

LA VORAGINE DI GALLIPOLI E LE ATTIVITÀ DI PROTEZIONE CIVILE DELL'IRPI-CNR

Marco Delle Rose

Iscritto n° 84/ES ORG Puglia

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

INTRODUZIONE

La Protezione Civile è una componente fondamentale delle Istituzioni nazionali ed ha il compito di mantenere e migliorare il livello di sicurezza e protezione dei cittadini dai danni e pericoli derivanti da eventi calamitosi (Protezione Civile, 2003). In Italia è coinvolta in questa funzione tutta l'organizzazione dello Stato, dai Ministeri alle Amministrazioni periferiche, dagli Enti Pubblici al Corpo Nazionale dei VV.F., alle Associazioni di volontariato. Il ruolo del Consiglio Nazionale delle Ricerche, ed in particolare degli istituti qualificati come Centri di Competenza (Accordo di Programma Quadro PC-CNR, 2006), consiste nello sviluppo di conoscenze, metodologie e tecnologie per la realizzazione di sistemi di monitoraggio, previsione e sorveglianza in stretta collaborazione con i Centri Funzionali di PC, fornendo anche supporto tecnico-scientifico come previsto dalla Direttiva del Presidente del Consiglio dei Ministri del 27 febbraio 2004. L'Istituto di Ricerca per la Protezione Idrogeologica (IRPI) sviluppa, in particolare, attività di ricerca nel settore del dissesto idrogeologico per la prevenzione e previsione di eventi calamitosi e catastrofi, anche in occasioni di emergenza. A tale organizzazione scientifica fa riscontro la cresciuta consapevolezza delle Istituzioni locali ad affrontare adeguatamente le problematiche legate al rischio idrogeologico (Provincia di Lecce, 2006). Nella maturazione di siffatta coscienza, un ruolo fondamentale ha avuto il Gruppo Nazionale per la Difesa dalle Catastrofi Idrogeologiche (GNDCI) del CNR, istituito con Decreto Ministeriale del 12 dicembre 1984, il lavoro dei cui esperti si concretizza in migliaia di verbali, custoditi presso gli archivi delle Pubbliche Amministrazioni beneficiarie delle consulenze, oltre che nelle centinaia di articoli pubblicati su riviste scientifiche nazionali ed internazionali. In tale *corpus scriptorum* sono infatti contenuti sia i principi per la gestione delle situazioni di crisi che le basi per la previsione e prevenzione dei dissesti idrogeologici. In questa nota vengono illustrate le attività svolte in occasione della gestione

della crisi conseguente alla formazione della Voragine di via Firenze a Gallipoli del 29 marzo 2007, e quelle sistematiche in esecuzione sul territorio al fine dello sviluppo delle conoscenze per la previsione di potenziali ulteriori evoluzioni del dissesto e di altri eventi analoghi.

INQUADRAMENTO GEOLOGICO

La Puglia è una delle regioni italiane maggiormente interessate da fenomeni di sprofondamento del suolo per cedimento e crollo di cavità naturali e antropiche (Corazza, 2004a; Delle Rose *et al.*, 2004a). Il Gargano e le Murge sono sedi di alcuni tra gli sprofondamenti di maggiori dimensioni come la Dolina Pozzatina, il Pulo di Altamura e il Pulo di Molfetta (Castiglioni e Sauro, 2000). Tali eventi portano talvolta alla distruzione (Zezza, 1976; Delle Rose e Federico, 2002) o minacciano l'integrità di infrastrutture anche di una certa importanza come strade (Delle Rose, 1992; Carrozzo *et al.*, 1996) e linee ferroviarie (Cacciatore *et al.*, 2005). Il Salento sembra caratterizzarsi per la ripetitività dei fenomeni di dissesto; negli ultimi 16 anni sono stati infatti registrati ben 14 eventi connessi con neoformazioni di *sinkhole* o evoluzioni di dissesti già in atto (Delle Rose *et al.*, 2004b). Tale elevata frequenza è legata alla geologia dell'area, e specie all'evoluzione di processi carsici (Palmentola, 1987; Beccarisi *et al.*, 1999) e ad attività umane di sfruttamento di risorse del sottosuolo ed insediamento sul territorio. Quanto premesso ha indotto l'Autorità di Bacino della Puglia ad emanare un "Atto di indirizzo per la messa in sicurezza dei territori a rischio cavità sotterranee" (AdB Puglia, 2006), che contiene un primo elenco dei Comuni esposti al pericolo di sprofondamenti e indica i modi di realizzazione dei progetti di consolidamento/bonifica di tali dissesti.

