

www.geologipuglia.it

GEOLOGI e TERRITORIO

Periodico di Scienze della Terra dell'Ordine dei Geologi della Puglia

ISSN: 1974-1189



Poste Italiane s.p.a. - Spedizione in abbonamento postale - D.L. 353/2003 (conv. in L. 27/02/2004 n. 46) art. 1 comma 1, DCB BA



ATTI DEL WORKSHOP

RICERCHE E STUDI IN TERRITORI CARSICI

a cura di Isabella Serena Liso e Mario Parise

Bari, 7 aprile 2022

Autostrade per l'Italia: opere di compensazione sulla A1-Emilia Romagna

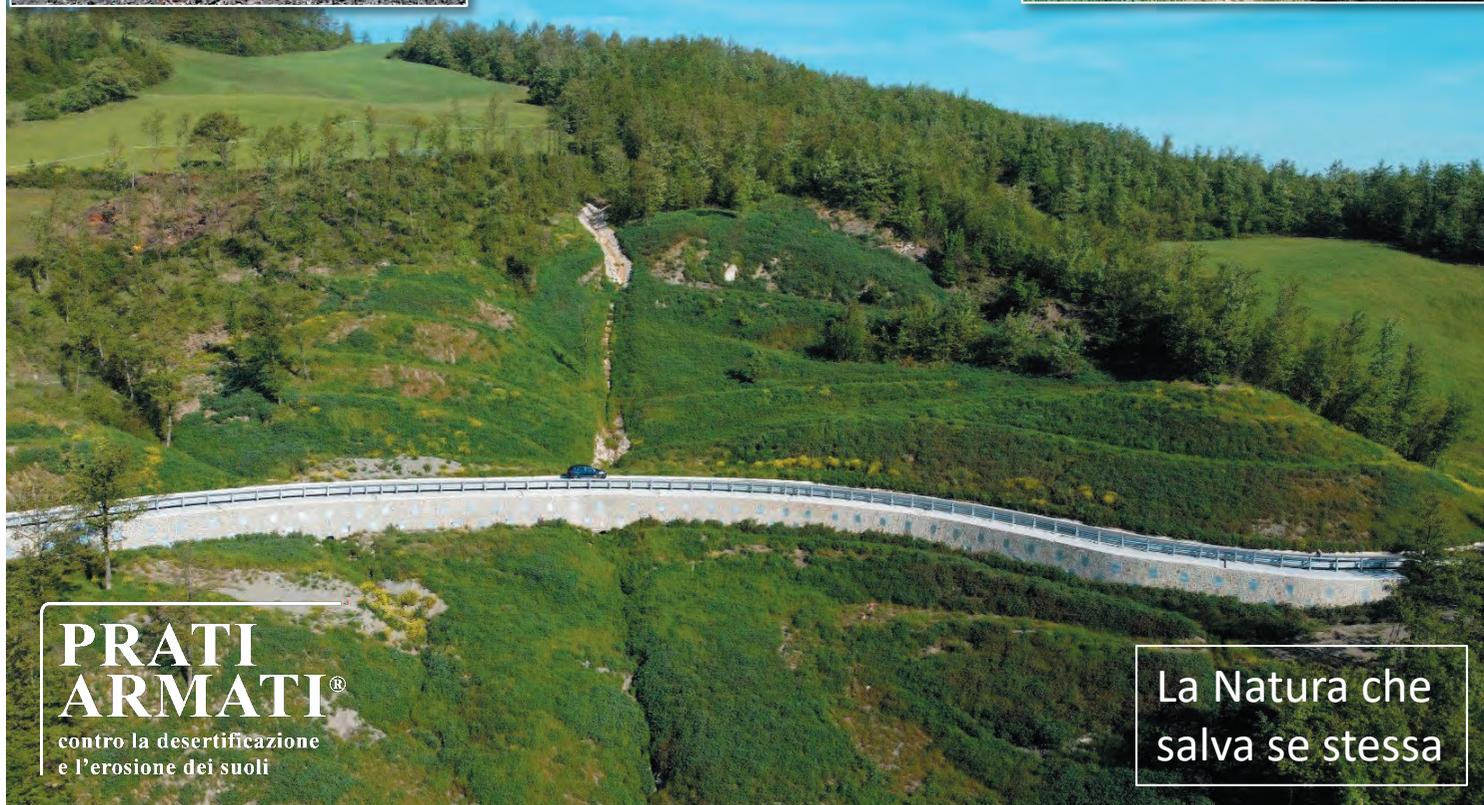
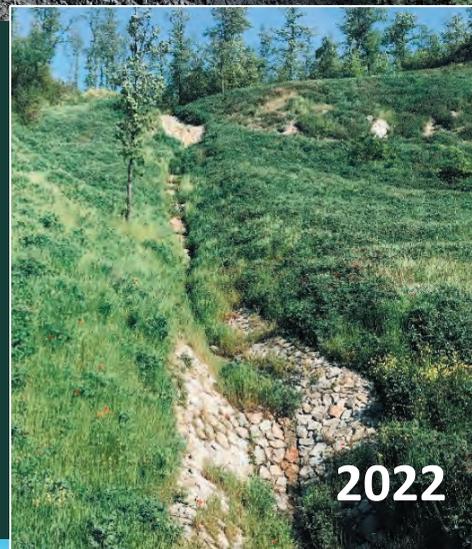


Infrastrutture verdi con opere di regimentazione delle acque realizzate direttamente sul tal quale, protette dal dissesto idrogeologico.

Senza manutenzione.

Con costi energetici di impianto ed inquinamento fino a 100 volte inferiori (CO₂ CO NO_x SO_x Pm).

Trasformate in eccezionali assorbitori di CO₂ grazie all'utilizzo di piante erbacee a radicazione profonda.



**PRATI
ARMATI®**
contro la desertificazione
e l'erosione dei suoli

La Natura che
salva se stessa

GEOLOGI e TERRITORIO

Periodico dell'Ordine Regionale
dei Geologi - Puglia
Anno XIX - n. 2/2022

Direttore editoriale:
Amedei Giovanna

Direttore responsabile:
Alfarano Espedito

Comitato di redazione:
Amedei Giovanna, Bruno Giovanni,
Caputo Giovanni, Di Gioia Rossella,
Pezzano Gerardo, Simone Oronzo,
Stifani Donato, Tanzarella Vincenzo,
Viceconte Anna

Comitato scientifico:
Baldassarre Giuseppe, Borri Dino,
Bruno Giovanni, Capolongo Domenico,
Cotecchia Federica, Del Gaudio Vincenzo,
Dellino Pierfrancesco, Di Fazio Antonio,
Fornelli Annamaria, Gallicchio Salvatore,
Leucci Giovanni, Monterisi Luigi,
Negri Sergio, Pagliarulo Rosa,
Paglionico Antonio, Polemio Maurizio,
Ricchetti Giustino, Sabato Luisa, Sansò Paolo,
Santaloia Francesca, Simeone Vincenzo,
Spilotro Giuseppe, Walsh Nicola

Coordinamento scientifico:
Simone Oronzo, Tanzarella Vincenzo,
Valletta Salvatore

Segreteria di redazione:
Di Gioia Rossella, Spizzico Silvio

Redazione, Amministrazione e Pubblicità:
Ordine dei Geologi - Puglia
Via Junipero Serra, 19 - 70125 Bari
www.geologipuglia.it - info@geologipuglia.it

Stampa:
Sagraf Srl - Z.I. Capurso (BA)

Autorizzazione del Tribunale di Bari:
n. 29 del 16.06.2004

Chiuso in tipografia il 28 Novembre 2022

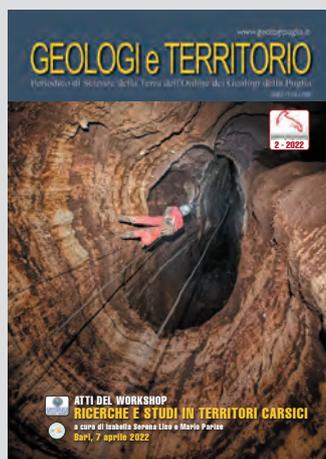


Foto di copertina:
All'interno di uno dei pozzi
di Grave Rotolo
(Foto di U. Spinelli).

SOMMARIO

- 2** Editoriale della Presidente dell'ORG - Puglia
Giovanna Amedei
- 3** Prefazione
Giuseppe Mastronuzzi
- 4** Prefazione
Anna Grazia Maraschio
- 7** ALCUNI ASPETTI IDROGEOLOGICI DELLA
CIRCOLAZIONE IDRICA SOTTERRANEA
DELL'INGHIOTTITOIO DI MASSERIA ROTOLO
Isabella Serena Liso, Mario Parise
- 13** CARTOGRAFIA CARSIICA SU AREE CAMPIONE
DEL TERRITORIO PUGLIESE
*Luca Pisano, Mario Parise, Isabella Serena Liso,
Francesca Lagna, Veronica Zumpano*
- 19** LE VORE DI GALATINA (PROVINCIA DI LECCE)
*Francesca Lagna, Giovanni Danieli,
Francesco Orlando, Elisa Previdero,
Maria Elena Quaranta, Marco Troisi*
- 24** IL CATASTO REGIONALE DELLE GROTTI
Aurelio Marangella
- 29** IL CORPO NAZIONALE SOCCORSO ALPINO
E SPELEOLOGICO (CNSAS) E LE ATTIVITÀ
DI SUPPORTO ALLA RICERCA
Gianni Grassi
- 31** INGIOTTITOIO DELLA MASSERIA ROTOLO,
DIECI ANNI DI ESPLORAZIONI
Luca Benedetto, Vincenzo Ladisa
- 37** CARATTERI STRATIGRAFICI E
SEDIMENTOLOGICI DELLA SUCCESSIONE
CARBONATICA DI GRAVE ROTOLO
(MONOPOLI, MURGE SUD-ORIENTALI)
Luigi Spalluto, Mario Parise
- 42** INDAGINI GEOFISICHE NELL'AREA DEL
GRAVAGLIONE (CANALE DI PIRRO, PUGLIA)
Gerardo Romano, Mario Parise, Michele De Girolamo
- 46** ATTIVITÀ PER LA TUTELA E STUDIO DEGLI
INSEDIAMENTI RUPESTRI PRESSO LAMA PICONE
E GROTTA DELLA REGINA (BARI, PUGLIA)
*Marco Petruzzelli, Sergio Chiaffarata,
Giacomo Disantarosa, Roberto Greco,
Francesco Marco D'Onghia, Giuseppina Cinquepalmi,
Emanuela Derossi, Giuseppe Marella, Mario Parise*
- 50** NUOVE INDAGINI SU ALCUNE CAVITÀ
CARSIICHE NEI TERRITORI
DI FASANO E CISTERNINO
*Domenico Vincenzo Pascali, Domenico Tamborrino,
Alexander Wagensommer*
- 53** GEOFISICA URBANA A CISTERNINO
*Luigi Capozzoli, Gerardo Romano,
Domenico Tamborrino, Mario Parise*

Negli ultimi due anni sembra che stiamo vivendo una crisi dopo l'altra: dopo la pandemia, quest'estate abbiamo assistito ad ondate di calore estremo, che hanno fatto registrare nel mese di luglio temperature superiori di 2,26 gradi centigradi rispetto alla media italiana dal 1800, provocando una forte siccità ed eventi meteorici estremi.

Da decenni anche noi geologi segnaliamo che il nostro clima sta cambiando e che ciò ha un forte impatto su tutti gli aspetti della nostra vita ma soprattutto sul territorio. La siccità ha spesso effetti a catena: riduzione dei livelli dell'acqua nei fiumi e nelle acque sotterranee con calo della qualità delle acque stesse, aumento delle aree a rischio di incendi boschivi e con gli incendi difficoltà per l'acqua piovana di penetrare nel suolo, con effetti erosivi e dissesto idro-geomorfologico. E sempre più frequentemente assistiamo ad eventi alluvionali in diverse regioni italiane.

E a rendere la situazione ancora più cupa siamo nel mezzo di una crisi energica che sta mostrando le nostre fragilità strutturali.

Con il Green Deal Europeo, l'UE ha fissato obiettivi ben precisi per affrontare le cause legate al cambiamento climatico e alla crisi energetica, primo fra tutti trasformare i nostri sistemi energetici, riducendo la nostra dipendenza dai combustibili fossili per investire in fonti energetiche pulite e rinnovabili per cercare di ripristinare gli ecosistemi degradati e garantire una transizione non facile ma inevitabile per noi tutti.

Quindi non abbiamo altra scelta se non quella di agire con urgenza anche e soprattutto professionalmente.

La conoscenza geologica è indispensabile per raggiungere gli obiettivi di medio e lungo periodo previsti nella transizione ecologica e nel Green Deal Europeo poiché il geologo ha la possibilità di diventare un punto di riferimento nella ricerca delle materie prime critiche e in quelle di fonti energetiche pulite, nella ricerca, salvaguardia e valorizzazione della risorsa idrica così come nella mitigazione dei rischi naturali.

Un ruolo, il nostro, spesso messo in secondo piano per scarsa conoscenza della nostra professione, per basso "potere politico" dettato da un numero di iscritti purtroppo in decrescita mentre gli adempimenti burocratici aumentano così come i relativi costi, non da ultimo il PIAO (Piano Integrato di Attività e Organizzazione) che assorbirà i molti documenti di programmazione che, come Ordine Professionale, siamo tenuti a predisporre annualmente.

Ma questo non può farci arrendere anzi, al contrario, occorre l'impegno di ognuno di noi per favorire la crescita della geologia a tutti i livelli, dall'università e centri di ricerca agli uffici regionali e comunali.

Una crescita che deve diventare anche consapevolezza da parte nostra di dare dignità alla nostra professione e ai nostri equi compensi senza accontentarci di qualche spicciolo ma pretendendo il giusto onorario.

Diversi in questi mesi gli interventi del Consiglio dell'Ordine in tal senso e provvederemo a ricordare a tutti gli enti e comuni come la relazione geologica costituisca un elaborato specialistico che forma parte integrante ed essenziale dei diversi livelli di progettazione, compresa quella esecutiva.

Un ruolo che stiamo "difendendo" anche a livello nazionale in previsione del Nuovo Codice degli Appalti ribadendo che la progettazione in materia di lavori pubblici deve contenere in tutti i livelli di progettazione i necessari approfondimenti di natura geologica, geomorfologica, idrogeologica e sismica.

Con l'invio della rivista che riporta gli Atti del workshop "Ricerche e studi in territori carsici" si invia il tradizionale calendario 2023 realizzato con le foto premiate nella tredicesima edizione del concorso fotografico "Passeggiando tra i paesaggi geologici della Puglia".

Bari, novembre 2022

Giovanna Amedei

PREFAZIONE

Esistono dei momenti nella storia dell'uomo in cui diventa necessario cambiare il punto di vista dal quale si osservano le "cose". Tante sono le "cose" che determinano gli equilibri, sempre instabili, delle dinamiche del paesaggio e di conseguenza della storia dell'uomo. Quel paesaggio che ha come elemento di base gli elementi fisici (terra, aria e acqua) che nelle loro interazioni determinano la vita e l'uomo che di esso è stato, è, e sempre più sarà, risultato, componente e agente morfogenetico.

Troppo spesso si parla di paesaggio, solo a volte di paesaggio culturale, dimenticando che quello pugliese lo è a tutti gli effetti. Si omette di ricordare che non c'è contenuto - ogni elemento del paesaggio o del paesaggio culturale - se non c'è un contenitore. E il materiale primo del contenitore è la "roccia"; a contatto con aria e acqua ne deriva il suolo e la possibilità che si affermino le componenti biologiche, quelle che animano l'ambiente fisico e con esso costruiscono un unicum funzionale: il paesaggio.

La nostra Puglia è caratterizzata da un paesaggio particolare. Per la maggior parte dell'estensione del suo territorio, le caratteristiche delle unità geologiche e la loro storia geodinamica, tettonica, e climatica le conferiscono i caratteri di un paesaggio carsico, tridimensionale - come tutti i paesaggi, che bidimensionali non possono essere per definizione - ma con una estensione nel sottosuolo funzionale a ciò che è in superficie.

Il paesaggio carsico ha una particolarità: non si vede. E' nascosto agli occhi dei più. E se i più da esso sono affascinati, pochi sono coloro i quali hanno le capacità di affrontarlo nella sfida per la sua conoscenza che è propria dell'essere umano. Una sfida complicata dalle caratteristiche fisiche di quell'ambiente, dai limiti dell'uomo e dalle capacità delle strumentazioni che servono per accedervi in maniera diretta, o per esplorarlo in maniera indiretta, per conoscerlo nelle sue dinamiche ... per imparare a conoscere quelle "cose" che nel loro divenire influenzano anche la vita dell'uomo.

L'approccio moderno delle Scienze della Terra, le Geoscienze, alle caratteristiche geologiche del territorio su cui l'uomo insiste e da cui trae risorse è strumento unico per la conoscenza delle "cose"; senza di essa non è possibile progettare e realizzare le azioni indispensabili per gestire gli equilibri istantanei che caratterizzano i rapporti uomo/paesaggio. Tecnologie moderne, scienze applicate a robuste conoscenze di base e la voglia di rispondere alla sfida della conoscenza sono gli strumenti essenziali per mettere le Geoscienze al servizio della Società, in un mondo che cambia e in cui ogni nostro approccio alle sue componenti fisiche e biologiche non può essere quello di ieri, perché il futuro non può essere uguale al passato.

Il numero di Geologi e Territorio, frutto di un anno di ricerche ed esplorazioni di Università, Enti di Ricerca ed Associazione Speleologica, prodotto collezionando i contributi al convegno (tenutosi presso il Dipartimento di Scienze della Terra e Geoambientali della Università degli Studi Aldo Moro di Bari) "Ricerche e studi in territori carsici" a cura di Isabella Serena Liso e di Mario Parise indica la via: rispondere alle sfide cambiando il punto di vista, conoscere le "cose" con un approccio moderno e aperto alle nuove metodologie e alle nuove tecnologie. Perché ricerca non è continuare a ripetere azioni, ma costruire nuove tecniche e metodologie per conoscere le "cose" in modo scientifico e moderno, mediante monitoraggi e studi dei quali elemento fondamentale è la continuità, al fine della raccolta, e quindi dell'analisi e della successiva interpretazione, di dati scientificamente affidabili.

Ci è chiesto di risolvere le sfide per il futuro, non di elencarle.

Giuseppe Mastronuzzi

Direttore del Dipartimento di Scienze della Terra e Geoambientali,
Università degli Studi Aldo Moro di Bari

PREFAZIONE

Nel momento in cui mi accingo a scrivere questa breve prefazione, in Puglia, ma anche nel resto dell'Europa, a fine ottobre si registrano temperature che rimandano alla tarda primavera; in Francia e Germania si stanno registrando temperature anche di 12° superiori alle medie stagionali.

Mentre la maggior parte della popolazione è contenta di poter godere di giornate in spiaggia e di bagni nelle nostre bellissime acque, mentre gli amministratori fanno i conti su quanto questo caldo ci stia facendo risparmiare sul caro bollette di gas e luce, i ricercatori si preoccupano degli effetti a breve e lungo termine di quello che il cambiamento climatico sta innescando. Siccità prolungate, fusione e crollo di ghiacciai, nubifragi e trombe d'aria, alluvioni, allagamenti urbani, innalzamento del livello del mare, salinizzazione delle falde, presenza di specie aliene, sono alcuni degli aspetti del cambiamento climatico che incidono profondamente sul territorio, sulla salute e benessere della popolazione, sul sistema infrastrutturale e sullo sviluppo economico; sono aspetti che ci devono vedere consapevolmente e responsabilmente coinvolti. Per questo motivo, amministratori, ricercatori, professionisti, imprenditori, società attiva, tutti dobbiamo concorrere nel cercare di mitigare le cause, mitigare gli effetti e trovare le migliori forme di adattamento alla crisi climatica in atto.

Sono, pertanto, sempre più necessari e sempre più utili maggiori conoscenze delle componenti ambientali che caratterizzano il territorio pugliese e di come queste possono essere condizionate dal cambiamento climatico, come per esempio le maggiori conoscenze sulle acque superficiali e sotterranee.

Ringrazio, quindi, il prof. Mario Parise che oltre a curare alcune ricerche sul carsismo in Puglia ha voluto raccogliere in questo numero di "Geologi e Territorio" le ultime ricerche ed esperienze sui fenomeni carsici della Puglia, con particolare riferimento a quelle grotte che raggiungono le nostre acque sotterranee, risorsa naturale alla quale non possiamo rinunciare.

Quando mi sono stati presentati i risultati della ricerca che la Regione Puglia ha finanziato, ricerca ben documentata in questo volume e finalizzata all'esplorazione di due cavità che si sono rivelate sorprendenti: Grotta Rotolo (Monopoli-Alberobello) e Vora Bosco (Galatina), io per prima sono rimasta meravigliata e affascinata oltre che dalla rappresentazione dell'ambiente carsico con le sue concrezioni, e dal coraggio di tanti speleologi volontari, anche dalla complessità e multidisciplinarietà dei temi affrontati. Questo progetto, portato avanti da alcuni anni dal Dipartimento di Scienze della Terra e Geoambientali dell'Università Aldo Moro di Bari, da centri di ricerca del CNR (IRPI e IRSA) e da tante associazioni di volontari del mondo della speleologia, ha tra le principali finalità, oltre che l'esplorazione di nuovi ambienti carsici, lo studio delle acque sotterranee, risorsa sempre più importante per la nostra Regione, anche con riferimento agli scenari futuri condizionati dal cambiamento climatico.

Le cavità carsiche sono un elemento caratterizzante il nostro territorio che può fornirci, in molti casi, elementi di analisi e di studio molto preziosi in ambiti altrettanto variegati: le acque, la geologia, la geomorfologia, l'idrogeologia, la biodiversità. Il carsismo costituisce senz'altro una disciplina che ci spinge ad approfondire la conoscenza degli ambienti noti e cercarne di nuovi da esplorare. Un patrimonio quello carsico con la sua varietà, con le singolarità, con le sue diverse funzioni territoriali e ambientali.

Una ricerca che apporta maggiore conoscenza scientifica dell'ambiente sotterraneo e delle acque che scorrono nel nostro sottosuolo.

Le analisi svolte, come il monitoraggio meteo-climatico degli ambienti ipogei e chimico-fisico delle falde, potranno fornire nuove conoscenze utili a migliorare la modellazione del sottosuolo in ambienti così complessi e aggiungere elementi alla comprensione delle dinamiche idrogeologiche in ambienti carsici. Le attività di ricerca dedicati alle acque sotterranee, risorsa primaria per la nostra regione, sono fondamentali per aumentare le conoscenze di ambienti dagli equilibri complessi a supporto alla pianificazione per un razionale utilizzo della risorsa idrica, per la definizione della sua vulnerabilità, la verifica del suo stato qualitativo e quantitativo. È necessaria la più ampia collaborazione per gestire in modo sostenibile questa preziosa e vitale risorsa naturale e, permettetemi di dire, anche le risorse umane, visto l'entusiasmo profuso dai ricercatori e studiosi che hanno contribuito a questo interessante volume che descrive una Puglia sotterranea ignota ai più.

Anna Grazia Maraschio

Assessora Regionale Ambiente, Pianificazione Territoriale, Assetto del Territorio e Paesaggio



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI DI BARI
ALDO MORO



Con il patrocinio di: ORDINE DEI GEOLOGI
DELLA PUGLIA

Dipartimento di Scienze della Terra e Geoambientali

Ricerche e studi in territori carsici

Giovedì 7 aprile 2022, h 15:00

Aula Magna, Dipartimento Scienze della Terra e Geoambientali

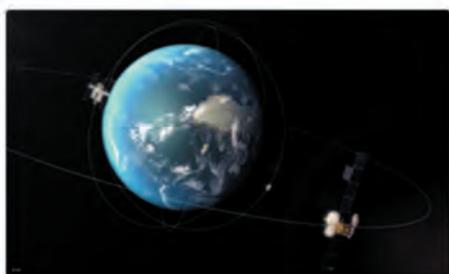


EO-Learning

La piattaforma di e-learning
sull'osservazione della Terra



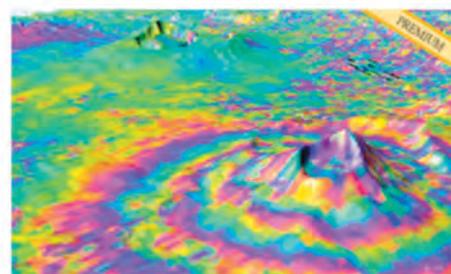
CORSI ONLINE GRATUITI SUL TELERILEVAMENTO



Corso base di Telerilevamento



Elaborazione dei dati satellitari



Telerilevamento Radar (SAR)

BENEFICI

Utilizzare le informazioni prodotte con i dati telerilevati da satellite nelle attività professionali come la progettazione e il monitoraggio di infrastrutture ed opere di difesa, pianificazione del territorio.

INQUADRA E VAI AL SITO



CFP

I corsi sono erogati in modalità FAD asincrona con Crediti Formativi Professionali validi per l'aggiornamento professionale di Geologi (5 CFP) ed Ingegneri (4 CFP) direttamente sulle piattaforme degli ordini.

<https://eolearning.planetek.it>

planetek ■ academy

ALCUNI ASPETTI IDROGEOLOGICI DELLA CIRCOLAZIONE IDRICA SOTTERRANEA DELL'INGHIOTTITOIO DI MASSERIA ROTOLO

Isabella Serena Liso, Mario Parise

Dipartimento di Scienze della Terra e Geoambientali, Università degli Studi di Bari Aldo Moro

INTRODUZIONE

La Puglia presenta una elevata percentuale di rocce solubili in affioramento che coprono i distretti di Gargano, Murge e Salento (Fig. 1); tale condizione la elegge a regione carsica per eccellenza dell'Italia meridionale.

Le forme carsiche di superficie si riconoscono nell'intero territorio regionale, con grande varietà di morfologie, sia nelle aree interne che lungo la costa (Palmentola, 2002; Parise, 2008; De Waele *et al.*, 2011) e la numerosissima presenza di grotte testimonia lo sviluppo del carsismo anche al di sotto della superficie (Inguscio *et al.*, 2007; Parise, 2011); vi sono, infatti, più di 2000 grotte registrate nel Catasto delle Grotte e delle Cavità Artificiali della Puglia (<http://www.catasto.fspuglia.it>), gestito dalla Federazione Speleologica Pugliese. Il territorio pugliese, come in generale tutti i territori carsici (Palmer, 2007; Williams, 2008), si suddivide in tre zone principali che, dalla superficie verso il basso, si distinguono in epicarso, zona vadosa e zona freatica.

L'epicarso è la parte più superficiale, a contatto con gli agenti atmosferici e, pertanto, altamente alterata; il suo spessore varia in funzione della fascia climatica e dei caratteri di piovosità (Ford & Williams, 2007). Esso è caratterizzato da numerose fratture che tendono a re-

stringersi verso il basso e ad essere riempite di terra rossa; pertanto, esso presenta un elevato coefficiente di immagazzinamento (Stevanovic, 2015). Al di sotto dell'epicarso si ritrova la zona vadosa caratterizzata da una grande quantità di vuoti, molti dei quali esplorabili dall'uomo tramite tecniche speleologiche. L'acqua di percolazione dell'epicarso viene trasferita alla zona vadosa sottostante dove si muove in direzione prevalentemente verticale guidata dalla forza di gravità; il coefficiente di immagazzinamento di questa zona del sottosuolo risulta estremamente basso. Epicarso e zona vadosa costituiscono la cosiddetta porzione insatura del sottosuolo che passa in profondità a quella satura o freatica. All'interno di questa ultima zona l'acqua si muove preferenzialmente in senso orizzontale guidata dal gradiente idraulico.

Nel caso specifico della Puglia, i calcari del Giurassico-Cretaceo ospitano una grande quantità di acqua dolce generando vaste falde fessurate e carsificate che scorrono dalle zone più interne verso la costa adriatica e ionica, con gradienti piezometrici che diminuiscono in vicinanza della linea di costa (Cotecchia, 2014 e bibliografia).

Le emergenze di acqua dolce si ritrovano nella fascia costiera, anche al di sotto del livello del mare. Esse mostrano caratteristiche differenti, variabili da emergenze

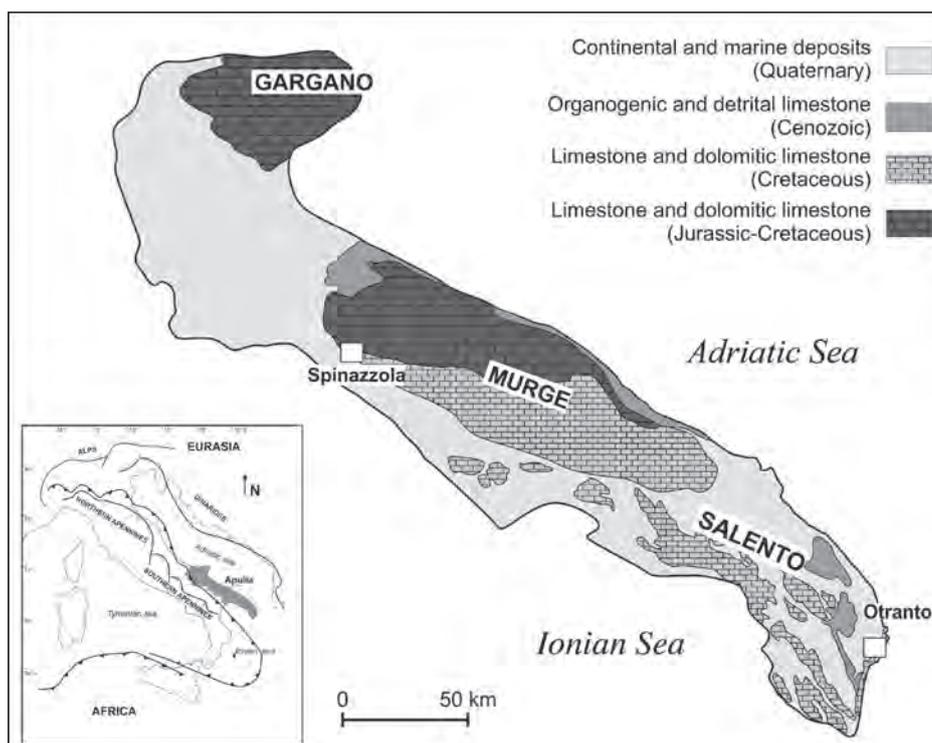


Figura 1 - Mappa litologica della Puglia (mod. da Mongelli *et al.*, 2015).

concentrate e puntuali (Liso & Parise, 2020), come le sorgenti di Torre Canne, oppure tratti costieri disseminati da piccole venute di acqua (molte anche sottomarine) a carattere diffuso (Cotecchia, 2014).

La circolazione idrica sotterranea di tali ambienti mostra caratteristiche estremamente anisotrope ed eterogenee determinate dalle medesime condizioni di fratturazione degli ammassi rocciosi, dallo sviluppo preferenziale di condotti carsici, ma anche dai locali caratteri stratigrafici, che possono includere banchi o livelli a minore permeabilità (calcarei compatti, calcari dolomitici, dolomie) o, ancora, strati di argilla o calcari bituminosi. La definizione delle modalità di circolazione idrica è di fondamentale importanza nella pianificazione di opere di captazione e nella gestione sostenibile della risorsa idrica sotterranea (Tulipano, 2002; Bakalowicz, 2005). Questo perché nei territori carsici, data la natura fratturata delle rocce affioranti, l'acqua meteorica tende ad infiltrarsi velocemente nel sottosuolo portando alla parziale o totale mancanza di risorse di acqua dolce immediatamente disponibili alla superficie. Lo sviluppo di modelli numerici atti alla simulazione dei flussi idrici in territori carsici è attualmente un argomento di estremo interesse nella ricerca scientifica internazionale poichè la maggior parte dei modelli sino ad ora utilizzati si riferisce a mezzi porosi equivalenti (EPM, *Equivalent Porous Media*) (Scanlon *et al.*, 2003; Rodri-

guez *et al.*, 2013); tali modelli, però, trascurano numerosi processi, rendendo gli output parzialmente veritieri e, in molti casi, errati. Data la difficoltà di modellare il sottosuolo in ambienti così anisotropi, la raccolta di dati derivanti dalle cavità esplorabili dall'uomo, aggiunge decisamente un elemento di certezza (*verità sottoterra*) alla comprensione delle dinamiche idrogeologiche carsiche.

IL CASO DI STUDIO DELL'INGHIOTTITOIO DI MASSERIA ROTOLO

L'Inghiottitoio di Masseria Rotolo (PU 355) si apre ad una quota di circa 300m s.l.m. in una valle tettono-carsica a direzione preferenziale di sviluppo W-E e con lunghezza complessiva di circa 12 km, che si sviluppa tra le città di Alberobello, Fasano e Castellana-Grotte (Fig. 2). Il *polje* del Canale di Pirro (Orofino, 1965; Parise, 1999, 2006; Pisano *et al.*, 2020) termina nella sua porzione orientale lungo la Scarpata Murgiana che segna il ribassamento dei depositi della Piana di Brindisi rispetto ai calcari cretacei (Ciaranfi *et al.*, 1988).

L'Inghiottitoio di Masseria Rotolo è la grotta attualmente nota più profonda della Puglia (Parise & Benedetto, 2018) e consente agli speleologi di raggiungere fisicamente la superficie libera della falda idrica a -264m dalla superficie topografica. Sono state condotte esplorazioni speleo-subacquee (Fig. 3) che si sono spinte alla profondità massima di -60m dalla superficie piezometrica, por-



Figura 2 - Posizione geografica dell'Inghiottitoio di Masseria Rotolo. Nel riquadro in alto a sinistra, DEM del Canale di Pirro (il pallino rosso indica l'ubicazione della grotta).

