

Geologia dell'Ambiente

Periodico trimestrale della SIGEA
Società Italiana di Geologia Ambientale



Supplemento al n. 2/2012

ISSN 1591-5352

Atti del convegno nazionale
DISSESTO IDROGEOLOGICO
Il pericolo geoidrologico
e la gestione del territorio in Italia
Roma, 10 giugno 2011
a cura di Luciano Masciocco

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 Roma



COMITATO SCIENTIFICO

Roberto AJASSA
Giuseppe BASILE
Marcello BENEDINI
Giorgio CESARI
Domenico Antonio DE LUCA
Francesco FACCINI
Antonello FIORE
Mauro FORNARO
Giuseppe GISOTTI
Giancarlo GUADO
Fausto GUZZETTI
Ugo MAJONE
Luciano MASCIOTTO
Franco ORTOLANI
Luigi PENNETTA
Maurizio POLEMIO
Sergio STORONI RIDOLFI
Massimo VELTRI
Andrea VITTURI

RESPONSABILE ORGANIZZATIVO

Luciano MASCIOTTO

COMITATO ORGANIZZATORE

Marcello BENEDINI
Giorgio CESARI
Giuseppe GISOTTI
Fausto GUZZETTI
Luciano MASCIOTTO
Maurizio POLEMIO

SEGRETERIA SCIENTIFICA

Lucia BAIMA
Caterina CAVIGLIA
Enrico DESTEFANIS
Vittoria DRAGONE

ENTI PATROCINATORI

Anno Internazionale del Pianeta Terra
Associazione Georisorse e Ambiente
Associazione Italiana di Geografia Fisica e Geomorfologia
Associazione Italiana di Geologia Applicata e Ambientale
Consiglio Nazionale dei Geologi
Coordinamento delle Associazioni Tecnico-scientifiche per l'Ambiente e il Paesaggio
Dipartimento di Scienze della Terra Università degli Studi di Torino
EuroGeoSurveys
Federazione Italiana Dottori in Agraria e Forestali
Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare
Ordine degli Agronomi della Provincia di Roma
Ordine degli Architetti della Provincia di Roma
Ordine dei Geologi del Lazio
Ordine dei Dottori Agronomi e dei Dottori Forestali di Roma
Ordine degli Ingegneri della Provincia di Roma
Società Geologica Italiana

CON IL SOSTEGNO DI

Geobru gg Italia SRL
Gruppo Officine Maccaferri
Prati Armati® S.r.l.



Roma, 10 giugno 2011
Aula convegni del CNR - Piazzale Aldo Moro, 7

Convegno Nazionale

DISSESTO IDROGEOLOGICO Il pericolo geoidrologico e la gestione del territorio in Italia

Organizzato da

SIGEA (Società Italiana di Geologia Ambientale)
CNR-IRPI (Istituto di Ricerca sulla Protezione Idrogeologica)
AIIT (Associazione Idrotecnica Italiana)

PRESENTAZIONE

Il Convegno è indirizzato in modo particolare ai tecnici e ai ricercatori (geologi, ingegneri, architetti, agronomi, forestali, ecc.) interessati alla problematica del dissesto idrogeologico, per fornire un quadro aggiornato sulla gestione del nostro territorio, in gran parte soggetto ai pericoli di frana e inondazione. A tal fine si prevede il coinvolgimento dei "decisionari" (politici e amministratori pubblici), del personale tecnico delle istituzioni pubbliche competenti nonché delle imprese che operano in questo settore.

Il convegno si concentra inizialmente sui fenomeni franosi e alluvionali che continuano a colpire il nostro Paese, sull'occupazione da parte dell'uomo delle zone pericolose, sugli interventi strutturali per ridurre la vulnerabilità dei beni esposti (e di conseguenza il rischio idrogeologico) e sulla gestione dell'emergenza. Particolare attenzione sarà rivolta agli interventi non strutturali utili alla prevenzione del rischio idrogeologico. Nella seconda parte del convegno si intende focalizzare la discussione su alcuni argomenti specifici. Da un lato, si vuole valutare l'opportunità che anche in Italia, come in altri Paesi, si adottino forme di assicurazione sui beni esposti al rischio idrogeologico, con possibili ripercussioni positive sia sulla spesa pubblica in materia di difesa del suolo sia sulla responsabilizzazione della popolazione. D'altro canto si vogliono individuare, alla luce dell'entrata in vigore del d.lgs. 152/2006 e s.m.i. e del Decreto Legislativo n. 49/2010, attuazione della direttiva 2007/60/CE relativa alla valutazione e alla gestione dei rischi di alluvioni, le competenze pubbliche in materia di difesa del suolo e possibilmente invitare le istituzioni pubbliche a illustrare le attività, i programmi e le problematiche riguardanti la corretta gestione del territorio, nonché esempi di buone pratiche.

