

BOSSEA MMXIII

CONGRESSO NAZIONALE

LA RICERCA CARSOLOGICA IN ITALIA

Frabosa Soprana (Cn) – Grotte di Bossea
22-23 giugno 2013

ATTI

LABORATORIO CARSOLOGICO SOTTERRANEO DI BOSSEA
STAZIONE SCIENTIFICA DI BOSSEA CAI CUNEO – COMITATO SCIENTIFICO CENTRALE DEL CAI

Esempi di cartografia geomorfologico-carsica in Puglia

MARIO PARISE (*), MARIANGELA PEPE (**)

RIASSUNTO

Il territorio pugliese, ben noto tra le aree di maggiore interesse carsico in Italia per la predominanza nella quasi totalità della regione di rocce solubili, presenta (con l'eccezione del Promontorio del Gargano) una topografia in prevalenza piatta e a scarsa energia di rilievo. Tale aspetto fa sì che le forme prodotte dal paesaggio carsico vengano facilmente modificate, se non del tutto cancellate, dall'azione antropica, che sempre più spesso tende ad appropriarsi di nuove porzioni di territorio, senza preoccuparsi troppo di salvaguardarne l'origine naturale, nè tantomeno le relative funzioni idrauliche e geomorfologiche.

Risulta pertanto di estrema importanza la redazione di cartografie geomorfologiche nel quale siano rappresentati gli elementi del paesaggio carsico, intendendo tra questi sia quelli epigei che ipogei (o quantomeno i punti di accesso a cavità e sistemi carsici sotterranei). Le carte geomorfologiche di aree carsiche costituiscono infatti uno strumento di primaria importanza ai fini della identificazione delle zone maggiormente suscettibili a eventi di dissesto idrogeologico, dagli sprofondamenti (*sinkholes*) agli eventi di alluvionamento. Tali elaborati cartografici richiedono una particolare attenzione per il riconoscimento di forme del paesaggio che sono a volta appena accennate, e pertanto vengono frequentemente trascurate nel caso di studi non finalizzati espressamente all'analisi degli elementi carsici.

Al fine di evidenziare, da un lato, la difficoltà nell'individuare e rappresentare cartograficamente tali elementi, e, dall'altro, la necessità di tenerli nel debito conto, anche per la pianificazione e la corretta gestione del territorio, si presentano in questo contributo alcuni esempi di cartografia geomorfologico-carsica, da vari settori del territorio pugliese (Murge, Salento interno e costiero). In particolare, si descriveranno alcuni caratteri di geomorfologia carsica delle zone di Ruvo di Puglia (Alte Murge), Ostuni (nella cosiddetta "Soglia Messapica", ossia la zona di transizione tra Murge e Salento), e Santa Cesarea Terme (Salento).

PAROLE CHIAVE: *carsismo, cartografia, doline, geomorfologia, pericolosità.*

ABSTRACT

The territory of Apulia (south-east Italy), well known as one of the most remarkable areas of Italy as concerns karst, due to wide presence of soluble rocks at the outcrop, presents (with the exception of the Gargano Promontory) a prevalingly flat topography, with low to very low relief. This feature makes extremely common the possibility to modify or cancel the landforms produced by karst processes, especially through human activities. These latter have a strong increase in gaining more and more pieces of land, without

taking into the due account neither the natural landscape and its hydraulic and geomorphological functions.

Producing geomorphological maps in karst, depicting the main features of the karst landscape (both at the surface and underground) is therefore of vital importance. Geomorphological maps in karst may represent a tool of primary relevance to identify the areas prone to hydrogeological hazards, including sinkholes, floods, etc. Such maps have necessarily to be produced paying a particular care to recognition of those landforms that, being subdued, are often not considered in studies not specifically dedicated to karst.

Aimed at highlight the difficulties in the identification and mapping of karst landforms, and, at the same time, the need to take them into account for planning and land use management, this contribution briefly describes some examples of karst geomorphological mapping in different sectors of Apulia (Murge, inland and coastal Salento). In particular, the study areas are the sector near Ruvo di Puglia (High Murge), Ostuni (in the so-called "Messapic Threshold", that is the transition area between Murge and Salento), and Santa Cesarea Terme (Salento).

KEY WORDS: *karst, mapping, doline, geomorphology, hazard.*

INTRODUZIONE

L'elaborazione di carte geomorfologiche è uno strumento indispensabile per la conoscenza delle forme del paesaggio riconoscibili sul territorio, nonché ai fini della comprensione dei processi morfogenetici che le hanno prodotte.

In territori carsici, data la peculiarità di tali ambienti, l'analisi geomorfologica deve necessariamente comprendere sia i caratteri epigei che quelli ipogei. La stretta connessione (geologica, idraulica e idrogeologica) esistente tra i due domini va quindi analizzata congiuntamente, al fine di comprendere le dinamiche evolutive che hanno portato al paesaggio attuale, nonché alle forme relitte o fossili su di esso presenti. Allo stesso tempo, le forme del paesaggio carsico possono anche derivare dall'azione combinata di altri processi geomorfologici (ad esempio, quelli fluviali o quelli costieri), o, ancora, essere almeno in parte modificate dall'azione di uno tra i più potenti agenti morfogenetici, cioè l'uomo (NORTH *et al.*, 2009). Ciò fa comprendere che la cartografazione di forme anche poco evidenti, di scarso rilievo, può risultare importante nel carso, specialmente ai fini di tematiche geologico-applicative, per la individuazione, ad esempio, delle aree potenzialmente soggette a fenomeni di dissesto idrogeologico (in primis, aree alluvionabili e sprofondamenti).

Nel presente contributo, successivamente ad alcune considerazioni di carattere generale sulla redazione di carte geomorfologiche in ambiente carsico, si illustrano brevemente

(*) CNR-IRPI, Bari; m.parise@ba.irpi.cnr.it

(**) Autorità di Bacino della Puglia

i caratteri carsici di alcune zone del territorio pugliese, descritti grazie alla elaborazione di cartografia a grande scala.