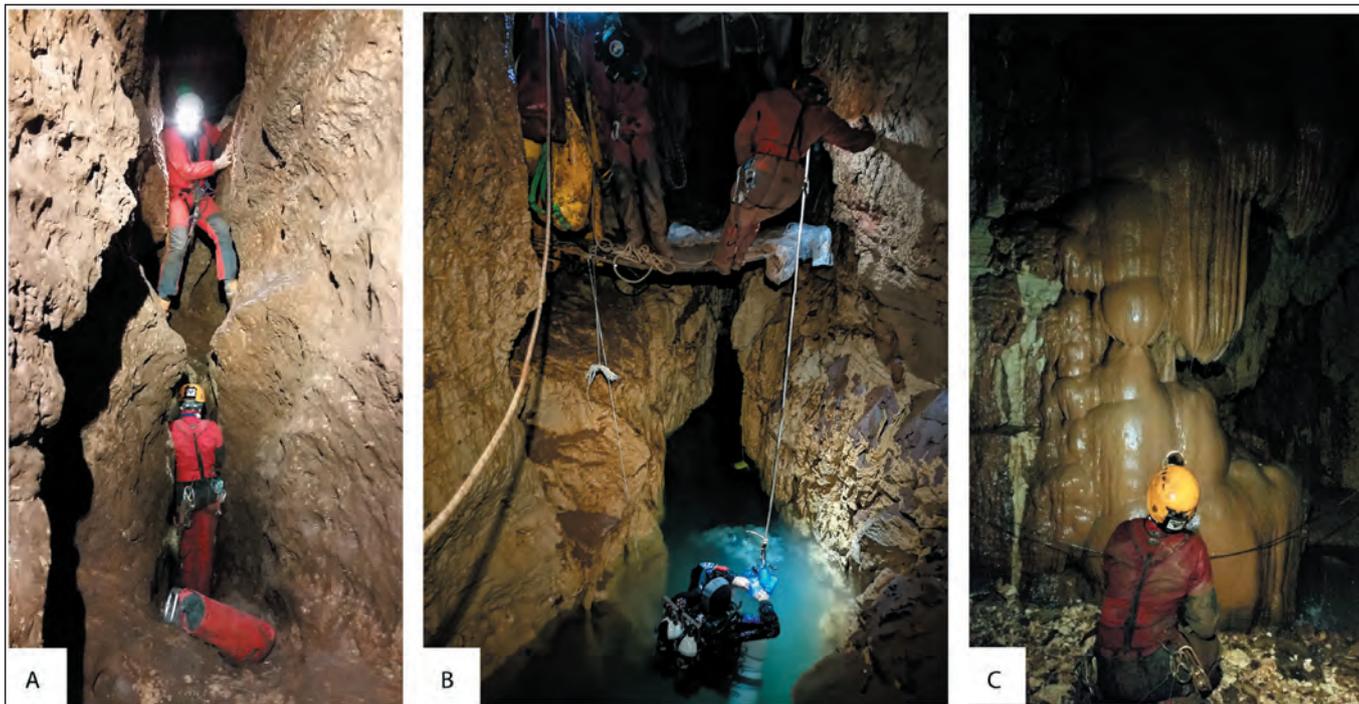


Figura 3 - Grotta Rotolo: A) passaggio in zona vadosa; B) esplorazioni speleo-subacquee in falda; C) colata calcitica localizzata alla base del Pozzo dei Veneti (pozzo a sezione ellittica con asse lungo di 20m, asse corto di 8m e altezza superiore ai 100m, che finisce sul lago terminale di falda), su cui scorre perennemente acqua che giunge in falda. Foto: Umberto Spinelli.

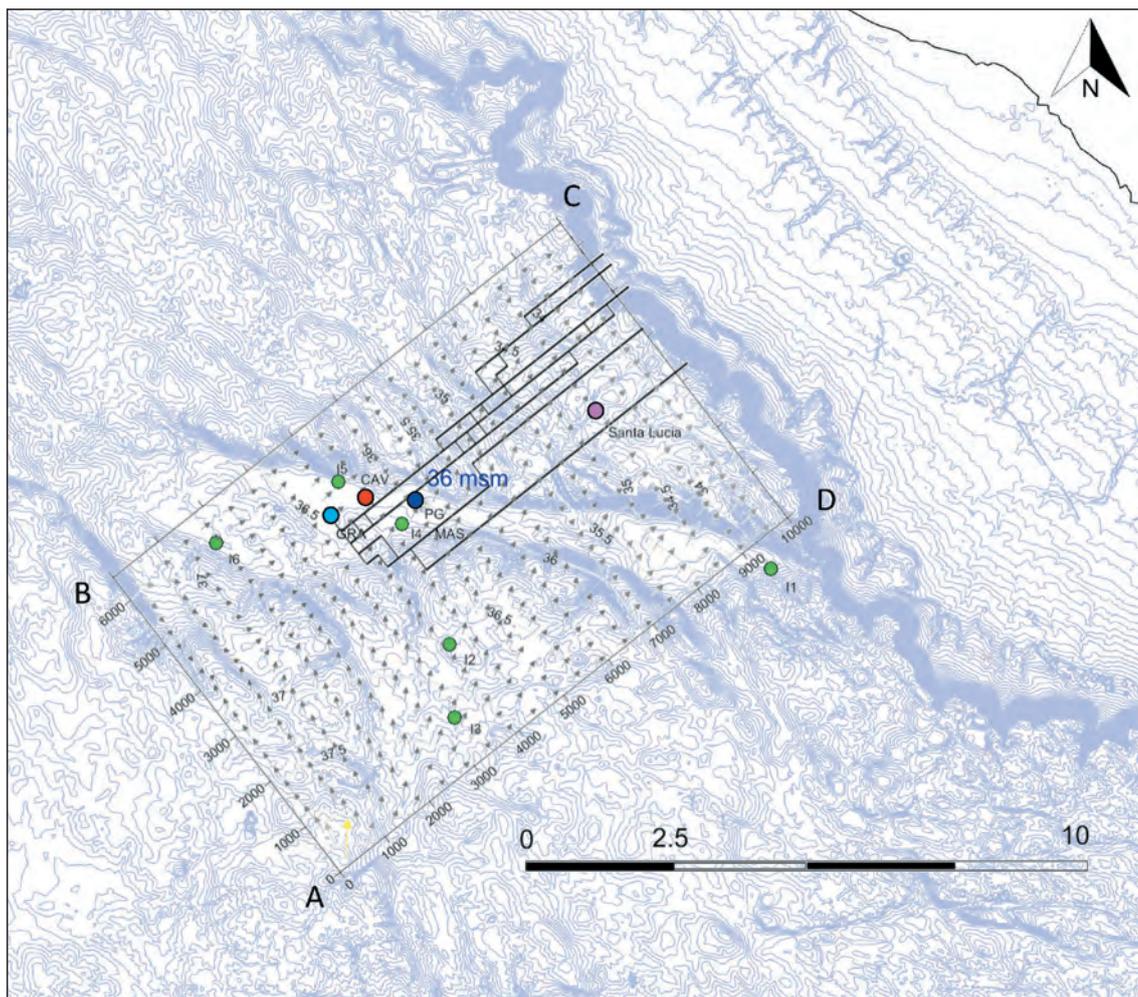


Figura 4 - Output preliminare del modello di flusso applicato al polje del Canale di Pirro. I pozzi di emungimento considerati sono evidenziati in verde (fonte ISPRA), rosso e rosa (varie fonti); i principali inghiottitoi del Canale di Pirro sono riportati in azzurro (Gravaglione) e in blu (Inghiottoio di Masseria Rotolo). Le frecce indicano la direzione locale del flusso e le linee nere i percorsi preferenziali. Da notare che, secondo l'output del modello, le acque che si infiltrano al Gravaglione transitano dall'Inghiottoio di Masseria Rotolo, ad indicare una importante connessione idraulica dei due principali inghiottitoi del polje.

tando la profondità totale della grotta a circa -330m (Benedetto *et al.*, 2015; Liso *et al.*, 2020; Parise *et al.*, 2020). Questa particolare condizione rende il sistema carsico dell'Inghiottitoio di Masseria Rotolo un laboratorio idrogeologico naturale prezioso in cui studiare le dinamiche idrogeologiche della falda e della zona insatura in condizioni naturali, insieme allo sviluppo delle grandi condotte e dei sistemi di fratturazione al di sotto della superficie, che influenzano le modalità di ricarica e di circolazione idrica sotterranea.

L'area di studio è stata analizzata tramite rilievi e campagne di raccolta dati, condotte sia in superficie che all'interno della cavità. In particolare, sono stati acquisiti dati strutturali sugli affioramenti disponibili in superficie, lungo tutta la lunghezza del *polje* (Liso *et al.*, 2022). Inoltre, gli studi morfologici delle cavità carsiche maggiormente sviluppate hanno fornito informazioni sullo sviluppo preferenziale dei grandi vuoti sotterranei. Questi dati sono stati utili per la costruzione del modello numerico dedicato allo studio del flusso idrico sotterraneo. L'output del modello ha indicato una preferenziale orientazione del flusso di falda verso NE (Liso, 2022).

In aggiunta a quanto ottenuto dal modello di flusso, all'interno del sistema carsico sono stati condotti campionamenti ecologici in vari punti della grotta, sia nella zona insatura che satura, al fine di caratterizzare l'habitat sotterraneo e di valutarne lo stato di conservazione. Le differenti tecniche di campionamento hanno permesso la cattura di svariate specie di stigofauna (Di Cicco *et al.*, 2022; Fiasca *et al.*, 2022). In particolare, i risultati ottenuti hanno mostrato significative differenze di specie animali ritrovate all'interno della falda e di una venuta di acqua perenne posta circa 70m al di sopra dell'attuale livello idrico, La Fontanella (si veda Benedetto & Ladisa, 2022). Tale condizione, assieme al carattere perenne della venuta di acqua, portano a ritenere che la Fontanella sia alimentata da acque provenienti da una circolazione idrica più superficiale se confrontata con quella della falda idrica principale, probabilmente da una falda sospesa.

Per aggiungere un ulteriore grado di complessità alla circolazione del sistema carsico analizzato, durante le esplorazioni speleo-subacquee si è registrato un abbassamento della temperatura dell'acqua di circa 2°C a circa 14m di profondità; scendendo ancora lungo la colonna di acqua la temperatura si è poi riportata allo stato di equilibrio (circa 15°C). Questo abbassamento localizzato della temperatura porta a ritenere che alla profondità di 14m nella zona satura vi sia una grande condotta carsica allagata che trasferisce acqua da zone più distanti del bacino di alimentazione, dove la temperatura media annua sia minore del settore del Canale di Pirro ove si apre l'Inghiottitoio di Masseria Rotolo.

DISCUSSIONI E CONCLUSIONI

Le osservazioni e i dati relativi alla circolazione idrica dell'Inghiottitoio di Masseria Rotolo rispecchiano la natura estremamente complessa dei sistemi carsici. All'interno del sistema è stato possibile riconoscere almeno tre diversi settori di alimentazione: il primo afferente alla Fontanella, il secondo al grande lago finale (falda) ed il

terzo relativo al probabile condotto carsico allagato che trasferisce acqua più fredda rispetto alla temperatura media del sistema. Queste considerazioni sono tutt'ora in fase di validazione attraverso la pianificazione di attività scientifiche di ricerca in ambiente sotterraneo. Tali attività riguardano, ad esempio, la esecuzione di campionamenti ecologici in diversi periodi dell'anno (stagione di magra, morbida e piena) alla Fontanella e in falda, l'analisi chimico-fisica delle acque prelevate nei medesimi siti e, infine, il rilievo di dettaglio dei tratti allagati della cavità per accertare la presenza di condotte a varia profondità.

BIBLIOGRAFIA

BAKALOWICZ M. (2005) - *Karst groundwater: a challenge for new resources*. Hydrogeology Journal, 13, 148–160.

BENEDETTO L., LADISA V. (2022) - *Inghiottitoio della Masseria Rotolo, dieci anni di esplorazioni*. Geologi e Territorio, presente numero.

BENEDETTO L., LIPPOLIS V., BUONGIORNO V., MENICETTI M., PEDRALI L., PARISE M. (2015) - *La storia dell'Inghiottitoio della Masseria Rotolo (Pu 355), con particolare riferimento alla sua (ri)scoperta*. In: DE NITTO L., MAURANO F., PARISE M. (Eds.), Atti XXII Congresso Nazionale di Speleologia "Condividere i dati". Memorie Istituto Italiano di Speleologia, serie II, 29, p. 531-536.

CIARANFI N., PIERI P., RICCHETTI G. (1988) - *Note alla Carta geologica delle Murge e del Salento (Puglia centro-meridionale)*. Mem. Soc. Geol. It., 41(I), 449–460.

COTECCHIA V. (2014) - *Le acque sotterranee e l'intrusione marina in Puglia: dalla ricerca all'emergenza nella salvaguardia della risorsa*. Memorie Descrittive Carta Geologica d'Italia, 92, 416 pp.

DE WAELE J., LAURITZEN S.E., PARISE M. (2011) - *On the formation of dissolution pipes in Quaternary coastal calcareous arenites in Mediterranean settings*. Earth Surface Processes and Landforms, 36, 143-157.

DI CICCO M., FIASCA B., GALASSI D.M.P., LISO I.S., PARISE M., VACCARELLI I. (2022) - *Potential factors driving the distribution of subterranean invertebrates in karst groundwaters of the Rotolo Cave (southern Italy)*. Congresso Società Geologica Italiana (SGI) e Società Italiana di Mineralogia e Petrologia (SIMP) "Geosciences for a sustainable future", Torino, 19-21 settembre 2022.

FIASCA B., VACCARELLI I., DI CICCO M., TABILIO DI CAMILLO A., CERASOLI F., DI LORENZO T., LISO I.S., PARISE M., GALASSI D.M.P. (2022) - *Coping with the "Racovitzan impediment" in caves: unexpected discoveries open new horizons to the knowledge of groundwater copepods in southern Italy*. International Conference on Copepoda "e-ICOC-2022", 25-30 July 2022, e-Abstract Booklet, p. 48.

FORD D.C., WILLIAMS P. (2007) - *Karst Hydrogeology and Geomorphology*. Wiley, 562 pp.

INGUSCIO S., LORUSSO D., PASCALI V., RAGONE G., SAVINO G. (Eds.) (2007) - *Grotte e carsismo in Puglia*. Federazione Speleologica Pugliese, 200 pp.

LISO I.S. (2022) - *Hydrogeological characterization and groundwater modeling in the Apulian karst (Southern Italy)*. Tesi di dottorato in Geoscienze, Università degli Studi di Bari Aldo Moro.

- LISO I.S., PARISE M. (2020) - *Apulian karst springs: a review*. Journal of Environmental Science and Engineering Technology, 8, 63-83.
- LISO I.S., CHIECO M., FIORE A., PISANO L., PARISE M. (2020) - *Underground geosites and caving speleotourism: some considerations, from a case study in Southern Italy*. Geoheritage, 12, 13.
- LISO I.S., CHERUBINI C., PARISE M., RIZZO R.E. (2022) - *Improvement of structural data by means of FracPacQ software to implement groundwater flow model in karst settings*. European Geosciences Union General Assembly 2022, EGU 22-1913.
- MONGELLI G., BUCCIONE R., SINISI R. (2015) - *Genesis of autochthonous and allochthonous Apulian karst bauxites (Southern Italy): Climate constraints*. Sedimentary Geology, 325, 168-176.
- OROFINO F. (1965) - *Interessante serie di grotte lungo la parete sinistra del Canale di Pirro*. L'Alabastro, 5, 10.
- PALMENTOLA G. (2002) - *Il paesaggio carsico della Puglia*. Atti III Conv. Spel. Pugliese Castellana-Grotte, 6-8 dicembre 2002, Grotte e dintorni, 4, 203-220
- PALMER A.N. (2007) - *Cave Geology*. Cave Books: Dayton, OH, USA.
- PARISE M. (1999) - *Morfologia carsica epigea nel territorio di Castellana-Grotte*. Itinerari Speleologici, ser. II, 8, 53-68.
- PARISE M. (2006) - *Geomorphology of the Canale di Pirro karst polje (Apulia, Southern Italy)*. Zeitschrift für Geomorphologie N.F., 147, 143-158.
- 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, 79-93.
- PARISE M., BENEDETTO L. (2018) - *Surface landforms and speleological investigation for a better understanding of karst hydrogeological processes: a history of research in south-eastern Italy*. In: PARISE M., GABROVSEK F., KAUFMANN G. & RAVBAR N. (Eds.), *Advances in Karst Research: Theory, Fieldwork and Applications*. Geological Society, London, Special Publications, 466, p. 137-153.
- PARISE M., BENEDETTO L., CHIECO M., FIORE A., LACARBONARA M., LISO I.S., MASCIOPINTO C., PISANO L., RICCIO A., VURRO M. (2020) - *First outcomes of a project dedicated to monitoring groundwater resources in Apulia, southern Italy*. In: BERTRAND C., DENIMAL S., STEINMANN M., RENARD P. (Eds.), *Eurokarst 2018. Advances in the hydrogeology of karst and carbonate reservoirs*. Springer, Advances in Karst Science, ISBN 978-3-030-14014-4, p. 243-249.
- PISANO L., ZUMPANO V., LISO I.S., PARISE M. (2020) - *Geomorphological and structural characterization of the 'Canale di Pirro' polje, Apulia (Southern Italy)*, 16, 479-487, <https://doi.org/10.1080/17445647.2020.1778550>.
- SCANLON B.R., MACE R.E., BARRETT M.E., SMITH B. (2003) - *Can we simulate regional groundwater flow in a karst system using equivalent porous media models? Case study, Barton Springs Edwards aquifer*. U.S.A. J. Hydrol., 276 (1-4), 137-158.
- RODRÍGUEZ L., VIVES L., GOMEZ A. (2013) - *Conceptual and numerical modeling approach of the Guarani Aquifer System*. Hydrol. Earth Syst. Sci., 17 (1), 295-314.
- STEVANOVIĆ Z. (Ed.) (2015) - *Karst Aquifers - Characterization and Engineering*. Springer Intern. Publ., Professional practice in earth science, Cham, Heidelberg, NY, Dordrecht, London.
- TULIPANO L. (2002) - *Modalità di deflusso a mare delle acque sotterranee degli acquiferi carbonatici costieri della Puglia*. Grotte e dintorni, 4, 261-270.
- WILLIAMS P.W. (2008) - *The role of the epikarst in karst and cave hydrogeology: a review*. International Journal of Speleology, 37, 1-10.



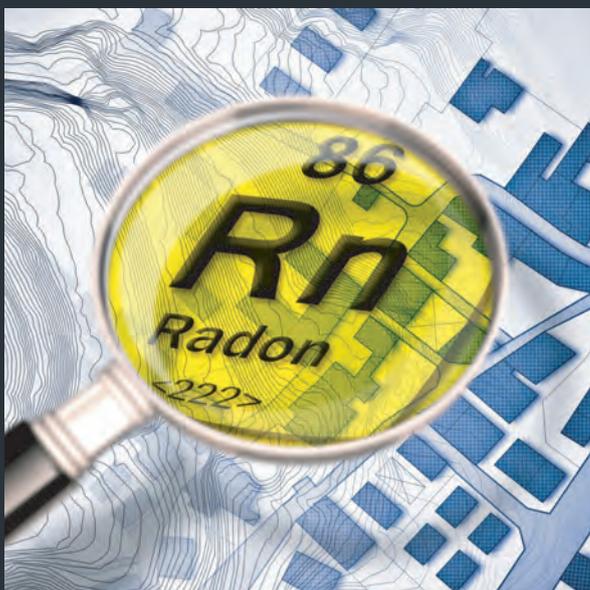
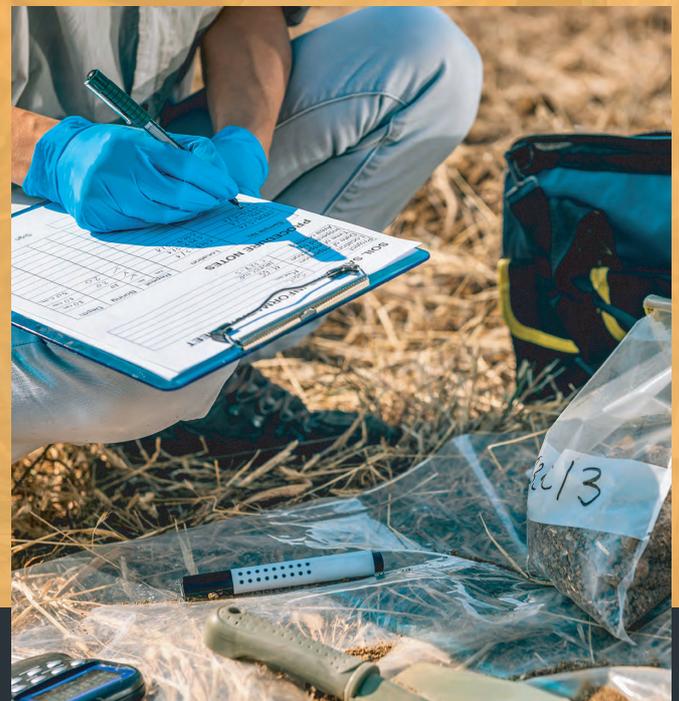
Indagini Geofisiche, Monitoraggio Ambientale e Geomeccanico

Siamo un Gruppo di Geologi e Ingegneri attivi nel campo geologico-applicato e geotecnico-strutturale.

Lavoriamo da 10 anni affinché i progetti rispettino l'ambiente e siano compatibili e difesi dai rischi geologici e idraulici.

Offriamo i seguenti servizi:

- **Indagini Geofisiche**
- **Indagini Dirette**
- **Monitoraggio Geomeccanico**
- **Prove Penetrometriche**
- **Monitoraggio Gas radon**
- **Sondaggi Geognostici**



Inquadra il **QR Code** per richiedere informazioni o un preventivo



www.geomonitek.com

CARTOGRAFIA CARSICA SU AREE CAMPIONE DEL TERRITORIO PUGLIESE

Luca Pisano¹, Mario Parise², Isabella Serena Liso², Francesca Lagna³, Veronica Zumpano¹

¹ Consiglio Nazionale delle Ricerche, Istituto di Ricerca per la Protezione Idrogeologica, Bari

² Dipartimento di Scienze della Terra e Geoambientali, Università degli Studi di Bari Aldo Moro

³ Libero professionista - Iscritto ORG Puglia, n. 776

INTRODUZIONE

Il paesaggio carsico mostra caratteristiche mutevoli nel tempo, ad esempio i luoghi di infiltrazione dell'acqua nel sottosuolo possono essere presenti in siti diversi di anno in anno, in conseguenza di processi sia naturali che antropici (Ford & Williams, 2007; Blatnik *et al.*, 2017). I territori carsici, oltre alla variabilità temporale e spaziale, presentano caratteristiche geologiche, geomorfologiche, idrologiche tipiche di ambienti altamente fragili, fortemente vulnerabili e soggetti a rischi naturali di diverso grado e natura, come inondazioni improvvise, fenomeni franosi, formazione di doline (*sinkholes*), etc. (Gutierrez *et al.*, 2014; Parise, 2019, 2022).

In questo lavoro vengono presentati due esempi di cartografia carsica realizzati in differenti contesti geografici, geologici, carsici e geo-idrologici della regione Puglia (Fig. 1), nell'ambito del progetto a cui è dedicato questo numero speciale. Il primo prodotto è stato realizzato per l'area del *polje* del Canale di Pirro (Parise, 2006), che rappresenta una delle strutture carsiche epigee più significative della Murge Sud-Orientali. L'area di analisi si estende per circa 170 km², ed è caratterizzata da un sistema sotterraneo di grotte estremamente sviluppato; l'Inghiottitoio di Masseria Rotolo è, infatti, la grotta più profonda della regione e raggiunge la profondità di ben 324 metri dal piano campagna (Parise & Benedetto, 2018).

La seconda area investigata è ubicata nel settore più meridionale della regione, nell'area centrale della Penisola Salentina ed interessa il sistema carsico di Vora Bosco, ricadente nella frazione di Noha del territorio del comune di Galatina. Geograficamente l'analisi si estende per circa 240 km² interamente nella provincia di Lecce, e ricade nei comuni di: Aradeo, Cutrofiano, Corigliano D'Otranto, Melpignano, Sogliano Cavour, Soleto, Sternatia, Galatina, Galatone e Seclì. La mappatura delle forme è stata realizzata partendo da interpretazione di foto aeree di differente annata, integrate con analisi di dati bibliografici preesistenti, e della cartografia di base ufficiale disponibile per l'area; l'attività bibliografica e di laboratorio è stata poi validata da una intensa attività di verifica sul campo.

Al fine di contestualizzare i sistemi dei due contesti carsici nel più generale quadro geomorfologico delle aree oggetto di investigazione, sono state eseguite analisi geomorfologiche sull'intera estensione del Canale di Pirro e dell'area centro-occidentale della Penisola Salentina, volte ad individuare le principali forme carsiche del paesaggio (in primis, le doline), utili per la definizione del loro ruolo idrologico nel processo di ricarica naturale degli

acquiferi. Come risulta infatti dalla cartografia del Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI) dell'Autorità di Bacino della Puglia, ampi settori del Canale di Pirro sono a rischio alluvionamento, al pari di numerose altre zone nei territori limitrofi (CE.RI.CA., 1996; Parise, 2003; Mossa, 2007, Cotecchia e Scuro, 2010; Gentile *et al.*, 2020), così come diverse aree dei comuni salentini ricadenti nella zona di analisi della seconda area di studio.

Le fasi di rilievo geomorfologico epigeo, illustrate nel presente lavoro, hanno portato alla realizzazione di carte geomorfologico-carsiche, sulla quale sono stati rappresentati tutti gli elementi significativi del paesaggio carsico. La realizzazione di queste cartografie ha come fine primario quello di ottenere una precisa distribuzione delle morfologie carsiche del territorio, delle principali vie seguite dall'acqua (lame, gravine, etc.), oltre a quelle delle principali forme di depressioni carsiche come doline e bacini endoreici.

MATERIALI E METODI UTILIZZATI PER LA REALIZZAZIONE DELLA CARTA GEOMORFOLOGICA

Una delle tecniche più utilizzate per l'identificazione e la mappatura di forme geomorfologiche, pericolosità geologiche ed elementi strutturali, è l'interpretazione di fotografie aeree (foto-interpretazione) (Rib e Liang, 1978; Turner e Schuster, 1996).

Nella mappatura carsica l'uso della foto-interpretazione è infatti largamente utilizzata per l'identificazione e l'evoluzione delle varie forme carsiche nel tempo (Parise, 2008a; Festa *et al.*, 2012; Martín-Vivaldi Caballero *et al.*, 2016; Zumpano *et al.*, 2019). Questa può essere realizzata usando sia i classici stereoscopi analogici, oppure i più recenti stereoscopi digitali, in grado di lavorare direttamente in ambiente GIS, con conseguente miglioramento dell'analisi in termini di tempo, qualità e precisione delle forme mappate.

Per le aree oggetto di studio la mappatura è stata realizzata attraverso un'analisi comparata delle immagini aeree stereoscopiche di differenti annate. Tale analisi comparata ha permesso di massimizzare le informazioni che si possono estrarre dall'interpretazione delle forme del paesaggio, incluse quelle riconducibili ai fenomeni di neo-formazione carsica e alla loro evoluzione.

La procedura per la realizzazione delle mappature può essere distinta in 4 fasi: i) raccolta dei dati, ii) foto-interpretazione, iii) validazione sul campo, e iv) elaborazione della cartografia finale.

Per quel che riguarda la prima fase di lavoro, sono state acquisite fotografie aeree dall'Istituto Geografico

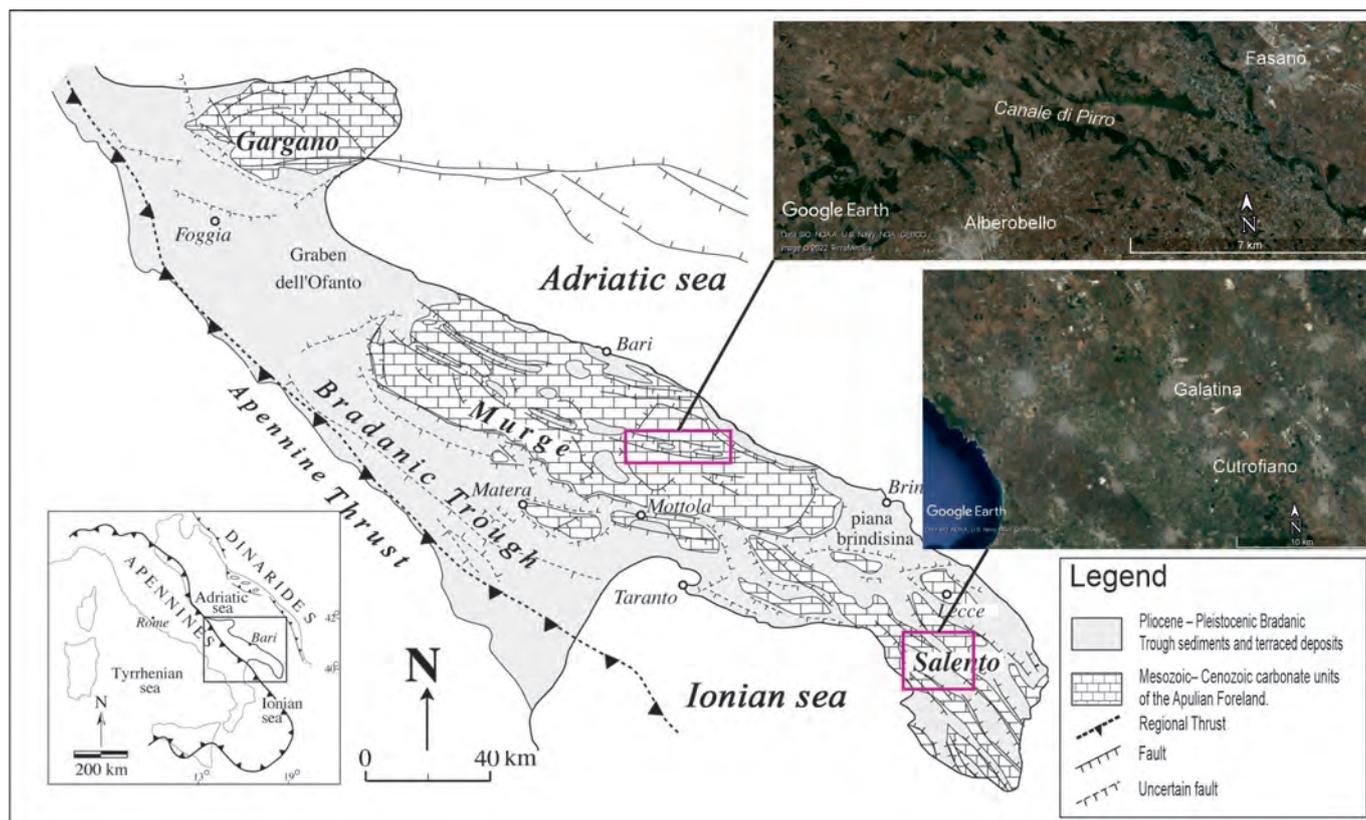


Figura 1 - Ubicazione geografica delle aree di studio (da Pieri *et al.*, 1997; mod.).

Militare (IGMI), successivamente scansionate con una risoluzione pari a 800 dpi (dot per inch). Contestualmente sono state reperite informazioni e prodotti cartografici e tematici, utili per la realizzazione delle carte, tra i quali carte tecniche regionali, carte geologiche a diversa scala, carte idro-geomorfologiche, modelli digitali del terreno, carte dell'urbanizzato e dell'uso del suolo, ortofoto, *shapfiles* delle grotte e delle cavità artificiali (reperibili dal Catasto delle Grotte e delle Cavità Artificiali della Regione Puglia, a cura della Federazione Speleologica Pugliese, dal sito <http://www.catasto.fspuglia.it/>).

Per la visione stereoscopica delle immagini aeree digitali nelle postazioni di analisi fotogrammetrica è stato necessario procedere preliminarmente ad una elaborazione delle stesse (*pre-processing*) che permette la realizzazione di stereo-blocchi, tramite l'orientamento e la georeferenziazione dei fotogrammi, attraverso l'utilizzo del *software* Erdas Imagine (2016). La generazione degli stereo-blocchi consente: (i) la visione stereoscopica necessaria per l'interpretazione delle immagini aeree, e (ii) la digitalizzazione delle informazioni tematiche in ambiente 3D, come elementi vettoriali georeferenziati.

Per la mappatura degli elementi si è proceduto con un'analisi a doppio schermo (Fig. 2), uno dei quali esclusivamente dedicato alla digitalizzazione delle forme in formato vettoriale e direttamente in ambiente GIS, grazie all'utilizzo del *tool* dedicato *Stereo Analyst* (ERDAS) per Arcgis (ver. 10.5). Il sistema *hardware* permette la visione stereoscopica digitale ad occhiali 3D attivi ed è caratterizzata da una *workstation* con caratteristiche spe-

cifiche costituita da: (i) un monitor 3D Vision-Ready, capace di raggiungere almeno i 120Hz, (ii) un Kit Nvidia 3D Vision che comprende un paio di occhiali 3D attivi ed un ricevitore da collegare ad una scheda video compatibile, e (iii) un computer dedicato. Il secondo schermo è stato utilizzato per la contemporanea visualizzazione dei dati ancillari (carta geologica, topografica, DEM, etc.) su cui vengono proiettate, contemporaneamente alla digitalizzazione, le forme via via riconosciute.

L'attività di mappatura è stata supportata da una intensa attività di campo, con il duplice fine di verificare quanto riscontrato attraverso la fotointerpretazione ed

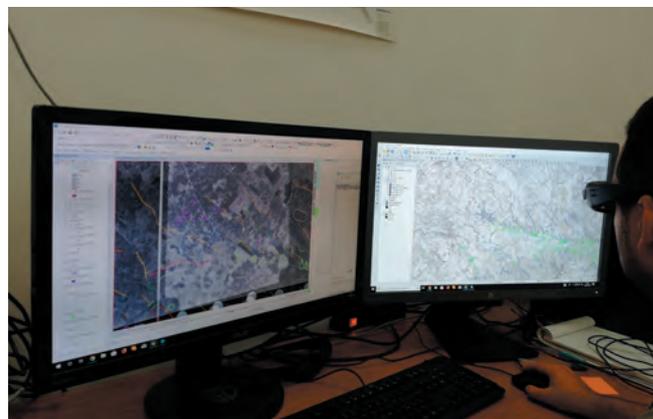


Figura 2 - Stazione fotogrammetrica utilizzata per la realizzazione delle carte geomorfologiche

eventualmente aggiungere altri dati specifici, che non risultano rilevabili alla scala delle foto aeree. Difatti sono state verificate situazioni di incertezza legate alla definizione del perimetro di alcune doline e depressioni di origine carsica e sulla effettiva presenza di *vore* riconosciute su foto aeree e/o presenti nei dati ancillari.