Altro argomento è quello della rilevanza dei fondi destinati agli interventi in materia di difesa del suolo, anche in considerazione degli Accordi di Programma tra il Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare e le Regioni. Si vuole infine ricordare che il corretto uso del territorio non dipende solo dall'esistenza di buone leggi, ma soprattutto sulla loro corretta applicazione da parte delle Amministrazioni Locali, dei tecnici abilitati e dei cittadini: senza la collaborazione virtuosa tra tali soggetti, sarà difficile ridurre il rischio idrogeologico nel nostro Paese.

Sprofondamenti connessi a cavità di origine antropica in Puglia

ANTONELLO FIORE
Autorità di Bacino della Puglia, Bari
e-mail: antonello.fiore@adb.puglia.it

MARIO PARISE
CNR IRPI, Bari
e-mail: m.parise@ba.irpi.cnr.it

RIASSUNTO

L'elevato numero di cavità di origine antropica in Puglia è all'origine dei numerosi eventi di sprofondamento che interessano periodicamente, e con frequenza crescente negli ultimi anni, i centri abitati del territorio regionale, e le relative aree periferiche. Anche se la tipologia delle cavità antropiche risulta estremamente varia, gran parte dei dissesti è attribuibile a cave sotterranee, scavate in genere a partire dai primi decenni del secolo scorso per l'estrazione delle rocce calcarenitiche, diffusamente utilizzate come materiale da costruzione. Il presente lavoro descrive i principali eventi per i quali è stata reperita documentazione, evidenziando la necessità di dedicare a questo tipo di dissesto idrogeologico una particolare attenzione, al fine di mitigare i rischi da esso derivanti.

Il territorio della Regione Puglia presenta un elevato numero di cavità scavate dall'uomo nel sottosuolo, in epoche diverse e con finalità estremamente diversificate: da semplici spazi utili per le attività agropastorali quali depositi per derrate alimentari, fosse granarie, cantine e frantoi, a luoghi di culto di notevole importanza storico-archeologica, a veri e propri insediamenti civili, sino a cave e miniere di notevole estensione. Nell'insieme, il sottosuolo pugliese è intensamente caratterizzato da cavità ipogee, per gran parte delle quali si è persa nel tempo

la memoria storica, e di cui pertanto non si conosce l'esatta localizzazione, né tantomeno lo sviluppo plano-altimetrico, le geometrie e le condizioni di degrado e/o di instabilità dei materiali. Tutto ciò è all'origine della maggior parte degli eventi di sprofondamento (*sinkhole*) che periodicamente avvengono in Puglia sia nelle aree urbanizzate che nelle periferie dei grandi centri abitati.

Dal punto di vista della privata e pubblica incolumità, gli sprofondamenti connessi a cavità antropiche pongono certamente maggiori problemi rispetto a quelli da cavità naturali: le cavità antropiche, sin dall'antichità, hanno sempre avuto un forte collegamento con le attività umane sia di tipo episodico che stanziale. Esse si rinvergono nella maggior parte dei casi al di sotto dei centri urbani, o in prossimità di questi ultimi, per cui eventuali evoluzioni e modifiche strutturali che le interessino mettono quasi sempre a rischio anche l'ambiente antropizzato. Allorquando poi la presenza delle cavità si è perduta nel tempo e in più non è stata garantita una manutenzione, una adeguata ventilazione o un

monitoraggio di tipo vivo in grado di registrare e segnalare eventuali situazioni di pericolo quali crolli o stillicidio di acqua, molte aree oggetto di scavi sotterranei che una volta erano periferiche sono state inglobate dall'espansione urbanista poco accorta degli ultimi decenni all'interno del tessuto urbano; ciò ha inevitabilmente portato a costruire, talora inconsapevolmente, ma talvolta con grave consapevolezza, al di sopra di vuoti sotterranei, con conseguenze di frequente gravi (Fig. 1).

Le oggettive difficoltà di accessibilità alle cavità antropiche pongono la necessità di definire criteri tecnico-scientifici *ad hoc* per l'analisi del problema, a partire dalla localizzazione delle cavità, la misurazione delle relative geometrie, nonché di elementi quali pilastri, setti e calotte, i rilievi geologico-strutturali, la valutazione della effettiva pericolosità per l'ambiente antropizzato, sino alla scelta degli eventuali interventi da realizzare, tanto nella fase di emergenza che in quella di prevenzione a medio-lungo termine.

In Puglia, oltre a casi ben noti come quelli di Canosa di Puglia e di Andria, che nel corso

Figura 1 – Pali di fondazione all'interno di cave sotterranee ad Altamura (foto: archivio CARS-Apogeo). Da notare, nella foto b), la frattura in volta, presumibilmente causata dalla realizzazione del palo.