Gallipoli è ubicata lungo la costa ionica salentina, su una successione sedimentaria (fig. 1) che rappresenta un riferimento internazionale per il Quaternario da quasi un secolo, dopo gli studi cronostratigrafici di Gignoux (1913) che fecero seguito

alla fondamentale segnalazione di *Mya truncata* di De Giorgi (1903). Tuttavia, è solo nel secondo dopoguerra che si ebbero contributi che precisarono aspetti litostratigrafici e paleontologici dei depositi calcarenitici e marnosi di Gallipoli e del relativo entroterra (Mirigliano, 1953; Gigout, 1960). La seconda edizione della CGI a scala 1:100.000 (Largaiolli *et al.*, 1969), avvalendosi anche delle stratigrafie prodotte dall'Ente Irrigazione, riconosce nell'ambito dei depositi del Pliocene-Quaternario due unità denominate "calcareniti del Salento" e "formazione di Gallipoli" in eteropia di facies. La prima sembrerebbe configurarsi come "gruppo di formazioni", benché i relativi stratotipi non siano mai stati formalizzati, mentre la seconda, che appare riprendere l'originaria definizione delle Argille di Gallipoli di Gignoux (1913), è costituita da due litotipi stratigraficamente sovrapposti, marne argillose e sabbie, il primo correlabile con le Argille Azzurre della Fossa Bradanica (Martinis, 1967a,b; Dell'Anna *et al.*, 1985). Coppa e Crovato (1983) attribuiscono i depositi marnosi di Gallipoli all'Emiliano e al Siciliano in base alle presenze, rispettivamente, di *Hyalinea baltica* e *Globorotalia truncatulinoides excelsa*, mentre Calò *et al.* (1985) avanzano l'ipotesi dell'appartenenza delle unità stratigrafiche più alte della successione ai "depositi

marini terrazzati" (*sensu* Ricchetti, 1972). Cinque ordini di campi e cordoni di dune carbonatiche diagenizzate sono descritti e mappati nell'entroterra di Gallipoli da Palmentola (1987), mentre D'Alessandro *et al.* (1987) confermano la presenza, nell'ambito delle "calcareniti del Salento" sovrastanti la "formazione di Gallipoli" della II ed. del Foglio Gallipoli della CGI, di depositi sedimentologicamente riferibili a terrazzamenti marini medio pleistocenici. Su questo argomento, ricerche di riferimento sono quelle svolte nella più meridionale zona delle Pesculuse da Massari e D'Alessandro (2000). Ulteriore sviluppo di tali concetti è presente nel foglio a scala 1:50.000 Ugento (APAT, 2006) non ancora pubblicato ma consultabile, come bozza, nel sito dell'APAT:

www.apat.gov.it/Media/carg/Allestimento/536/F.swf.

Ennesimo aspetto d'interesse stratigrafico dell'area di Gallipoli è costituito ovviamente dalla presenza del Tirreniano, marcato da *Strombus bubonius* (Gignoux, 1913; Mirigliano, 1953; Dai Pra e Hearty, 1988).

Le unità carbonatiche sovrastanti le marne sono da lungo tempo utilizzate per l'estrazione di materiali per l'edilizia. Oltre a cave a cielo aperto, ubicate principalmente tra Montefiore e Madonna delle Grazie, numerose sono le cave ipogee presenti nei