CARTOGRAFIA GEOMORFOLOGICA IN AREA CARSICA

Nonostante la peculiarità dell'ambiente carsico sia ormai ampiamente riconosciuta nell'ambito della comunità scientifica, sia in relazione ai caratteri geologico-morfologici che a quelli idrologici e idrogeologici (WHITE, 1988; PALMER, 1991, 2007; FORD & WILLIAMS, 2007), di frequente la redazione di cartografia geomorfologica in territori carsici non dà il giusto rilievo alle forme del paesaggio prodotte dai processi carsici, inserendo queste all'interno di legende e schemi generalmente utilizzati in altri territori. Tale mancanza di approfondimento e di dettaglio nella rappresentazione delle forme carsiche si traduce spesso in una non piena comprensione delle dinamiche agenti sul paesaggio, nonché degli effetti eventualmente prodotti sull'ambiente antropizzato.

Un aspetto estremamente delicato è rappresentato dall'utilizzo dei dati derivanti da attività speleologica in ambito scientifico. Tra gli aspetti fondamentali dell'attività speleologica, la documentazione di quanto viene esplorato nel sottosuolo, e la divulgazione del relativo materiale, svolgono un ruolo cruciale. In particolare, la redazione di mappe e

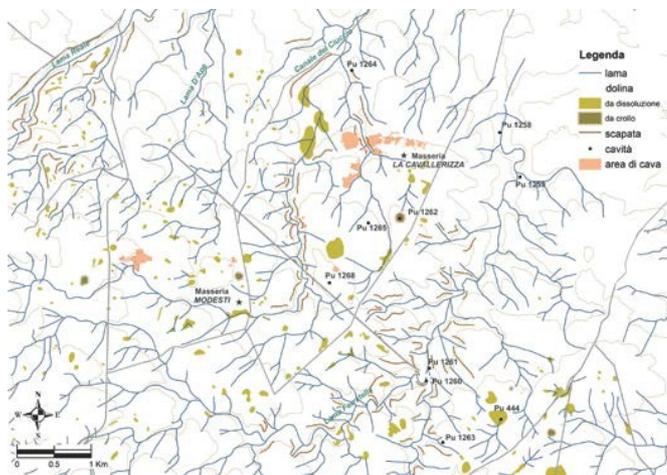


Fig. 1 - Carta geomorfologica del settore a sud di Ruvo di Puglia.

sezioni delle grotte ha da sempre rappresentato la modalità principale con cui si "trasmetteva" all'esterno la conoscenza del sottosuolo. Vanno però considerati i limiti che, specialmente nel passato, caratterizzavano tali rilievi: da incertezze nell'ubicazione dell'accesso, e ancor più nella relativa quota altimetrica, agli inevitabili errori sia in fase di rilievo che di restituzione dei dati (MARTIMUCCI & PARISE, 2012). Tali errori erano funzione degli strumenti utilizzati, oltre che della abilità dei rilevatori e disegnatori. Negli ultimi anni (all'incirca a partire dal 2005) la situazione è notevolmente migliorata, e le tecniche di rilievo attualmente adoperate dalla Federazione Speleologica Pugliese presentano sufficiente precisione e affidabilità da consentire la georeferenziazione dei dati e il confronto con il sovrastante urbanizzato, come più

volte avvenuto negli scorsi anni. Tra i numerosi possibili esempi, si ricorda lo sprofondamento di San Procopio a Barletta, dove nell'arco di sole quattro giornate di intenso lavoro, è stato possibile fornire all'amministrazione comunale un quadro esaustivo dell'andamento delle cavità sotterranee all'origine del *sinkhole*, completo di indicazioni sui caratteri di stabilità delle stesse (DE GIOVANNI *et al.*, 2011).

L'utilizzo di rilievi speleologici "datati" (intendendo con tale termine anche rilievi eseguiti sino ai primi anni del 2000) in ambito scientifico ha quindi grossi limiti che andrebbero opportunamente evidenziati. L'individuazione di elementi di geomorfologia carsica ipogea, esclusivamente basata sull'analisi dei rilievi, senza inoltre avere alcuna interazione con speleologi che effettivamente hanno esplorato e cartografato la cavità, porta pertanto a conclusioni che appaiono quantomeno discutibili. A tale proposito, si veda il lavoro di CANORA *et alii* (2012) e la relativa discussione di DE WAELE & PARISE (2013). Il riconoscimento di morfologie prodotte da processi carsici nel sottosuolo, e ancor più la loro interpretazione, non possono assolutamente prescindere da una visione diretta (o quantomeno con documentazione fotografica o video) degli ambienti in questione. Altrimenti, il rischio di



Fig. 2 - Tipica lama, ad andamento ad ampi meandri, nella porzione settentrionale del territorio rappresentato in Fig. 1.

dare una interpretazione non corroborata da alcun dato reale, risulta estremamente elevato. In particolare, ciò si verifica per alcuni elementi morfologici ipogei come tratti sub-orizzontali nell'andamento delle cavità, o presenza di meandri. Come evidenziato da PALMER (2000), l'attribuzione di passaggi carsici in grotta, presenti alla stessa quota, ad un'origine legata al livello di base dell'epoca della formazione del passaggio, appare molto semplificata. Tratti sub-orizzontali di notevole lunghezza si possono osservare, ad esempio, di frequente in grotte formatesi in massicci a giacitura debolmente inclinata o prossima all'orizzontalità, ed indurre pertanto in errore.

La distribuzione e la geometria dei passaggi ipogei all'interno di sistemi e grotte di origine carsica derivano da una combinazione di locali fattori litologici, strutturali e idrologici (PALMER, 1987, 2005; PARISE, 2012), con particolare rilievo per quel che riguarda la presenza di livelli rocciosi caratterizzati da minore solubilità nell'ambito della successione stratigrafica.