Figura 2 – Crollo di una parete divisoria tra ambienti di cava sotterranea a Cutrofiano, in provincia di Lecce.

degli anni '70 e '80 causarono anche alcune vittime, praticamente quasi tutte le cittadine pugliesi risultano interessate dalla presenza di cavità, sia naturali che antropiche. Si tratta quindi di un pericolo estremamente diffuso, e troppo spesso sottovalutato rispetto ad altri eventi di dissesto idrogeologico, quali ad esempio le frane o le alluvioni. Questa situazione di diffuso pericolo fu evidenziata alcuni anni orsono anche dai dati derivanti dai progetti "Rischio Cavità" e "Progetto *Sinkholes*", svolti a cura del Dipartimento della Protezione Civile (CORAZZA, 2004): l'analisi preliminare del quadro conoscitivo emerso mostrava infatti come i fenomeni dovuti a cavità antropiche fossero nettamente prevalenti sul territorio nazionale rispetto a quelli dovuti a cavità di origine naturale (794 casi contro 215). La Puglia, in particolare, risultava tra le regioni maggiormente interessate dai fenomeni di sprofondamento, con 92 casi di dissesto, 58 dei quali imputabili a cavità antropiche e 34 a cavità di origine naturale.

A partire dai primi anni del terzo millennio, a seguito di numerosi eventi avvenuti nel territorio regionale pugliese, l'attenzione si è particolarmente soffermata sui fenomeni di *sinkhole*, che sono stati oggetto di varie iniziative, sia a carattere amministrativo e di gestione e pianificazione territoriale, che da parte della comunità scientifica. Le Autorità di Bacino competenti (AdB Puglia e, per parte

del territorio al confine con la Basilicata, AdB Basilicata) hanno emesso, rispettivamente, in data 25 luglio 2006 un "Atto di indirizzo per la messa in sicurezza dei territori a rischio cavità sotterranee", e, in data 25 febbraio 2008, la delibera "Direttiva per la gestione e messa in sicurezza delle aree interessate da cavità sotterranee". In tali documenti venivano elencate le procedure da seguire per interventi in aree a pericolosità geomorfologica per presenza di cavità sotterranee, indicando al contempo anche le analisi da eseguire per la completa caratterizzazione geologica e geotecnica dei siti (FIORE, 2006; FIORE & LANZINI, 2007; CAGGIANO *et alii*, 2007, 2008a, b; BERARDI *et alii*, 2010). Successivamente, l'Autorità di Bacino della Puglia ha avviato uno specifico progetto sulle cavità antropiche, a cura del CNR-IRPI (BARNABA *et alii*, 2010).

La Puglia, al pari di molte altre regioni italiane, presenta una estrema varietà di tipologie di cavità artificiali, da mettere in relazione alle varie vicende storiche ed urbanistiche che si sono succedute nel corso delle epoche. Alcune tipologie risultano più frequenti di altre, ad esempio le opere insediative civili che caratterizzano i tantissimi insediamenti rupestri, distribuiti sull'intera regione (FONSECA, 1970, 1980; FONSECA *et alii*, 1979; LAUREANO, 1993, 1995), i diffusissimi luoghi di culto nelle gravine dell'arco ionico tarantino (FONSECA, 1980, 1991; FALLA CASTEL-

FRANCHI, 1991; DELL'AQUILA & MESSINA, 1998), le opere idrauliche (MARANÒ, 2006; PARISE, 2007, 2009; PARISE *et alii*, 2009) o, infine, gli opifici sotterranei tipici di alcuni settori della regione (i frantoi ipogei del Salento; REGIONE PUGLIA, 1993; MONTE, 1995; STENDARDO, 1995; DE MARCO *et alii*, 2004).

È interessante notare come alcune aree del territorio regionale, in genere non considerate suscettibili a problemi di *sinkhole*, presentino in realtà alcuni eventi che, significativamente, pongono anch'esse all'attenzione per sprofondamenti connessi a cavità antropiche. I centri abitati del Sub-Appennino Dauno, ad esempio, non sono caratterizzati da presenza delle litologie che usualmente si prestano a scavi da parte dell'uomo, vale a dire le calcareniti Plio-Pleistoceniche. Ciò nonostante, le formazioni flyschoidi presenti in zona, ed in particolare i membri arenaceo-conglomeratici, sono stati oggetto di scavo per la realizzazione di cantine, depositi, e luoghi dove conservare derrate alimentari. In alcuni abitati, come San Marco La Catola e Sant'Agata di Puglia (PARISE & WASOWSKI, 2001), tali ipogei sono talmente diffusi da avere ripetutamente creato problemi di stabilità a numerose arterie stradali, come testimoniato dai ripetuti sopralluoghi di protezione civile eseguiti nel corso degli anni dai tecnici del GNDCI (Gruppo Nazionale per la Difesa dalle Catastrofi Idrogeologiche).