La quarta e ultima fase è stata quella dell'elaborazione finale della carta che consiste nella preparazione di un database geo-informatizzato, seguito da un controllo topologico degli elementi che sono stati codificati secondo la legenda adottata (Fig. 3).

ESEMPI DI CARTOGRAFIA CARSIKA

Le carte geomorfologico-carsiche realizzate per le aree in oggetto (Figg. 4 e 5), riportano informazioni utili su-

gli elementi geomorfologici riconosciuti sul territorio. La loro distribuzione spaziale, posta in relazione ai cambiamenti riconosciuti delle stesse, rivela informazioni sulla evoluzione temporale del sistema carsico, incluse le interazioni dello stesso con le attività antropiche. Le forme riconosciute sul territorio, riportate nelle relative legende, sono state identificate come: doline, bacini endoreici, selle morfologiche, linee di drenaggio, orli di scarpata, creste, cave di origine antropica, vore, ingressi di grotte.

Per quel che riguarda l'area del Canale di Pirro le forme principalmente riconosciute sono doline e bacini endoreici. Come più dettagliatamente riportato in Pisano *et al.* (2020), l'analisi morfometrica rivela che, rispetto alle doline, i bacini endoreici hanno valori maggiori di perimetro, area, lunghezza e larghezza, nonché indice di



Figura 3 - A sinistra, vista di un settore del *polje* del Canale di Pirro. A destra, ingresso di una vora fortemente antropizzata nell'area prossima all'abitato di Galatina.

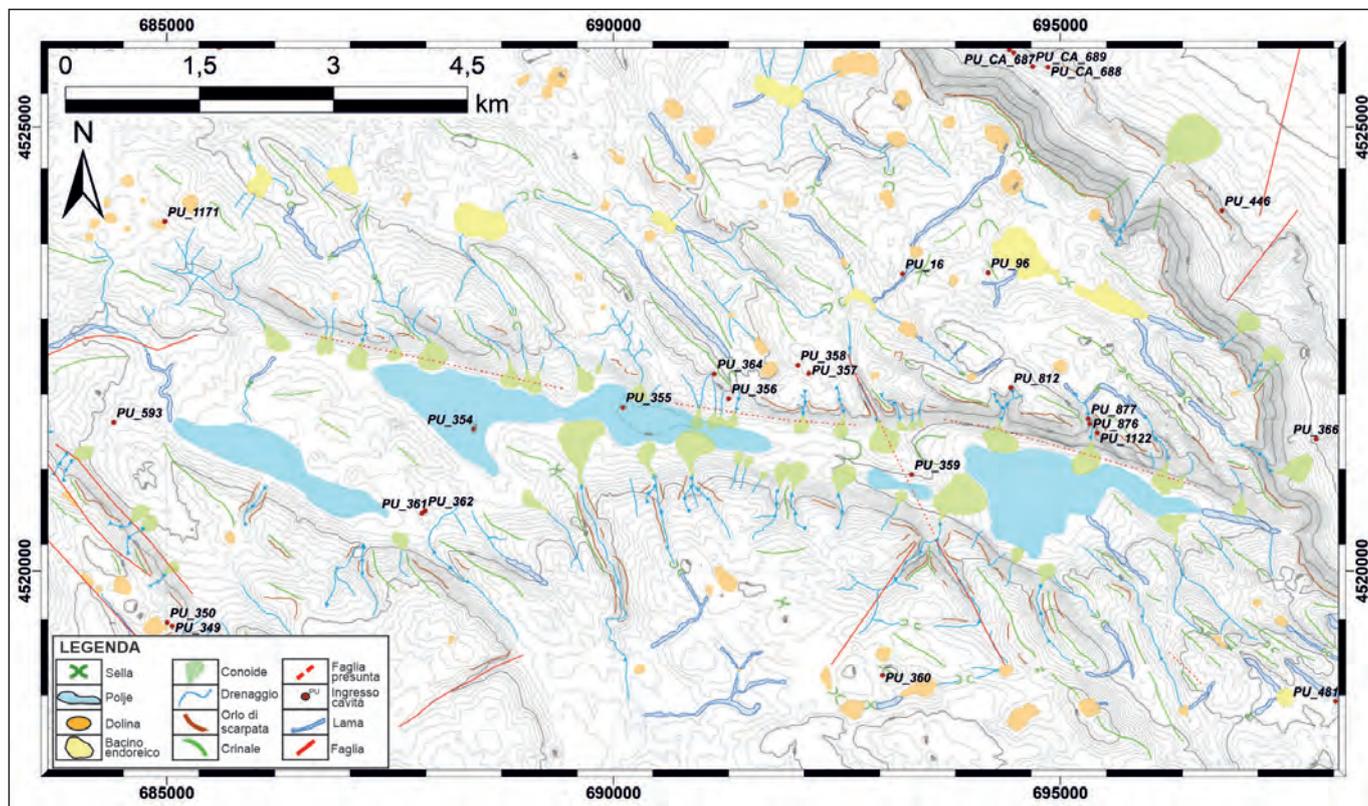


Figura 4 - Carta geomorfologica realizzata per l'area del *polje* del Canale di Pirro (da Pisano *et al.*, 2020, mod.)

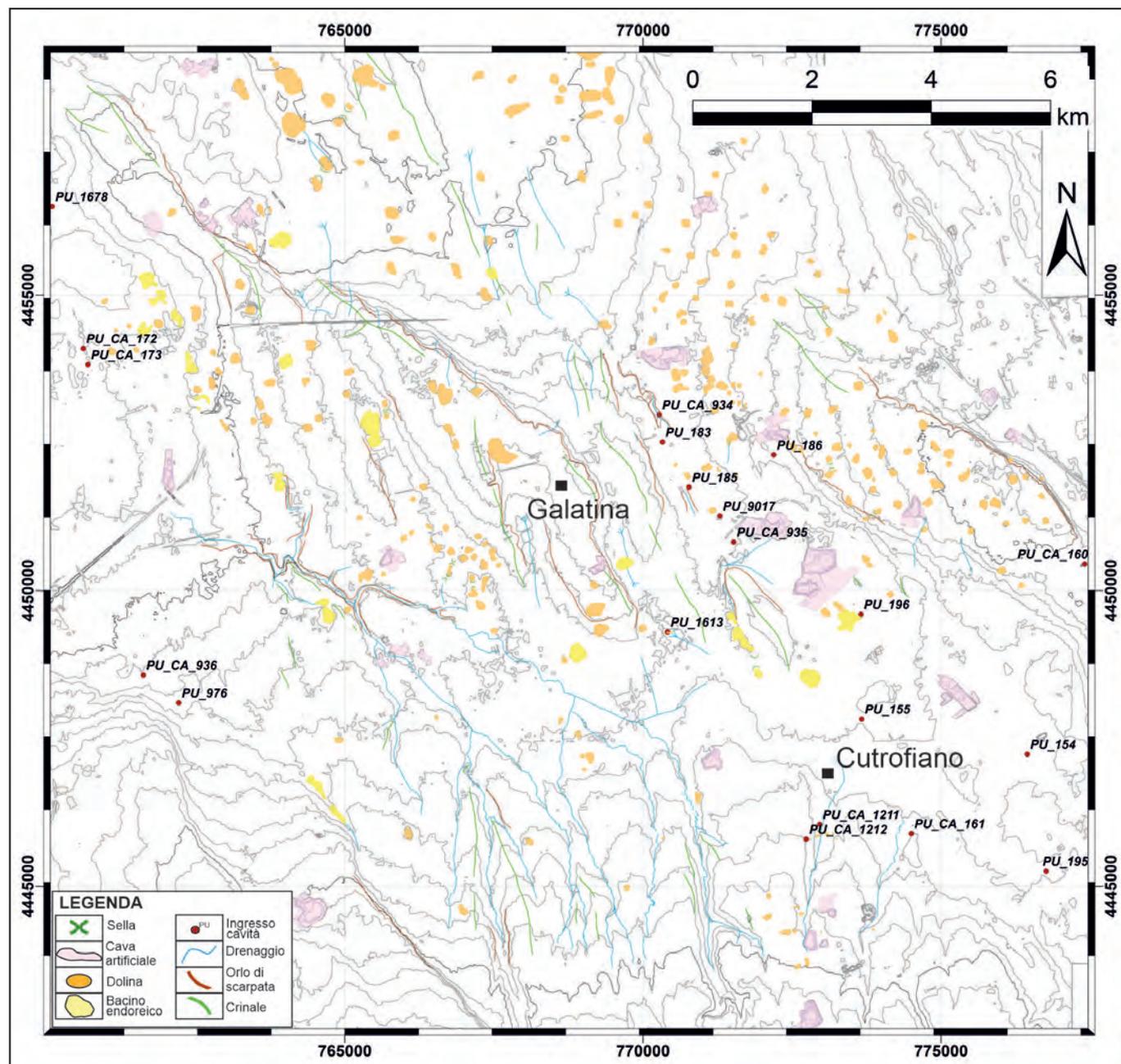


Figura 5 - Carta geomorfologica realizzata nell'area salentina, nei dintorni di Galatina.

circolarità e rapporto di allungamento (*elongation ratio*) leggermente inferiori. Inoltre la loro orientazione è generalmente controllata dall'assetto strutturale della zona delle Murge di SE (Sauro, 1991; Parise, 2011), con orientazione preferenziale appenninica NO-SE.

Nell'area salentina, le forme più numerose riconosciute sono le doline che si distribuiscono quasi omogeneamente su tutto il territorio. Esse ricadono frequentemente all'interno di aree pianeggianti caratterizzate da più ampie depressioni, anch'esse di origine carsica (Parise e Pepe, 2016).

Gli elementi lineari quali linee di drenaggio, orli di scarpata, creste, presentano direzione preferenziale di sviluppo appenninica NO-SE. Anche in questo caso, l'andamento degli elementi lineari risente della tettonica caratterizzante l'area di studio.

Inoltre, l'impatto antropico sul territorio risulta intenso; si denota, infatti, una importante presenza di manufatti e strutture, associate alla presenza di numerose cave di modeste dimensioni areali che caratterizzano maggiormente i settori NO e SE. La spinta urbanizzazione in alcune aree ha reso difficile l'individuazione delle forme del territorio, essendo spesso in parte o completamente obliterate da attività di chiara origine antropica.

CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Grazie alla loro evoluzione geologica e geomorfologica, entrambe le aree studiate sono zone di estremo interesse per il carsismo regionale pugliese. Gli esempi di carte geomorfologiche riportate nel presente articolo mostrano le principali forme carsiche del paesaggio rico-

nosciute e contribuiscono a migliorare la conoscenza territoriale. Tali mappe mirano a fornire le basi per ulteriori e più approfonditi studi di carattere multi-disciplinare, utili a comprendere le caratteristiche e l'evoluzione del carsismo pugliese, nonché il funzionamento idraulico delle strutture individuate, a cominciare da doline e bacini endoreici (Delle Rose e Parise, 2010).

In generale l'area investigata nel *polje* del Canale di Pirro, i cui elementi riconosciuti sono più dettagliatamente riportati in Pisano *et al.* (2020), è caratterizzata da accentuate variazioni topografiche con evidenti ripercussioni sulle caratteristiche morfologiche dell'area, strettamente legate al controllo tettonico esercitato dalle principali faglie e dai sistemi di fratture che insistono sul territorio e influenzano lo sviluppo delle forme carsiche.

L'area salentina è invece caratterizzata da topografia estremamente blanda (Palmentola, 2002; Parise, 2008b), che rende più difficoltosa l'identificazione immediata delle forme del paesaggio carsico, le quali spesso risultano modificate, se non cancellate del tutto, a seguito dell'azione antropica (Lentini *et al.*, 2020). Con questa particolare conformazione, al fine di identificare al meglio le forme, l'utilizzo della stereoscopia digitale, associata a una profusa ricerca bibliografica e una intensa attività di verifica sul campo, è fondamentale per il riconoscimento preciso e affidabile delle forme del terreno.

La mappatura delle forme carsiche rappresenta un primo punto di analisi che deve essere integrata con attività multi-disciplinari in grado di ampliare le conoscenze legate alla pericolosità e al rischio associati all'ambiente carsico, con il fine ultimo di trasferire elementi utili alle autorità di competenza per mitigare i possibili danni diretti e indiretti che si possono registrare sul territorio, anche a causa di scelte errate di pianificazione territoriale.

BIBLIOGRAFIA

BLATNIK, M., FRANTAR, P., KOSEC, D., GABROVSEK, F. (2017) - *Measurements of the outflow along the eastern border of Planinsko Polje, Slovenia*. Acta Carsologica, 46(1), 83-93. <https://doi.org/10.3986/ac.v46i1.4774>

CE.RI.CA. (CENTRO RICERCA CASTELLANESE) (1996) - *Le inondazioni a Castellana*. Amministr. Comunale di Castellana-Grotte, 79 pp.

COTECCHIA V., SCURO M. (2010) - *Portrait of a coastal karst aquifer: the city of Bari*. Aqua Mundi, 187-196.

DELLE ROSE M., PARISE M. (2010) - *Water management in the karst of Apulia, southern Italy*. In: BONACCI O. (ed.), Proceedings International Interdisciplinary Scientific Conference "Sustainability of the karst environment. Dinaric karst and other karst regions", Plitvice Lakes (Croatia), 23-26 September 2009, IHP-UNESCO, Series on Groundwater no. 2, p. 33-40.

FESTA V., FIORE A., PARISE M., SINISCALCHI A. (2012) - *Sinkhole evolution in the Apulian karst of southern Italy: a case study, with some considerations on sinkhole hazards*. Journal of Cave and Karst Studies, vol. 74 (2), p. 137-147.

ERDAS Imagine software (2016). [Computer software]. Hexagon Geospatial, Peachtree Corners Circle Norcross (US).

FORD D.C., WILLIAMS P. (2007) *Karst Hydrogeology and Geomorphology*. Wiley, 562 pp.

GUTIÉRREZ, F., PARISE, M., DE WAELE, J., JOURDE, H. (2014) - *A review on natural and human-induced geohazards and impacts in karst*. Earth Sci. Rev. 138, 61-88.

LENTINI M., PARISE M., DE SALVE F. (2020) - *Opere idrauliche a scopo di bonifica nel territorio salentino (Puglia)*. In: GALEAZZI C., MADONIA P. (eds.), Atti IX Convegno Nazionale di Speleologia in Cavità Artificiali, Palermo, 20 marzo 2020. Opera Ipogea, n. 1-2, p. 179-186.

MARTÍN-VIVALDI CABALLERO M.E., GÓMEZ-ZOTANO J., OLMEDO-COBO J.A. & PEZZI-CERETTO M.C. (2016) - *Geomorphology of the Sierra Gorda karst, South Spain*. Journal of Maps, 12, 1143-1151.

MOSSA M. (2007) - *The floods in Bari: what history should have taught*. Journal of Hydraulic Research, 45 (2), 579-594.

PALMENTOLA G. (2002) - *Il paesaggio carsico della Puglia*. Atti III Conv. Spel. Pugliese Castellana-Grotte, 6-8 dicembre 2002, Grotte e dintorni, 4, 203-220

PARISE M. (2003) - *Flood history in the karst environment of Castellana-Grotte (Apulia, southern Italy)*. Natural Hazards and Earth System Sciences, vol. 3 (6), p. 593-604.

PARISE M. (2006) - *Geomorphology of the Canale di Pirro karst polje (Apulia, southern Italy)*. Zeitschrift für Geomorphologie, N.F., suppl., 147, 143-158.

PARISE M. (2008a) - *I sinkholes in Puglia*. Memorie Descrittive della Carta Geologica d'Italia, 85, 309-334.

PARISE M. (2008b) - *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. (2019) - *Sinkholes*. In: WHITE W.B., CULVER D.C., PIPAN T. (Eds.), *Encyclopedia of Caves*. Academic Press, Elsevier, 3rd edition, ISBN 978-0-12-814124-3, p. 934-942.

PARISE M. (2022) - *Sinkholes, Subsidence and Related Mass Movements*. In: SHRODER J.J.F. (Ed.), *Treatise on Geomorphology, vol. 5*. Elsevier, Academic Press, p. 200-220. <https://dx.doi.org/10.1016/B978-0-12-818234-5.00029-8>. ISBN: 9780128182345.

PARISE M., PEPE M. (2016). *Esempi di Cartografia geomorfologica-carsica in Puglia*. Atti del Convegno Nazionale "La ricerca carsologica in Italia", 22-23 giugno 2013, Laboratorio carsologico sotterraneo di Bossea, Frabosa Soprana, p. 49-56.

PARISE M. & BENEDETTO L. (2018) - *Surface landforms and speleological investigation for a better understanding of karst hydrogeological processes: a history of research in southeastern Italy*. In: PARISE M., GABROVSEK F., KAUFMANN G. & RAVBAR N. (Eds.), *Advances in Karst Research: Theory, Fieldwork and Applications*. Geological Society, London, Special Publications, 466, p. 137-153, <https://doi.org/10.1144/SP466.25>.

PIERI, P., FESTA, V., MORETTI, M., & TROPEANO, M. (1997). *Quaternary tectonic activity of the Murge area (Apulian foreland, southern Italy)*. *Annali di Geofisica*, 40(5), 1395–1404. <https://doi.org/10.4401/ag-3876>.

PISANO, L., ZUMPANO, V., LISO, I. S., PARISE, M. (2020) *Geomorphological and structural characterization of the 'Canale di Pirro' polje, Apulia (Southern Italy)*, 16, 479–487, <https://doi.org/10.1080/17445647.2020.1778550>, 2020.

RIB H.T., LIANG T. (1978) - *Recognition and identification*. In: SCHUSTER R.L., KRIZEK R.J. (eds.). *Landslides analysis and control*. National Academy of Science, Transportation Research Board Special Report, 176, p.

34- 80, Washington D.C.

SAURO, U., 1991: *A polygonal karst in Alte Murge (Puglia, Southern Italy)*.- *Zeitschrift für Geomorphologie*, 35, 2, 207-223.

TURNER A.K., SCHUSTER R.L. (eds.) (1996) - *Landslides: Investigation and Mitigation*. Washington, D.C., National Research Council, Transportation Research Board Special Report 247, 673 pp.

ZUMPANO, V., PISANO, L., PARISE, M. (2019) - *An integrated framework to identify and analyze karst sinkholes*. *Geomorphology* 332, 213–225, <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2019.02.013>, 2019.

GUIDA AGLI AUTORI: INDICAZIONI PER LA STESURA DEI TESTI

Nell'intento di agevolare gli Autori nella stesura degli articoli per "Geologi e Territorio" si forniscono alcuni orientamenti da seguire nella preparazione dei lavori a stampa. La Segreteria di Redazione è comunque a disposizione di tutti gli interessati per fornire ulteriori chiarimenti ed indicazioni su aspetti e casi particolari non previsti in questa breve nota.

I TESTI devono essere inviati mediante posta elettronica a info@geologipuglia.it completi di allegati (figure, mappe, profili, foto) altrimenti con CD Rom. Il formato deve essere WinWord non formattato. Il carattere deve essere Arial 12, interlinea singola, senza rientri o spaziature a capo dei paragrafi. I testi devono essere continui, e non devono contenere automatismi (ad es. le numerazioni dei paragrafi vanno impostate manualmente), le pagine vanno numerate. Possibilmente le note, se non possono essere eliminate, devono essere a fine testo e non a piè di pagina.

Le IMMAGINI informatizzate vanno inviate in file separati dal testo, preferibilmente nei formati Tif, Jpg o Bmp con risoluzione minima di 300 dpi; per formati diversi contattare prima la Segreteria di Redazione. Diversamente, anche al fine di evitare problemi di risoluzione, foto e immagini possono essere spedite a:

ORDINE DEI GEOLOGI DELLA PUGLIA via Junipero Serra, 19 - 70125 Bari

Le TABELLE, costruite con Word o con Excel, devono essere riportate in file separati dal testo.

Le indicazioni delle FIGURE (per figure si intendono fotografie, diapositive, disegni, profili, grafici, tavole, etc.) inserite nel testo dovranno essere numerate progressivamente.

Le qualifiche dell'Autore o degli Autori, l'Ente di appartenenza verranno indicati in apertura dell'articolo.

La Redazione inserirà come primo autore quello iscritto all'Albo dei geologi della Puglia in ordine alfabetico o secondo indicazioni impartite dagli Autori.

SIMBOLI ed ABBREVIAZIONI poco usati dovranno essere chiaramente definiti nel testo.

Le CITAZIONI BIBLIOGRAFICHE saranno tra parentesi tonde, accompagnate dall'anno di pubblicazione e verranno riportate in Bibliografia alla fine dell'articolo, con il titolo dei lavori citati.

La BIBLIOGRAFIA sarà preparata come illustrata nel seguito, con i vari elementi nell'ordine.

Autore: in maiuscolo, cognome per esteso e per il nome solo la lettera iniziale seguita da un punto. Per più autori intercalare con una virgola. Data di pubblicazione: fra parentesi tonda. Titolo: in corsivo. Nome della pubblicazione. Numero del fascicolo. Oppure, per una monografia: Editore, luogo dell'edizione.

La Segreteria di Redazione riterrà accettabile per la stampa solo il materiale iconografico di alta qualità.

La Segreteria di Redazione

LE VORE DI GALATINA (PROVINCIA DI LECCE)

Francesca Lagna^{1,2}, Giovanni Danieli², Francesco Orlando², Elisa Previdero²,
Maria Elena Quaranta², Marco Troisi²

¹Libero professionista - Iscritto ORG Puglia, n. 776

²Gruppo Speleologico Neretino Onlus, Nardò (LE)

INTRODUZIONE

Vora è un termine dialettale tipico del Salento, utilizzato per indicare una varietà di forme carsiche che si aprono alla superficie del suolo e costituiscono dei siti puntuali e preferenziali di assorbimento delle acque superficiali e di convogliamento verso le falde idriche sotterranee. Da un punto di vista morfologico possono essere ricondotte a doline di varia genesi in rocce carbonatiche, a inghiottitoi carsici o a una loro combinazione (Parise *et al.*, 2003; Sansò & Selleri, 2004; De Salve *et al.*, 2019).

Le *vore* rappresentano, dunque, degli elementi di raccordo tra l'ambiente subaereo e quello sotterraneo a elevata valenza e sensibilità ecologica.

In agro di Galatina (provincia di Lecce), nei pressi della frazione di Noha, è presente un inghiottitoio di notevole valore scientifico, Vora Bosco (PU 1613), la cui peculiarità è di intercettare la falda profonda e di consen-

tirvi l'accesso diretto all'uomo. Essa si sviluppa fino alla profondità di circa 60 m dal piano campagna e consente l'osservazione diretta dell'intera successione stratigrafica tipica di quest'area del Salento (Mazzei *et al.*, 2019; Leins *et al.*, 2021; Liso, 2022) (Fig. 1).

L'accessibilità dell'uomo agli ambienti sotterranei ha permesso il monitoraggio ambientale e biospeleologico della grotta (Figg. 2 e 3) e dei processi di ricarica della falda profonda; lo studio è stato condotto, a partire dal 2017, dal Dipartimento di Scienze della Terra e Geoambientali dell'Università degli Studi Aldo Moro di Bari, in collaborazione con Enti e Associazioni, tra cui la Federazione Speleologica Pugliese (Parise *et al.*, 2020).

Il progetto regionale ha incentivato l'avvio di una ricognizione speleologica nel territorio di Galatina, finalizzata a individuare ulteriori *vore* e forme carsiche utili allo studio e alla comprensione delle caratteristiche geomor-

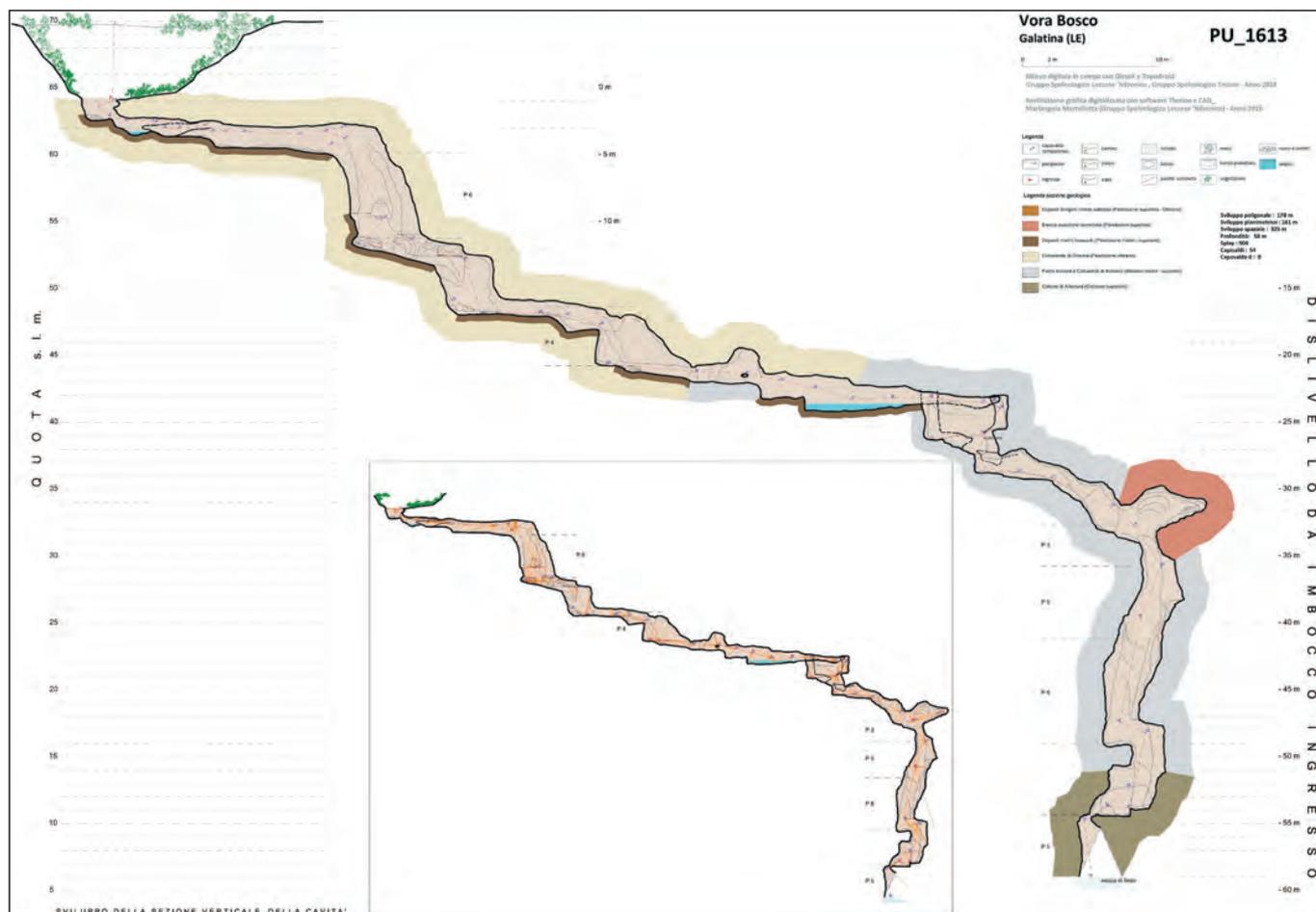


Figura 1 - Sviluppo in sezione di Vora Bosco (da Catasto delle Grotte e delle Cavità Artificiali della Regione Puglia).



Figura 2 - La falda profonda intercettata da Vora Bosco (foto Antonio Creti - Gruppo Speleologico Tricase).



Figura 3 - Fasi del monitoraggio ambientale in Vora Bosco (foto Francesco De Salve - Gruppo Speleologico Leccese 'Ndrónico).

fologiche, idrologiche e idrogeologiche dell'area.

La presenza di *vore* nell'area comunale è nota grazie ai numerosi studi condotti (De Giorgi, 1922; Montinari, 1972; Beccarisi *et al.*, 2000, Lagna G., 2005; Studio e rilevamento delle Vore nel territorio della Provincia di Lecce; Catasto grotte e cavità artificiali della Puglia), i quali hanno il merito di aver fornito corpose informazioni di base relative alla loro diffusione. Considerate la dinamicità del paesaggio naturale e antropico e le trasformazioni che ne scaturiscono, è emersa la necessità di uno studio e di un censimento aggiornati che possano costituire la base per future ricerche in ambito speleologico e geologico e per una corretta e lungimirante pianificazione e gestione del territorio da parte delle locali amministrazioni.

Vengono di seguito presentati i risultati della prima fase di ricerca e ricognizione delle *vore* presenti nel Comune di Galatina, svolta per conto della Federazione Speleologica Pugliese dal Gruppo Speleologico Neretino Onlus nel 2021, nell'ambito del progetto regionale "Attuazione dell'art. 45, comma 1 della L.R. n. 45 del 30/12/2013 - Spese per esplorazione fenomeni carsici di recente rinvenimento" - Protocollo di intesa di cui alla D.G.R. n. 806/2019 del 10 dicembre 2019.

L'emergenza sanitaria da Covid-19 e le relative limitazioni del periodo hanno fortemente rallentato le attività; dunque, i risultati presentati vanno intesi come preliminari e da integrare.

A completamento del lavoro avviato, a partire da Agosto 2022, il Gruppo Speleologico Neretino, il Gruppo Speleologico Leccese 'Ndrónico e il Gruppo Speleologico Tricase hanno ripreso le attività di ricerca sul campo. Auspicabilmente, la ripresa delle attività progettuali e la continuità del finanziamento da parte della Regione consentiranno nei prossimi mesi la raccolta e la elaborazione di ulteriori dati.

METODOLOGIA OPERATIVA

Obiettivo del lavoro è stato il censimento delle *vore* presenti nel territorio di Galatina.

La ricognizione sul campo è stata preceduta da una fase di ricerca bibliografica che ne ha consentito una più

agevole individuazione. Le principali fonti sono state:

- *Catasto delle Grotte e delle Cavità Artificiali della Regione Puglia* - a cura della Federazione Speleologica Pugliese;
- *Studio e rilevamento delle Vore nel territorio della Provincia di Lecce* - a cura della Provincia di Lecce, in collaborazione con l'Università degli Studi di Lecce (oggi Università del Salento) e il Gruppo Speleologico Leccese 'Ndrónico;
- *Analisi geologica del territorio per la pianificazione territoriale* allegata al Piano Urbanistico Generale del Comune di Galatina (Lagna G., 2005).

In particolare, lo studio a supporto del P.U.G. ha fornito notizie dettagliate in merito alle caratteristiche geologiche e geomorfologiche del territorio, e importanti informazioni relative all'evoluzione che lo stesso ha subito dagli anni '50 al 2000.

I successivi sopralluoghi hanno permesso di verificare l'ubicazione delle *vore* individuate su base bibliografica, di segnalarne ulteriori, di acquisire documentazione fotografica e di verificarne lo stato di contaminazione ambientale.

I suddetti dati sono stati raccolti e sintetizzati in apposite schede di censimento e in una tavola tematica riportante l'ubicazione planimetrica delle *vore* (Fig. 4) con una classificazione in base allo stato di attività o di inattività per colmamento.

RISULTATI

La ricerca effettuata ha portato a individuare nel territorio di Galatina circa 30 *vore*, contro le 5 censite nel Catasto Regionale delle Grotte.

Come evidenziato da Lagna G. (2005), le *vore* sono disposte principalmente secondo due allineamenti subparalleli, ad orientamento NO-SE, potenzialmente coincidenti con due faglie interessanti il basamento carbonatico.

Da un punto di vista morfologico, le *vore* potrebbero essere ricondotte principalmente a *collapse sinkhole*, *suf-fosion sinkhole* e *solution sinkhole* (sensu Gutiérrez *et al.*, 2014; Parise, 2019, 2022); questa ipotesi classificativa

verrà verificata nelle successive fasi di studio. Raramente sono visibili condotte e pozzi al fondo delle doline; nella maggior parte dei casi, infatti, il fondo è totalmente ostruito da blocchi di crollo, coperture eluvio-colluviali, depositi non carbonatici e, talvolta, significativi cumuli di rifiuti. Pertanto sarà necessario effettuare ulteriori indagini e approfondimenti per verificare l'eventuale sviluppo delle cavità nel sottosuolo.

Sulla base delle osservazioni effettuate e della distribuzione spaziale delle voragini, è possibile distinguere tre macroaree di interesse:

- l'agro a S dell'abitato di Noha, con particolare riferimento all'area circostante *Vora Bosco*;
- il centro abitato di Galatina;
- l'agro settentrionale, nella porzione di territorio compresa tra la S.P. 18 e la S.P. 362.

Entro un raggio di circa 500 m da *Vora Bosco* sono state censite due *vore*, già note agli speleologi ma non ancora accatastate, che presentano interessanti caratteristiche e che certamente saranno oggetto di rilievo e ulteriore studio.

Si tratta di *Vora La Paccia* (lat. N 40.150939, long. E 18.169303) e della *Vora di Noha* (lat. 40.147694, long. E 18.168675).

Entrambe possono essere classificate come *collapse sinkhole* (Gutiérrez *et al.*, 2014; Parise, 2019, 2022). Per la *Vora di Noha* al momento è possibile solo ipotizzare una eventuale prosecuzione nel sottosuolo poiché il fondo è ricoperto da un cumulo di rifiuti che rende difficile e pericolosa l'esplorazione delle vie di drenaggio delle acque (Fig. 5).