L'interpretazione della genesi di morfologie del paesaggio carsico ipogeo, e la loro connessione a dinamiche di più ampio

respiro, dovrebbero pertanto basarsi necessariamente su reali osservazioni in sito (PLAN *et alii*, 2009; GUEGUEN *et alii*, 2012) che, nel caso di cavità carsiche, implicano rilievi diretti nel sottosuolo, o quantomeno l'analisi critica di un'approfondita documentazione video e fotografica. In mancanza di tali dati, qualunque conclusione venga tratta risulta non supportata da elementi e osservazioni di carattere scientifico, e rimane pertanto a livello di semplice ipotesi o supposizione.

In territori carsici, un ulteriore problema è costituito dalla scarsa evidenza morfologica di forme del paesaggio che svolgono un ruolo cruciale dal punto di vista idrologico, e che risulta pertanto necessario non trascurare.

La precisa definizione di elementi carsici di "lettura" problematica a causa della scarsa evidenza morfologica assume notevole importanza, ad esempio, allorché si verificano eventi di dissesto idrogeologico quali fenomeni di allagamento a seguito di intense piogge (PARISE, 2003, 2008).

Nel carso pugliese, in gran parte caratterizzato da topografia piatta o blanda, le tracce dell'antico reticolo idrografico sono rappresentate da solchi a fondo piatto, che gradualmente si raccordano con i pendii circostanti, in genere con una più o meno sottile copertura di terra rossa e depositi residuali. Si tratta delle cosiddette *lame*, secondo un termine locale che anche etimologicamente ne indica il carattere eminentemente superficiale: esso deriva infatti dal termine latino *lama*, che indica palude, stagno, e risulta quindi collegato alla presenza di acqua in superficie (PARISE *et al.*, 2003). In passato, la presenza, seppur sottile, di suolo lungo le *lame* faceva sì che queste fossero le uniche zone coltivabili, in contrasto con il circostante paesaggio brullo e roccioso (COLAMONICO, 1917). Il termine *lama* si contrappone nettamente a quello di *gravina*, utilizzato invece per indicare le profonde valli carsiche e fluvio-carsiche incise in particolare nell'arco jonico tarantino (COLAMONICO, 1953; PALAGIANO, 1965). *Gravina* deriva la sua origine etimologica dal termine pre-latino *grava*, che significa pozzo o fosso (PARISE *et al.*, 2003; PARISE, 2007).



Fig. 3 – Ingressi di due cavità nel territorio di Ruvo di Puglia, ubicati in posizione morfologica differente: a sinistra PU 1265, sulla sommità di un pianoro che funge da leggero displuvio orografico tra due lame, e a destra PU 1268, all'interno di una netta dolina da crollo (le piccole dimensioni non ne consentono la rappresentazione in Fig. 1).

ESEMPI DAL TERRITORIO PUGLIESE

Ruvo di Puglia

La rete carsica superficiale del settore a sud di Ruvo di Puglia è caratterizzata dalla compresenza di valli fluvio-carsiche e doline (Fig. 1). Le prime si articolano in una fitta rete di solchi e lame, le quali confluiscono in aste principali, anche di notevole lunghezza. Queste si presentano localmente strette, incise e con andamento meandriforme (Fig. 2), e alimentano il sistema di drenaggio superficiale che dall'altopiano murgiano si sviluppa verso l'Adriatico (SAURO, 1991; PARISE, 2011). Pur essendo il regime di questa rete idrografica sostanzialmente effimero, non mancano comunque evidenze dell'azione erosiva dell'acqua incanalata in occasione dei principali eventi meteorici, con locali incisioni del substrato calcareo alla base dei depositi colluviali.

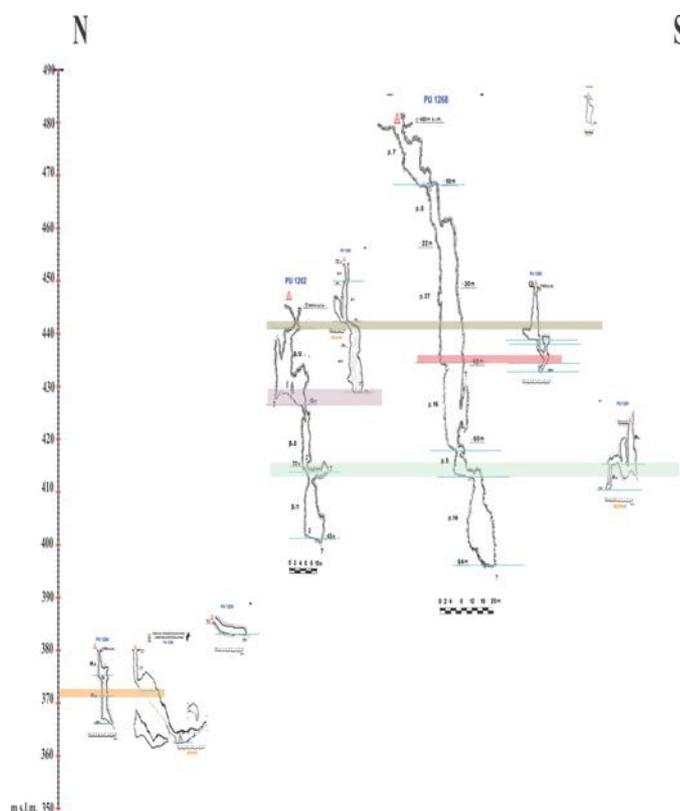


Fig. 4 – Sezioni delle principali cavità del territorio di Ruvo di Puglia, con indicazione di presumibili livelli paleocarsici. Le sezioni sono tratte dal Catasto delle Grotte Naturali della Puglia, gestito dalla Federazione Speleologica Pugliese (www.fspuglia.it).