Una delle tipologie maggiormente diffuse è poi quella delle cave sotterranee. Era infatti frequente in Puglia l'estrazione di materiali da costruzione dal sottosuolo, spesso con realizzazione di sistemi caveali che si estendevano per svariati chilometri di lunghezza. La scelta dell'attività estrattiva in sottoterraneo derivava dalle locali condizioni geologiche e morfologiche (DEL PRETE & PARISE, 2007), con i litotipi di interesse non affioranti ma presenti a una certa profondità, ed era inoltre ulteriormente motivata dalla necessità di conservare l'utilizzo agricolo dei terreni, in territori in cui la produzione agricola costituiva il principale sostentamento (PARISE, 2010, 2011).

Le situazioni di maggiore interesse in relazione a eventi di sprofondamento derivano, in particolare, dalla presenza di cave sotterranee, molto diffuse nei litotipi di copertura del substrato calcareo Mesozoico, costituiti da rocce calcarenitiche plio-pleistoceniche. Sono proprio le calcareniti, infatti, a essere l'oggetto dell'attività estrattiva ipogea, mediante la realizzazione di complessi sistemi di gallerie, talvolta molto regolari (Cutrofiano, Canosa di Puglia, Barletta), talaltra più disordinati e complessi (Gallipoli, Gagliano del Capo, Altamura). Specialmente allorquando le cave sono localizzate a piccola profondità (entro i primi 10 m dalla superficie) l'evoluzione per dissesti da volta e pareti degli ambienti ipogei (Fig. 2) può progredire verso l'alto, sino a determinare lo sviluppo di un *sinkhole*. Tali fenomeni sono chiaramente favoriti da processi di alterazione progressiva nell'ammasso roccioso calcarenitico, indotti dalle particolari condizioni microclimatiche dei siti, dalle perdite delle reti idriche e fognanti, da eventuali scarichi di liquami nelle cave sotterranee, e da azioni antropiche in superficie (vibrazioni causate dal traffico e/o da lavori di costruzione fabbricati, scavi, dalla realizzazione di trincee per la realizzazione di sottoservizi, ecc.; Fig. 3).

Una approfondita ricerca storica e bibliografica ha consentito la raccolta di informazioni su 40 eventi di sprofondamento connessi

alla presenza di cavità sotterranee di origine antropica. Tali eventi coprono un arco temporale che va dai primi decenni del novecento ai giorni nostri, con un netto incremento negli ultimi 5 anni (il 36% degli eventi). Va detto che gli eventi individuati, per i quali non è sempre stato possibile risalire ad una data completa (giorno, mese, anno), rappresentano certamente solo una parte di quelli effettivamente avvenuti. Numerose sono le motivazioni che giustificano la difficoltà nel reperire dati sui *sinkhole*: dalla riluttanza dei proprietari dei terreni nel denunciare tali eventi, per timore di deprezzamento della proprietà, o dell'essere obbligati a realizzare i necessari lavori di risanamento, alla nota mancanza di specifici archivi sui dissesti idrogeologici da parte delle amministrazioni competenti. Ciò nondimeno, i 40 eventi per i quali si è riusciti a trovare documentazione testimoniano la frequenza degli eventi di *sinkhole*, la distribuzione spaziale che copre l'intero territorio regionale, e i danni che derivano alla società civile a causa del verificarsi di questi fenomeni.

Nel dettaglio, la prima parte dei *sinkhole* riportati in Tab. 1 si riferisce nella quasi totalità dei casi a eventi che hanno interessato le città di Canosa di Puglia (SOCIETÀ ITALIANA PER CONDOTTE D'ACQUA S.P.A., 1989; CHERUBINI *et alii*, 1993) e Andria. Solo a partire dagli anni '90 si trova documentazione relativa a casi di *sinkhole* avvenuti in altre zone del territorio regionale, da San Marco La Catola, a Grottaglie, a Capurso. Particolare attenzione destò ad esempio il caso di Grottaglie, allorquando l'11 novembre 1995 si verificò il crollo di una porzione della volta di un frantoio ipogeo adibito a laboratorio per la produzione di ceramica, che provocò il ferimento di due persone. Una situazione molto diffusa nella cittadina in provincia di Taranto, dove sono numerose le attività lavorative che si svolgono in ambienti ipogei, specialmente nel Quartiere delle Ceramiche.

A partire dal 2006 sono avvenuti sprofondamenti nei territori di varie cittadine pugliesi, in molti casi anche all'interno di aree urbane, come ad Altamura nella zona di San

Tommaso, dove sono presenti numerose cave sotterranee di calcareniti. Alcune cave erano note sin dal 1992, grazie alle esplorazioni del Centro Altamurano Ricerche Speleologiche (MARTIMUCCI *et alii*, 2010), ma solo dopo i primi dissesti furono avviati rilievi sistematici delle stesse, anche mediante l'adozione di nuove tecniche per l'accesso in sicurezza alle cavità (BERARDI *et alii*, 2010; SPILOTRO *et alii*, 2010).

