocco della galleria di Grotta della Poesia Piccola, ha sensibilmente ridotto il ricambio delle acque all'interno della cavità e determinato, di conseguenza, un sensibile accumulo di detrito organico. Ciò potrebbe intensificare l'azione della bioerosione con probabili effetti dannosi, nel lungo termine, anche sulla stabilità delle pareti dell'ipogeo. Migliori risultati, anche riguardo all'impatto ambientale e paesaggistico, potevano essere ottenuti realizzando sistemi del tipo a "piastre sommerse", capaci di frangere ugualmente i fronti d'onda ma esenti degli indesiderati effetti di ristagno delle acque.

## Ringraziamenti

Si ringraziano: l'Osservatorio di Fisica, Chimica e Geologia Ambientale dell'Università di Lecce, per l'esecuzione di rilievi topografici nella Grotta della Poesia; A. Buzzacchino, per i rilievi delle fratture tettoniche nella medesima cavità; R. Amati per le indagini idrogeologiche; il Laboratorio di Topografia del Dipartimento Beni Culturali dell'Università di Lecce, dove ci è stata gentilmente permessa la visione dell'archivio aereofotografico. Il lavoro è stato svolto con fondi del progetto "Monitoraggio statico del tratto costiero tra Porto Ligno e salvaguardia della Grotta della Poesia" (resp. M.T. Carrozzo e A. Federico).

## BIBLIOGRAFIA


Back W., Harishaw B.B. & Van Driel J.N., 1984 – *Role of groundwater in shaping the eastern coastline of the Yucatan Peninsula, Mexico.* In: *Groundwater as geomorphic agent*. London, 280-293.

Baldassarre R., Lucarelli A., Quarta F. & Tedesco P., 2000 – *Studio di verifica dello stato qualitativo della falda*. Provincia di Lecce, 53 pp.

Beccarisi L., Cacciatore G., Chiriacò L., Delle Rose M., Fiorito F., Giuri F., Lisi G., Marras V. & Quarta G., 2003 – *Influenza del carsismo sulla falesia e negli ipogei di Rocavecchia.* Atti 2° convegno "Il carsismo nell'area mediterranea", suppl. Thalassia Salentina, 26, 155-163.

Blanc A.C. & Cardini L., 1961 – *Saggi nei pozzetti di erosione del 'tufo' calcareo di Rocavecchia (Lecce).* Quaternaria, 306-308.

Bonfiglio L. & Donadeo G., 1982 – *Cancer Sismondai Meyer nel Pliocene di Torre dell'Orso (Puglia).* Atti Soc. It. Scienze Nat., 123, 255-296.

Bossio A., Landini V., Mazzei R., Salvatorini G. & Varola A., 1985 – *Studi sul Neogene e Quaternario della Penisola Salentina. I – La sequenza pliocenica di S. Andrea (Lecce) ed il suo contenuto in pesci, ostracodi, foraminiferi e nannofossili.* Atti Soc. Tosc. Sc. Nat., 92, 35-93.

Calò G., Gnoni R. & Stani M., 1990 – *Caratteri idrogeologici delle falde superficiali della Penisola Salentina e valutazione della vulnerabilità degli acquiferi.* Amministrazione provinciale di Lecce, 31 pp.

Cigna A. A., 1983 – *Sulla classificazione dei fenomeni carsici.* Le Grotte d'Italia, 11, 497-505.

Delle Rose M. & Parise M., 2002 – *Karst subsidence in south-central Apulia, southern Italy.* International Journal of Speleology, 31 (1/4), 181-199.

Delle Rose M. & Parise M., 2003a – *Pozzetti carsici e processi geomorfologici a Rocavecchia (prov. di Lecce).* Grotte e dintorni, 5, 35-48.

Delle Rose M. & Parise M., 2003b – *Il condizionamento dei fattori geologico-strutturali ed idrogeologici nella speleogenesi di grotte costiere del Salento.* Atti XIX Congresso Nazionale di Speleologia, Bologna, agosto 2003, 27-36.

Delle Rose M. & Parise M., 2004 – *Slope instability along the Adriatic coast of Salento, southern Italy.* Atti IX International Symposium on Landslides, Rio de Janeiro, 1, 399-404.

Delle Rose M., Federico A. & Parise M., 2004 – *Problematiche connesse a fenomeni di subsidenza carsica e sinkholes in Puglia.* Atti del Convegno "Stato dell'arte sullo studio dei fenomeni di sinkholes e ruolo delle amministrazioni statali e locali nel governo del territorio", Roma, 377-388.

Folk R.L., Roberts H.H. & Moore C.H., 1973 – *Black phytokarts from Hell, Cayman Islands, British West Indies.* Geol. Soc. Amer. Bull., 84, 2351-2360.

Forti P., 1985 – *I risultati delle esplorazioni speleosubacquee condotte dall'U.S.B. in Puglia nell'anno 1973.* Atti del 1° Convegno Regionale di Speleologia, Castellana Grotte, 87-98.

Forti P., 1991 – *Processi carsici e speleogenesi. Prima Parte.* Speleologia, 24, 42-46.

Forti P., 1993 – *Meccanismi genetici ed evolutivi delle grotte marine.* Speleologia, 28, 63-67.

Giuliani P., 2000 – *Elenco delle grotte pugliesi catastate al 31 ottobre 1999.* Itinerari Speleologici, s. II, n. 9, 5-41.

Golubic S. & Schneider J., 1972 – *Relationship between carbonate substrate and boring patterns of marine microorganism.* Geol. Soc. Am., Ann. Meet. Abstr. Progr., 4, 518.