Vora la Paccia si sviluppa in profondità per alcune de-

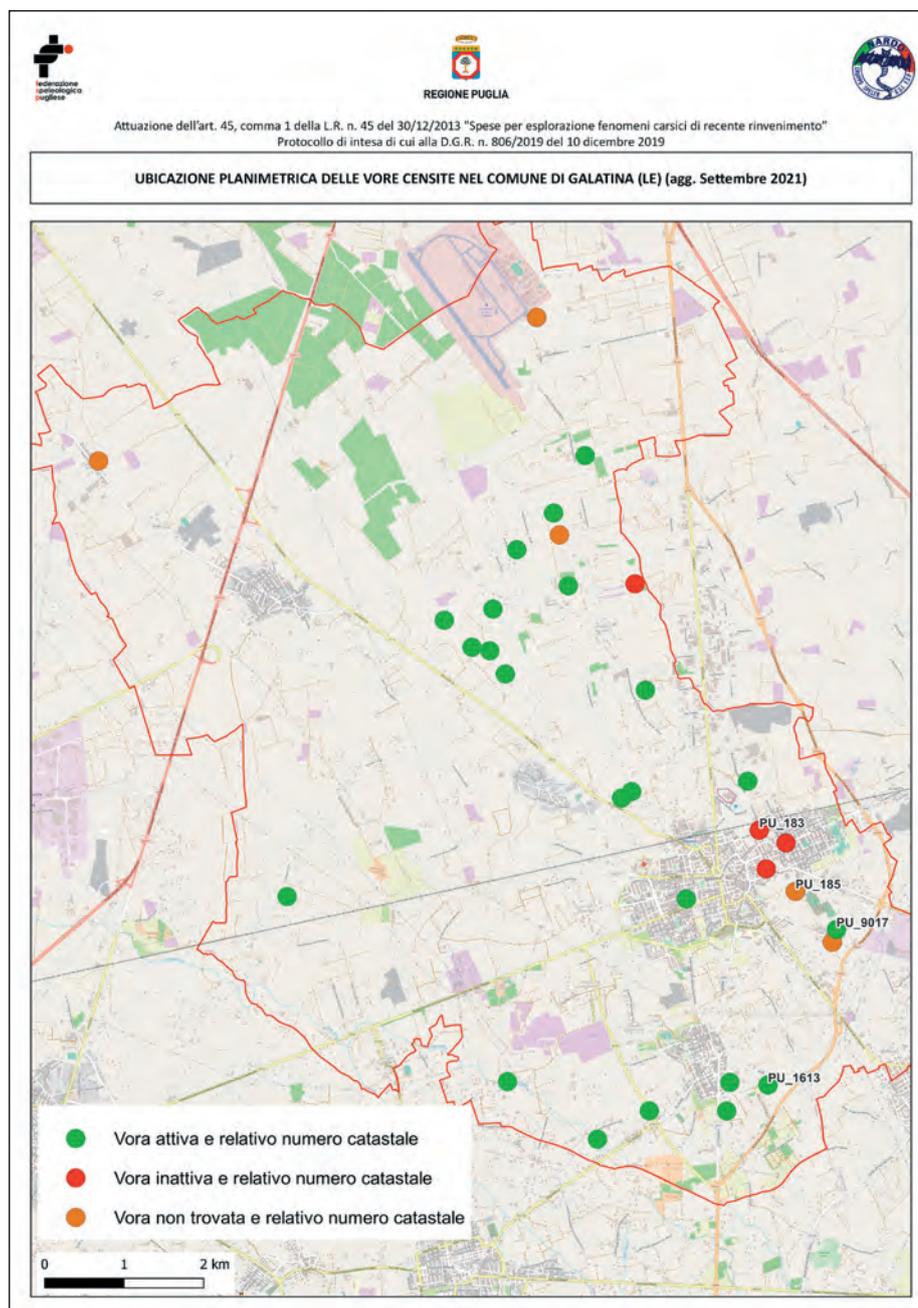


Figura 4 - Ubicazione planimetrica delle *vore* censite nel Comune di Galatina (Gruppo Speleologico Neretino).

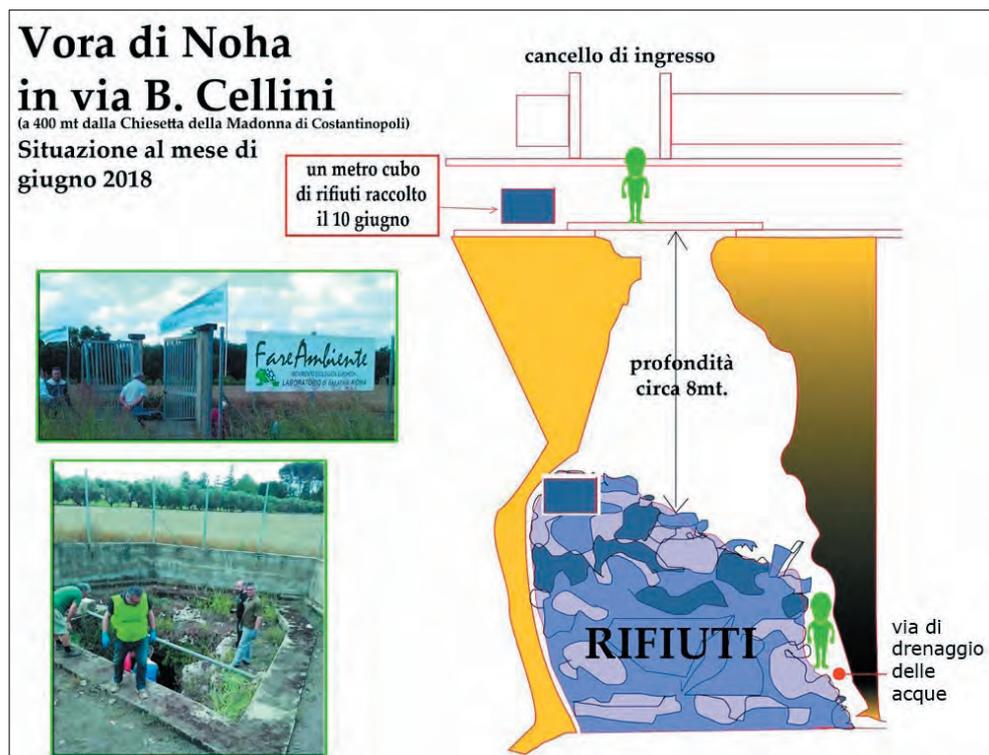


Figura 5 - Ricostruzione dello stato della Vora di Noha in occasione del tentativo di pulizia ad opera del Circolo "Fare Ambiente" – Sezione di Noha e del Gruppo Speleologico Tricase (fonte web.noha.it/noha/articolo.asp?articolo=3069, mod.)

cine di metri, attraverso pozzi e gallerie accessibili all'uomo; anch'essa non sembrerebbe esente dalla problematica dell'inquinamento ambientale poiché oggetto di sversamento illecito di reflui.

Le vore del centro abitato di Galatina sono state inglobate nel tessuto urbano, subendo una forte antropizzazione o addirittura il completo tombamento, con inevitabile riduzione della funzionalità idraulica. Questo aspetto, unitamente all'incremento delle superfici impermeabili, espone inevitabilmente aree più o meno vaste del centro abitato a periodici allagamenti in occasione di eventi meteorici intensi (Beccarisi *et al.*, 2000; Lagna G., 2005). Tale criticità è stata in parte mitigata attraverso il poten-

ziamento della rete di fognatura bianca.

Infine, nell'agro settentrionale si ha la maggiore concentrazione di vore, al punto che la toponomastica ne è stata condizionata (l'area immediatamente a NE della S.P. 18 è denominata "Contrada Vore"). Tra le numerose rilevate, si segnalano Vora di Casino Siciliani, in passato già esplorata dagli speleologi e per la quale è in progetto il rilievo e l'accatastamento, e Vora Grande, la quale presenta come un ampio avvallamento di forma sub-circolare al cui fondo, coperto da una spessa coltre di depositi coesivi, è possibile individuare delle linee di deflusso preferenziali delle acque e un punto di infiltrazione, ma non è visibile alcun inghiottitoio (Fig. 6).



Figura 6 - Vora Grande (foto Gruppo Speleologico Neretino)

CONCLUSIONI

Il lavoro svolto ha permesso di approfondire la conoscenza sulle *vore* presenti nel territorio di Galatina, ponendo le basi per successivi approfondimenti di interesse speleologico, scientifico e di governo del territorio.

Tra i principali aspetti è emersa, anzitutto, la necessità di aggiornare i dati riportati nel Catasto delle Grotte e delle Cavità Artificiali della Regione Puglia.

Inoltre, la qualità ambientale di questi delicati elementi del patrimonio carsico è risultata, in molti casi, fortemente compromessa dalla presenza di rifiuti e da una spinta antropizzazione, con conseguente alterazione degli equilibri dell'intero sistema carsico ad essi associato e della loro funzionalità idraulica.

Pertanto, le successive fasi di studio prevederanno il rilievo delle cavità esplorabili, la definizione delle caratteristiche geologiche *l.s.*, il loro accatastamento, la segnalazione delle eventuali criticità ambientali agli Enti preposti alla tutela del territorio e una più approfondita analisi del comportamento idraulico delle *vore* in occasione degli eventi meteorici più intensi.

A conclusione dell'articolo una riflessione appare necessaria: l'attività di documentazione svolta dagli speleologi, in qualità di volontari, è solo il primo passo verso la conoscenza e la tutela del mondo sotterraneo. Affinché la salvaguardia del territorio e del patrimonio ambientale diventi fattiva è necessaria una continua collaborazione con il mondo tecnico e della ricerca e, soprattutto, con gli Enti di governo del territorio i quali hanno la grande opportunità e responsabilità di trasformare i risultati derivanti da studi e conoscenze in azioni concrete.

BIBLIOGRAFIA

AA.VV. - *Studio e rilevamento delle Vore nel territorio della Provincia di Lecce*

BECCARISI L., NOBILE V., VIGANÒ R. (2000) - *Le grotte di Galatina*. Shunt - Bollettino d'informazione del Gruppo Speleologico Neretino, 20, 8-10.

FEDERAZIONE SPELEOLOGICA PUGLIESE - *Catasto delle Grotte e delle Cavità Artificiali*- <http://www.catasto.fspuglia.it/>

DE GIORGI C. (1922) - *Descrizione geologica e idrografica della Provincia di Lecce*. R. Tipografia Ed. Salentina, Lecce. p.140.

DE SALVE F., MARTELOTTA M., PARISE M. (2019) - *Vore salentine: "vuoti" sotterranei "pieni" di peculiarità*. Spe-

leologia, 80, 19-21.

GUTIERREZ F., PARISE M., DE WAELE J., JOURDE H. (2014) - *A review on natural and human-induced geohazards and impacts in karst*. Earth - Science Reviews, 138, 61-88.

LAGNA G. (2005) - *Analisi geologica del territorio per la pianificazione territoriale*. Piano Urbanistico Generale del Comune di Galatina (LE).

LEINS T., LISO I.S., PARISE M., HARTMANN A. (2021) - *Understanding of reservoirs in karst: the case of Vora Bosco cave (Salento, Italy)*. Geophysical Research Abstracts, 21, 5868.

LISO I.S. (2022) - *Hydrogeological characterization and groundwater modeling in the Apulian karst (Southern Italy)*. PhD thesis. Università degli Studi di Bari Aldo Moro, Dipartimento di Scienze della Terra e Geoambientali.

MAZZEI M., DE SALVE F., INGUSCIO S., PARISE M., MARTELOTTA M., MARTONUCCI M. (2019) - *Water protection in karst areas: the example of "Vora Bosco" in Salento (Italy)*. International Scientific Conference "Man and Karst 2019 in Sicily", Ragusa (Italy), 24-26 June 2019.

MONTINARI M. (1972) - *Storia di Galatina*. Editrice Salentina, Galatina (LE).

PARISE M. (2019) - *Sinkholes*. In: WHITE W.B., CULVER D.C., PIPAN T. (Eds.), *Encyclopedia of Caves*. Academic Press, Elsevier, 3rd edition, ISBN 978-0-12-814124-3, p. 934-942.

PARISE M. (2022) - *Sinkholes, Subsidence and Related Mass Movements*. In: SHRODER J.J.F. (ed.), *Treatise on Geomorphology, vol. 5*. Elsevier, Academic Press, pp. 200-220. <https://dx.doi.org/10.1016/B978-0-12-818234-5.00029-8>. ISBN: 9780128182345.

PARISE M., FEDERICO A., DELLE ROSE M., SAMMARCO M. (2003) - *Karst terminology in Apulia (Southern Italy)*. Acta Carsologica, 32 (2), 65-82.

PARISE M., BENEDETTO L., CHIECO M., FIORE A., LACARBONARA M., LISO I.S., MASCIOPINTO C., PISANO L., RICCIO A., VURRO M. (2020) - *First outcomes of a project dedicated to monitoring groundwater resources in Apulia, southern Italy*. In: BERTRAND C., DENIMAL S., STEINMANN M., RENARD P. (eds.), *Eurokarst 2018. Advances in the hydrogeology of karst and carbonate reservoirs*. Springer, Advances in Karst Science, ISBN 978-3-030-14014-4, p. 243-249.

SANSÒ P., SELLERI G. (2004) - *Caratterizzazione geomorfologica degli inghiottitoi carsici (vore) della Provincia di Lecce*. Università degli Studi di Lecce - Dipartimento di Scienze dei Materiali.

IL CATASTO REGIONALE DELLE GROTTTE

Aurelio Marangella

Federazione Speleologica Pugliese

Il catasto delle grotte e delle cavità della Regione Puglia ha rappresentato e rappresenta uno strumento prezioso per la conoscenza del territorio carsico della nostra regione, per la documentazione e la conservazione dei dati del nostro patrimonio ipogeo, e non di meno per la tutela delle acque sotterranee. Uno strumento che ha reso possibile la pubblicazione di una grande mole di dati, ora fruibili da tutti, Gruppi Speleologici, Enti Pubblici, professionisti e cittadini per diverse finalità, fra cui la pianificazione territoriale, il rischio idrogeologico, la fruibilità turistica, la tutela e la valorizzazione del patrimonio carsico. L'attuale Catasto regionale delle grotte e delle cavità prende vita nel primo decennio degli anni 2000, ereditando però una storia lunga quasi un secolo (Palmisano & Campanella, 2022). Infatti, risale agli anni '20 del novecento la creazione del Catasto delle Grotte d'Italia ad opera del professore Franco Anelli presso l'Istituto Italiano di Speleologia a Postumia, all'epoca facente parte del carso triestino. Il Catasto viene poi riformato e spostato presso l'Istituto Italiano di Speleologia di Castellana-Grotte (BA) a seguito degli eventi bellici (Anelli, 1953). Negli anni '60 il prof. Anelli affida a Franco Orofino, suo collaboratore (Campanella et al., 2003), il compito di gestire il catasto delle grotte della Puglia, della Basilicata e della Calabria (Orofino, 1965a, b, 1986, 1988; Larocca & Orofino, 1987). In aggiunta alla gestione catastale, Orofino in quegli anni scrive le prime raccolte tematiche sulle grotte pugliesi, evidenziandone, di volta in volta, aspetti di carattere geomorfologico, archeologico, paleontologico (Orofino, 1972, 1981; Manghisi & Orofino, 1987). Successivamente, negli anni '70 avviene la prima grande riforma del Catasto, con una strutturazione decentrata su base regionale, che viene riconosciuta ed ufficializzata da specifiche leggi in diverse regioni d'Italia e con l'individuazione di un Curatore del Catasto regionale. L'assemblea dei Curatori regionali costituirà la Commissione Nazionale Catasto delle Grotte d'Italia, organo decisionale, facente parte della struttura operativa della Società Speleologica Italiana. In Puglia, negli anni settanta e più precisamente nel 1977, nasce la Federazione Speleologica Pugliese (Campanella, 2003; Campanella & Savino, 2007) che erediterà gli archivi dei grandi ricercatori ed esploratori dei decenni precedenti e continuerà a gestire, per oltre un trentennio, nella sua forma cartacea, questo importante strumento con il lungo e prezioso lavoro svolto dal curatore Paolo Giuliani (Giuliani, 2000, 2007). Dopo alcuni tentativi consumati a metà degli anni '80 di istituire un catasto regionale pubblico delle grotte e delle aree carsiche, attraverso l'attuazione dell'art. 3 della legge regionale n. 31 del 1986, si arriva ai primi anni 2000, e precisamente nel 2004, anno

in cui, a seguito di un finanziamento regionale legato al POR Puglia 2000/2006, che coinvolgeva svariati Enti tra cui la Federazione Speleologica Pugliese, prende vita un complesso lavoro di censimento e catalogazione delle cavità della regione. Fu elaborata una scheda catastale di raccolta dei dati, corredata di linee guida per la compilazione e conforme alle direttive nazionali della Società Speleologica Italiana. Il lavoro iniziale interessò circa 354 cavità delle oltre 2000 conosciute, e comportò una verifica sul campo di alcuni dati relativi a Toponomastica, Rilievi, Piante e sezioni, Geologia, Fotografie, Parametri ambientali, Temperatura, Umidità, Archeologia, Biologia, Dati di posizione GPS. Successivamente il lavoro di censimento e catalogazione fu esteso ad altre 300 cavità e infine, nel 2007 fu presentato il nuovo database geografico del catasto, pubblico e fruibile, presente all'interno del Portale Ambientale della Regione Puglia, contenente le informazioni di carattere topografico, geologico, morfologico, idrologico e biologico relative alle 654 grotte censite, e venne pubblicato un volume dedicato alle grotte ed al carsismo della regione pugliese (Inguscio *et al.*, 2007). Un altro importante passo e slancio al catasto verrà fornito dall'approvazione e attuazione della Legge Regionale 4 dicembre 2009, n. 33 "Tutela e valorizzazione del patrimonio geologico e speleologico", con la quale verrà avviato un censimento completo delle cavità naturali e artificiali presenti nella Regione con l'obiettivo di rendere omogenei i dati e le informazioni presenti nell'archivio della Federazione Speleologica Pugliese con particolare attenzione verso i dati riguardanti le coordinate di ingresso e il rilievo. Attualmente il catasto delle Grotte della Regione Puglia è online, consultabile all'indirizzo <http://www.catasto.fspuglia.it/>, e raccoglie le informazioni relative a circa 2487 cavità naturali e 1138 cavità artificiali per un totale di oltre 3600 cavità, ed è in costante aggiornamento. La consultazione è aperta ed accessibile a tutti e consente una corretta gestione, fruizione e conservazione del patrimonio speleologico regionale. Dalle informazioni raccolte e informatizzate è possibile estrapolare dati tematici corrispondenti alle cavità a rischio ambientale, grotte sommerse, grotte costiere, grotte terrestri, grotte di interesse archeologico/paleontologico, grotte con presenza di chiroteri o altra fauna, cavità antropizzate, grotte turistiche, grotte suscettibili di attività turistica, ecc.

Di seguito, una rappresentazione della distribuzione sul territorio delle cavità presenti in regione Puglia (Fig. 1).

La distribuzione e concentrazione delle cavità sul territorio regionale segue le 3 principali macro aree in cui è suddivisa la Puglia, ovvero il Gargano, l'alta e bassa Murgia ed il Salento (Tab. 1).

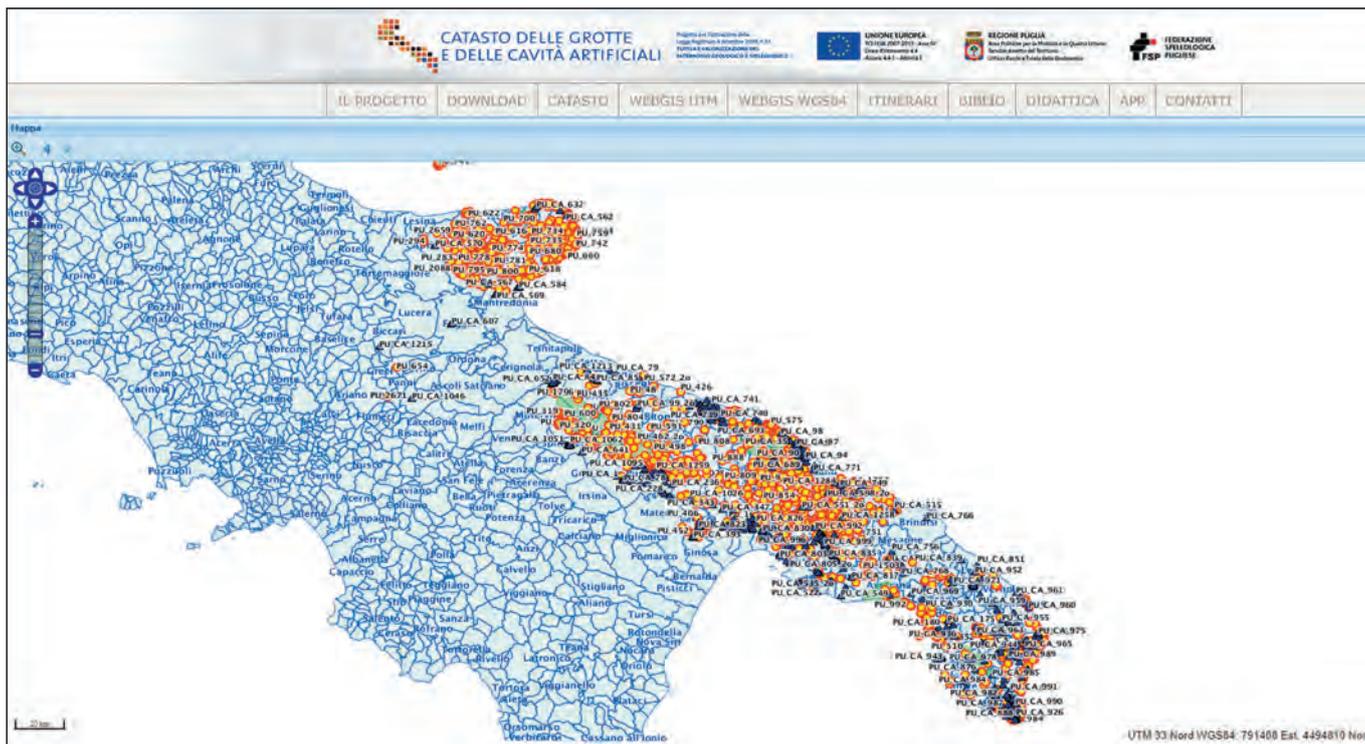


Figura 1 - Il portale web del catasto, rappresentazione della distribuzione sul territorio delle cavità presenti in regione Puglia.

Cavità artificiali	1138
Bari	240
Barletta-Andria-Trani	61
Brindisi	51
Foggia	81
Lecce	303
Taranto	402
Cavità naturali	2487
Bari	520
Barletta-Andria-Trani	108
Brindisi	231
Foggia	953
Lecce	315
Taranto	360
Totale complessivo	3625

Tabella 1 - Distribuzione complessiva delle cavità per province.

Cavità artificiali	206
Bari	13
Barletta-Andria-Trani	9
Brindisi	19
Foggia	7
Lecce	48
Taranto	110
Cavità naturali	88
Bari	12
Barletta-Andria-Trani	1
Brindisi	10
Foggia	16
Lecce	22
Taranto	27
Totale complessivo	294

Tabella 2 - Distribuzione complessiva delle cavità interessate da vari tipi di attività di fruizione turistica.

Anno Modifica Cavità Artificiali	Totale
2011	376
2012	555
2013	134
2014	1
2015	9
2016	1
2017	5
2018	13
2019	17
2020	8
2021	17
2022	2

Tabella 3 - Catasto cavità artificiali, nuovi inserimenti divisi per anno.

Un'altra informazione interessante è data dalle cavità soggette a varie tipologie di fruizione turistica, in cui spicca il dato della provincia di Taranto, interessato dalle numerose cavità legate alla cosiddetta civiltà rupestre che insistono all'interno del Parco Regionale Terra delle Gravine dell'Arco Jonico (Tab. 2).

Significativi appaiono i dati che sintetizzano i periodi di inserimento e aggiornamento del database. La maggior parte delle cavità sono state inserite negli anni 2011-2012, anni in cui si è conclusa l'ultima fase del progetto catasto. Se pur in numero esiguo, anche gli anni più recenti registrano l'inserimento e aggiornamento di cavità, fattore che denota una costante attività di ricerca speleologica da parte dei gruppi federati (Tabb. 3, 4, 5 e 6).

Al momento in cui si scrive, le Cavità Artificiali inserite nel database risultano essere 1138, di cui 1066 risultano con coordinate, e 72 senza coordinate (in quanto non trovate, distrutte, da revisionare, ecc.) (Tab. 3 e 4).

Le Cavità Naturali risultano invece pari a 2500, delle quali 2298 con coordinate e 202 senza coordinate (non trovate, distrutte, da revisionare, ecc.) (Tab. 5 e 6).

Un ultimo importante dato che sottolinea e rimarca il ruolo di questo importante strumento di gestione del patrimonio carsico, sono gli accessi registrati sul portale in un solo anno (Tab. 7).

In conclusione possiamo affermare che la ricchezza del nostro patrimonio speleologico, la sua conservazione, la sua conoscenza e la sua valorizzazione, non possono

Anno Modifica Cavità Artificiali	Totale
2011	98
2012	323
2013	85
2014	359
2015	114
2016	11
2017	61
2018	35
2019	20
2020	12
2021	18
2022	2

Tabella 4 - Catasto cavità artificiali, modifiche e aggiornamenti divisi per anno.

Anno Modifica Cavità Naturali	Totale
2011	1007
2012	1069
2013	109
2014	117
2015	36
2016	2
2017	17
2018	3
2019	85
2020	20
2021	13
2022	22

Tabella 5 - Catasto grotte naturali, nuovi inserimenti divisi per anno.

Anno Modifica Cavità Naturali	Totale
2011	86
2012	181
2013	283
2014	1244
2015	470
2016	10
2017	40
2018	9
2019	89
2020	35
2021	21
2022	32

Tabella 6 - Catasto grotte naturali, modifiche e aggiornamenti divisi per anno.

Cavità	Accessi
Cavità artificiali	41600
Bari	1550
Barletta-Andria-Trani	-
Brindisi	11500
Foggia	-
Lecce	6500
Taranto	22050
Cavità naturali	237250
Bari	7250
Barletta-Andria-Trani	6000
Brindisi	14700
Foggia	108500
Lecce	100000
Taranto	800
Totale complessivo	278850

Tabella 7 - Numeri visitatori del portale catasto nell'ultimo anno.



Figura 2 - La Grotta di Nove Casedde in agro di Martina Franca (foto: Orlando Lacarbonara).



Figura 3 - La Grave di Campolato a San Giovanni Rotondo sul Gargano (foto: Antonio Biancofiore).

più prescindere da uno strumento prezioso come il Catasto Regionale delle Grotte (Figg. 2, 3, 4).

BIBLIOGRAFIA

ANELLI F. (1953) – *Per la ricostituzione presso le Grotte di Castellana dell'Istituto Italiano di Speleologia*. Atti e

Relazioni Accademia Pugliese delle Scienze, n.s., 11 (2).

CAMPANELLA G. (2003) – *La Federazione Speleologica Pugliese*. Grotte e dintorni, a. 3, 6, 22-23.

CAMPANELLA G., SAVINO G. (2007) – *Storia della Federazione Speleologica Pugliese*. In: INGUSCIO S., LORUSSO D., PASCALI V., RAGONE G., SAVINO G. (Eds.), *Grotte e carsismo*



Figura 4 - La Grave di Santa Lucia nel territorio di Monopoli (foto: Orlando Lacarbonara).

in Puglia. Regione Puglia, Assessorato all'Ecologia, FSP, p. 21-28.

CAMPANELLA G., MANGHISI V., PACE P., PARISE M. (2003) – Franco Orofino, pioniere della speleologia pugliese. Grotte e dintorni, a. 3, 6, 88 pp.

GIULIANI P. (2000) – Elenco delle grotte pugliesi catastate al 31 ottobre 1999. Itinerari Speleologici, s. II, 9, 1-72.

GIULIANI P. (2007) – Il Catasto Speleologico Pugliese. In: INGUSCIO S., LORUSSO D., PASCALI V., RAGONE G., SAVINO G. (Eds.), Grotte e carsismo in Puglia. Regione Puglia, Assessorato all'Ecologia, FSP, p. 29-30.

INGUSCIO S., LORUSSO D., PASCALI V., RAGONE G., SAVINO G. (Eds.) (2007) – Grotte e carsismo in Puglia. Regione Puglia, Assessorato all'Ecologia, FSP, 200 pp.

LARocca F., OROFINO F. (1987) – Il elenco catastale delle grotte della Calabria. Comunità Montana dell'Alto Jonio, Trebisacce, 93 pp.

MANGHISI V., OROFINO F. (1987) – Bibliografia speleologica della Puglia. Itinerari Speleologici, s. II, 2, 65-125.

OROFINO F. (1965a) – Primo elenco catastale delle

grotte della Calabria. Notiziario Circolo Speleologico Romano, 10 (11), 15-42.

OROFINO F. (1965b) – Elenco delle grotte pugliesi catastate fino al 31 gennaio 1965. Rassegna Speleologica Italiana, a. XVII, 1-4, 59-81.

OROFINO F. (1972) – Primo saggio di bibliografia speleologica pugliese. Rassegna Speleologica Italiana, a. XIV, 1, 48-89.

OROFINO F. (1981) – Bibliografia paleontologica delle cavità naturali pugliesi al 1980. Le Grotte d'Italia, s. IV, 9, 47-127.

OROFINO F. (1986) – Elenco delle grotte pugliesi catastate fino al 31 dicembre 1985. Itinerari Speleologici, s. II, 1, 5-36.

OROFINO F. (1988) – Contributo per la costituzione di un Catasto speleologico in Basilicata. Supplemento a Itinerari Speleologici, s. II, 3, 40 pp.

PALMISANO P., CAMPANELLA G. (2022) – Il racconto dei Gruppi Speleologici Pugliesi e altre divagazioni al tempo del confine dei ricordi. Incontro "Raccontiamo la speleologia", Altamura, 30 giugno – 3 luglio 2022.

Foto premiate alla tredicesima edizione del concorso 2022
“Passeggiando tra i Paesaggi Geologici della Puglia”

a cura dell'Ordine dei Geologi della Puglia e della SIGEA Sezione Puglia
con il patrocinio della Regione Puglia

Giuria:

Mario Parise, Leonardo Losito, Maria Nilla Miccoli, Aurelia Spinelli, Alessio Vovlas.



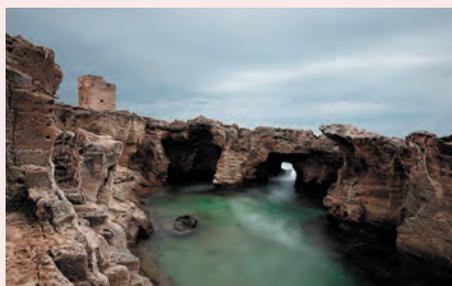
Michele Amoruso
Miniera di bauxite
Spinazzola - BT



Domenico Belfiore
Rudere del Garagnone
Spinazzola - BT



Mario Capriotti
Macro geologia
Ostuni - BR



Giuseppe Cipressa
Marina Serra
Tricase - LE



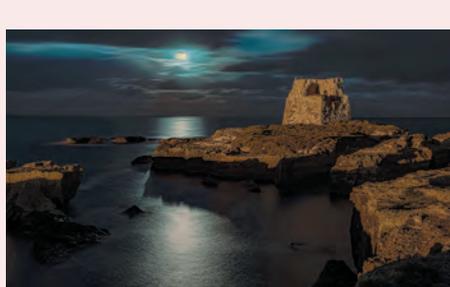
Ilaria Bianchi
Il Cavaliere di S. Nicolò
Isole Tremiti - FG



Oreste Caroppo
Il viaggio delle rocce in alto mare
Otranto - LE



Roberto Greco
Segni del tempo
Carovigno - BR



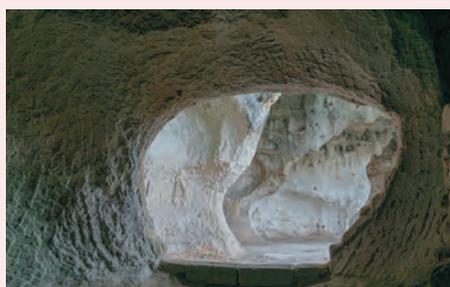
Graziano Cannoletta
Notturmo su Roca
Melendugno - LE



Francesco Cuccaro
Conchiglia fossile
Polignano a Mare - BA



Giuseppe Lanotte
Mareggiata all'ora blu
Brindisi



Maria Teresa Matarrese
Rifugio nella roccia
Gravina in Puglia - BA



Giovanni Enriquez
Sinuosità vulcaniche
Lecce

IL CORPO NAZIONALE SOCCORSO ALPINO E SPELEOLOGICO (CNSAS) E LE ATTIVITÀ DI SUPPORTO ALLA RICERCA

Gianni Grassi

Corpo Nazionale Soccorso Alpino e Speleologico

Il Corpo Nazionale Soccorso Alpino e Speleologico (CNSAS) è un servizio di pubblica utilità.

Il D.Lgs. n. 1/2018 individua il Corpo Nazionale Soccorso Alpino e Speleologico quale Struttura Operativa Nazionale del Servizio Nazionale della Protezione Civile.

La Legge 74/2001 così come novellata dall'art. 37 *se- xies* della Legge 13 ottobre 2020, n. 126 nel riconoscere al Corpo Nazionale Soccorso Alpino e Speleologico la funzione di servizio di pubblica utilità, attribuisce al CNSAS i seguenti compiti istituzionali specifici:

- provvedere nell'ambito delle competenze attribuite al CNSAS dalla legge 26 gennaio 1963 n. 91 e successive modificazioni, al soccorso degli infortunati, dei pericolanti dei soggetti in imminente pericolo di vita e a rischio di evoluzione sanitaria, alla ricerca e al soccorso dei dispersi e al recupero dei caduti nel territorio montano, nell'ambiente ipogeo e nelle zone impervie del territorio nazionale. Nel caso di intervento di squadre appartenenti a diversi enti ed organizzazioni, la funzione di coordinamento e direzione delle operazioni è assunta dal responsabile del CNSAS;
- alla prevenzione ed alla vigilanza degli infortuni nell'esercizio delle attività alpinistiche, sci-alpinistiche, escursionistiche e degli sport di montagna, delle attività speleologiche e di ogni altra attività connessa alle frequentazioni a scopo turistico, sportivo, ricreativo e culturale, ivi comprese le attività professionali, svolte in ambiente montano, ipogeo e in ambienti ostili e impervi;
- concorrere al soccorso, in caso di eventi calamitosi, in cooperazione con le strutture di Protezione Civile nell'ambito delle proprie competenze tecniche ed istituzionali.

Inoltre, il combinato disposto di cui all'art. 1, comma 2, della Legge 74/2001 e dell'Art. 80, comma 39 della Legge 289/2002, attribuisce al CNSAS il coordinamento operativo dei soccorsi in ambiente impervio, montano, ipogeo anche in caso di presenza di altri Enti o organizzazioni, con esclusione delle grandi emergenze o calamità.