Uno dei casi più eclatanti, che ha maggiormente richiamato l'attenzione dell'opinione pubblica, è quello avvenuto a Gallipoli il 27 marzo 2007 (DELLE ROSE, 2007; PARISE & DELLE ROSE, 2009), con l'apertura di una voragine (poi ampliata a causa di poco felici interventi di colmamento con materiali inerti) in Via Firenze, per il crollo della volta di una delle numerose cave sotterranee presenti nell'area. Fortunatamente, la voragine lambì soltanto alcune palazzine per civile abitazione, e non si registrarono vittime, ma va detto che già da diversi anni erano state denunciate situazioni di pericolo per le condizioni di instabilità osservate nelle cave sotterranee di Gallipoli (FIORITO & ONORATO, 2004).

Altro distretto estrattivo di grande importanza è quello di Cutrofiano, in Salento, dove svariate decine di chilometri di gallerie sono state scavate, prima manualmente e poi meccanicamente nel sottosuolo, a profondità variabili tra i 7-10 m e i 40 m (TONI & QUARTULLI, 1986; TONI, 1990). Vari eventi di *sinkhole* sono stati registrati, sino a quelli più recenti che minacciano ancora oggi le principali arterie stradali che collegano Cutrofiano agli altri centri abitati siti più a sud (PARISE *et alii*, 2008; DE PASCALIS *et alii*, 2010).

Tra i casi più recenti da ricordare, l'evento di maggiori dimensioni è avvenuto in agro di Barletta, anche qui per il crollo della volta di una antica cava sotterranea, della quale si era persa memoria (DE GIOVANNI *et alii*, 2011).

In definitiva, emerge dal presente studio un quadro certamente poco rassicurante dei fenomeni di *sinkhole* connessi a cavità antropiche in Puglia: la diffusione di cavità scavate dall'uomo è talmente elevata che si può affer-



Figura 3 – Evidenze di sottoservizi, dall'interno di cavità artificiali al di sotto del centro abitato di Gravina in Puglia.

Tabella 1 – Elenco dei casi di sprofondamento connessi a cavità antropiche in Puglia.

n.	data	luogo	provincia	tipologia cavità
1	1925	Canosa di Puglia	BAT	cava sotterranea
2	1947	Altamura	BA	cava sotterranea
3	08 Marzo 1955	Canosa di Puglia	BAT	cava sotterranea
4	Luglio 1956	Cutrofiano	LE	cava sotterranea
5	08 Aprile 1957	Canosa di Puglia	BAT	cava sotterranea
6	Maggio-Giugno 1957	Cutrofiano	LE	cava sotterranea
7	27 Novembre 1959	Andria	BAT	cava sotterranea (?)
8	03 Febbraio 1972	Andria	BAT	cava sotterranea
9	13-14 Ottobre 1972	Andria	BAT	cava sotterranea
10	11 Dicembre 1972	Andria	BAT	cava sotterranea (?)
11	03 Gennaio 1973	Andria	BAT	?
12	21 Luglio 1973	Andria	BAT	cava sotterranea (?)
13	05 Maggio 1974	Andria	BAT	cava sotterranea (?)
14	05 (?) Febbraio 1979	Andria	BAT	?
15	20 Febbraio 1980	Andria	BAT	cava sotterranea (?)
16	prima di Aprile 1985	Cutrofiano	LE	cava sotterranea
17	1986	Canosa di Puglia	BAT	cava sotterranea
18	04 Maggio 1990	Canosa di Puglia	BAT	cava sotterranea
19	20 Dicembre 1992	S. Marco La Catola	FG	cantina-deposito
20	11 Novembre 1995	Grottaglie	TA	frantoio ipogeo
21	Febbraio 1996	Cutrofiano	LE	cava sotterranea
22	24 Gennaio 1997	Capurso	BA	
23	1998	S. Marco La Catola	FG	cantina-deposito
24	05 Settembre 1999	Canosa di Puglia	BAT	cava sotterranea
25	16 Giugno 2000	Sant'Agata di Puglia	FG	cantina-deposito
26	03 Ottobre 2000	Sant'Agata di Puglia	FG	cantina-deposito
27	Marzo 2006	Altamura	BA	cava sotterranea
28	Aprile 2006	Candela	FG	cantina-deposito
29	29 Marzo 2007	Gallipoli	LE	cava sotterranea
30	05 Maggio 2007	Gallipoli	LE	?
31	07 Maggio 2007	Altamura	BA	cava sotterranea
32	12 Febbraio 2008	Lequile	LE	?
33	15 Luglio 2008	Cutrofiano	LE	cava sotterranea
34	03 Dicembre 2008	Altamura	BA	cava sotterranea
35	Febbraio 2009	Ginosa in Puglia	TA	cava sotterranea
36	Marzo 2010	Cutrofiano	LE	cava sotterranea
37	03 Maggio 2010	Barletta	BAT	cava sotterranea
38	Maggio 2010	Cutrofiano	LE	cava sotterranea
39	Ottobre 2010	Cutrofiano	LE	cava sotterranea
40	Novembre 2010	Gallipoli	LE	cava sotterranea