La rete idrografica superficiale è completata da aree endoreiche, che in genere non superano il terzo ordine gerarchico, e che alimentano bacini di estensione non superiore a qualche centinaio di metri quadrati. Nonostante le dimensioni non elevate, tali aree endoreiche possono assumere notevole importanza, e essere connesse a significative emergenze ipogee. Da segnalare in tal senso il caso della Grave della Ferratella (Pu 444 nel Catasto Regionale delle Grotte Naturali <http://www.fspuglia.it>): a lungo considerata come la più profonda grotta della Puglia (profondità esplorata 320 m), il

suo accesso è stato obliterato a causa di lavori agricoli nell'estate del 1980 (LAROCCA & BERNOCCO, 1988; IURILLI & RUINA, 1999).

Le doline risultano variabili come forme e dimensioni, con prevalenza di doline da dissoluzione, ma presenza anche di doline da crollo, come ad esempio quella all'interno della quale si apre la Grave della Cavallerizza (Pu 1262). Di particolare interesse l'analisi degli accessi delle cavità note, in funzione della loro localizzazione nell'ambito delle forme del paesaggio: alcune cavità (tra cui la su citata Grave della Ferratella) si aprono all'interno di più o meno ampie doline, ma sono numerosi anche gli accessi in corrispondenza dei fianchi vallivi o delle zone di displuvio della rete idrografica (Fig. 3). L'analisi combinata delle forme principali riconosciute nel paesaggio carsico mostra come queste si sovrappongano e intersechino secondo modalità alquanto complesse, così suggerendo l'occorrenza di più fasi carsiche nell'area (Fig. 4).

Ostuni

La porzione di territorio pugliese localizzata tra le Murge ed il Salento costituisce la cosiddetta Soglia Messapica, vale a dire un settore di transizione tra le due aree sub-carsiche della Puglia centro-meridionale. In quest'ambito territoriale, i comuni di Ostuni e Ceglie Messapica sono tra i più rappresentativi per quel che riguarda le forme carsiche osservabili sul territorio. In particolare, il settore che comprende Monte S. Biagio, il promontorio di Risieddi e la dorsale su cui sorge il centro abitato di Ostuni presenta particolare interesse, rappresentando la porzione più esterna della scarpata murgiana, in corrispondenza della quale si osserva il raccordo con la piana adriatica, mediante versanti impostati su scarpate di linea di faglia. E' possibile quindi distinguere tre diversi ambiti geomorfologici: l'altopiano, la scarpata murgiana, la piana.

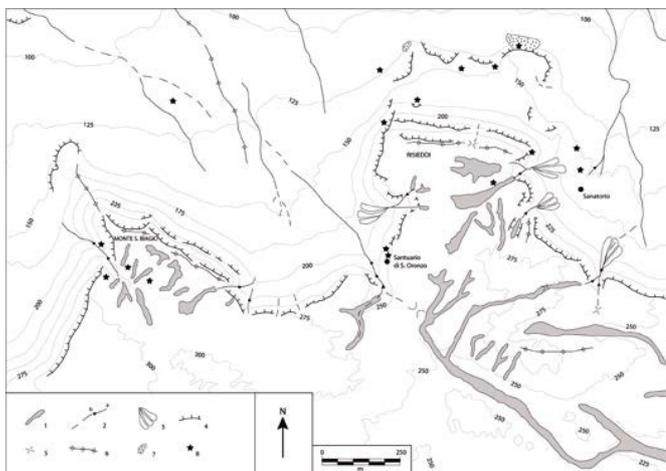


Fig. 5 - Carta geomorfologica dell'area tra Monte S. Biagio e Ostuni. Legenda: 1) lama; 2) corso d'acqua temporaneo (a), tratteggiato dove meno definito, localmente in approfondimento (b); 3) conoide alluvionale; 4) scarpata; 5) sella morfologica; 6) cresta morfologica; 7) cava; 8) ubicazione grotte. Equidistanza 25 m.

L'altopiano si estende a W e SW della scarpata murgiana, ed è rappresentato dal tipico paesaggio carsico delle Murge sud-orientali, con un susseguirsi di doline più o meno ampie, generalmente colmate da terra rossa e depositi residuali, che di frequente occludono l'accesso ai principali punti di assorbimento dislocati al fondo delle depressioni. Nelle zone a minore spessore di depositi residuali, si individua ancora un accenno delle antiche reti idrografiche, come ad esempio nel settore sommitale del Promontorio di Risieddi (Fig. 4).

La scarpata murgiana costituisce indubbiamente l'elemento di maggiore rilevanza morfologica nel settore in esame, con continuità di svariati chilometri ed un complessivo andamento in direzione NW-SE. E' costituita da una serie di gradini morfologici di origine tettonica, di altezza ed estensione alquanto variabile, ma che nel complesso marcano con apprezzabile continuità il passaggio dall'altopiano sommitale alla piana costiera. Tale elemento risulta interrotto, nel tratto compreso tra Fasano ed Ostuni, soltanto in corrispondenza del Canale di Pirro, un vasto polje carsico allungato in senso W-E (PARISE, 2006) e che si estende da Putignano verso l'Adriatico (con un'ulteriore prosecuzione interna, seppur meno marcata morfologicamente, nel Canale di Frassineto presso Gioia del Colle).