Gregor V. A., 1981 – *Karst and caves in the Turks and Caicos island.* Atti IX Int. Spel. Cong, Bowling Green, 805-806.

Largaiolli T., Martinis B., Mozzi G., Nardin M., Rossi D. & Ungaro S., 1969 – *Note illustrative della Carta Geologica d'Italia, Foglio 214 Gallipoli.* 64 pp.

Luzio D., Margiotta C. & Ranieri G., 1987 – *Analisi comparata di misure geoelettriche e sismiche per l'individuazione di cavità nell'area archeologica di Roca (Lecce).* Quad. Ric. Cent. Studi Geot. Ing., 11, 355-372.

Mastronuzzi G., Palmentola G. & Sansò P., 1994 – *Le tracce di alcune variazioni del livello del mare olocenico tra Torre dell'Orso e Otranto (Lecce).* Geografia Fisica e Dinamica Quaternaria, 17, 55-60.

Pagliara C., 1987 – *La Grotta Poesia di Roca (Melendugno-Lecce). Note preliminari.* Ann. Pisa, 17, p. 267-328.

Pagliara C., 1991 –*Santuari costieri.* Atti Convegno di Taranto, 30, 503-526.

Pagliara C., 2001 – *Roca.* In: Nenci G. & Vallet G. (a cura di) – *Bibliografia topografica della colonizzazione greca in Italia e nelle isole Tirreniche.* XVI, Sc. Norm. Sup. – Ecole Francaise de Rome – Centre J. Berard Naples, 198-229.

Palmentola G., 1987 – *Lineamenti geologici e morfologici del Salento leccese.* Atti del Convegno sulle conoscenze geologiche del territorio salentino, Quad. Ric. Centro Studi Geotecn. Ing., Lecce, 11, 7-29.

Parenzan P., 1983 – *Puglia Marittima.* Congedo ed., Galatina (Le), vol. 1, 403 pp.

Parise M., Federico A., Delle Rose M. & Sammarco M., 2003 – *Karst terminology in Apulia (southern Italy).* Acta Carsologica, 32 (2), 65-82.

Reina C., 1969 – *Modalità di movimento delle acque sotterranee dolci salmastre e salate nell'ambito del sistema idrogeologico della Puglia meridionale.* Atti simposio "Il movimento dell'acqua nel terreno", Bari, 18 pp.

Rohlfs G., 1974 – *Scavi linguistici nella Magna Grecia.* Congedo Editore, Galatina (Le).

Schneider J., 1977 – *Carbonate construction and decomposition by epilitic and endolitic micro-organisms in salt– and freshwater.* In Flügel E. (a cura di) – *Fossil Algae.* Springer-Verlag, Berlino, 248-260.

Varola A., 1965 – *Nota preliminare su di un giacimento a Cancer Sismondai Meyer nella provincia di Lecce.* Atti Soc. Tosc. Sc. Nat., 72, 295-298.

# INDICE

## ATTI

Relazione dell'attività della Commissione Grotte "E. Boegan" nell'anno 2000 Pag. 5

## MEMORIE

GASPARO F.: Note sulle *Histopona* Thorell, 1869, del gruppo *myops* di Grecia, con descrizione di una nuova specie cavernicola (Araneae, Agelenidae) " 17

CASAGRANDE G., ZINI L.: Variazioni del livello delle acque al fondo della Grotta A.F. Lindner (829/3988 VG) in relazione alle piene del Timavo " 37

GEMITI F., MERLAK E.: Interpretazione dell'esperimento di marcatura con tetracloruro di carbonio delle acque di fondo della Grotta A.F. Lindner (3988 VG) " 45

POLLI E.: Aspetti speleovegetazionali della "Jama Dimnice", 736 S ("Grotta del Fumo", 626 VG) nel Matarsko Podolje (Valsecca di Castelnuovo) di Markovščina (Carso sloveno). Contributo alla conoscenza della speleoflora vascolare carsica " 63

LENAZ D., INFANTI S.: La morfologia degli zirconi e le possibili implicazioni sulla loro provenienza in materiali clastici terrigeni: uno studio preliminare sugli zirconi del flysch cretacico-terziario delle Alpi sudorientali e le Dinaridi esterne " 85

BERNARDINI F.: Una nuova macina protostorica in trachite dei Colli Euganei rinvenuta nei pressi della stazione ferroviaria di Duino nel Carso triestino " 95

SGUAZZIN F.: Contributo alla conoscenza delle speleoflora della Jama Dimnice (Grotta del Fumo) (Slovenia). Briofite raccolte nel pozzo di accesso (Velike Dimnice) alla Grotta " 107

BERNARDINI F., BOSCHIN F.: Nuove considerazioni sugli "aghi da rete" rinvenuti in alcuni siti archeologici del Carso triestino " 117

BUSSANI A.: Influenza delle maree atmosferiche sulle misure di temperatura registrate nella Grotta "C. Doria" (N. 3875 VG) " 125

SAMEZ D., CASAGRANDE G., CUCCHI F., ZINI L.: Idrodinamica dei laghi di Doberdò e di Pietrarossa (Carso classico, Italia): relazioni con le piene dei fiumi Isonzo, Vipacco e Timavo " 133

DELLE ROSE M., PARISE M.: Speleogenesi e geomorfologia del sistema carsico delle Grotte della Poesia nell'ambito dell'evoluzione quaternaria della costa adriatica salentina " 153

Finito di stampare nel dicembre 2005
dalla Stella Arti Grafiche - Trieste