mare che sono ben poche le aree del territorio regionale dove non se ne registri la presenza. Se poi a queste si aggiungono le oltre 2000 cavità carsiche, di origine naturale, si comprende come la Puglia debba necessariamente dedicare maggiore attenzione e risorse allo studio delle cavità esistenti sul territorio regionale, alla valutazione della possibilità di dissesti al loro interno, e di ripercussioni in superficie, e alle interazioni che tali cavità possono avere con l'ambiente antropizzato e le infrastrutture esistenti. Una gestione del territorio che non tenga nel debito conto tali

aspetti risulterà certamente insufficiente, e contribuirà a rendere vulnerabili, e quindi potenzialmente coinvolti in danni, ampi settori della regione Puglia (FIORE *et alii*, 2011b).

In particolare, sarebbero da approfondire alcuni aspetti fondamentali relativi ai *sinkhole* connessi a cavità antropiche, vale a dire:

- la esatta localizzazione e geometria delle cavità e le loro condizioni reali di stabilità, anche in connessione ai fenomeni di alterazione che, nel tempo, determinano la significativa riduzione delle caratteristiche di resistenza meccanica degli ammassi

rocciosi calcarenitici (ZUPAN HAJNA, 2003; ANDRIANI, 2006);

- la modellazione numerica dei fenomeni di instabilità osservati nel sottosuolo, la cui propagazione progressiva verso l'alto può determinare la formazione di veri e propri *sinkhole* (WALTHAM & LU, 2007; LOLLINO & PARISE, 2010; PARISE & LOLLINO, 2011);
- la valorizzazione delle cavità artificiali di maggiore valenza storico-architettonica e/o geologica (FIORE *et alii*, 2010a), anche grazie ai recenti sviluppi della normativa regionale in materia.