Originariamente considerata una linea tettonica, la scarpata nei pressi di Ostuni è stata poi interpretata in maniera differente: secondo GUARNIERI *et alii* (1990) e LAVIANO (1999), l'area interna dell'altopiano murgiano e il locale top della sequenza carbonatica corrisponderebbero a una unità di retro scogliera del tardo Mesozoico, costituita dal Calcare di Altamura, mentre la scarpata di Ostuni sarebbe il margine orientale della piattaforma carbonatica apula. L'altezza della scarpata non è uniforme per tutto il suo sviluppo, raggiungendo i massimi valori in corrispondenza del settore di Fasano. Nei dintorni di Ostuni, il tratto più elevato corrisponde a Monte S. Biagio, che supera di poco i 300 m s.l.m. Le aree di scarpata sono ad acclività medio-alta; localmente, presentano variazioni rispetto all'andamento generale per la presenza di discontinuità tettoniche minori, specialmente nel settore del Santuario di S. Oronzo. La distribuzione dei principali sistemi di discontinuità nell'area in esame risulta comunque concentrata lungo famiglie a orientazione NW-SE, e subordinatamente ENE-WSW (Fig. 5). La scarpata è profondamente incisa da valli, impostatesi come solchi di erosione che hanno origine a partire dall'altopiano sommitale. Alla base, al raccordo con la sottostante piana, si osservano corpi di antiche conoidi (Fig. 4), prevalentemente alimentate nel corso delle passate ere geologiche.

Lungo la piana costiera si individuano vari terrazzi morfologici, resti di piattaforme di abrasione marina, che interessano la Formazione Plio-Pleistocenica delle Calcareniti di Gravina (DIGERONIMO, 1970).

Nel resto della piana si individuano accenni di lame, sub parallele e con andamento perpendicolare alla costa, che costituiscono l'unico elemento geomorfologico caratterizzante un settore altrimenti monotono.

Gran parte delle numerose grotte carsiche di Ostuni si aprono proprio in corrispondenza dei principali elementi strutturali su descritti, e/o al contatto tra litotipi che, seppur tutti di natura carbonatica, presentano alcune significative differenze in termini di ambiente deposizionale e, di

conseguenza, nei caratteri di permeabilità (DELLE ROSE & PARISE, 2003; PARISE, 2012). La cavità di maggiore interesse è certamente la Grotta di Santa Maria di Agnano, PU 1201 (COPPOLA, 1992; COPPOLA & PARISE, 2005), ubicata al margine settentrionale della scarpata del promontorio di Risieddi (Fig. 5), al cui interno sono stati rinvenuti eccezionali reperti archeologici, incluse due sepolture, una delle quali è una gestante di circa 20 anni con i resti di un feto ad uno stadio di sviluppo avanzato (COPPOLA & VACCA, 1995).

Al pari di molte altre grotte della zona, anche Santa Maria di Agnano si sviluppa in corrispondenza del contatto stratigrafico discordante tra il Calcere di Altamura e il Calcere di Ostuni (PARISE, 2012). Quest'ultimo, infatti, costituisce la parte più interna, nonché la volta, della caverna, ed è caratterizzato da abbondante presenza di rudiste. A differenza del pavimento della grotta, ben stratificato, il Calcere di Ostuni ha un aspetto massivo, la cui continuità appare solo localmente interrotta da settori a maggiore presenza di contenuto macrofossilifero.

La volta dell'ambiente principale della cavità mostra peculiari morfologie a forma di cupola, la cui forma e dimensione è variabile, da ampie e circolari, a più strette e profonde.

Santa Cesarea Terme

La zona di Santa Cesarea Terme rappresenta un importante sito turistico lungo la costa orientale della Puglia, anche grazie alla presenza delle locali terme, alimentate da emergenze che sgorgano in quattro grotte ubicate alla base della falesia rocciosa (VISINTIN, 1944, 1945; ZEZZA, 1980; CALÒ *et al.*, 1983; CALÒ & TINELLI, 1995, 2004). Le acque, caratterizzate da temperature in superficie, intorno ai 20-30°C, sono utilizzate per la cura di alcune patologie respiratorie e dell'apparato locomotore.

Al pari del resto del territorio salentino (PALMENTOLA, 1987; RICCHETTI, 1987; PARISE, 2008), le forme del rilievo risultano estremamente blande, specialmente nei tratti più interni, mentre assumono significato ed evidenza morfologica netta soltanto in prossimità delle falesie rocciose che si affacciano verso est. La carta geomorfologica riportata in Fig. 6 mostra alcune significative forme del paesaggio carsico, eminentemente rappresentate da doline, anche di dimensioni ragguardevoli. La più estesa è certamente presente nella porzione settentrionale del territorio in esame, a nord dell'abitato di Cerfignano. Come di frequente si osserva nelle aree carsiche del territorio pugliese (PARISE, 2008), si tratta di doline a loro volta posizionate all'interno di più ampie aree pianeggianti, delle quali costituiscono un ulteriore approfondimento, più o meno marcato dal punto di vista altimetrico. Nel caso specifico, la dolina occupa la porzione centrale di una vasta area pianeggiante all'interno della quale confluiscono una serie di lame, alcune delle quali chiaramente delimitate da scarpate. Si tratta complessivamente di una zona di richiamo idrico, le cui quote più basse risultano più basse di 4-5 metri rispetto alle aree circostanti.

Tra le altre doline riportate sull'elaborato cartografico come aventi netta evidenza morfologica, ne spiccano alcune, come ad esempio quella di località Macube, di forma ellittica, allungata in senso E-W, e con un dislivello rispetto alle aree limitrofe pari a 6-7 metri. In zone più prossime alla costa Adriatica, si segnalano anche le doline di località Malepasso (Fig. 7; posizionata subito a monte di una netta scarpata, prodotta da antichi fenomeni gravitativi ma certamente a controllo tettonico, con direzione NW-SE) e di località Sportelle, entrambe di forma più nettamente circolare.