La Direttiva del Presidente del Consiglio dei Ministri del 9 novembre 2012 "Indirizzi operativi volti ad assicurare l'unitaria partecipazione delle organizzazioni di volontariato all'attività di protezione civile" stabilisce che "La ricerca di persone disperse in ambiente montano, ipogeo o impervio (intendendosi per ambiente impervio quelle porzioni del territorio che, per ragioni geomorfologiche o ambientali non siano esplorabili in sicurezza senza adeguato equipaggiamento ed attrezzatura alpinistica e relativa preparazione), e specificamente disciplinata dalla legge 21 marzo 2001, n. 74, articolo 1, comma 2 e dalla legge 27 dicembre 2002, n. 289 articolo 80, che

ne incardina le funzioni di coordinamento sul Corpo Nazionale del Soccorso Alpino e Speleologico".

LE ATTIVITÀ DEL CNSAS DI SUPPORTO ALLA RICERCA

Come già avvenuto nel corso della prima edizione del progetto, il Corpo Nazionale Soccorso Alpino e Speleologico (CNSAS), in forza dei propri compiti istituzionali (Art. 1, comma 3 della L. 74/2001 ed Art. 1, comma 3, lett. d) della L.R. 39/2009) ha curato la sicurezza degli operatori e le attività di prevenzione infortuni nell'ambito dei siti ipogei oggetto di studio (Fig. 1).

In particolare è stata eseguita un'accurata valutazione dei rischi di incidente relativa alle attività previste nell'ambito del progetto da parte di esploratori e studiosi, producendo specifiche relazioni sui rischi presenti in grotta, in funzione dei diversi aspetti che concorrono a configurare le situazioni di rischio, e le eventuali complessità di gestione dei soccorsi in caso di emergenza. Tale compito è stato svolto con riferimento particolare alle cavità oggetto di studio nell'ambito del progetto di cui alla DGR n. 806/2019 in attuazione dell'art. 45 comma 1 della L.R. n. 45 del 30.12.2013 "Esplorazione di fenomeni carsici di recente rinvenimento", ai fini della prevenzione degli infortuni.

La valutazione dei rischi va intesa come l'insieme di tutte quelle operazioni che devono essere attuate per confluire verso una "stima del rischio" di esposizione ai fattori di pericolo per la sicurezza e la salute del personale, riguardo alla programmazione di eventuali interventi di prevenzione e protezione per l'eliminazione o la riduzione del rischio secondo le misure di tutela previste dalla vigente normativa.

In particolare l'oggetto della valutazione ha fatto riferimento a:

- a) una valutazione di tutti i rischi per la sicurezza e la salute durante le attività previste dal progetto;
- b) l'individuazione delle misure di prevenzione e di protezione e dei dispositivi di protezione individuali adottati, a seguito della valutazione;
- c) il programma delle misure ritenute opportune per garantire il miglioramento nel tempo dei livelli di sicurezza;
- d) l'individuazione delle procedure per l'attuazione delle misure da realizzare nonchè dei ruoli dell'organizzazione che vi debbono provvedere;
- e) l'individuazione delle attività di progetto che eventualmente espongono gli operatori a rischi specifici che richiedono una riconosciuta capacità tecnico-professionale, specifica esperienza, adeguata formazione e addestramento.



Figura 1 - Ingresso dell'Inghiottitoio della Masseria Rotolo, vista da drone: allestimento punto soccorso esterno.

- Notevole importanza hanno, altresì, rivestito:
- la predisposizione di una procedura di gestione per allertamento precoce per tutte le attività realizzate in grotta nell'ambito del progetto;
 - le simulazioni di soccorso di infortunato (Figg. 2 e 3) dal fondo dell'Inghiottitoio della Masseria Rotolo, realizzate anche con focus sulla gestione delle comunicazioni con l'interno grotta (Fig. 4) mediante l'utilizzo della tecnologia Hermes sviluppata dal CNSAS.

In conclusione, l'elemento di maggiore importanza da rilevare è che tutte le attività svolte dal Soccorso Alpino e Speleologico Puglia "in tempo di pace", nell'ambito delle due edizioni di progetto, sono sicuramente valse una notevole riduzione della durata delle operazioni di soccorso da parte dei tecnici intervenuti per l'incidente occorso ad una speleologa all'interno dell'Inghiottitoio della Masseria Rotolo, nel comune di Monopoli, il 19 giugno scorso, contribuendo al compito più alto per cui sanitari e tecnici del Soccorso Alpino e Speleologico non lesinano sforzi: la salvaguardia della vita umana.



Figura 2 - Simulazione di intervento presso l'Inghiottitoio della Masseria Rotolo: allestimento punto caldo e condizionamento del ferito.



Figura 4 - Simulazione di intervento presso l'Inghiottitoio della Masseria Rotolo: attività della squadra attrezzisti.

INGHIOTTITOIO DELLA MASSERIA ROTOLO, DIECI ANNI DI ESPLORAZIONI

*Luca Benedetto¹, Vincenzo Ladisa²*¹Club Alpino Italiano, Istruttore Nazionale di Speleologia²Club Alpino Italiano, Istruttore Sezionale di Speleologia, Speleosub

L'inghiottitoio della Masseria Rotolo (PU 355) è uno dei tanti punti di assorbimento delle acque meteoriche situati nel Canale di Pirro o, meglio, nel Canale delle Pile (Martellotta, 2006). Circa dieci anni fa, esso si presentava come una leggera depressione nel terreno riempita di detriti e terra, delimitata da alcuni sassi e due alberi di corbezzolo. Del canale di impluvio, realizzato in tempi più antichi e rilevato da Giovanni Longo negli anni cinquanta del secolo scorso (Longo, 1969), non vi era più alcuna traccia. I racconti del dott. Rotolo fu Vito, padre dell'attuale proprietario, riportano che durante i lavori di sistemazione dei terreni, poiché il suddetto canale li tagliava trasversalmente, isolandone di fatto una porzione triangolare, e, soprattutto poiché i proprietari confinanti, dai cui terreni partiva il canale, avevano già provveduto a tombarlo, si decise di fare altrettanto. Pertanto oggi rimangono solo 2 ponticelli appena visibili tra i rovi mentre le pietre squadrate che compongono le pareti del canale giacciono probabilmente nascoste sotto terra (Fig. 1).

Nel 1996, lunghe ed abbondanti piogge allagarono i vigneti di fianco all'inghiottitoio, posti ad una quota leggermente inferiore, dove era stato per l'appunto costruito l'antico canale. Per l'occasione fu chiesto al dott. Rotolo di scavare un nuovo canale provvisorio per poter far de-

fluire le acque. Così, per una settimana ed oltre, aiutata da pompe idrovore, l'acqua defluisce senza soluzione di continuità nell'inghiottitoio (Fig. 2). Fu quello il momento in cui alla curiosità pregressa di scoprire cosa ci fosse lì sotto, si aggiunse la certezza assoluta dell'esistenza di un grande vuoto. Passò ancora qualche anno fino al 2012 quando speleologi del GASP! riuscirono ad ottenere da Pierluigi Rotolo, figlio di don Vito e attuale proprietario del terreno, il permesso di poter scavare dentro l'inghiottitoio. I lavori iniziarono il 1° maggio 2012 e andarono avanti per tutta l'estate fino al 27 settembre 2012, quando, con la rimozione dell'ultimo blocco di roccia che sbarrava l'ingresso, gli speleologi riuscirono ad entrare nella cavità che da quel momento è diventata Grave Rotolo (Parise & Benedetto, 2018).

Fin dalle prime esplorazioni si è capito che la grotta si sarebbe rivelata una scoperta eccezionale (Figg. 3, 4): si scende il primo pozzo cascata, il Santi Medici e, a seguire, il GASP!, con morfologie da manuale, il cui arretramento ha tagliato una piccola galleria sub-orizzontale. Una prima e poi una seconda finestra lasciano intuire la presenza di spazi di grandi dimensioni. Arrivati alla base del pozzo a circa 90m di profondità, gli ambienti iniziano a rivelare la loro maestosità: grandi arrivi, paralleli



Figura 1 - Ricostruzione del percorso dell'antico canale che convogliava le acque nell'inghiottitoio Rotolo.



Figura 4 - Sovrapposizione del rilievo della Grave Rotolo all'immagine di Google Earth.

e ben più grandi del pozzo GASP!, si uniscono alla base tra breccie e crolli enormi; una galleria arriva da ovest e una prosegue verso est, al di là di una pozza d'acqua. Un ponte formato da clasti, anche di grandi dimensioni, resto di un antico pavimento ora sospeso a mezz'aria, testimonia insieme a depositi simili sulle pareti laterali, il susseguirsi delle varie fasi speleogenetiche che hanno formato la grotta così come la vediamo oggi. Raggiunta la forra, ben si nota la classica sezione a buco di serratura con la galleria sommitale di forma ellittica con cupolette di erosione e la stretta parte inferiore dovuta al successivo approfondimento (Fig. 5). Si notano ancora, sulle pareti laterali delle antiche gallerie freatiche, grandi depositi di materiale i cui spazi sono riempiti da terra rossa, comunemente chiamata da queste parti *vuolo*. Depositi argillosi si rinvencono spesso anche nei fori e nelle strutture di dissoluzione nell'ammasso roccioso più in alto, a testimonianza del periodico innalzamento dei livelli idrici e del frequente riempimento ad opera del fango. Percorrendo ancora la via principale dell'acqua, la grotta si inforra sempre più fino a creare vuoti della profondità di almeno 50 m. Qui le morfologie raccontano di una galleria primordiale che, formando un'enorme ansa (L'Anfiteatro), girava, scendendo, di 270°, passando sotto sé stessa e proseguendo in avanti riprendendo, dopo un'ulteriore curva secca di 90°, la stessa direzione E-O. Il successivo approfondimento ha tagliato completamente la galleria originaria, creando un piccolo laghetto in corrispondenza del taglio, attuale arrivo dell'ultimo arretramento della forra (Fig. 6).



Figura 5 - Forra lungo la via principale. Ben evidenti gli scallops che indicano il verso di scorrimento delle acque.



Figura 6 - La galleria tagliata dal ringiovanimento / arretramento del pozzo cascata con alla base il laghetto che indicano il verso di scorrimento delle acque.

La galleria riparte ancora, sempre più maestosa, questa volta con un grande e ben definito canale di volta. Depositi e crolli successivi costringono ad un certo punto a scegliere di percorrere la forra nella parte alta, più larga e comoda. Superata la zona stupendamente concrezionata chiamata “Le Grotte di Castellana”, la galleria termina a finestra in un grande pozzo, presumibilmente generato da un incrocio di più faglie, con una grande frana in basso, in realtà sospesa su un terrazzo di roccia, che risulta sfondato al centro. “Pozzo della panchina” per la parte sopra la frana e “Pozzo dei Veneti” al di sotto, questo è il punto



Figura 7 - Inizio della galleria sopra le concrezioni a canne d'organo.

cruciale del sistema carsico: qui convogliano tutti i vari rami della grotta come in un enorme imbuto. Allo stato attuale la sua profondità misurata è di oltre 180 metri ma potrebbe essere molto più profondo. Di sicuro il pozzo più profondo conosciuto in Puglia. Per questo motivo, qui si sono concentrate varie attività esplorative.

La risalita verso il ramo dell'Omonimo Toscano ha rivelato un enorme specchio di faglia alto circa 50m e con ben evidenti striature sulla parete rocciosa. La discesa verso il Pozzo dei Veneti ha manifestato fin da subito la superficie libera dell'acqua di falda, raggiunta al termine di una calata spettacolare di 100 metri. Scoperta di inestimabile importanza scientifica perché permette l'accesso diretto dell'uomo alla falda acquifera. I dati del rilievo indicano alla data del 2014 una profondità dall'ingresso di 264 metri ed un'altezza sul livello del mare di 36 metri. Attualmente, a causa del procrastinarsi di condizioni di scarsa piovosità, il livello piezometrico si è abbassato di circa 3m. Qui, sul fondo del Pozzo dei Veneti, con la costruzione di una piattaforma sospesa a pelo d'acqua, sono terminate le attività esplorative degli speleologi, e sono entrati in azione gli speleo-sub. Si sono succedute 4 immersioni: le prime due ad opera di Luca Pedrali del Gruppo Speleologico CAI Monfortano e le ultime due ad opera di Vincenzo Ladisa del GASP!. La prima immersione di Pedrali, con i suoi 48m, ha portato la grotta a 312m di profondità totale, rendendola a maggio del 2013 la grotta più profonda di Puglia. Questo record è stato consolidato l'anno successivo quando Pedrali è arrivato a 60m di profondità scoprendo una grande galleria inclinata che termina con una colata di concrezioni. La successiva immersione di Ladisa ha avuto come scopo principale la misurazione di alcuni parametri ambientali fino alla profondità di 40m. L'attività di esplorazione subacquea è ripresa il 2 luglio 2022 con l'obiettivo preciso di indagare su uno scampanamento a -30m e, principalmente, di tornare verso le concrezioni scoperte da Pedrali, alla ricerca dell'eventuale galleria / pozzo che le ha generate. In realtà Ladisa, nonostante un imprevisto tecnico, ha scoperto molto di più: il Pozzo dei Veneti, ad una certa profondità si unisce ad un altro pozzo proveniente dalla direzione opposta. La galleria sopra le concrezioni è stata trovata e percorsa per circa 15m (Fig. 7), ma poi Ladisa è dovuto necessariamente tornare indietro a causa di uno strappo alla muta stagna. La galleria risale con un angolo di circa 60° e prosegue restringendosi fino alla larghezza di un metro circa. Alla base delle concrezioni si intravede la prosecuzione della grotta che punta decisamente ancora verso il basso. Un'altra colata di concrezioni a canne d'organo è stata individuata e risalita per oltre 8 metri fino ad un condotto che la ha probabilmente generata, largo appena 30cm. È necessario sottolineare come un'ora scarsa di immersione di uno speleo-sub, richieda un enorme sforzo da parte di tanti speleologi per il trasporto dei materiali lungo percorsi impervi e pieni di insidie. In media, per un'immersione, vengono portati al fondo e poi riportati in superficie circa 200Kg di attrezzature suddivise in 8 - 10 sacchi. Senza contare le corde necessarie alla progressione e alla movimentazione dei sacchi stessi.



Figura 8 - Sala dell'Urlo con la splendida parete concrezionata. Evidente anche un vecchio livello di acqua.

Tornando indietro sulla frana alla base del Pozzo della Panchina, si può scendere verso il Ramo del Purgatorio, così chiamato per la presenza di abbondante fango che obbliga lo speleologo che vuole ritornare verso l'uscita a purificarsi da quanto raccolto lungo la via.

Questo è un ramo particolare, forse più antico, caratterizzato da evidente controllo tettonico, grandi depositi di terra rossa, crolli, depositi neri in fase di studio, stupende concrezioni, cristalli e acqua. Sì, acqua! Infatti, dopo aver percorso un traverso aereo e disceso lo splendido Pozzo dell'Amicizia, ci si ritrova in una ampia sala oblunga splendidamente concrezionata lungo tutta la parete ovest e completamente a roccia nuda sulla parete est (Fig. 8), sul

cui fondo, a circa metà sala, infilandosi in uno stretto passaggio tra massi di crollo e concrezioni, si intercetta una piccola forra con un continuo scorrere di acqua che vien fuori in parte da un piccolo condotto tra le concrezioni (La fontanella) e in parte da una fessura nella roccia più in basso. In questa zona ovviamente si stanno concentrando le esplorazioni: il Ramo del Purgatorio confluisce con più finestre nel Pozzo dei Veneti così come anche l'acqua, scorrendo nella piccola forra, attraversa il Pozzo delle Pisoliti e si getta nel Pozzo dei Veneti, generando un'enorme colata di concrezioni. L'obiettivo delle ricerche è scoprire da dove viene l'acqua, probabilmente in scorrimento da zone remote che nulla hanno a che vedere con quanto scoperto

fino ad ora, attraversando magari lunghi e vasti ambienti ancora inesplorati (vedi Liso & Parise, 2022). Arrampicandosi tra vele e concrezioni di misura metrica, si riesce ad infilarsi in uno stretto passaggio che lascia intravedere l'arrivo dell'acqua al di là di una cortina di roccia, che chiude la possibilità di proseguire anche per un esploratore di piccolissima taglia. Occorre trovare un'altra strada. In questo il rilievo digitale ipogeo aiuta moltissimo. L'acqua passa proprio sotto il fondo fangoso al termine della Sala dell'Urlo. Nel silenzio si riesce addirittura a percepire il suo scorrere lento e inesorabile. È necessario scavare circa 2 metri nel fango, nel *vuolo* che gli antichi impastavano con la calce per fare l'intonaco dei trulli. Impresa ardua: è come movimentare colla che si attacca ovunque, al badile, alla tuta, ai guanti, ai secchi.

Guardando in alto, c'è una finestra in direzione NO. Dopo la risalita e dopo aver passato alcuni passaggi allargati, si entra in una zona caratterizzata da piccoli ambienti e passaggi stretti. Solo verso est, si accede ad una strana saletta larga circa 1 metro e profonda 6 metri, ermeticamente chiusa sui tre lati opposti all'arrivo dell'acqua. Forse, sul fondo tappato dai detriti, l'acqua potrebbe aver trovato in passato il suo decorso naturale. La cosa interessante però è una condotta in alto, bassa e larga, caratterizzata dalla presenza di lame e da una debole corrente d'aria. La direzione (NO-SE) è la stessa del controllo tettonico di Sala dell'Urlo, e coincide con quella da cui sembra provenire l'acqua 10 metri più in basso.

Tutta la grotta è impostata lungo le principali direzioni di faglia presenti nel *polje* del Canale delle Pile che rimandano all'assetto strutturale delle intere Murge di sud-est (Sauro, 1991; Parise, 2006, 2011). Si notano in particolare alcune gallerie principali (Forra, Pipistrelli Fossili, Gole di Caronte, Grotte di Castellana, Ramo dell'Omonimo Bresciano, La Fontanella) ad orientamento E-O, e altre gallerie (Il Ponte, Ramo sopra la marmitta, Sala dell'Urlo, Sala della Faglia, ecc.) che hanno orientamento NO-SE. Fanno eccezione solo pochi tratti della grotta che invece sono orientati NE-SO e caratterizzati da maggiore tortuosità e articolazione. Per evidenziare lo sviluppo planimetrico del sistema carsico, è stata sovrapposta la pianta del rilievo ipogeo all'immagine satellitare georeferenziata presa da Google Earth (Fig. 4).

Attualmente i fronti esplorativi nella Grave Rotolo si sono spostati in basso sotto i 200m di profondità e

a quasi 1Km dall'ingresso con tempi di progressione di circa 4 ore tra andata e ritorno. La progressione è resa spesso insidiosa dalla presenza di fango e faticosa per la presenza di elevati livelli di CO₂, attualmente in fase di monitoraggio. Nonostante ciò gli speleologi del GASP! e dei gruppi che collaborano alle esplorazioni, continuano costantemente la ricerca di nuove prosecuzioni della grotta, soprattutto nella speranza di scoprire qualcosa che possa essere importante per la comunità scientifica per l'ulteriore approfondimento delle conoscenze del nostro territorio e ancor di più della risorsa acqua. Le esplorazioni sono sempre affiancate dal continuo monitoraggio dei parametri ambientali ipogei ed epigei mediante la periodica raccolta dei dati dai sensori installati in varie parti della grotta e all'esterno, elaborati dai ricercatori dell'Università Aldo Moro di Bari.

BIBLIOGRAFIA

LISO I.S., PARISE M. (2022) - *Alcuni aspetti idrogeologici della circolazione idrica sotterranea dell'Inghiottitoio di Masseria Rotolo (Canale di Pirro, Murge di SE)*. Geologi e Territorio, presente numero.

LONGO G. (1969) - *Osservazioni geomorfologiche sulla zona di Alberobello*. Arti Grafiche Angelini e Pace, Locorotondo.

MARTELLOTTA A. (ed.) (2006) - *Dal Canale di Pirro al Canale delle Pile, tra storia e geografia*. Atti del Seminario, Alberobello, 11 Luglio 1997, Corpus Scriptorum Alberobellensium.

PARISE M. (2006) - *Geomorphology of the Canale di Pirro karst polje (Apulia, Southern Italy)*. Zeitschrift für Geomorphologie N.F., 147, 143-158.

PARISE M. (2011) - *Surface and subsurface karst geomorphology in the Murge (Apulia, southern Italy)*. Acta Carsologica, 40, 79-93.

PARISE M., BENEDETTO L. (2018) - *Surface landforms and speleological investigation for a better understanding of karst hydrogeological processes: a history of research in south-eastern Italy*. In: PARISE M., GABROVSEK F., KAUFMANN G. & RAVBAR N. (Eds.), *Advances in Karst Research: Theory, Fieldwork and Applications*. Geological Society, London, Special Publications, 466, p. 137-153.

SAURO U. (1991) - *A polygonal karst in Alte Murge (Puglia, Southern Italy)*. Zeitschrift für Geomorphologie, 35, 207-223.

CARATTERI STRATIGRAFICI E SEDIMENTOLOGICI DELLA SUCCESSIONE CARBONATICA DI GRAVE ROTOLO (MONOPOLI, MURGE SUD-ORIENTALI)

Luigi Spalluto^{1,2}, Mario Parise¹

¹Dipartimento di Scienze della Terra e Geoambientali, Università degli Studi di Bari Aldo Moro

²Iscritto ORG Puglia, 194ES - luigi.spalluto@uniba.it

INTRODUZIONE

L'obiettivo di questo lavoro è la collocazione cronostratigrafica, attraverso l'analisi delle microfacies in sezione sottile, della successione carbonatica affiorante nella prima parte di Grave Rotolo. In aggiunta, l'analisi delle caratteristiche composizionali e tessiturali delle microfacies ha consentito di riconoscere le principali caratteristiche sedimentologiche delle litofacies e di interpretare gli ambienti di piattaforma in cui la successione si è depositata durante il Cretacico superiore.

La successione studiata, dello spessore di circa 100 m, è localizzata nel territorio comunale di Monopoli, nel settore sud-orientale delle Murge, e rappresenta una porzione della successione sedimentaria cretatica del Calcarea di Altamura (Fig. 1). Nello specifico, lo studio stratigrafico e sedimentologico è stato effettuato su 19 sezioni sottili, mentre l'attribuzione cronostratigrafica è stata basata sul riconoscimento delle associazioni a foraminiferi bentonici e alghe calcaree, le uniche in grado di fornire un'età, sia pure approssimativa, della successione di Grave Rotolo.

INQUADRAMENTO GEOLOGICO

Nel contesto geodinamico e strutturale del Bacino del Mediterraneo, il settore adriatico che si estende dalla Pianura Padana alla Puglia costituisce una porzione di litosfera continentale allungata in senso NNO-SSE, la cui natura (Promontorio africano o microplacca indipendente) è ancora dibattuta (e.g. Channel *et al.*, 1979; Bosellini, 2002). Questo settore costituisce l'area di avampaese stabile (Avampaese adriatico) alle Alpi meridionali (a Nord), all'Appennino (ad Ovest) ed alle Dinaridi-Albanidi-Elle-nidi (ad Est). In tale contesto, le Murge rappresentano, insieme al Gargano e al Salento, parte del più esteso tratto affiorante dell'Avampaese adriatico (Avampaese apulo *sensu* D'Argenio *et al.*, 1973; Ricchetti *et al.*, 1988). Tale settore, individuatosi nel Cenozoico durante l'orogenesi appenninica, è costituito in prevalenza da una regione carbonatica autoctona poco deformata.

Nei suoi caratteri essenziali, l'Avampaese Apulo presenta una struttura crostale uniforme costituita da un basamento cristallino e da una copertura sedimentaria

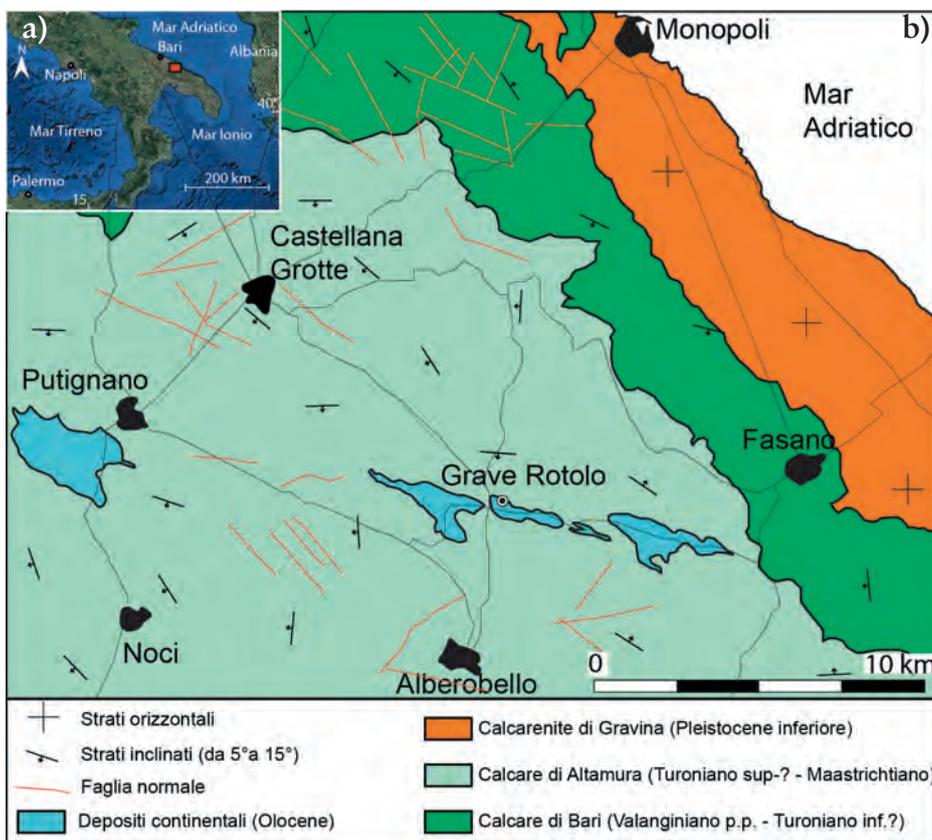


Figura 1 – a) Ubicazione geografica dell'area. Foto satellitare da Google Earth®; b) Carta geologica dell'area (ridisegnata da: Carta Geologica d'Italia alla scala 1:100.000 - F° 190 "Monopoli").

spessa circa 6 km. La copertura sedimentaria è stratigraficamente contrassegnata da facies terrigene fluvio-deltizie (*red beds*) permo-triassiche (Verrucano), da evaporiti triassiche (Anidrite di Burano) e da una potente impalcatura carbonatica di piattaforma di età giurassico-cretacea (Ricchetti *et al.*, 1988).

I calcari di piattaforma presentano in prevalenza facies ristrette depositatesi in un ampio dominio di piattaforma interna facente parte della Piattaforma Apula (*sensu* D'Argenio, 1974). Durante il Mesozoico, la Piattaforma Apula era una delle cosiddette piattaforme peri-adriatiche (D'Argenio, 1974), localizzate lungo il margine meridionale della Tetide e da molti autori comparate alle Bahamas per le facies carbonatiche presenti, per la forma, per le dimensioni, per i tassi di subsidenza e per l'architettura interna (Bernoulli, 2001).

Dal punto di vista litostratigrafico la successione carbonatica mesozoica affiorante nelle Murge è stata suddivisa in due formazioni (e.g. Ricchetti, 1975; Ciaranfi *et al.*, 1988): il Calcare di Bari (Valanginiano *pro parte* Turoniano inferiore?), spesso circa 2.000 m, ed il Calcare di Altamura (Turoniano sup. ? - Maastrichtiano), spesso circa 1.000 m, separate da una discontinuità stratigrafica marcata da depositi bauxitici e da terre rosse del Turoniano (Ricchetti *et al.*, 1988).

LA SUCCESSIONE DI GRAVE ROTOLO

La successione stratigrafica analizzata è compresa nel F° 190 "Monopoli" della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:100.000 e corrisponde ai primi 100 metri di calcari ben stratificati del Calcare di Altamura visibili nel primo tratto di Grave Rotolo. La successione è caratterizzata da strati calcarei inclinati di circa 10°, con immersione verso S e con caratteri litologici e tessiturali piuttosto omogenei dalla base al tetto. In particolare, si distinguono, dal basso verso l'alto, i seguenti litotipi: (1) calcari micritici micro-fossiliferi grigio-biancastri o bianco-rosati, (2) calcari micritici con frammenti di rudiste, (3) calcari micritici rossastri dolomitizzati, e (4) calcari micritici e/o calcareniti che presentano localmente superfici di emersione subaerea (paleosuoli).

In base alle caratteristiche delle microfacies analizzate in sezione sottile, la successione di Grotta Rotolo può essere così descritta: a) calcari grigio-biancastri parzialmente dolomitizzati e tessitura di tipo *wackestone* e *mudstone* (Fig. 2A). Nella porzione non dolomitizzata si riconoscono miliolidi, ostracodi e alghe calcaree. I cristalli rombici di dolomite sono da euedrali a subedrali e hanno subito de-dolomitizzazione. Tale fenomeno, avvenuto durante le fasi precoci della diagenesi, ha ritrasformato i cristalli di dolomite in aggregati di microcristalli calcitici (dedolomite). Alcuni rombi di dolomite sono invece stati parzialmente dissolti e presentano parziali riempimenti, con disposizione geopetale, di sedimenti della dimensione del silt. Nel complesso si riferisce questa microfacies ad ambienti intertidali/supratidali; b) calcari completamente ricristallizzati in cui si riconoscono ancora i fantasmi dell'originaria tessitura micritica. Sovente la ricristallizzazione ha incrementato la porosità dei calcari formando dei vuoti inter-cristallini (*vuggy porosity*) (Fig. 2B). Non

è possibile riferire questa microfacies a nessun ambiente in particolare, sebbene i fantasmi dell'originaria tessitura sembrano confermare ambienti di bassa energia prossimi alla piana tidale. La ricristallizzazione invece, può essere ascritta a processi diagenetici tardivi, probabilmente in contesti meteorici freatici; c) calcari micritici con tessitura prevalentemente *mudstone* e *wackestone* in cui si riconoscono abbondanti alghe calcaree appartenenti alle specie *Thaumatoporella parvovesiculifera* e *Aeolisaccus kotori* (Fig. 2C). Dispersi nella matrice si riconoscono anche alcuni rari foraminiferi bentonici in cattivo stato di conservazione. Nel complesso è possibile riferire questa microfacies ad ambienti subtidali ristretti in cui potevano sopravvivere solo numerosi individui appartenenti a poche selezionate specie adatte a colonizzare questi ambienti di bassa energia; d) calcareniti bianche a tessitura *packstone* e *grainstone* con abbondanti foraminiferi bentonici (soprattutto attribuibili al gruppo dei rotalidi) e alghe calcaree (Fig. 2D). Nel complesso è possibile riferire questa microfacies ad ambienti subtidali relativamente più aperti rispetto a quelli della precedente microfacies in cui potevano vivere un numero maggiore di individui appartenenti a specie differenti perché c'era un maggior scambio delle acque tra la laguna e il mare aperto; e) calcari macro-fossiliferi, a tessitura *wackestone* e *packstone*, costituiti in netta prevalenza da abbondanti gusci di rudiste in frammenti eterometrici, di dimensioni variabili dalla taglia del silt fino alla rudite, e subordinatamente da briozoi (Fig. 2E). Nella matrice si distinguono rari foraminiferi bentonici. I gusci delle rudiste appaiono molto irregolari in sezione sottile a causa dell'azione di micro-organismi incrostanti che hanno bioeroso i gusci, micritizzandone la porzione più esterna. Appare evidente come la bioerosione sia il principale produttore di fango carbonatico in tali contesti. Nel complesso si attribuisce questa microfacies ad ambienti subtidali aperti in cui sussistevano le condizioni ambientali idonee per lo sviluppo dei popolamenti a rudiste; f) calcari micritici pseudo-nodulari a tessitura *mudstone* e *wackestone* parzialmente dolomitizzati (Fig. 2F). La caratteristica principale di questa microfacies è la presenza di pseudo-noduli che differiscono nelle tonalità di colore e nella tessitura dalla matrice. Inoltre, i contatti tra pseudo-noduli e matrice sono indistinti. Sia all'interno dei noduli che della matrice si osservano piccoli bioclasti, tra cui foraminiferi bentonici e alghe calcaree. Le caratteristiche descritte per questa microfacies suggeriscono che il processo di formazione dei noduli sia attribuibile ad una bioturbazione pervasiva che ha in gran parte rielaborato il sedimento. Questo tipo di microfacies è frequente in ambienti subtidali di bassa energia in cui l'elevata densità di organismi endobionti, in congiunzione con i tassi di sedimentazione molto bassi, possono aver portato ad una intensiva bioturbazione dei fanghi calcarei.