BIBLIOGRAFIA

- ANDRIANI G.F. (2006), *Considerazioni sugli effetti del weathering in rocce calcarenitiche utilizzate per manufatti di interesse storico e architettonico*. Atti Convegno "Le risorse lapidee dall'antichità ad oggi in area Mediterranea", Canosa di Puglia, GEAM, 233-238.
- BARNABA F., CAGGIANO T., CASTORANI A., DELLE ROSE M., DI SANTO A.R., DRAGONE V., FIORE A., LIMONI P.P., PARISE M., SANTALOIA F. (2010), *Sprofondamenti connessi a cavità antropiche nella regione Puglia*. Atti 2° Workshop Int. "I sinkholes. Gli sprofondamenti catastrofici nell'ambiente naturale ed in quello antropizzato", Roma, 3-4 dicembre 2009, 653-672.
- BERARDI C., BUONAMASSA G., DENORA A., FIORE A., LORUSSO G., PEPE P., WALSH N., ZACCARIA V. (2010), *Attività di censimento per la pianificazione nelle aree interessate da cavità antropiche. Il Catasto delle Cavità Sotterranee (CCS) di Altamura (BA). Un modello litotecnico e di comportamento previsionale*. 2° Workshop Int. "Gli sprofondamenti catastrofici nell'ambiente naturale ed in quello antropizzato", Roma 3-4 dicembre 2009, 673-683.
- CAGGIANO T., DI SANTO A.R., FIORE A., PALUMBO N. (2007), *Attività dell'Autorità di Bacino della Puglia per l'individuazione, il censimento e la pianificazione degli interventi per la messa in sicurezza dei territori a rischio sprofondamento per la presenza di cavità sotterranee*. Geologi & Territorio, **4**-2006/1-2007, 32-34.
- CAGGIANO T., FIORE A., PALERMO M.T. (2008a), *Indagini geognostiche finalizzate alla caratterizzazione ed all'attivazione della rete di monitoraggio delle aree in dissesto connesso alla presenza di cavità antropiche nei pressi di via Firenze nell'abitato del Comune di Gallipoli (LE)*. Fondi Por-Puglia 2000-2006.
- CAGGIANO T., FIORE A., PELLEGRINO R. (2008b), *Indagini geognostiche finalizzate alla caratterizzazione ed all'attivazione della rete di monitoraggio delle aree in dissesto connesso alla presenza di cavità antropiche in località "Fornaci-Chiancone" nell'abitato del Comune di Altamura (BA)*. Fondi Por-Puglia 2000-2006.
- CHERUBINI C., GERMINARIO S., PAGLIARULO R., RAMUNNI F.F. (1993), *Caratterizzazione geomeccanica delle calcareniti di Canosa in relazione alla stabilità degli ipogei*. Atti I Conv. Naz. "Le pietre da costruzione in Puglia: il Tufo Calcarea e la Pietra Leccese", Bari, 221-230.
- CORAZZA A. (2004), *Il rischio di fenomeni di sprofondamento in Italia: le attività del Dipartimento della Protezione Civile*. Atti 1° Seminario "Stato dell'arte sullo studio dei fenomeni di sinkholes e ruolo delle amministrazioni statali e locali nel governo del territorio", Roma, 20-21 Maggio 2004, 319-330.
- DE GIOVANNI A., MARTIMUCCI V., MARZULLI M., PARISE M., PENTIMONE N., SPORTELLI D. (2011), *Operazioni di rilievo e analisi preliminare dello sprofondamento in località San Procopio (Barletta, 2-3 maggio 2010)*. VII Convegno Nazionale di Speleologia in Cavità Artificiali, Urbino, 4-8 dicembre 2010, Opera Ipogea, 1/2, 151-158.
- DELL'AQUILA F., MESSINA A. (1998), *Le chiese rupestri di Puglia e Basilicata*. Mario Adda editore, Bari, 277 pp.
- DELLE ROSE M. (2007), *La voragine di Gallipoli e le attività di Protezione Civile dell'IRPI-CNR*. Geologi e Territorio, **4**/2006-1/2007, 3-12.
- DEL PRETE S., PARISE M. (2007), *L'influenza dei fattori geologici e geomorfologici sulla realizzazione di cavità artificiali*. Opera Ipogea, **2**, 3-16.
- DE MARCO M., FUCCIO M., SANNICOLA G.C. (2004), *Archeologia industriale: i frantoi ipogei nel territorio di Grottaglie (Taranto, Puglia)*. Grotte e Dintorni, **8**, 25-44.
- DE PASCALIS A., DE PASCALIS F., PARISE M. (2010), *Genesi ed evoluzione di un sinkhole connesso a cavità antropiche sotterranee nel distretto estrattivo di Cutrofiano (prov. Lecce, Puglia)*. Atti 2° Workshop Int. "I sinkholes. Gli sprofondamenti catastrofici nell'ambiente naturale ed in quello antropizzato", Roma, 3-4 dicembre 2009, 703-718.
- FALLA CASTELFRANCHI M. (1991), *Pittura monumentale bizantina in Puglia*. Milano.
- FIORE A. (2006), *Pericolosità geologica connessa alla presenza di cavità sotterranee. Atto di indirizzo dell'Autorità di Bacino della Puglia*. Geologi & Territorio, **1-2-3**, 3-11.
- FIORE A., LANZINI M. (2007), *Problematiche di valutazione del rischio di crollo di cavità sotterranee*. Geologi & Territorio, **4**-2006/1-2007, 35-45.
- FIORE A., MARTIMUCCI V., PARISE M. (2011a), *Nuove opportunità per la conservazione e valorizzazione delle cavità artificiali in Puglia*. VII Convegno Nazionale di Speleologia in Cavità Artificiali, Urbino, 4-8 dicembre 2010, Opera Ipogea, 1/2, 187-192.
- FIORE A., PARISE M., STEFANELLI D. (2011b), *Le cavità artificiali in Puglia nell'adeguamento dei nuovi strumenti urbanistici alla pianificazione stralcio di bacino*. VII Convegno Naz. Speleologia in Cavità Artificiali, Urbino, 4-8 dicembre 2010, Opera Ipogea, 1/2, 187-192.
- FIORITO F., ONORATO R. (2004), *Le cave ipogee di Colle S. Lazzaro - Gallipoli. Primi studi*. Atti Spelaion 2004, Lecce, 10-12 dicembre 2004, 125-136.