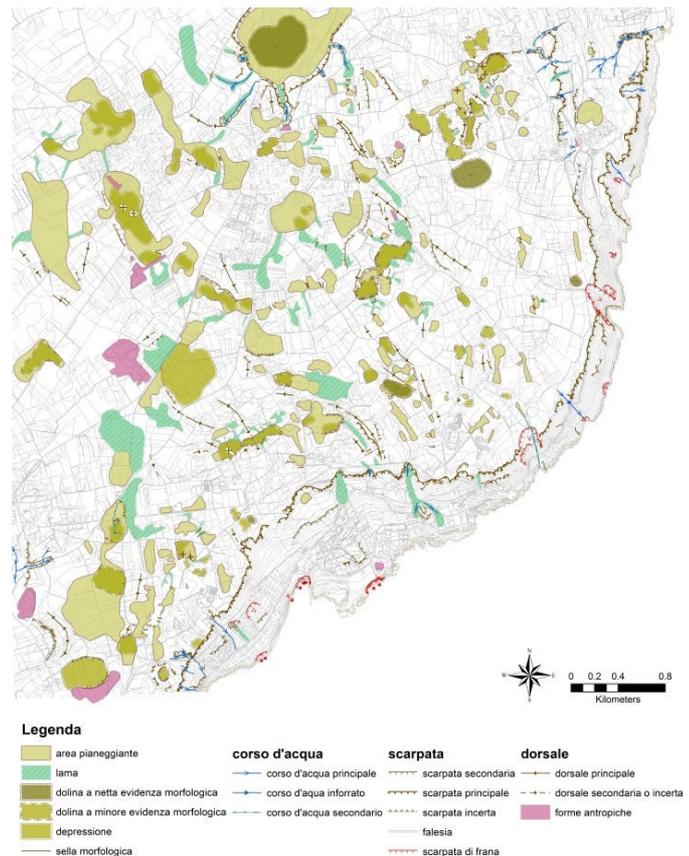


Fig. 6 – Carta geomorfologica dell'area di Santa Cesarea Terme (base topografica delle Carte Tecniche Regionali in scala 1:5,000).

Sono comunque numerosi i settori in cui le doline, e più in generale le depressioni prodotte dal fenomeno carsico, risultano particolarmente frequenti. L'area a nord della su citata località Macube, ad esempio, risulta particolarmente articolata dal punto di vista morfologico, con un susseguirsi di doline e aree depresse separate da blande dorsali o, più frequentemente, da piccole selle morfologiche. Situazioni analoghe, ma con ancora minore evidenza morfologica, si riscontrano anche in prossimità dei centri abitati, dove però la individuazione delle forme del paesaggio è notevolmente complicata dall'azione antropica e dall'urbanizzazione che, date le complessive basse pendenze, hanno avuto facile gioco nel cancellare in parte o del tutto le originarie forme del paesaggio. In tal senso, sintomatica la situazione del settore tra Cocumola e Cerfignano, dove le principali depressioni individuate risultano chiaramente interrotte dallo sviluppo delle



Fig. 7 – Blanda dolina di dissoluzione nel territorio di Santa Cesarea Terme.



Fig. 8 – Lama e, sullo sfondo, la falesia rocciosa, nella porzione meridionale del territorio rappresentato in Fig. 6.

aree urbane, e/o modificate a seconda della realizzazione di particolari infrastrutture o assi stradali.

In prossimità della fascia costiera, l'elemento morfologico più evidente, riconoscibile con grande continuità seppure con evidenza morfologica variabile a seconda dei luoghi, è la scarpata principale che segue l'andamento della linea di costa a distanze comprese tra i 200 e 500 metri. Tra questa e il mare, si individuano altre scarpate, di più ridotta estensione, sino a raggiungere l'attuale falesia, che in più punti appare interessata da crolli e distacchi di roccia. La continuità della scarpata principale è a luoghi interrotta da scarpate riconducibili, almeno in parte, ad antichi fenomeni gravitativi, nonché dalla presenza di *lame* o di vie di scorrimento di corsi d'acqua temporanei, localmente anche inforrati (Fig. 8). Tra questi ultimi, il sistema certamente di maggiore interesse è quello ubicato al margine NE dell'area di studio. Da non trascurare anche i corsi d'acqua di minore importanza, sempre a carattere temporaneo, che possono cioè attivarsi solo in occasione delle principali precipitazioni meteoriche.

Per quanto riguarda le *lame*, queste costituiscono un elemento di notevole importanza, anche ai fini del ruscellamento superficiale. Le *lame* divengono infatti la

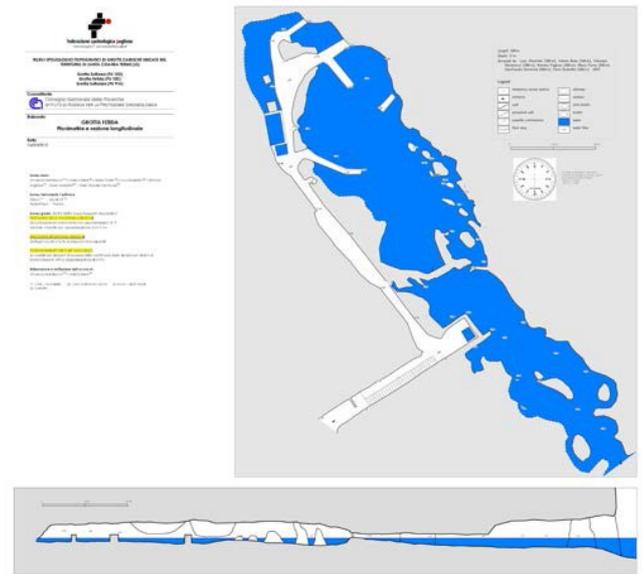


Fig. 9 – Rilievo della Grotta Sulfurea (PU 103), a cura della Federazione Speleologica Pugliese.

principale via di deflusso delle acque a seguito di intensi eventi di pioggia, e di frequente interruzioni di tali morfologie o cambi di uso del suolo in corrispondenza delle stesse sono all'origine di fenomeni di alluvionamento, con danni anche ingenti alle eventuali abitazioni e infrastrutture presenti nelle vicinanze.