Lo studio delle sezioni sottili dei campioni prelevati strato per strato ha permesso di rilevare un contenuto micro-fossilifero in taluni casi ben conservato e a discreto significato biostratigrafico, distribuito uniformemente lungo tutta la successione. La mancanza del dato micropaleontologico si rivela solo in quegli intervalli intensamente dolomitizzati e ricristallizzati, dove le strutture

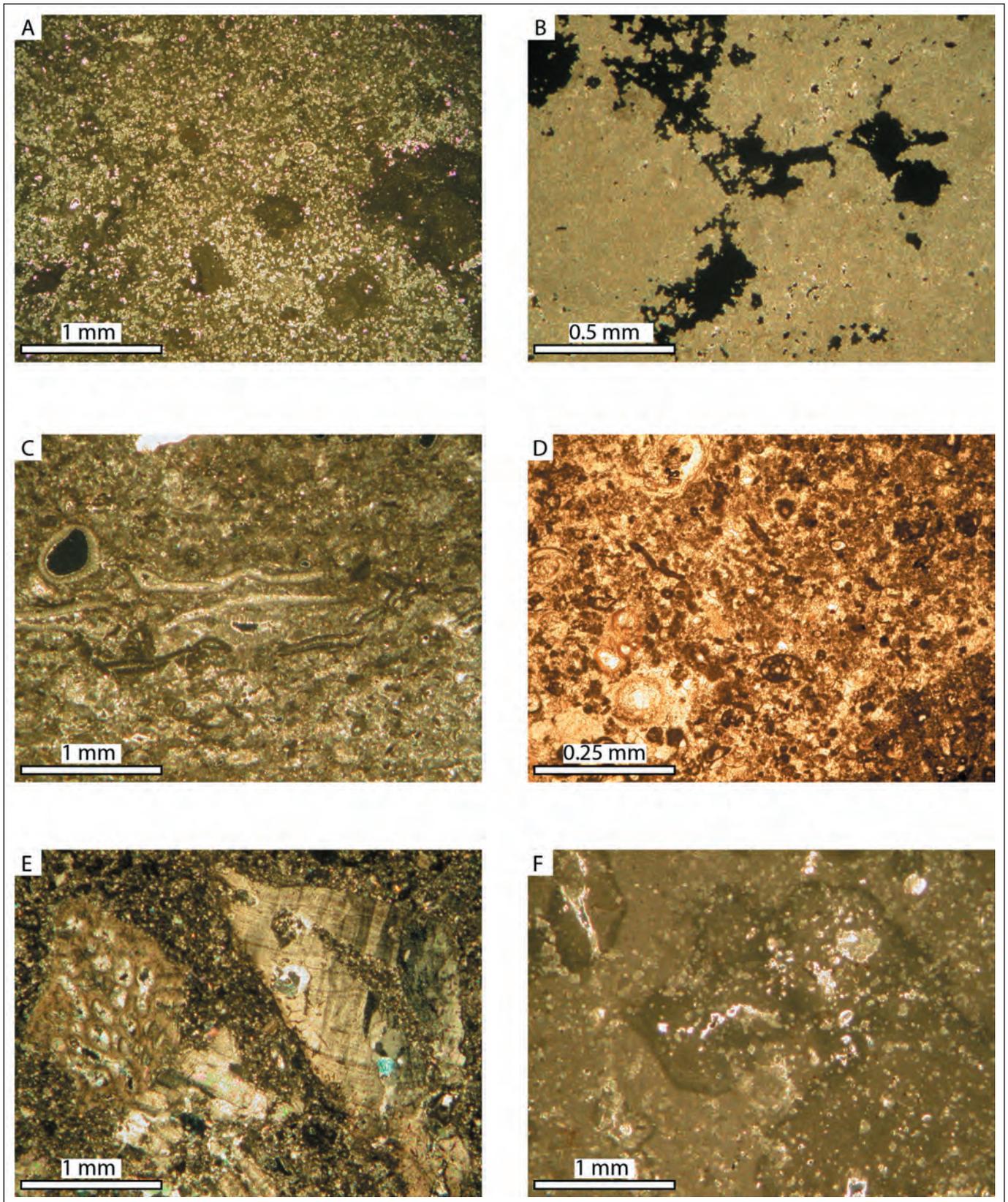


Figura 2 – A) *Mudstone* parzialmente dolomitizzato. I cristalli di dolomite hanno subito il processo di de-dolomitizzazione in seguito a diagenesi precoce. B) Calcarea completamente ricristallizzata per diagenesi tardiva. La diagenesi ha prodotto una serie di cavità irregolari legate alla dissoluzione parziale dei carbonati ad opera di acque meteoriche sottosature in carbonato di calcio. C) *Wackestone/packstone* con foraminiferi bentonici ed alghe calcaree. Si distinguono numerosi esemplari di *Thaumatoporella parvovesiculifera*. D) *Packstone* con frammenti di rudiste, foraminiferi bentonici e peloidi. E) *Floatstone* con frammenti bioerosi di rudiste e briozoi. F) *Mudstone* bioturbato con probabili strutture da disseccamento.

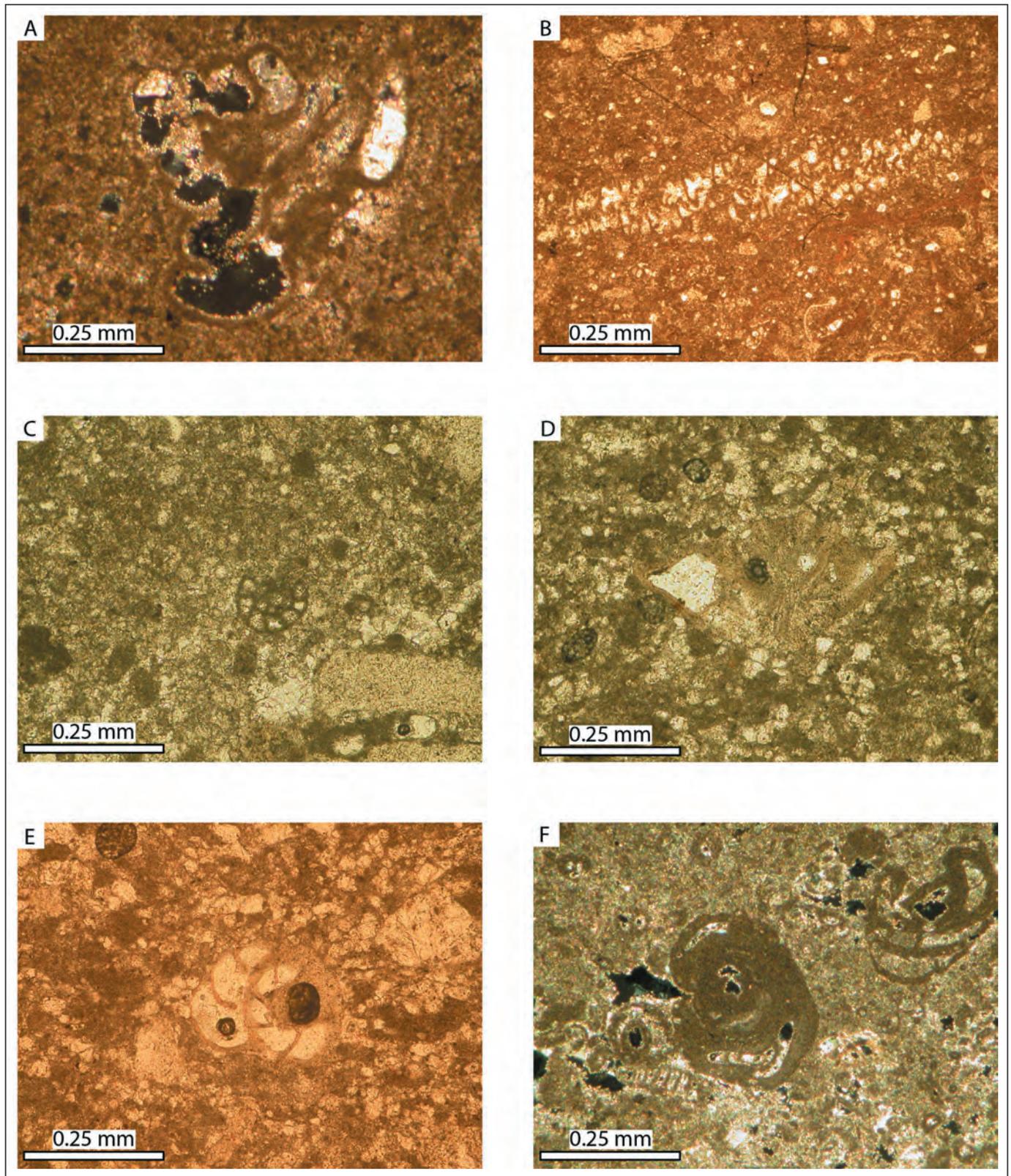


Figura 3 – A) *Accordiella conica*; B) *Dicyclina schlumbergeri*; C) *Moncharmontia appenninica*; D) *Rotorbinella scarsellai*; E) *Rotorbinella scarsellai*; F) *Scandonea samnitica*.

sedimentarie e le componenti biotiche originali sono obliterate. All'interno di tutta la successione stratigrafica analizzata si rinvennero *Accordiella conica* (Fig. 3A), *Aeolisaccus kotori* Radoicic, *Thaumatoporella parvove-*

siculifera, *Dicyclina schlumbergeri* (Fig. 3B), *Moncharmontia appenninica* (Fig. 3C), *Rotorbinella scarsellai* (Fig. 3D; 3E), *Scandonea samnitica* (Fig. 3F), *Sulcoperculina* sp., miliolidi e textularidi. Altri componenti biogeni ri-

conosciuti sono Rivulariacea, ostracodi e gusci di rudiste generalmente frammentati, appartenenti in prevalenza al gruppo delle radiolitidi.

Le associazioni rinvenute, unitamente alle considerazioni di carattere stratigrafico e sedimentologico, permettono di attribuire la successione di Grave Rotolo ad ambienti deposizionali di mare sottile corrispondenti ai settori più interni della piattaforma carbonatica, caratterizzati da basso idrodinamismo (laguna) e soggetti alle escursioni delle maree (piana tidale). La presenza di paleosuoli intercalati ai calcari suggerisce inoltre che il livello del mare era soggetto a oscillazioni di carattere eustatico che potevano esporre i calcari in ambiente subaereo.

CONSIDERAZIONI LITOSTATIGRAFICHE, BIOSTRATIGRAFICHE E CRONOSTRATIGRAFICHE

L'analisi litostratigrafica ha permesso di attribuire la successione di Grave Rotolo alla porzione intermedia del Calcare di Altamura affiorante nelle Murge sud-orientali. Questa successione può essere confrontata dal punto di vista stratigrafico con la successione di Parco Priore affiorante nei pressi dell'abitato di Altamura (Checconi *et al.*, 2008) e, almeno in parte, con la successione stratigrafica delle Grotte di Castellana (Reina & Parise, 2002).

L'analisi micropaleontologica e biostratigrafica suggerisce che la successione studiata possa essere riferita alla Zona ad *Accordiella conica* e *Rotorbinella scarsellai* di Chiocchini *et al.* (1995), valida per gli ambienti di piattaforma interna, ascrivibile all'intervallo Coniaciano-Santoniano. Tale biozona è stata successivamente estesa fino al Campaniano inferiore da Chiocchini & Mancinelli (2001).

Le associazioni faunistiche rinvenute sono inoltre confrontabili con quelle descritte da Cestari & Pons (2004) che, pur non proponendo una bio-zonazione vera e propria, distinguono all'interno della Zona ad *Accordiella conica* e *Rotorbinella scarsellai* due associazioni a foraminiferi per il Coniaciano ed il Santoniano del Cilento in facies di piattaforma interna. Entrambe sono rappresentate da *Accordiella conica*, *Moncharmontia apenninica*, *Scandonea samnitica* e *Dicyclina schlumbergeri*, analogamente a quanto osservato nella successione di Grave Rotolo.

Pertanto, in accordo con la bio-zonazione proposta in letteratura per le associazioni micro-fossilifere di piattaforma carbonatica interna, dal punto di vista cronostratigrafico la successione di Grave Rotolo può essere riferita all'intervallo Coniaciano-Campaniano inferiore.

Tuttavia, è da rimarcare che la presenza di strati parzialmente dolomitizzati e ricristallizzati ha impedito di fare osservazioni di maggiore dettaglio. Infatti, l'obliterazione

della tessitura originale dei calcari non ha reso sempre possibile il riconoscimento delle componenti biotiche che caratterizzavano le associazioni originarie.

BIBLIOGRAFIA

BERNOULLI D. (2001) - *Mesozoic-Tertiary Carbonate Platforms, Slopes and Basins of the External Apennines and Sicily*. In: VAI G.B. & MARTINI I. P. (eds.), *Anatomy of an Orogen*, 307-325.

BOSELLINI A. (2002) - *Dinosaurs "re-write" the geodynamics of the eastern Mediterranean and the paleogeography of the Apulia Platform*. *Earth Sci. Rev.*, 59, 211-234.

CHANNEL J.E.T., D'ARGENIO B., HORVATH F. (1979) - *Adria, the African Promontory, in Mesozoic Mediterranean Palaeogeography*. *Earth Sci. Rev.*, 15, 213-292.

CHECCONI A., RETTORI R., SPALLUTO L. (2008) - *Biostratigrafia a foraminiferi del Cretaceo superiore della successione di Parco Priore (Calcere di Altamura, Piattaforma Apula, Italia meridionale)*. *Annali dell'Università degli Studi di Ferrara Museologia Scientifica e Naturalistica*, 4, 1-9.

CHIOCCHINI M., FARINACCI A., MANCINELLI A., MOLINARI V., POTETTI M. (1995) - *Biostratigrafia a foraminiferi, Dasicladali e Calpionelle delle successioni carbonatiche mesozoiche dell'Appennino centrale (Italia)*. *Studi Geol. Camerti, "Biostratigrafia dell'Italia centrale"*, 9-28.

CHIOCCHINI M., MANCINELLI A. (2001) - *Sivasella monolateralis Sirel and Gunduz, 1978 (Foraminiferidae) in the Maastrichtian of Latium (Italy)*. *Rev. Micropal.*, 44 (4), 267-277.

CIARANFI N., PIERI P., RICCHETTI G. (1988) - *Note alla carta geologica delle Murge e del Salento (Puglia centro-meridionale)*. *Mem. Soc. Geol. It.*, 41, 449-460.

D'ARGENIO B. (1974) - *Le piattaforme carbonatiche periadriatiche. Una rassegna di problemi nel quadro geodinamico Mesozoico dell'area mediterranea*. *Mem. Soc. Geol. It.*, 13 (2), 137-160.

D'ARGENIO B., PESCATORE T., SCANDONE P. (1973) - *Schema geologico dell'Appennino meridionale (Campania e Lucania)*. In: *"Moderne vedute sulla geologia dell'Appennino"*. *Acc. Naz. Lin.*, 183, 49-72.

REINA A., PARISE M. (2002) - *La successione stratigrafica delle Grotte di Castellana*. *Grotte e dintorni*, Anno 2, n. 3, 31-41.

RICCHETTI G. (1975) - *Nuovi dati stratigrafici sul Cretaceo delle Murge emersi da indagini nel sottosuolo*. *Boll. Soc. Geol. It.*, 94 (3), 1013-1108.

RICCHETTI G., CIARANFI N., LUPERTO SINNI E., MONELLI F., PIERI P. (1988) - *Geodinamica ed evoluzione sedimentaria e tettonica dell'Avampese Apulo*. *Mem. Soc. It.*, 41, 57-82.

INDAGINI GEOFISICHE NELL'AREA DEL GRAVAGLIONE (CANALE DI PIRRO, PUGLIA)

Gerardo Romano¹, Mario Parise¹, Michele De Girolamo²

¹Dipartimento di Scienze della Terra e Geoambientali, Università degli Studi di Bari Aldo Moro

²Consiglio Nazionale delle Ricerche, Istituto di Metodologie per l'Analisi Ambientale CNR-IMAA

INTRODUZIONE

In questa nota vengono presentati i risultati delle indagini geofisiche effettuate nel Canale di Pirro che si estende per 12 km nell'area carsica delle Basse Murge (Parise, 2006, 2011), e che ospita la grotta più profonda della regione (Parise & Benedetto, 2018). Nello specifico, sono state realizzate indagini geoelettriche in località "Gravaglione" (Lat. 40°49'25", Long. 17°14'4"), dove, durante i temporali, vengono drenati grandi quantitativi di acqua, con tempi di assorbimento variabili da poche ore ad alcuni giorni, in funzione della condizione di saturazione dei sedimenti.

MATERIALE E METODO

Grazie alla loro capacità di caratterizzare il sottosuolo, diversi metodi geofisici si prestano alla verifica della presenza di cavità sotterranee e alla definizione delle loro caratteristiche (Cardarelli *et al.*, 2010; Kaufmann *et al.*, 2011). Nel quadro operativo qui presentato, si è scelto di applicare il metodo geoelettrico in considerazione sia della sua profondità di indagine sia della sua capacità di investigare vaste aree in tempi ridotti. La prospezione geoelettrica è un'indagine indiretta, finalizzata alla definizione della resistività elettrica nel sottosuolo. È una tecnica attiva che consiste nell'immettere una corrente continua nel terreno per mezzo di due elettrodi in acciaio, detti "elettrodi di corrente" (A-B), e nel misurare la differenza di potenziale (d.d.p.), mediante altri due elettrodi detti "elettrodi di tensione" (M-N). In superficie si determina la resistività apparente ρ_a che è calcolata dalle misure di intensità di corrente I immessa nel terreno e dalla differenza di potenziale ΔV misurata attraverso gli elettrodi di potenziale. La relazione generale è:

$$\rho_a = k\Delta V/I$$

dove k è il cosiddetto fattore geometrico dipendente dalla configurazione utilizzata, cioè dalle distanze e posizioni reciproche dei 4 elettrodi (quadripolo). In generale, aumentando le dimensioni del quadripolo si ottengono informazioni relative a porzioni più profonde del sottosuolo. Stabilita perciò una distanza minima di distanza interelettrodica, a , misure relative a distanze interelettrodiche multiple di questa, na , ci consentiranno di stimare le variazioni di resistività a profondità via via crescenti. Vi sono configurazioni di misura (dispositivi) standard, cioè con geometrie fisse del quadripolo. Al variare del dispositivo, si ottiene una diversa risoluzione delle discontinuità presenti nel sottosuolo, come pure varia la profondità di investigazione a parità di lunghezza del profilo. Le configurazioni più utilizzate sono denominate Dipolo-Dipolo,

Wenner, Schlumberger, Wenner-Schlumberger e Polo-Dipolo (Telford *et al.*, 1990). Ognuna di queste configurazioni è caratterizzata da una diversa profondità di indagine, risoluzione verticale e orizzontale e rapporto segnale/rumore. A seconda dell'obiettivo dell'indagine, può essere preferito un *array* specifico. Diversi studi (es. Martinez-Lopez *et al.*, 2013) hanno evidenziato le difficoltà legate alla chiara rilevazione di una cavità utilizzando il metodo geoelettrico. La qualità del rilevamento e della caratterizzazione della cavità dipende dalla spaziatura interelettrodica, nonché dall'*array* geoelettrico. Per quanto riguarda il primo fattore, il rilevamento della cavità è ottimale quando la distanza tra gli elettrodi è paragonabile al diametro della cavità. Se questa condizione non è soddisfatta, l'indagine geoelettrica può mostrare solo vaghe tracce della cavità stessa. Per quanto riguarda il secondo fattore, gli *array* dipolo-dipolo e Wenner-Schlumberger sembrano portare ai risultati migliori anche se la scelta finale dell'*array* da utilizzare dovrebbe essere decisa in base al tipo di geologia locale. Le indagini geoelettriche in località Gravaglione (Fig. 1), un ampio inghiottitoio all'interno del *polje* del Canale di Pirro (Pisano *et al.*, 2020), sono state realizzate in due fasi successive e complementari. La prima (indagini multi-scala e multi-risoluzione) volta a verificare la possibile esistenza di cavità, a delinearne le principali caratteristiche spaziali e a definire il grado di risoluzione e profondità di indagine necessari alla corretta caratterizzazione delle stesse. La seconda (indagini areali) mirata a stabilire l'estensione laterale delle possibili cavità precedentemente individuate. L'approccio multi-scala è consistito nell'acquisizione di tre profili geoelettrici (ERT) con spaziatura interelettrodica di 5 m (T1-5m), 10 m (T1-10m) e 20 metri (T1-20m), centrati in corrispondenza del Gravaglione, orientati O-E e sovrapposti l'uno all'altro (Fig. 1). I dati sono stati acquisiti utilizzando le configurazioni Dipolo-Dipolo, Dipolo-Dipolo *reverse*, Wenner-Schlumberger e Wenner. In questo contributo verranno presentati solo i risultati dell'inversione congiunta dei dati Dipolo-Dipolo e Dipolo-Dipolo *reverse*. Nella successiva fase, sono stati invece acquisiti 5 profili (T2-6) con spaziatura inter-elettrodica pari a 5 m ed orientati come in figura 1.

RISULTATI

Indagini multi-scala e multi-risoluzione: Tutte le ERT mostrano una distribuzione della resistività generalmente compatibile con la geologia dell'area (Fig. 2), ed i modelli di resistività sono altamente coerenti quando si riferiscono alla stessa porzione di sottosuolo. La ERT T1-5m, avente la più alta risoluzione superficiale,



Figura 1 - Indagini geoelettriche eseguite in località "Gravaglione". Ognuna delle linee rappresentate in figura indica la traccia di una tomografia. Le tomografie T1-5m, T1-10m e T1-20m sono state eseguite lungo profili perfettamente sovrapposti ma vengono mostrate, per chiarezza dell'immagine, con tracce sfalsate e parallele.

mostra la presenza di uno strato conduttivo superficiale ($\rho < 30 \Omega \cdot m$) in corrispondenza dei depositi di copertura, che si estende lungo l'intero profilo, fino ad una profondità massima di pochi metri dalla superficie. Al di sotto di questo strato, il sottosuolo è caratterizzato in tutte le ERT da una variabilità sia laterale che verticale della resistività. Questa caratteristica potrebbe essere indicativa di un substrato roccioso composto dal Calcere di Altamura, in una condizione non uniforme in termini di fratturazione e presenza di acqua. Non ricadono in questo schema interpretativo, invece, le anomalie di resistività ($\rho > 4k\Omega \cdot m$) visibili nella parte centrale di ogni sezione, e quella visibile nella tomografia a grande scala tra 650m e 670m lungo il profilo. Focalizzandosi sulla prima anomalia, è possibile notare come mentre la ERT T1-20m, a bassa risoluzione ma ad alta profondità di indagine, identifica un'unica anomalia di resistività ben localizzata tra 250 m e 280 m s.l.m., i rilievi a più alta risoluzione (ERT T1-5m e ERT T1-10m) rivelano la presenza di due diversi nuclei di resistività affiancati. Queste anomalie resistive potrebbero essere associate a quello che sembrerebbe essere un complesso di grotte, almeno parzialmente riempite d'aria, la cui estensione in profondità è limitata ai primi 50 metri di profondità, non essendo visibili nuclei resistivi a profondità maggiori (vedi ERT T1-20m).

Indagini areali: Una volta confermata la presenza delle cavità, il passo successivo è stato definire la loro estensio-

ne laterale. A tale scopo sono stati acquisiti altri cinque profili geoelettrici, con distanza interelettrodo di 5 m (profili T2-T6 in figura 1). Mostrando in tre dimensioni tutti i risultati tomografici relativi alle ERT ad alta risoluzione, è possibile apprezzare la coerenza dei risultati geofisici e avere una prima idea, anche se non esaustiva, dello sviluppo laterale del complesso di cavità (Fig. 3). Nella figura è stata volutamente utilizzata una scala di resistività lineare per meglio evidenziare le aree ad alta resistività, precedentemente associate alla presenza di cavità. Come è possibile osservare, al di sotto del Gravaglione (cerchi concentrici in fig. 3) è presente un'area ad alta resistività che si sviluppa prevalentemente a SE del Gravaglione stesso. Va notato che quest'area coincide con la presenza di depressioni morfologiche in cui si accumula l'acqua piovana in caso di forti eventi meteorologici e in cui si osserva in superficie la risalita di bolle d'aria, probabilmente connesse al deflusso dell'acqua piovana ed al movimento di aria nelle cavità sottostanti. Da rilevare poi un'altra zona fortemente resistiva, intercettata solo dal profilo T5, le cui profondità ed estensione lascerebbero ipotizzare la presenza di un'altra cavità. Anche se le tomografie non sembrano rilevare connessioni tra questa anomalia e quella in corrispondenza del Gravaglione, l'esistenza di un "passaggio" tra le due possibili cavità non è da escludere. Esso potrebbe essere, infatti, di dimensioni ridotte e/o comunque inferiori alla risoluzione spaziale delle indagini eseguite.

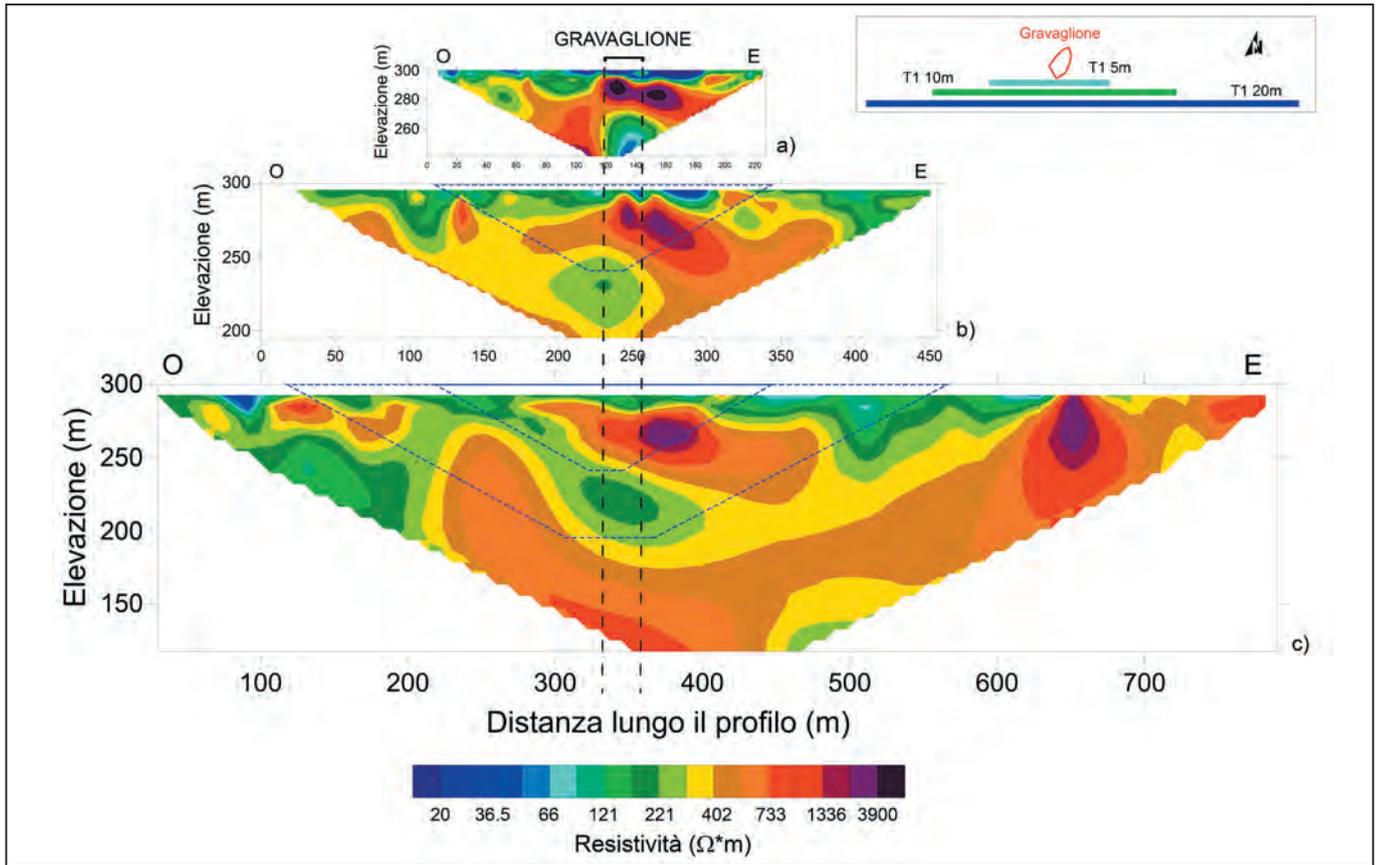


Figura 2 - Modelli di resistività del sottosuolo ottenuti invertendo i dati geoelettrici Dipolo-Dipolo lungo i profili T1-5m, T1-10m e T1-20m utilizzando il programma RES2Dinv (Loke, 2004). Pannello a) T1-5m, RMS = 6,53%; pannello b) T1-10m, R.M.S = 3,87%; pannello c) T1-20m, R.M.S. = 8,25%. La posizione dei profili geoelettrici rispetto all'area depressa del Gravaglione è mostrata nel riquadro in alto a destra. Le linee nere verticali tratteggiate indicano la posizione del Gravaglione. Nei modelli T1-20m e T1-10m, le linee tratteggiate indicano l'area indagata, rispettivamente, da T1-5m e T1-10m e da T1-5m.

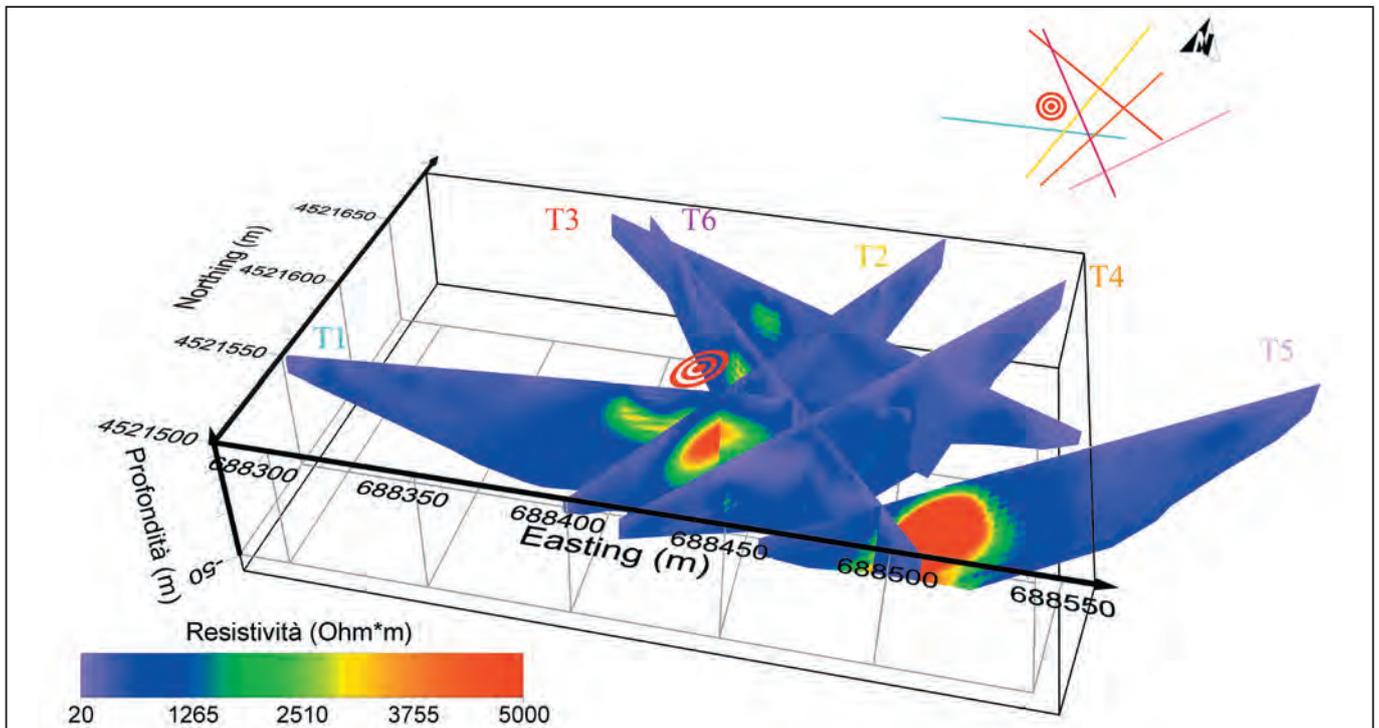


Figura 3 - Grafici 3D dei risultati geofisici. Le possibili cavità sono ben evidenziate da valori di resistività elevati. L'area depressa del Gravaglione è indicata dai cerchi rossi. Tutte le tomografie in figura sono caratterizzate da un R.M.S. inferiore al 6%.

CONCLUSIONI

In questo contributo sono stati illustrati i primi risultati delle analisi geofisiche effettuate presso la località Gravaglione sita nel Canale di Pirro. Le indagini sono state indirizzate a verificare l'esistenza di grotte sufficientemente ampie per essere esplorate dall'uomo, e quindi la possibilità di aprire un varco nei depositi di copertura. I risultati delle indagini geoelettriche mostrano anomalie di resistività compatibili con la presenza di cavità a partire da circa 7m al di sotto del piano campagna e che si estendono fino ad una profondità massima di 50 m. In un prossimo futuro, è prevista la realizzazione di una campagna di acquisizione di dati Georadar con antenna a bassa frequenza, volta ad estendere arealmente i risultati delle indagini geoelettriche, a mappare la parte sommitale delle cavità e ad evidenziare eventuali connessioni superficiali (comprese nei primi 5-10 m di sottosuolo) tra le cavità.

BIBLIOGRAFIA

- CARDARELLI E., CERCATO M., CERRETO A., DI FILIPPO G. (2010) *Electrical resistivity and seismic refraction tomography to detect buried cavities*. Geophys. Prospect. 58, 685–695.
- LOKE M. (2004) *Tutorial: 2-D and 3-D Electrical Imaging Surveys*. Geotomo Software: Penang, Malaysia
- MARTINEZ-LOPEZ J., REY J., DUENAS J., HIDALGO C., BENAVENTE J. (2013) *Electrical tomography applied to the detection of subsurface cavities*. J. Cave Karst Studies 75 (1), 28–37.
- KAUFMANN G., ROMANOV D., NIELBOCK R. (2011) *Cave detection using multiple geophysical methods: unicorn cave, Harz Mountains, Germany*. Geophysics 76 (3), 71–77.
- PARISE M. (2006) *Geomorphology of the Canale di Pirro karst polje (Apulia, southern Italy)*. Zeitschrift für Geomorphologie NF 147, 143-158.
- PARISE M. (2011) *Surface and subsurface karst geomorphology in the Murge (Apulia, southern Italy)*. Acta Carsologica 40 (1), 79-93.
- PARISE M. & BENEDETTO L. (2018) *Surface landforms and speleological investigation for a better understanding of karst hydrogeological processes: a history of research in southeastern Italy*. In: PARISE M., GABROVSEK F., KAUFMANN G. & RAVBAR N. (Eds.), *Advances in Karst Research: Theory, Fieldwork and Applications*. Geological Society, London, Special Publications, 466, p. 137-153, <https://doi.org/10.1144/SP466.25>.
- PISANO, L., ZUMPARO, V., LISO, I. S., PARISE, M. (2020) *Geomorphological and structural characterization of the Canale di Pirro polje, Apulia (Southern Italy)*, 16, 479–487, <https://doi.org/10.1080/17445647.2020.1778550>, 2020.
- TELFORD W.M. (1990) *Applied Geophysics*. Cambridge University Press.