- FONSECA C.D. (1970), *Civiltà rupestre in terra ionica*. Ed. Bestetti, Roma.
- FONSECA C.D. (1980), *La civiltà rupestre in Puglia*. In: AA.VV., *La Puglia tra Bisanzio e l'Occidente*, 36-116. Milano.
- FONSECA C.D. (1991), *Le grotte della civiltà rupestre*. Itinerari Speleologici, **5**, 13-25.
- FONSECA C.D., BRUNO A.R., INGROSSO V., MAROTTA A. (1979), *Gli insediamenti rupestri medioevali nel Basso Salento*. Congedo Ed., Galatina, 351 pp.
- LAUREANO P. (1993), *Giardini di pietra*. Bollati Boringhieri, Torino, 199 pp.
- LAUREANO P. (1995), *La piramide rovesciata*. Bollati Boringhieri, Torino, 310 pp.
- LOLLINO P., PARISE M. (2010), *Analisi numerica di processi di instabilità in cavità sotterranee e relativi effetti in superficie*. Atti 2° Workshop Int. "I sinkholes. Gli sprofondamenti catastrofici nell'ambiente naturale ed in quello antropizzato", Roma, 3-4 dicembre 2009, 803-816.
- MARANO P. (2006), *Il problema acqua a Grottaglie: sistemi di raccolta dell'acqua piovana*. Tesi di Laurea, Univ. Studi di Firenze, Fac. Architettura, Dip. Restauro e Conservazione dei Beni Architettonici, relatore Arch. L. Marino, a.a. 2005-06, 268 pp.
- MARTIMUCCI V., RAGONE G., DENORA A., CRISTALLO F. (2010), *Le cave di tufo di Altamura - Prime relazioni e notizie sulle esplorazioni*. Atti del XII Incontro Regionale di Speleologia "Spelaion 07", Altamura, 7-9 dicembre 2007, 91-102.
- MONTE A. (1995), *Frantoi ipogei del Salento*. Edizioni del Grifo.
- PARISE M. (2007), *Il Progetto "La Carta degli Antichi Acquedotti Italiani"*. Opera Ipogea, **1**, 3-16.
- PARISE M. (2009), *Distribution and characteristics of ancient underground aqueducts in Italy*. IWA Specialty Conference, 2nd Int. Symp. "Water and wastewater technologies in ancient civilizations", Bari, 28-30 May 2009.
- PARISE M. (2010), *The impacts of quarrying in the Apulian karst*. In: CARRASCO F., LA MOREAUX J.W., DURAN VALSERO J.J., ANDREO B. (eds.), *Advances in research in karst media*. Springer, 441-447.
- PARISE M. (2011), *Alcune considerazioni sulle cave sotterranee in Puglia e sulle relative problematiche*. VII Convegno Nazionale di Speleologia in Cavità Artificiali, Urbino, 4-8 dicembre 2010, Opera Ipogea, 1/2, 217-224.
- PARISE M., WASOWSKI J. (2002), *Prime considerazioni sui fenomeni di dissesto idrogeologico del giugno-ottobre 2000 nel comprensorio comunale di Sant'Agata di Puglia (prov. di Foggia)*. Atti del Convegno "Il dissesto idrogeologico: inventario e prospettive", Roma, 5 giugno 2001, Accademia dei Lincei, **181**, 449-456.
- PARISE M., DELLE ROSE M. (2009), *Sinkhole development induced by underground quarrying, and the related hazard*. Geophysical Research Abstracts, **11**, 214.
- PARISE M., LOLLINO P. (2011), *A preliminary analysis of failure mechanisms in karst and man-made underground caves in Southern Italy*. Geomorphology, **134**, 132-143.
- PARISE M., DE PASCALIS A., DE PASCALIS F., DONNO G., INGUSCIO S. (2008), *Cavità sotterranee a fini estrattivi, e loro connessione con fenomeni di sprofondamento e subsidenza in agro di Cutrofiano (Lecce)*. Atti "Spelaion 2006", Borgo S. Celano, 55-69.
- PARISE M., BIXIO R., BURRI E., CALOI V., DEL PRETE S., GALEAZZI C., GERMANI C., GUGLIA P., MENEGHINI M., SAMMARCO M. (2009), *The map of ancient underground aqueducts: a nation-wide project by the Italian Speleological Society*. Proc. Int. Congr. Speleology, Kerrville (Texas, USA), 19-26 July 2009, **3**, 2027-2032.
- REGIONE PUGLIA (1993), *Trappeti a grotta di Presicce, Acquarica, Ugento, Felline, Alliste, Racale, Melissano*. Ass. P.I. e Cultura, C.R.S.E.C. LE/45, Ugento, Grafo 7 editrice.
- SOCIETÀ ITALIANA PER CONDOTTE D'ACQUA S.P.A. (1989), *Interventi urgenti a salvaguardia della pubblica e privata incolumità. Rilevamento cavità sotterranee della città, studi e indagini geognostiche del territorio. Relazione generale*. Com. Canosa di Puglia, 170 pp.
- SPILOTRO G., SPECCHIO V., PEPE P. (2010), *L'evento del 07.05.2007 di Via Barcellona, Altamura. Il contributo del CARS alle strategie d'intervento di valutazione del rischio connesso (Provincia di Bari, Puglia)*. Atti del XII Incontro Regionale di Speleologia "Spelaion 07", Altamura, 7-9 dicembre 2007, 103-107.
- STENDARDO A. (a cura di) (1995), *Presicce sotterranee*. Congedo Ed., Galatina, 153 pp.
- TONI L. (1990), *Le cave in sotterraneo di Cutrofiano*. Edizioni Del Grifo, 125 pp.
- TONI L., QUARTULLI S. (1986), *Coltivazione di calcareniti in sotterraneo nel comune di Cutrofiano (Lecce)*. Quarry and Construction, 23-26.
- WALTHAM T., LU Z. (2007), *Natural and anthropogenic rock collapse over open caves*. In: PARISE M., GUNN J. (eds.), *Natural and anthropogenic hazards in karst areas: recognition, analysis, and mitigation*. Geol. Society of London, sp. publ., **279**, 13-21.
- ZUPAN HAJNA N. (2003), *Incomplete solution: weathering of cave walls and the production, transport and deposition of carbonate fines*. Carsologica, Postojna-Ljubljana, 167 pp.