Da notare come sia osservabile un indubbio controllo, almeno relativamente ad alcune forme cartografate, da parte della tettonica: ciò si riconosce, ad esempio, nella distribuzione delle *lame* e delle depressioni di forma allungata, che frequentemente si dispongono individuando alcune direzioni preferenziali di sviluppo, a presumibile controllo strutturale. Tra quelle più evidenti, si segnalano nell'area in esame le direzioni NW-SE (certamente quella dominante in questo settore), con subordinati allineamenti in senso NE-SW e N-S.



Fig. 10 – Ingresso della Grotta Fetida (PU 102), ad evidente controllo strutturale.

Gli stessi orientamenti strutturali hanno esercitato un evidente controllo nello sviluppo delle principali grotte carsiche dell'area, incluse le note grotte termali (Grotta Fetida, PU 102; Grotta Sulfurea, PU 103; Grotta Gattulla, PU 105; Grotta Sulfurara, PU 914), come si può notare sia dai rilievi planimetrici delle cavità (Fig. 9), che dalle discontinuità strutturali osservabili all'accesso e all'interno delle grotte stesse (Fig. 10).

CONCLUSIONI

Gli elementi di maggiore importanza discussi nel presente lavoro si possono ricondurre alle seguenti considerazioni:

- una completa disamina delle caratteristiche geomorfologiche dell'ambiente carsico non può prescindere dall'analisi congiunta delle forme presenti in superficie e nel sottosuolo;
- in riferimento al paesaggio epigeo, l'identificazione di forme blande o poco evidenti assume notevole importanza, quali indizi di processi che altrimenti risulterebbero di assai difficile riconoscimento;
- l'utilizzo dei rilievi speleologici in ambito scientifico, senza una loro verifica sulla base delle tecniche oggi disponibili, induce con elevata probabilità a conclusioni non scientifiche, in quanto non adeguatamente supportate da dati;
- la cartografia geomorfologica di frequente necessita, specialmente in condizioni di topografia generalmente piatta ed a scarso rilievo, di elevata scala di lavoro, al fine del riconoscimento delle forme presenti e della loro corretta interpretazione;
- negli ultimi decenni il ruolo svolto dall'uomo come agente morfogenetico, in grado di modificare significativamente, se non addirittura cancellare, forme del paesaggio carsico, non può essere trascurato.

OPERE CITATE

- CALÒ G. & TINELLI R., 1995 - *Systematic hydrogeological study of a hypothermal spring (S. Cesarea Terme, Apulia), Italy*. Journal of Hydrology, 165: 185-205.
- CALÒ G. & TINELLI R., 2004 - *Le acque sulfuree nel contesto idrogeologico dell'area di Torre Mozza di Ugento (Penisola Salentina, Puglia)*. Acque Sotterranee, 89: 9-22.
- CALÒ G., SPIZZICO M., TINELLI R. & ZEZZA F. (1983 - *Hydrogeological investigations on the area surrounding Santa Cesarea Terme springs (southern Apulia)*. Geologia Applicata e Idrogeologia, 18 (2): 129-144.
- CANORA F., FIDELIBUS M.D. & SPILOTRO G., 2012 - *Coastal and inland karst morphologies driven by sea level stands: a GIS based method for their evaluation*. Earth Surface Processes and Landforms 37 (13): 1376-1386.
- COLAMONICO C., 1917 - *Il Pulo di Altamura*. Mondo Sotterraneo: 1-14, Udine.
- COLAMONICO C., 1953 - *Lame e gravine in Puglia*. Le Vie d'Italia, 11: 704, Milano.
- COPPOLA D., 1992 - *Nota preliminare sui rinvenimenti nella grotta di S. Maria di Agnano (Ostuni, Brindisi): i seppellimenti paleolitici ed il luogo di culto*. Rivista di Scienze Preistoriche, XLIV: 211-227.
- COPPOLA D. & PARISE M., 2005 - *La grotta S. Maria di Agnano (Pu 1201) a Ostuni*. Atti Convegno "Stato e conservazione delle aree carsiche", Spelaion 2005, Martina Franca, 8-11 dicembre 2005: 149-160.
- COPPOLA D. & VACCA E., 1995 - *Les sépultures paléolithiques de la grotte de Sainte Marie d'Agnano à Ostuni (Italie)*. Nature et Culture, Colloque de Liège, 13-17 dicembre 1993, 68 (2): 797-810.
- DE GIOVANNI A., MARTIMUCCI V., MARZULLI M., PARISE M., PENTIMONE N. & SPORTELLI D., 2011 - *Operazioni di rilievo e analisi preliminare dello sprofondamento in località San Procopio (Barletta) del 2-3 maggio 2010*. Opera Ipogea, 1/2: 151-158.
- DELLE ROSE M. & PARISE M., 2003 - *Le grotte di Ostuni in relazione alla locale serie stratigrafica*. Puglia Grotte, bollettino del Gruppo Puglia Grotte, Castellana-Grotte: 53-62.
- DE WAELE J. & PARISE M., 2013 - *Discussion on the article "Coastal and inland karst morphologies driven by sea level stands: a GIS based method for their evaluation" by Canora F, Fidelibus D, Spilotro G*. Earth Surface Processes and Landforms, DOI:10.1002/esp.3412.
- DI GERONIMO I., 1970 - *Geomorfologia del versante adriatico delle Murge di SE (zona di Ostuni, Brindisi)*. Geologica Romana, 9: 47-57.
- FORD D. & WILLIAMS P., 2007 - *Karst Hydrogeology and Gemorphology*. Wiley: pp. 562.
- GUARNIERI G., LAVIANO A. & PIERI P. (Eds.), 1990 - *The second International Conference on Rudists. Guide book*. Rome and Bari, 1-7 October, Levante Ed., Bari.
- GUEGUEN E., CAFARO S., SCHIATTARELLA M. & PARISE M., 2012 - *A new methodology for the analysis of morpho-structural data of karstic caves in the Alburni Mountains of southern Italy*. Rendiconti Online Società Geologica Italiana, 21 (1): 614-616.
- IURILLI V. & RUINA G., 1999 - *Indagini geologiche e geofisiche sulla Grave "Ferratella" in agro di Ruvo di Puglia (Bari)*. Itinerari Speleologici, 8 (II): 23-30.
- LAROCCA F. & BERNOCCO S., 1988 - *Grotte e voragini nel territorio comunale di Ruvo di Puglia (Ba)*. Itinerari Speleologici, 3 (II): 33-70.
- LAVIANO A., 1999 - *I fossili nelle pietre della fortezza dell'Isola di San Paolo*. In: G. Mastronuzzi & P. Marzo, Eds., Le Isole Cheradi fra natura, leggenda e storia. Fondazione Ammiraglio Michelagnoli - Università degli Studi di Bari: 161-170.
- MARTIMUCCI V. & PARISE M., 2012 - *Cave surveys, the representation of underground karst landforms, and their possible use and misuse*. 20th International Karstological School "Karst forms and processes", Postojna, 18-21 June 2012, Guide Book & Abstracts: 69-70.