ATTIVITÀ PER LA TUTELA E STUDIO DEGLI INSEDIAMENTI RUPESTRI PRESSO LAMA PICONE E GROTTA DELLA REGINA (BARI, PUGLIA)

Marco Petruzzelli^{1,3}, Sergio Chiaffarata¹, Giacomo Disantarosa², Roberto Greco¹,
Francesco Marco D'Onghia¹, Giuseppina Cinquepalmi¹, Emanuela Derossi¹,
Giuseppe Marella¹, Mario Parise²

¹Gruppo Speleologico Vespertilio CAI sez. Bari; ²Università degli Studi di Bari Aldo Moro; ³Iscritto ORG Puglia, n. 757

INTRODUZIONE

Il fondo della Regione Puglia per “Esplorazione di fenomeni carsici di recente rinvenimento” ha consentito lo studio e il rilievo di due siti di notevole interesse geologico, naturalistico, storico ed archeologico nelle località di Lama Picone (Bari – Carbonara) e Grotta della Regina (Bari - Torre a Mare). Il substrato lapideo costituito da calcareniti è idoneo allo scavo di strutture antropiche ipogee, che nella maggior parte dei casi a Bari risalgono alla età medievale con peculiari sviluppi planimetrici. Lungo le lame o le aree costiere l'antropizzazione risale probabilmente al periodo preistorico e protostorico. In entrambi i siti sono state condotte attività di rilievo con restituzione digitale 3D ad alta precisione. I principali risultati sono stati a Lama Picone la definizione della precisa ubicazione di un complesso abitativo del quale sono state identificate sei nuove cavità, mai studiate in dettaglio. Sul sito di Grotta della Regina a Torre a Mare sono stati effettuati i rilievi completi, con l'aggiunta di nuovi ambienti, oltre a precisare la storia geologica, l'arretramento costiero della zona e le presunte funzioni della cavità, nelle varie epoche storiche, con relativa progettazione del monitoraggio archeologico ed ambientale.

LAMA PICONE

Gli insediamenti rupestri e gli ipogei del territorio comunale di Bari furono scavati e ricavati nelle formazioni della Calcarenite di Gravina e in quella dei Depositi Terrazzati, per un uso abitativo, per le attività agricole e artigianali, o come luoghi per il culto religioso. (Dell'Aquila,

1977; Dell'Aquila & Carofiglio, 1985 a, b; Rizzi *et al.*, 1987; Chiaffarata, 2020, 2021). Il litotipo delle due formazioni su citate è di tipo calcarenitico, risulta abbastanza tenero per essere scavato ed in Puglia è denominato in modo improprio ‘tufo’. La arenaria calcarea si presenta con banchi a grana medio-fine, in alcuni casi interamente bioclastici con livelli di concentrazione a macrofossili marini (Spalluto *et al.*, 2010). Nella area di riferimento presenta uno spessore che varia tra i 4 ai 6 m, adattandosi alle irregolarità geomorfologiche del basamento calcareo mesozoico sottostante (Azzaroli & Valduga, 1967). Inoltre, negli scavati si possono notare livelli argillosi con terra rossa di origine residuale o carsica ed evidenti strutture sedimentarie con discontinuità irregolari che in determinati casi possono contribuire, congiuntamente alle attività antropiche moderne, a generare situazioni di crollo o instabilità degli ambienti scavati. A volte gli ipogei presenti in lama, posizionati più in basso rispetto al fondo alveo, mostrano livelli sedimentari di riempimento costituiti da materiali trasportati durante le fasi di piena, come frequentemente riscontrato in vari contesti dell'ambiente carsico pugliese (Mossa, 2007; Gentile *et al.*, 2020).

Nella Conca di Bari, l'urbanistica rupestre è caratterizzata da singole unità insediative di differenti tipologie e dimensioni, isolate l'una dall'altra e abitate al massimo da qualche decina di persone (Triggiani, 2008). L'area di interesse ricade lungo il versante ovest di lama Picone, in una area compresa tra la Tangenziale di Bari e il Canale derivatore Ovest (Fig. 1). Sul fianco sinistro del Picone si trova l'ipogeo della Caravella, un insediamento rupe-

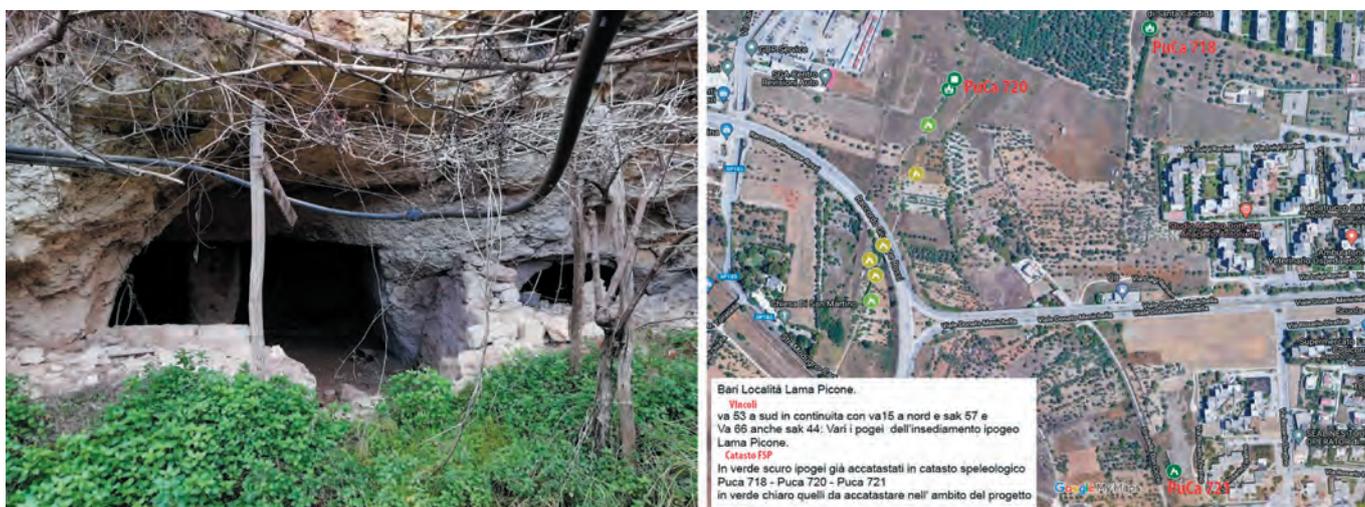


Figura 1 - Dettaglio della chiesa rupestre di nuova identificazione presso l'insediamento di Lama Picone (a sx) e mappa dei siti (a dx), sulla quale in giallo si riporta il posizionamento cartografico dei nuovi ipogei identificati, e in verde quelli già noti.

stre e complesso ipogeo molto esteso, identificato con questo nome per la presenza di un disegno a carboncino raffigurante una imbarcazione (Dell'Aquila & Carofiglio, 1985a, 1988). Questo insediamento è un unicum del patrimonio rupestre barese, ed è presente nel catasto delle cavità artificiali pugliesi col numero Pu Ca 718 (<http://www.catasto.fspuglia.it>). In esso è possibile osservare tre zone distinte: l'insediamento rupestre, composto di piccoli ambienti comunicanti, la chiesa rupestre (Dell'Aquila & Messina, 1998), e il complesso ipogeo, quest'ultimo caratteristico del territorio di Bari. La chiesa della Caravella in pessimo stato di conservazione appartiene alla tipologia barese con la navata centrale bi-absidata. All'interno è possibile riconoscere tracce di pitture di epoca tarda: un affresco di S. Lucia e una Crocefissione nell'abside superstite (Dell'Aquila & Carofiglio, 1985a; Chiaffarata, 2020). Il complesso ipogeo con l'atrio (attualmente interrato), il cripto-portico e il laboratorio (frantoio ipogeo) a sud della chiesa e gli ambienti rupestri a nord resistono nonostante i crolli e le attività illecite (abbandono di rifiuti, furto di materiali elettrici con successivi incendi) di cui sono oggetto. A renderlo ancora più interessante è la continuità urbanistica rupestre lungo il fianco ovest della lama. Oltre l'ipogeo della Caravella, procedendo verso sud, vi sono altri ambienti rupestri, come la cosiddetta Cappelletta (composta da un unico vano ipogeo destinato ad abitazione) e l'Insediamento rupestre Lama Picone. Superata la Cappelletta, parte dell'insediamento venne distrutto dai lavori per la realizzazione del ponte che collega via Giulio Petroni con il cosiddetto Tondo di Carbonara (Fig. 1). Poco dopo il ponte vi è l'insediamento rupestre lama Picone, con numerosi ambienti rupestri che gravitano intorno ad una piccola chiesa, composta da un unico vano rettangolare con due absidi, delineati da archi a doppia ghiera (Fig. 1). Il fianco sinistro del Picone con le sue chiese e gli ambienti rupestri si configura in un vero e proprio villaggio rupestre (Chiaffarata, 2020, 2021). Anche in questo caso si nota il rimodellamento dei versanti della lama e la distruzione di alcuni possibili ambienti a causa dei lavori degli svincoli stradali. Lo stato di conservazione di questa area, a notevole degrado, è pessimo e coinvolge anche l'ipogeo Torre Don Ciccio, al di sotto dell'omonima torre di epoca medioevale. Anche questo ipogeo è accatastato tra i grandi complessi ipogei cittadini (Pu Ca 721). Le prime ricerche descrissero l'ipogeo come un insediamento rupestre composto di pochi vani. Nuove indagini, tuttora in corso, condotte da Sergio Chiaffarata Iannelli e dal gruppo speleologico Vespertilio – CAI Bari hanno evidenziato la presenza di un cripto-portico su quale si affacciano numerosi vani ipogei e di cui non si conosce ancora l'estensione a causa della enorme quantità di materiale detritico con il quale è stato interrato.

GROTTA DELLA REGINA

La grotta si apre lungo la costa a sud-est di Bari, presso il litorale di Torre a Mare (Fig. 2), ed è presente nel catasto delle grotte pugliesi col numero PU 29, accatastata all'epoca da Franco Anelli. Il toponimo Grotta della Regina è riportato su documenti cartografici storici a parti-

re dagli inizi del XIX secolo (Rizzi Zannoni, 1812) ma la tradizione popolare orale addita questa località come «(...) preferita sponda balneare della Regina Bona Sforza (...) conosciuta anche con nome di "grotta del duca" riferendosi ai Signori feudali del luogo, che ebbero col titolo di "duca" il feudo di Noia» (Roppo, 1927) oltre che specificare la notizia che la struttura ipogea «garantiva intimità ai signori di Noja» (Didonna, 2012). L'interno della grotta, con una superficie di circa 170 mq, è caratterizzato da diversi ambienti; alcuni di questi sono naturali, rimaneggiati, mentre altri sono totalmente artificiali. Le pareti appaiono dritte e orientate seguendo i punti cardinali, quelle emerse hanno spesso scampanatura trapezoidale. Nella parte profonda è presente un ingresso con scalinata, dal lato terra, oggi parzialmente ostruito. Le aree sommerse interne alla grotta hanno forma di vasca con angoli retti, pavimento rettificato e canalette di deflusso idrico. Il rilievo topografico 3D, effettuato sia tramite fotogrammetria da terra, sia attraverso l'utilizzo di riprese fotografiche subacquee e con utilizzo di *Remote Operated Vehicle* (R.O.V.), ha meglio evidenziato le tracce di regolarizzazione delle pareti con la presenza di nicchie, arcosolii, anelli litici, rampe di scale, e un po' di muratura, oltre ad un ricco repertorio di graffiti incisi sulle pareti degli ambienti principali, in corso di classificazione e interpretazione (Fig. 3).

Risale al 1936 una prima pubblicazione sulla geomorfologia costiera di Grotta della Regina (Volpe, 1936) mentre a partire dagli anni Sessanta e Settanta del Novecento, la grotta è stata invece oggetto di studio dal punto di vista della ricerca ecologica, botanica e di biologia marina, per le particolari condizioni chimico-fisiche che hanno permesso il proliferare di spugne (poriferi) e di alghe, la cui campionatura e studio hanno anche consentito di produrre piante del principale ambiente della struttura ipogea (Labate, 1964; Perrone, 1973). Essa è interessata da sedimenti costituiti da un basamento di calcari mesozoici appartenenti alla formazione del Calcarea di Bari, e si sviluppa nella Calcarenite di Gravina che localmente ha spessore variabile dai 3 ai 5 m (Azzaroli & Valduga, 1967); essa è sormontata dai depositi terrazzati sabbiosi e conglomeratici, frammisti a suoli (Ciaranfi *et al.*, 1988). Le calcareniti hanno stratificazione incrociata, ben classata a grana media, con presenza dei tipici fossili della formazione di riferimento. La precisa georeferenziazione con GPS-RTK e *Unmanned Aerial Sistem* (UAS) del sito ha prodotto una base digitale per il rilievo della morfologia costiera, delle stratificazioni e degli ambienti ipogei.

Le indagini, effettuate a partire dal 2018, per un progetto di ricerca di archeologia dei paesaggi costieri e subacquee, relativo ad un campione di fascia del litorale che gravita attorno a Grotta della Regina (Disantarosa, 2019), hanno fornito elementi per una ricostruzione delle tipologie e delle modalità di frequentazione e occupazione di questo tratto costiero nel tempo. E' emerso che la grotta di origine naturale risulta fortemente rimaneggiata da attività di modellazione per definire gli ambienti oltre che per la presenza di un doppio sistema di accesso con scalinate scavate nel banco roccioso, una nella porzione retrostante e l'altra attigua alla linea di costa; in

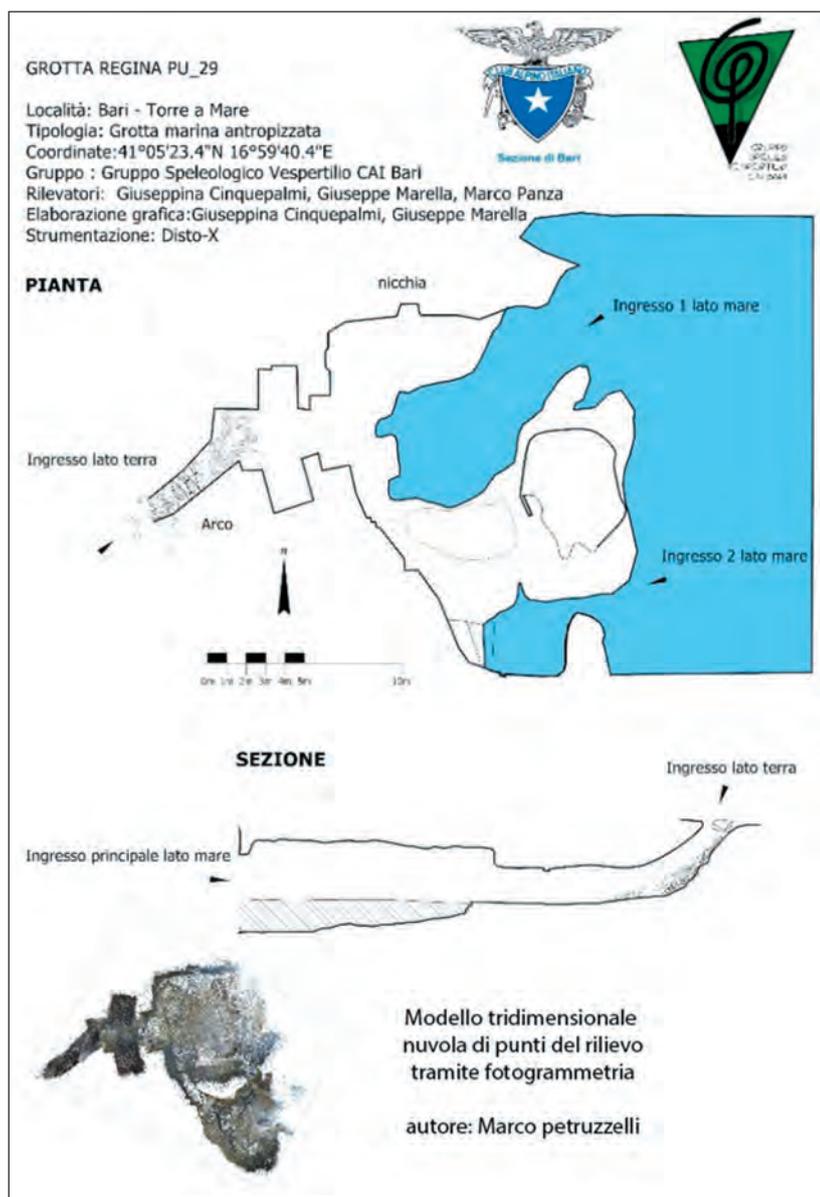


Figura 2 - Rilievo tridimensionale di Grotta della Regina (PU 29) e rielaborazione 2D.

alcuni punti, oltre alla presenza di nicchie, è stato possibile rilevare la presenza di tracce di cava per l'estrazione di conci lapidei e di fori per l'ipotetica realizzazione di mensole o strutture lignee. Anche gli esterni soprastanti presentano tracce di impianti per cave di estrazione litica oltre a quelle riconducibili ad insediamenti di età protostorica e magno-greca, come per esempio le buche di palo per capanne o una serie di tombe scavate nel banco roccioso (Agresti, 1988); a queste si aggiungono buche interpretate come probabili alloggi per fissare le *machinae tractoriae* della cava. Si notano attività in epoca moderna quali l'ostruzione e la modifica degli ingressi, la realizzazione di muretti divisorii realizzati con mattoni laterizi e legante, posizionati lungo il corridoio interno che collega l'ambiente principale e quello secondario laterale e il recente utilizzo dell'area soprastante come parcheggio per auto.

Sia l'area ipogea sia quella emersa sono state oggetto di rilievo fotogrammetrico con fotogrammetria da UAS e con ottiche da terra; ciò ha permesso di creare un dettagliato modello tridimensionale del sito, utile sia per l'interpretazione storica dell'area, sia per l'analisi della stabilità della falesia. La parte antistante i due ingressi a mare presenta infatti numerosi blocchi franati in acqua, che presumibilmente un tempo erano parte di un ampio soffitto; essi indicherebbero che la grotta doveva essere in passato più ampia.

A tal proposito il modello 3D realizzato in occasione di questo progetto e relativo all'intera fascia costiera che include la struttura ipogea, integrato con quello della grotta, permette di valutare la suscettibilità ai crolli della falesia e promuovere il monitoraggio archeologico subacqueo nel tratto antistante Grotta della Regina e degli altri



Figura 3 - Rilievo ROV e Carta delle Unità Topografiche Costiere rilevate nell'areale di Grotta della Regina, con dettagli delle evidenze archeologiche.

piccoli vani ad essa adiacenti. Tali interventi proseguiranno nel prossimo futuro e, ad oggi, hanno consentito di documentare la presenza, proprio nei fondali antistanti gli ambienti ipogei di Grotta della Regina, di frammenti ceramici isolati, databili alcuni all'età del Bronzo-Ferro e altri all'età contemporanea (Disantarosa *et al.*, 2022 c.s.).

BIBLIOGRAFIA

- AGRESTI G. (1988) - *L'abitato di Punta della Penna*. In: ANDREASSI G. & RADINA F. (a cura di), *Archeologia di una città. Bari dalle origini al X secolo*. Edipuglia, Bari, 361-368.
- AZZAROLI A., VALDUGA A. (1967) - *Note illustrative della carta geologica d'Italia-Foglio 177 e Foglio 178-Bari e Mola di Bari*. Servizio Geologico d'Italia, Roma.
- CHIAFFARATA S. (2021) - *Bari ipogea. L'ultima frontiera della speleologia urbana*. In: CARRERA L. (a cura di) *Bari plurale Storie, analisi, visioni. Le diverse anime di una città*. Progedit, Bari.
- CHIAFFARATA S. (2020) - *Lama Picone: il 'fiume di Bari' e la sua storia; Ipogei dell'Agro del Picone; La zona industriale del Picone tra Ottocento e Novecento*. In: PERRINO G. (a cura di), *Picone e Poggiofranco. Guida alla storia e ai luoghi di due quartieri di Bari*, Grecale Edizioni, Bari.
- CIARANFI N., PIERI P., RICCHETTI G. (1988) - *Note alla Carta Geologica delle Murge e del Salento (Puglia centro-meridionale)*. Mem. Soc. Geol. Ital., 41, 449-460.
- DELL'AQUILA F. (1977) - *Bari Ipogei ed insediamenti rupestri*. Nuove Edizioni Italiane, Bari.
- DELL'AQUILA C., CAROFIGLIO F. (1985a) - *Bari extra moenia, insediamenti rupestri ed ipogei. Quaderni monografici del Comune di Bari n. 2. I - Aspetti generali*. Adda Editore, Bari.
- DELL'AQUILA C., CAROFIGLIO F. (1985b) - *Bari extra moenia, insediamenti rupestri ed ipogei. Quaderni monografici del Comune di Bari n. 3. II - Schede*. Adda Editore, Bari.
- DELL'AQUILA C., CAROFIGLIO F. (1988) - *Bari extra moenia, l'agro del Picone*. Quaderno monografico realizzato dal C.R.T. di Bari, Bari.
- DELL'AQUILA F., MESSINA A. (1998) - *Le chiese rupestri di Puglia e Basilicata*. Mario Adda Editore, Bari.
- DIDONNA V. (2012) - *2012: l'anno del Grifone*. Noia Edizioni 2P, Noicattaro.
- DISANTAROSA G. (2019) - *Il sistema portuale tra Antichità e Medioevo. Archeologia subacquea e dei paesaggi costieri del litorale, da Bari a Bisceglie*. In: URICCHIO A.F. (a cura di), *Future in Research. Un volano per l'innovazione*, Università degli Studi di Bari Aldo Moro, Bari, 336-342.
- DISANTAROSA G., PETRUZZELLI M., D'ONGHIA M., CINQUEPALMI G., DEROSI E., MARELLA G., PARISE M., GRECO R. (2022) - *Grotta della Regina (Bari – Torre a Mare, Puglia): grotta anonima, grotta "regale", grotta dimenticata*. XXIII Congresso Nazionale di Speleologia, Ormea, 2 – 5 giugno 2022.
- FSP <http://www.catasto.fspuglia.it>.
- GENTILE P., IAIA C., LISO I.S. & PARISE M. (2020) - *Eventi alluvionali nell'ambiente carsico pugliese*. In: FIORE A. & MASCIOCOCCO L. (Eds.), *Atti del seminario nazionale "Analisi e attività di mitigazione dei processi geo-idrologici in Italia"*. Geologia dell'Ambiente, suppl. n. 1/2020, 56-63.
- LABATE M. (1964) - *Poriferi di una grotta superficiale del litorale adriatico pugliese*. Annali del Pontificio Istituto superiore di Scienze e Lettere "Santa Chiara" di Napoli, 14, 319-342.
- MOSSA M. (2007) - *The floods in Bari: what history should have taught*. Journal of Hydraulic Research, 45 (5), 579-594.
- PERRONE C. (1973) - *Note ecologiche su Petroglossum nicaense (Duby) Schotter (Phylloporaceae)*. Giornale botanico italiano, 107 (2), 47-57.
- RIZZI ZANNONI G.O. (1812) - *Atlante geografico del Regno di Napoli*. Napoli, [s.n.] 1788-1812.
- RIZZI I., GRECO A., DEL VECCHIO F., TONIN V., DI BENEDETTO D. (1987) - *Il territorio metropolitano della città di Bari: aspetti speleocarsici ed insediamenti ipogei*. Napoli, [s.n.].
- ROPPO V. (1927) - *Noa. Memorie storiche del Comune di Noicattaro*. Editore Vincenzo Fiorentino, Noicattaro.
- TRIGGIANI M. (2008) - *Insediamenti rurali nel territorio a nord di Bari dalla Tarda antichità al Medioevo*. Edipuglia, Bari.
- SPALLUTO L., PIERI P., SABATO L., TROPEANO M. (2010) - *Nuovi dati stratigrafici e cartografici delle unità quaternarie del foglio 438 "Bari" (Puglia-Italia meridionale)*. Il Quaternario, 23 (1), 3-14.
- VOLPE F. (1936) - *La Grotta della Regina. (Studio della costa di Torre Pelosa)*. L'Universo, Istituto Geografico Militare, Agosto, 587-593.

NUOVE INDAGINI SU ALCUNE CAVITÀ CARSIICHE NEI TERRITORI DI FASANO E CISTERNINO

Domenico Vincenzo Pascali, Domenico Tamborrino, Alexander Wagensommer

Gruppo Archeologico “Valle d’Itria” - Cisternino (BR)

Le attività svolte dal Gruppo Archeologico “Valle d’Itria” negli anni 2020-2021, per l’attuazione dell’art. 45 c. 1 della L. R. n. 45 del 30/12/2013 (“Esplorazione di fenomeni carsici di recente rinvenimento”), hanno portato all’individuazione, esplorazione e documentazione di alcune cavità carsiche, tutte con modifiche antropiche più o meno evidenti, mai segnalate in precedenza o, se segnalate, mai sinora adeguatamente documentate (Pascali & Tamborrino, 2007). Le ricerche si sono concentrate, in particolare, su due aree: la parte alta della Lama Difesa di Malta, al confine fra i territori di Fasano e Ostuni (BR), e i dintorni del centro abitato di Cisternino (BR). Complessivamente sono state individuate dieci cavità e di alcune si esse si forniscono, di seguito, i dati essenziali.

L'avvallamento erosivo della Lama o Vallone Difesa di Malta fa parte del sistema di drenaggio naturale delle acque piovane dall’altopiano della Murgia verso la costa adriatica, che ha prodotto una serie sub-parallela di valli poco profonde localmente dette, per l’appunto, *lame* (Parise *et al.*, 2003), particolarmente abbondanti in corrispondenza dell’arco, concavo verso la costa, che la Murgia descrive fra i comuni di Monopoli, Fasano ed Ostuni. In tale zona, la scarpata che raccorda l’altopiano alla piana costiera è più alta e ripida e quindi più adatta a produrre ruscellamenti significativi in occasione delle precipitazioni (Gentile *et al.*, 2020). Il rilievo delle *lame* è condizionato dalla geologia della piana costiera, che pur presentandosi come un paesaggio morfologicamente uniforme, piatto, largo mediamente 7 km, è percorsa da un confine poco evidente, ma importante per le sue conseguenze pedologiche e geomorfologiche: il limite fra i calcari mesozoici della Piattaforma Carbonatica Apula e le calcareniti pleistoceniche, ad essi sovrapposte lungo detta fascia. Tale confine è mappabile come una linea grosso-modo parallela alla costa, da cui dista mediamente circa 2-4 km. Tipicamente le *lame* sono appena individuabili nel tratto alto, che va dai piedi della Murgia fino a circa un terzo o la metà della piana costiera, laddove i calcari mesozoici affiorano direttamente senza altra copertura se non quella del terreno. Successivamente, esse si approfondiscono rapidamente non appena raggiungono la copertura delle calcareniti pleistoceniche. Ciò vale anche per Lama Difesa di Malta che, appena individuabile nell’area del Dolmen di Montalbano, diventa più profonda verso valle, con pareti di calcarenite a tratti verticali per pochi metri di altezza, e fondo pianeggiante impostato sui sottostanti calcari mesozoici. Le cavità della *lama* sono impostate, genericamente, al contatto fra le due unità geologiche, qualche volta anche un po’ più in alto di questo, e quindi interamente nel banco calcarenitico.

Nel tratto della Lama Difesa di Malta compreso tra

l’area del Dolmen (località Pisco Marano, c.da Indelli) e la linea ferroviaria FF.SS. sono state individuate 5 cavità, ossia:

- Grotta Difesa di Malta inferiore (PU 1864);
- Grotta Difesa di Malta superiore (PU 1865);
- Grotta Difesa di Malta 3 (PU Ca 1283);
- Grotta di Pisco Marano (PU 1866);
- Grotta dei Paladini o del Dolmen di Montalbano (PU Ca 1284)

Le grotte Difesa di Malta inferiore e superiore si aprono entrambe sul bordo idrografico destro della lama. Impostate sul contatto tra i calcari mesozoici, alla base, e le sovrastanti calcareniti pleistoceniche, presentano ingressi seminasconditi dalla vegetazione. Difesa di Malta inferiore (Fig. 1) si apre con un largo portale in parte interrotto da crolli di porzione della volta. All’ingresso si nota un accumulo di breccia rossiccia cementata sulla volta, che testimonia un’antica fase di parziale o totale occlusione della cavità con detriti, poi successivamente erosi. La breccia contiene localmente frammenti di ossa e denti di mammiferi. Una volta in cima al cumulo detritico dell’ingresso ci si affaccia nella cavità, il cui piano di calpestio è circa 2 m più in basso. Guardando in direzione N, si nota una caverna a forma di semiluna alta mediamente 70 cm, profonda circa 1,70 m e larga circa 8 m. In direzione S ci sono dei grossi massi di crollo dalla volta, mentre proseguendo in direzione ESE, si sviluppa la cavità più grande che si estende per 20 m, con altezza di circa 2 m. Appena dentro, a circa 6 m dall’ingresso, in direzione ENE, si nota sulla volta un foro di forma ellissoidale di circa 80 cm, che comunica con la cavità superiore (Grotta Difesa di Malta superiore). La cavità mostra evidenti segni di scavo antropico, verosimilmente per l’estrazione della “*tufina*”. Particolarmente suggestive le colonne di sostegno ricavate nella roccia da chi ha effettuato lo scavo: di queste, una, conserva delle incisioni, interpretabili con le lettere “LA” (Fig. 2).

Grotta Difesa di Malta 3 si apre sul fianco idrografico sinistro della lama, con l’ingresso rivolto a E. L’ampio ingresso naturale, tipo riparo, è stato completamente tamponato con conci di calcarenite, lasciando aperta solo una porta-ingresso, che immette in una specie di atrio, ed una piccola finestra nell’ambiente principale. All’esterno, sullo stipite destro e sull’architrave della porta, nonché immediatamente a sinistra di questa, sono presenti tre piccole croci incise. L’interno della cavità è articolato in due ambienti, interamente modificati per usi antropici. Il primo si sviluppa per circa 5 m in direzione E-W, è largo circa 3,80 m ed alto mediamente 2,20 m. Nelle pareti si notano varie nicchie di diverse dimensioni ed una attaccaglia. Il piano di calpestio è a livello con il piano di



Figura 1 - Ingresso della Grotta Difesa di Malta inferiore (PU 1864).



Figura 2 - Colonne all'interno della Grotta Difesa di Malta superiore (PU 1865).



Figura 3 - Ingresso della Grottina ossario, all'interno della Chiesa di San Nicola a Cisternino.

campagna esterno, probabilmente a seguito di un deliberato riempimento. A destra dell'ingresso, scendendo di circa 60 cm tramite un paio di gradini, si entra nel secondo ambiente, alto in media 2,50 m, largo 5,50 m e lungo 7,70 m che, sommando la profondità della nicchia scavata lungo la parete W, diventano 9 m. Lungo le pareti si contano 5 grandi nicchie ed altre molto più piccole e 3 attaccaglie. Il piano di calpestio attualmente è costituito da uno spesso strato di terra fine, probabilmente in appoggio sul banco calcareo.

Grotta dei Paladini e Grotta di Pisco Marano si trovano entrambe nei pressi del Dolmen, da cui distano rispettivamente 40 e 60 m. Si tratta di piccole cavità antropiche, probabilmente impostate su preesistenti cavità naturali. La cavità più elaborata è la Grotta dei Paladini, il cui ingresso si apre su una piccola parete verticale all'interno di un'area che comprendeva una "tufara" (area di estrazione di blocchi di calcarenite) poco profonda, da tempo dismessa e coltivata ad uliveto. Rispetto al piano di campagna, l'ingresso a *dromos* (lungo circa 5 m) è posto ad una quota inferiore di 50 cm e conduce all'ingresso della cavità stessa, modellata nella calcarenite. L'entrata è formata da due stipiti e da un'architrave di calcarenite; sulla facciata frontale è evidente, a sinistra, una apertura/finestra di forma rettangolare, mentre sul lato destro vi è un'apertura di forma irregolare. Il piano di calpestio è impostato sui calcari compatti mesozoici, che sono alla base del banco calcarenitico. L'interno, a pianta rettangolare, mostra evidenti "zuccature" sia sulle pareti, sia sulla volta; nell'angolo a S si apre un camino e, sulla volta, nell'angolo W, un foro circolare connette all'esterno. Le pareti presentano alcune piccole nicchie, probabilmente adibite un tempo a ripostigli per attrezzi e, la maggiore, a mangiatoia. Lungo le pareti e sulla volta, infine, sono presenti alcune attaccaglie, nonché altre piccole nicchie probabilmente utilizzate per l'alloggiamento di lampade.

La Grotta di Pisco Marano presenta un impianto leggermente più irregolare. Doveva trattarsi in origine di un riparo naturale in parete calcarenitica, lungo un piccolo avvallamento parallelo al fondo dell'adiacente lama, affluente della Lama Difesa di Malta. L'apertura naturale è stata successivamente murata con blocchi di calcarenite; in questo muro si aprono un ingresso e, a sinistra di questo, una finestrella quadrata. Lateralmente al muro artificiale, sulla destra, prosegue la parete naturale a formare un mo-



Figura 4 - Grottina ossario di san Nicola.

desto riparo. Si accede nella cavità tramite due gradini; sulla volta e sulle pareti si notano alcuni segni di “zuccature” effettuate per piccoli adattamenti antropici. Il piano di calpestio è impostato sui calcari compatti mesozoici. Nell’angolo NW della cavità c’è un camino individuabile anche dall’esterno per la presenza di un comignolo. Nell’angolo NE, invece, sotto la finestra, c’è una “vasca” modellata nel calcare ed appoggiata su pilastri in calcarenite, con probabile funzione di mangiatoia.

In tutta l’area in cui si aprono le suddette cavità sono evidenti varie testimonianze archeologiche, quali il Dolmen (II millennio a.C.), alcune vicine, probabili tombe scavate nel banco roccioso, mentre sul terreno si notano decine di frammenti ceramici d’impasto, nonché reperti litici in selce, databili al Neolitico/età del Bronzo (Vinale, 1990; Malagrino, 1997; De Mola, 2000).

Nel territorio di Cisternino, invece, si è ritenuto opportuno effettuare l’esplorazione e documentazione di una piccola cavità denominata Grottina ossario di san Nicola (Fig. 3). Utilizzata quale ossario per deposizioni secondarie (Fig. 4), la cavità fu individuata all’interno della Chiesa di San Nicola, ma mai adeguatamente esplorata, tra il 1999 e il 2000. La sua esplorazione e documentazione si è ritenuta necessaria in considerazione della par-

ticolare importanza storica e archeologica che la grotta potrebbe riservare, dal momento che la stessa è considerata da alcuni studiosi quale sede iniziale del primitivo insediamento basiliano intorno al quale, nel corso del X-XI secolo, gli stessi monaci basiliani avrebbero edificato la prima chiesa (di cui nel 1999/2000 sono stati rinvenuti i resti oggi visitabili), e su cui, tra la fine del XIV e gli inizi del XV secolo, fu realizzata l’attuale chiesa parrocchiale (Carriero, 2003; Semeraro, 2003, 2010).

Sempre a Cisternino, inoltre, sono state individuate lungo il costone NE prospiciente la Valle d’Itria una serie di cavità carsiche, in gran parte rimaneggiate per uso antropico, che per svariate ragioni non è stato ancora possibile esplorare e documentare in maniera adeguata. Di dette cavità, si segnalano: la Grotta ovile di via Principessa Iolanda; la Grotta D’Errico; la Grotta Scarafile; la Grotta trappeto di via Principessa Iolanda e la Grotta trappeto di piazza Palatucci.

In località Tirunno, ancora in agro di Cisternino, è stato individuato, infine, un probabile inghiottitoio carsico il cui accesso è attualmente chiuso da un “tappo” di cemento che, d’intesa con il proprietario del terreno in cui il probabile inghiottitoio si apre, potrà essere asportato per consentirne l’esplorazione.

Per tutte le cavità di cui prima e ricadenti nell’area di Cisternino si prevede la necessaria esplorazione nel prosieguo delle attività del G. A. “Valle d’Itria”.

RINGRAZIAMENTI

Si ringrazia per la preziosa collaborazione i soci del Gruppo Archeologico “Valle d’Itria” di Cisternino: Marianna Latiano, Patrizia Semeraro e Daniela Trisolini.

BIBLIOGRAFIA

CARRIERI M. (2003) - *L’antica chiesa di san Nicola a Cisternino*. In: AA. VV., *La Chiesa di san Nicola a Cisternino*, pp. 49-78.

DE MOLA A. (2000) - *Montalbano di Fasano – prospettive storiche*.

GENTILE P., IAIA C., LISO I.S. & PARISE M. (2020) - *Eventi alluvionali nell’ambiente carsico pugliese*. In: FIORE A. & MASCIOTTO L. (Eds.), *Atti del seminario nazionale “Analisi e attività di mitigazione dei processi geo-idrologici in Italia”*. Geologia dell’Ambiente, suppl. n. 1/2020, 56-63.

MALAGRINÒ P. (1997) - *Monumenti megalitici in Puglia*.

PARISE M., FEDERICO A., DELLE ROSE M. & SAMMARCO M. (2003) - *Karst terminology in Apulia (southern Italy)*. Acta Carsologica, 32 (2), 65-82.

PASCALI V., TAMBORRINO D. (2007) - *Grotte di Cisternino. Studio dei fenomeni carsici e delle cavità naturali del territorio di Cisternino*.

SEMERARO R. (2003) - *La chiesa Madre o di san Nicola a Cisternino; vicende storiche*. In: AA. VV., *La Chiesa di san Nicola a Cisternino*, pp. 11-46.

SEMERARO R. (2010) - *Cisternino – Storia, Arte, Tradizioni, Protagonisti*.

VINALE F. (1990) - *Montalbano - le origini, la storia, il territorio*.

GEOFISICA URBANA A CISTERNINO

Luigi Capozzoli¹, Gerardo Romano², Domenico Tamborrino³, Mario Parise²¹Consiglio Nazionale delle Ricerche, Istituto di Metodologie per l'Analisi Ambientale CNR-IMAA²Dipartimento di Scienze della Terra e Geoambientali, Università degli Studi di Bari Aldo Moro³Gruppo Archeologico "Valle d'Itria"

INTRODUZIONE

La geofisica applicata gioca un ruolo fondamentale laddove è necessaria un'accurata caratterizzazione del sottosuolo ma non è possibile effettuare prove dirette ed invasive. E' questo il caso, ad esempio, di contesti storici e culturali dove l'analisi e la caratterizzazione del sottosuolo non può prescindere dalla conservazione e preservazione dei luoghi stessi. Sempre più spesso si sente quindi parlare di "archeo-geophysics", "urban-geophysics", e "urban-archaeo-geophysics" quando si fa riferimento all'applicazione di metodi geofisici a contesti archeologici e urbani e, come nel caso di seguito presentato, a contesti archeologici in ambiente urbano. Vengono qui mostrati, infatti, i risultati di indagini Georadar (GPR) non invasive eseguite nel centro storico di Cisternino e, in particolare, all'interno della Torre Grande (torre normanno-sveva), all'interno della chiesa del Purgatorio e del piazzale antistante la chiesa di san Nicola. Le indagini sono state effettuate con l'intento di identificare strutture appartenenti a fasi storiche differenti dei tre edifici del patrimonio edilizio e culturale del paese.

BREVE INQUADRAMENTO STORICO-ARCHEOLOGICO DELLE AREE INVESTIGATE

La Torre Grande è la più importante dell'antico sistema difensivo della cinta muraria di Cisternino. Di forma parallelepipedica, in altezza sviluppa circa 18 m per una base di circa 8 m per 10 m. Presumibilmente la sua conformazione originale risale all'epoca normanno-sveva, fra il XI e XII sec.; tra il XIV e il XV sec. per problemi di staticità fu ingrandita e rivestita da una camicia di pietre squadrate. Tra la torre e la facciata della chiesa di san Nicola, sino agli inizi del XIX sec., si ergeva la porta di ingresso del borgo, la cosiddetta Porta Grande, da cui si originava il decumano in direzione della Porta Piccola. La torre, oltre ad avere funzioni di avvistamento, in caso di scorrerie o di guerre rappresentava un sicuro baluardo difensivo per gli abitanti. Oggi non esiste più la Porta Grande, la chiesa ha cambiato prospetto e la stessa torre nei secoli successivi al 1400 ha subito varie trasformazioni, sino alla costruzione in aderenza al muro orientale di un porticato alto 10 m e largo 2 m per inserire una scala e garantire l'accesso ai vari piani, oltre alla riduzione interna da 4 a 3 piani (XIX sec.). Le indagini GPR condotte sono state eseguite al I piano della torre, sopraelevata rispetto al piano stradale attuale di poco più di 1,50 m, e nelle aree comprese tra la torre e la chiesa con l'obiettivo di identificare la presenza di eventuali vani celati e di riconoscere possibili tracce riconducibili alle strutture di fondazione della Porta Grande e/o di altre evidenze

archeologiche. La chiesetta del Purgatorio si colloca sotto la chiesa di san Nicola (alla quale fu collegata tramite una scala interna nel 1956), fu realizzata dalla omonima confraternita nella seconda metà del XVII sec. in un "camerone" preesistente, edificato probabilmente sui resti di più antiche strutture e, al suo interno, nel 1834, venne scavato un "sepolcro" per il seppellimento dei membri del pio sodalizio. In base a questi dati documentali, nella chiesetta le indagini GPR sono state eseguite con la finalità di individuare strutture appartenenti ad una fase precedente alla costruzione della stessa, presumibilmente coeva con quella riportata alla luce dagli scavi archeologici eseguiti di recente al disotto della chiesa di san Nicola.

MATERIALE E METODO

Il Georadar è una tecnica geofisica elettromagnetica attiva basata sull'invio di onde elettromagnetiche (em) nel terreno e sul successivo studio dei fenomeni di *scattering* che avvengono durante la propagazione. Il GPR trova il suo fondamento nelle equazioni di Maxwell; il parametro generalmente studiato è la velocità (v) delle onde e-m in relazione alle caratteristiche fisiche del mezzo analizzato secondo l'equazione $v = c/\epsilon$ dove c è la velocità di un impulso elettromagnetico nell'aria (0.2998) ed ϵ è la permittività dielettrica del mezzo investigato. La presenza di materiale altamente resistivo (es. ghiaccio, vuoti, sale) permette di raggiungere elevate profondità di indagine, mentre la presenza di argilla o acqua, aumentando i fenomeni di attenuazione, riduce fortemente l'efficacia del metodo, limitando a pochi decimetri la profondità di indagine. Il GPR è uno dei metodi geofisici a più alta risoluzione; quest'ultima è correlata sia alla frequenza dell'antenna adottata sia al tipo di sistema utilizzato per l'acquisizione (singola antenna o *array* di antenne). Il metodo GPR è stato applicato con successo negli ultimi tre decenni per localizzare cavità e vuoti naturali e antropici nel sottosuolo (Bottari *et al.*, 2017), per caratterizzare aree carsiche e fenomeni di *sinkhole* (Margiotta *et al.*, 2012, 2016; Fabregat *et al.*, 2017), per identificare aree di collasso in zone urbane (es. Sevil *et al.*, 2017), e per localizzare anomalie legate alla presenza di utenze sotterranee (Capozzoli & Rizzo, 2017). Il GPR è anche ampiamente utilizzato per lo studio di siti archeologici, spesso in combinazione con altre tecniche geofisiche (Capozzoli *et al.* 2015; Masini *et al.* 2018).

Le indagini effettuate a Cisternino sono state realizzate utilizzando un sistema SIR3000 (GSSI instruments) accoppiato ad antenne con frequenza centrale pari a 900 e 400 MHz. In tutte le aree investigate, i dati GPR sono stati acquisiti in accordo ad un grigliato di profili equi-

spaziati di 50 cm, garantendo così una copertura ottimale delle aree. Le frequenze delle antenne sono state selezionate in maniera tale da costituire un buon compromesso tra risoluzione e profondità di investigazione (Capozzoli & Rizzo, 2017). I dati sono stati poi analizzati mediante il software Reflex-w (Sandmeier, 2013) seguendo uno schema di processamento classico, volto a ridurre il rumore di fondo ed estendere quanto più possibile la profondità di indagine. In particolare sono stati eseguiti i seguenti passaggi: 1) editing dei dati, 2) rimozione delle riflessioni legate all'interfaccia aria-antenna, 3) applicazione di filtri passa-banda, 4) rimozione del rumore di fondo, 5) applicazione di funzioni di guadagno per migliorare la profondità di indagine e la qualità delle anomalie individuate nel sottosuolo, 6) ri-applicazione di filtri passa-banda per eliminare effetti spuri legati ai guadagni precedentemente applicati, 7) migrazione dei dati utilizzando l'algoritmo di Kirchhoff per collassare riflessioni indotte dalla presenza di anomalie puntuali distribuite nel sottosuolo.

RISULTATI

I rilievi GPR hanno messo in evidenza la presenza di numerose riflessioni e/o discontinuità, chiaramente riconducibili alla presenza di strutture di potenziale interesse archeologico. A titolo di esempio, in figura 1, viene mostrato uno dei radargrammi acquisiti nella chiesetta del Purgatorio. E' possibile osservare come iperboli di riflessione, riflettori continui e zone ad alta riflettività indichino la presenza di precedenti piani di calpestio o strutture sepolte.

Essendo state acquisite in totale diverse centinaia di metri di strisciate GPR, per brevità, in quanto segue si preferisce sintetizzare i risultati ottenuti nelle varie aree investigate mostrando alcune *depth slices* a profondità diversa (Figg. 2-4). Le *depth slices* sono ottenute, area per area, dall'analisi ed interpretazione congiunta di tutti i singoli radargrammi. A profondità fissata, vengono via via estrapolate dai singoli radargrammi le informazioni relative alla presenza di forti riflessioni che, laddove nel

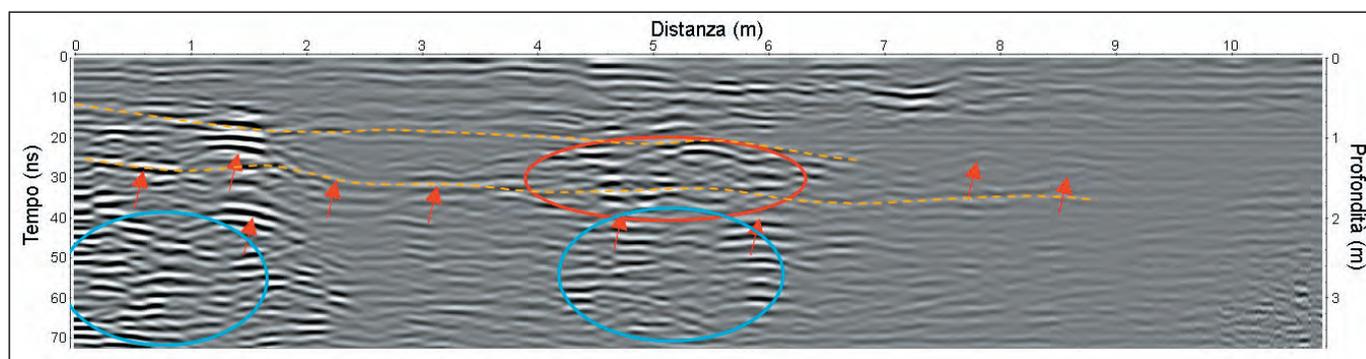


Figura 1 - Radargramma acquisito nella chiesetta del Purgatorio con antenna da 400MHz con indicazione di alcuni elementi più informativi. Vengono indicati con il tratteggio arancione possibili piani di solaio e/o calpestio appartenenti a fasi storiche antecedenti, con le frecce rosse iperboli di riflessione associabili a oggetti puntuali del tipo strutture sepolte, con linea continua rossa aree ad elevata riflettività, imputabile presumibilmente alla presenza di strutture sepolte e, infine, con linea continua celeste aree caratterizzate da elevata riflettività, associabile a eterogeneità del sottosuolo presumibilmente fratturato.

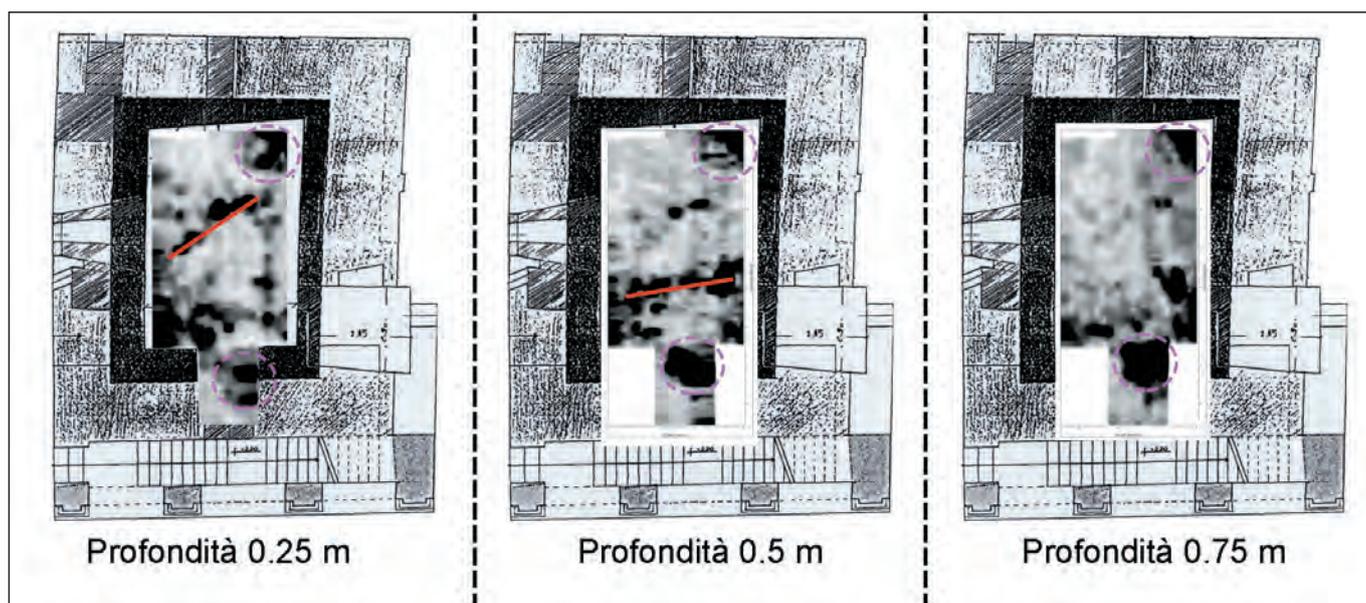


Figura 2 - *Depth slices* relative alle indagini eseguite all'interno della Torre Grande con antenna da 900 MHz e con indicazione di alcuni elementi più informativi. Con la linea continua rossa vengono indicati possibili allineamenti dovuti alla presenza di strutture; con la linea tratteggiata magenta, aree caratterizzate da elevata riflettività associabile a presenza di vuoti nel mezzo investigato.

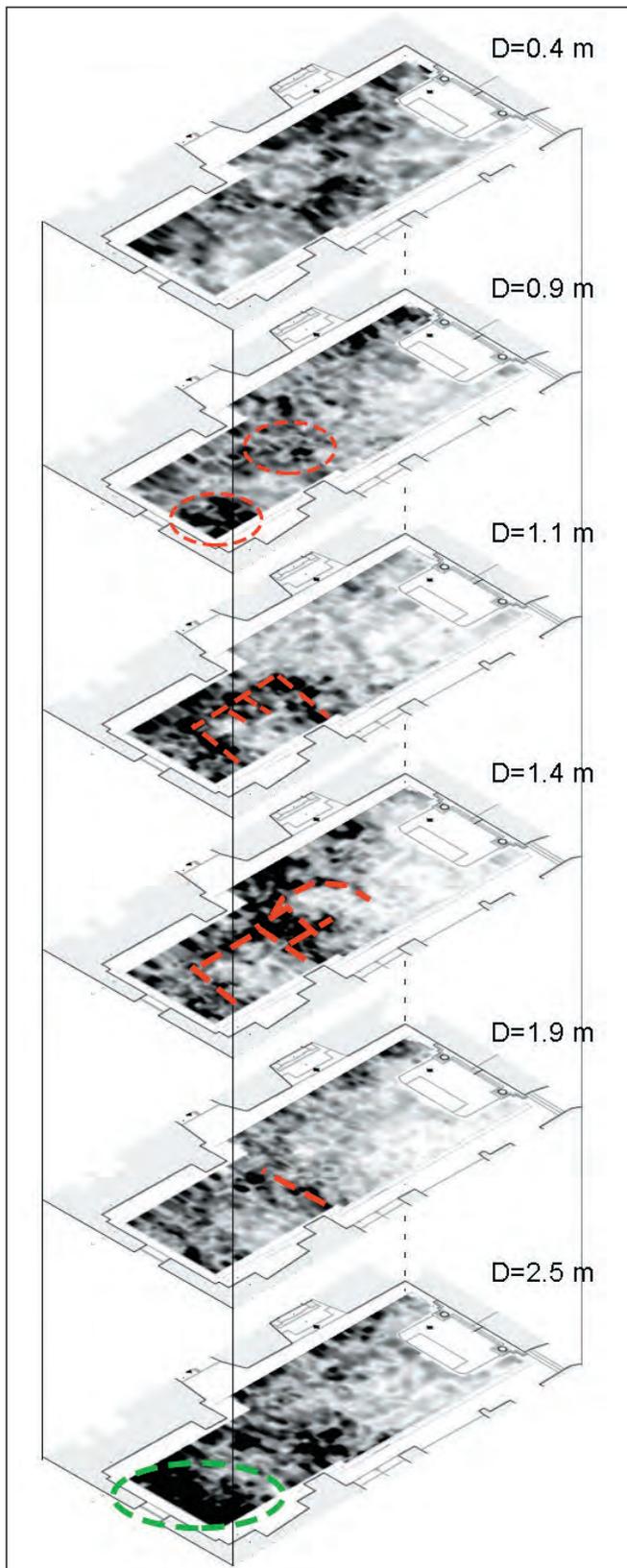


Figura 3 - Depth slices relative alle indagini eseguite all'interno della chiesetta del Purgatorio con antenna da 400 MHz e con indicazione di alcuni elementi più informativi. Con la linea tratteggiata rossa vengono indicati possibili allineamenti dovuti alla presenza di strutture; con la linea tratteggiata verde, aree caratterizzate da elevata riflettività associabile a eterogeneità del sottosuolo presumibilmente fratturato

sottosuolo fossero presenti strutture continue, vanno a definire allineamenti spazialmente ben identificabili.

I rilievi georadar effettuati nella Torre Grande (Fig. 2) hanno permesso di identificare una serie di anomalie che potrebbe ben supportare l'ipotesi della presenza di un vano celato posto ad una quota inferiore rispetto all'attuale piano di calpestio. Sono state, infatti, registrate riflessioni del segnale radar che si sviluppano in prossimità dell'attuale ingresso della torre e che sono orientate verso il lato prospiciente la piazza, in direzione quindi dell'area in cui doveva sorgere, in epoche passate, la Porta Grande. Tali anomalie, tuttavia, evidenziano l'eventuale presenza di un vano di dimensioni piuttosto limitate rispetto all'ambiente nel quale sono stati realizzati i rilievi radar.

Le riflessioni identificate nella chiesetta del Purgatorio (Fig. 3) hanno evidenziato, in modo chiaro e inequivocabile, la presenza di strati paralleli e sub-orizzontali al di sotto già dei primi 70-80 cm rispetto al piano di calpestio attuale. Tali anomalie potrebbero evidenziare l'esistenza di strutture appartenenti ad una fase presumibilmente coeva con quella riportata alla luce dagli scavi archeologici eseguiti di recente al disotto della chiesa di san Nicola. All'interno di questo "livello di sottosuolo" sono presenti anomalie che potrebbero coincidere con la presenza di strutture (muri, tombe, antico piano di calpestio, ecc.).

Infine, le attività svolte in corrispondenza delle aree comprese tra la chiesa e la torre (Fig. 4) hanno mostrato la presenza di riflessioni imputabile alla presenza di vuoti e strutture che si sviluppano in particolare nei primi 8-10 metri del fronte nord della piazza, a una profondità approssimativamente non inferiore a 80-100 cm. Si segnala, inoltre, la presenza di altri eventi anomali a profondità maggiori, dovuti molto probabilmente alla fratturazione del sottosuolo.

CONCLUSIONI

In questo contributo sono stati illustrati i primi risultati delle analisi geofisiche effettuate nel comune di Cisternino, finalizzate all'individuazione nel sottosuolo di anomalie di possibile interesse archeologico. I rilievi GPR mostrano la presenza di numerose riflessioni ed allineamenti che, abbinati ad una corretta e precisa analisi storica ed archeologica, possono fornire elementi chiave alla ricostruzione dell'assetto urbanistico di epoche passate (es. localizzazione delle strutture di fondazione della Porta Grande) e all'identificazione di elementi chiave utili ad indirizzare indagini archeologiche mirate da eseguire, ad esempio, nella chiesetta del Purgatorio o nell'area compresa tra la chiesa e la torre (piazza G. Garibaldi). In definitiva, i risultati ottenuti hanno permesso di rilevare anomalie geofisiche di notevole interesse, che, potrebbero portare ad una miglior comprensione della storia degli edifici nonché ad una ulteriore valorizzazione degli stessi.

BIBLIOGRAFIA

BOTTARI C., ARINGOLI D., CARLUCCIO R., CASTELLANO C., D'AJELLO CARACCILO F., GASPERINI M., MATERAZZI M., NICOLOSI I., PAMBIANCHI G., PIERUCCINI P., SEPE V., URBINI S., VARAZI F. (2017) *Geomorphological and geophysical investigations for the characterization of the Roman Car-*

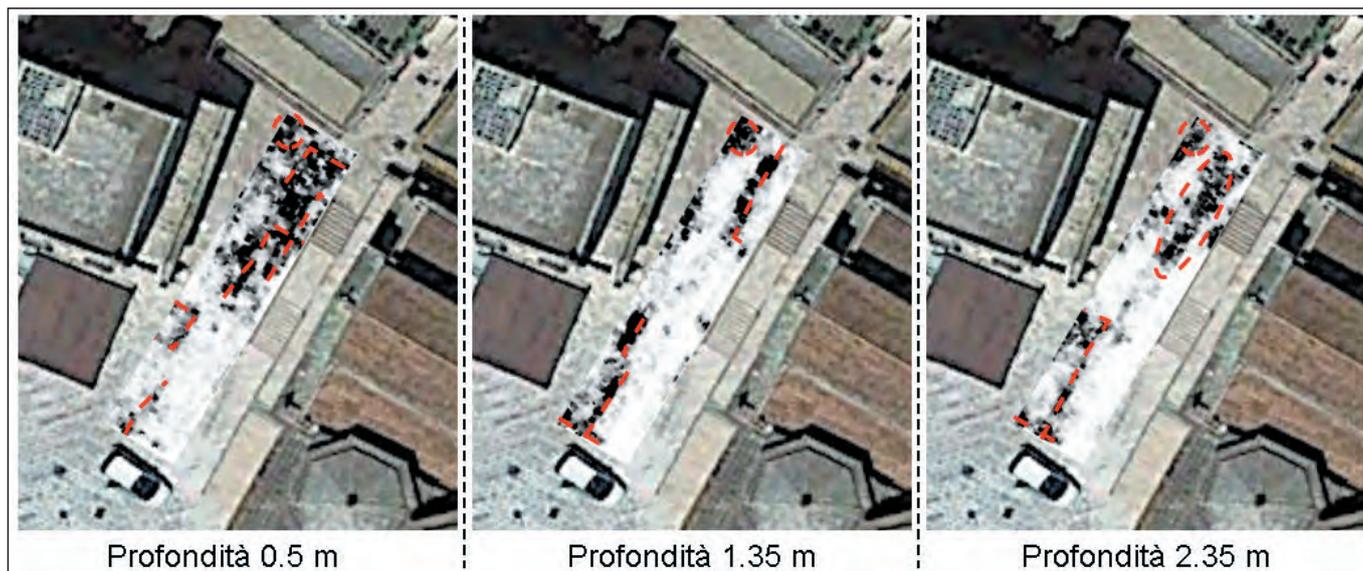


Figura 4 - *Depth slices* relative alle indagini eseguite in corrispondenza delle aree comprese tra la chiesa e la torre con antenna da 400 MHz e con indicazione di alcuni elementi più informativi. Con la linea tratteggiata rossa vengono indicati possibili allineamenti dovuti alla presenza di strutture.

sulae site (Tiber basin, Central Italy). *Journal of Applied Geophysics* 143, 74–85.

CAPOZZOLI L., RIZZO E. (2017) *Combined NDT techniques in civil engineering applications: Laboratory and real test*. *Constr. Build. Mater.* 154, 15.

CAPOZZOLI L., CAPUTI A., DE MARTINO G., GIAMPAOLO V., LUONGO R., PERCIANTE F., RIZZO E. (2015) *Electrical and electromagnetic techniques applied to an archaeological framework reconstructed in laboratory*. In: *Advanced ground penetrating radar (IWAGPR)*. <https://doi.org/10.1109/iwagpr.2015.7292655>.

FABREGAT I., GUTIÉRREZ F., ROQUÉ C., COMAS X., ZARROCA M., CARBONEL D., GUERRERO J., LINARES R. (2017) *Reconstructing the internal structure and long-term evolution of hazardous sinkholes combining trenching, electrical resistivity imaging (ERI) and ground penetrating radar (GPR)*. *Geomorphology* 285, 287–304.

GABAS A., MACAU A., BENJUMEA B., BELLMUNT F., FIGUERAS S., VILÀET M. (2014) *Combination of geophysical methods to support urban geological mapping*. *Surv. Geophys.* 35, 983-1002.

MARGIOTTA S., NEGRI S., PARISE M., VALLONI R. (2012) *Mapping the susceptibility to sinkholes in coastal areas,*

based on stratigraphy, geomorphology and geophysics. *Natural Hazards*, 62 (2), 657-676, DOI 10.1007/s11069-012-0100-1.

MARGIOTTA S., NEGRI S., PARISE M., QUARTA T.A.M. (2016) *Karst geosites at risk of collapse: the sinkholes at Nociglia (Apulia, SE Italy)*. *Environmental Earth Sciences*, 75 (1), 1-10, DOI: 10.1007/s12665-015-4848-y.

MASINI N., CAPOZZOLI L., ROMANO G., SIECZKOWSKA D., SILEO M., BASTANTE J., ASTETE VICTORIA F., ZIOLKOWSKI M., LASAPONARA R. (2018) *Archaeo-geophysical based approach for Inca archaeology*. *Surv. Geophys.* <https://doi.org/10.1007/s10712-018-9502-2>

SANDMEIER K.J. (2016) *ReflexW Version 8.1. Program for Processing of Seismic, Acoustic or Electromagnetic Reflection, Refraction and Transmission Data*. Software Manual, Karlsruhe, Germany, 628 p.

SEVIL J., GUTIÉRREZ F., ZARROCA M., DESIR G., CARBONEL D., GUERRERO J., LINARES R., ROQUÉ C., FABREGAT I. (2017) *Sinkhole investigation in an urban area by trenching in combination with GPR, ERT and high-precision leveling*. *Mantled evaporite karst of Zaragoza city, NE Spain*. *Engineering Geology*, 231, 9–20.



CHIMILAB

LABORATORIO DI ANALISI CHIMICHE



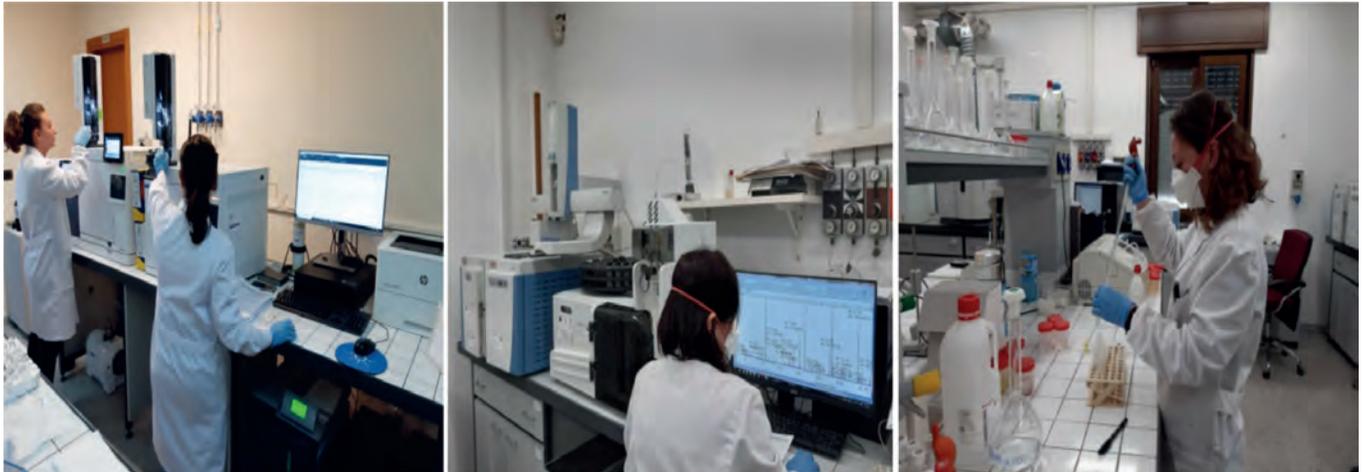
Lab n° 1750L

Membro degli Accordi di Mutuo Riconoscimento
EA, IAF E ILAC

Signatory of EA, IAF and ILAC
Mutual Recognition Agreements

Laboratorio autorizzato dal Ministero della Salute
ad eseguire analisi su materiali contenenti amianto
con codice n° 323 PUG 16

**LABORATORIO DI ANALISI CHIMICHE FISICHE E BATTERIOLOGICHE
ACQUA - ARIA - TERRENI - RIFIUTI - FANGHI - AMIANTO - RADON - RUMORI**



CHIMILAB S.R.L. è inoltre società di consulenza su varie tematiche ambientali

Siti inquinati: piani di caratterizzazione monitoraggio, analisi del suolo

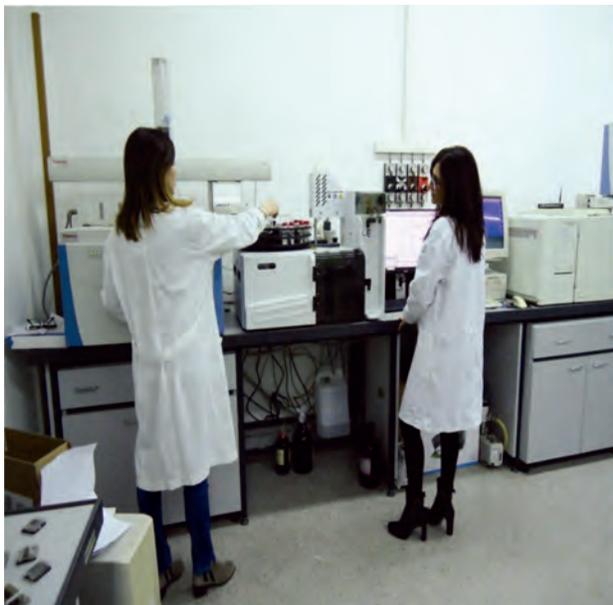
Valutazione d'impatto delle emissioni in Atmosfera

Studio di dispersione degli inquinanti con modello tridimensionale tipo CALPUFF

Valutazione previsionale di Impatto Acustico

Piani Monitoraggio ambientali sulle matrici acqua, aria e suolo

Campionamenti ambientali ed in condotto



Sede legale: Viale Degli Artigiani, 13 · 73049 Ruffano (LE)
Sede operativa: Via F.lli Bandiera, 10 · 73042 Casarano (LE)
Mail: amministrazione@chimilabsrl.eu · laboratorio@chimilabsrl.eu
Tel. e fax: 0833.1857699 · PI 05079940754
Pec: chimilab.srl@legalmail.it
Sito web: www.chimilabsrl.eu



GEOPROVE S.R.L.

LABORATORIO MATERIALI DA COSTRUZIONE • LABORATORIO TERRE E ROCCE
INDAGINI GEOGNOSTICHE E GEOFISICHE



Autorizzazione ministeriale ad effettuare e certificare prove su materiali da costruzione DM 275 del 12 giugno 2018.

Autorizzazione ministeriale ad effettuare e certificare prove su terre, rocce e prove in sito DM 278 del 14 giugno 2018.



GEOPROVE S.R.L. P. IVA 03940580750 • Capitale Sociale € 500.000,00 • Iscrizione alla CCIAA 255978

Sede Legale e Laboratorio Terre e Rocce Via Il Giugno 2, 73049 Ruffano (LE) • Laboratorio Materiali Via Benedetto Falcone snc ZI 73049 Ruffano (LE) •

Unità Locale Via Olanda, Zona Industriale Surbo, 73010 Lecce (LE) • Telefono e Fax 0833 692992 • Cell. 329 359 9093 | www.geoprove.eu • info@geoprove.eu