- NORTH L.A., VAN BEYNEN P.E. & PARISE M., 2009 - *Interregional comparison of karst disturbance: West-central Florida and southeast Italy*. J. Env. Man., 90 (5): 1770-1781.
- PALAGIANO C., 1965 - *Sulle lame e gravine della Puglia*. Annali Fac. Econ. Comm., n.s., 21: 357-386, Bari.
- PALMENTOLA G., 1987 - *Lineamenti geologici e morfologici del Salento leccese*. Atti del Convegno sulle "Conoscenze Geologiche del territorio Salentino", Quad. Ric. Centro Studi geotecnici, Lecce, 11: 7-30.
- PALMER A.N., 1987 - *Cave levels and their interpretation*. National Speleological Society Bulletin, 49: 50-66.
- PALMER A.N., 1991 - *Origin and morphometry of limestone caves*. Geological Society of America Bulletin, 103 (1): 1-21.
- PALMER A.N., 2000 - *Hydrogeologic control of cave patterns*. In: Klimchouk A.B., Ford D.C., Palmer A.N. & Dreybrodt W. (Eds.) *Speleogenesis. Evolution of karst aquifers*. National Speleological Society: 77-90. Huntsville, Alabama.
- PALMER A.N., 2005 - *Passage growth and development*. In Culver D.C. & White W.B. Eds. *Encyclopedia of caves*. Elsevier Academic Press: 440-444.
- PALMER A.N., 2007 - *Cave geology*. Cave Books, Dayton, Ohio: 454 pp.
- PARISE M., 2003 - *Flood history in the karst environment of Castellana-Grotte (Apulia, southern Italy)*. Natural Hazards and Earth System Sciences, 3 (6): 593-604.
- PARISE M., 2006 - *Geomorphology of the Canale di Pirro karst polje (Apulia, southern Italy)*. Zeitschrift für Geomorphologie, N.F., suppl. vol. 147: 143-158.
- PARISE M., 2007 - *Pericolosità geomorfologica in ambiente carsico: le gravine dell'arco ionico tarantino*. Atti e Memorie Commissione Grotte "E. Boegan", 41: 81-93.
- PARISE M., 2008 - *Elementi di geomorfologia carsica della Puglia*. In: Parise M., Inguscio S. & Marangella A., Eds. Atti del 45° Corso CNSS-SSI di III livello di "Geomorfologia Carsica. Grottaglie, 2-3 febbraio 2008: 93-118.
- PARISE M., 2011 - *Surface and subsurface karst geomorphology in the Murge (Apulia, southern Italy)*. Acta Carsologica, 40 (1): 79-93.
- PARISE M., 2012 - *Breakdown deposits: characteristics and their significance in the evolution of karst systems*. 20th International Karstological School "Karst forms and processes", Postojna, 18-21 June 2012, Guide Book & Abstracts: 70.
- PARISE M., 2012 - *Caratteri geologici e speleogenesi della Grotta di Santa Maria di Agnano (Ostuni, provincial di Brindisi)*. In: COPPOLA D. (Ed.), *Il riparo di Agnano nel Paleolitico superiore. La sepoltura Ostuni I ed i suoi simboli*. Università di Roma Tor Vergata, ISBN 978-88-903346-5-8: 75-91.
- PARISE M., FEDERICO A., DELLE ROSE M. & SAMMARCO M., 2003 - *Karst terminology in Apulia (Southern Italy)*. Acta Carsologica, 32: 65-82.
- PLAN L., FILIPPONI M., BEHM M., SEEBACHER R. & JEUTTER P., 2009 - *Constraints on alpine speleogenesis from cave morphology - A case study from the eastern Totes Gebirge (Northern Calcareous Alps, Austria)*. Geomorphology, 106: 118-129.
- RICCHETTI G., 1987 - *Carta geomorfica del Salento meridionale*. Atti del Convegno sulle "Conoscenze Geologiche del territorio Salentino", Quad. Ric. Centro Studi geotecnici, Lecce, 11: 207-222.
- SAURO U., 1991 - *A polygonal karst in Alte Murge (Puglia, Southern Italy)*. Zeit. für Geomorphologie, 35 (2): 207-223.
- VISINTIN B., 1944 - *Studio sull'acqua della Grotta Gattulla delle Terme demaniali di S. Cesarea*. Rend. Ist. Sup. San., 7 (2).
- VISINTIN B., 1945 - *Studio sull'acqua della Grotta Gattulla delle Terme demaniali di S. Cesarea*. Ann. Chim. Appl., 35 (6-7): 97-111.
- WHITE W.B., 1988 - *Geomorphology and Hydrology of Karst Terrains*. Oxford University Press, New York: pp. 464.
- ZEZZA F., 1980 - *Le sorgenti ipotermali solfuree di Santa Cesarea Terme*. Azienda di cura e soggiorno e turismo Santa Cesarea Terme. Salentum, anno III: 1-2.