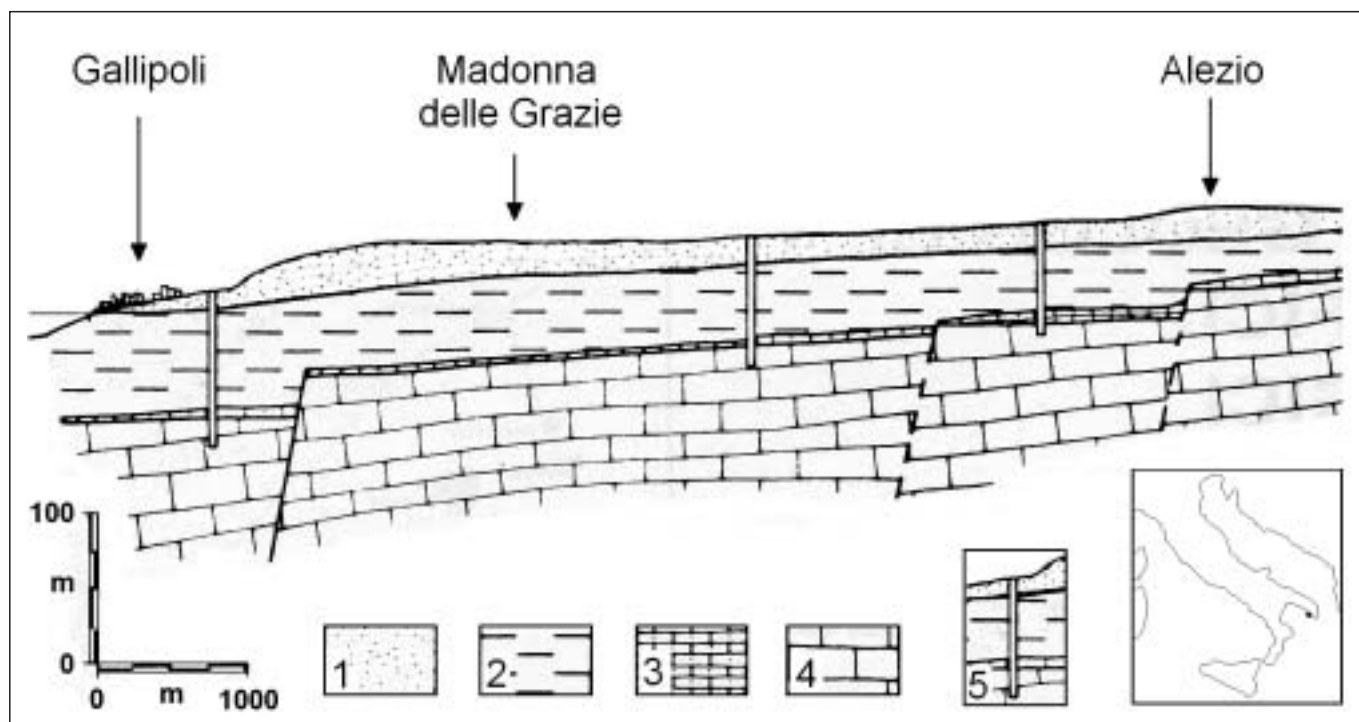


Figura 1 – Sezione geologica schematica del sottosuolo dell'entroterra di Gallipoli (da Calò *et al.*, 1985, modificata). 1, Calcareniti e depositi sabbiosi (Pleistocene inferiore?-medio); 2, Marne argillose (Pleistocene inferiore); 3, Calcareniti (Pliocene superiore?-Pleistocene inferiore); 4, Calcari e calcari dolomitici (Cretaceo); 5, sondaggi. Per ragioni di scala non è rappresentato il Tirreniano

dintorni di Colle San Lazzaro, e specie a ridosso del Borgo nella zona non a caso denominata *Tajate* (De Giorgi, 1901). Su tale zona l'area urbana si è estesa a partire dagli anni '50, in concomitanza del progressivo esaurirsi dell'attiva estrattiva, con scarsa attenzione rispetto all'esposizione al rischio di edifici e infrastrutture (Fiorito e Onorato, 2004).

IL DISSESTO DEL 29 MARZO - 1 APRILE

Le cave ipogee oramai dismesse ed abbandonate, sono state impropriamente utilizzate come discariche di rifiuti, e i relativi accessi ostruiti e sepolti, sino a farne quasi perdere conoscenza e memoria. Associazioni di volontariato, come il Gruppo Speleologico Neretino (GSN), già negli anni '80 e '90 hanno esplorato e in parte rilevato la topografia di alcuni settori delle cave sotterranee. Negli ultimi 10 anni si sono avuti almeno tre circoscritti episodi di sprofondamento del suolo: in corrispondenza di un'area a verde pubblico (il cd. Parco Botanico), lungo via Imperia e nelle adiacenze di via Trento. Tali accadimenti non sono stati però ritenuti sufficienti per intraprendere ricerche finalizzate a prevedere e prevenire dissesti calamitosi ed a individuare aree da sottoporre a monitoraggi. Lo stato di incipiente dissesto non era però sfuggito agli speleologi che ne avevano descritto i potenziali esiti calamitosi (comunicazione GSN a Spelaion 1999; Fiorito e Onorato, 2004).

L'evento di sprofondamento del marzo scorso ha avuto come segnali precursori: la deformazione del piano stradale indicata anche dallo slittamento di un tombino posto sulla sede stradale poi collassata, alcuni giorni prima del crollo; la subsidenza del piano stradale indicata da crepe rilevate sugli edifici direttamente coinvolti nel dissesto (foto 1) il cui aspetto (usura dei rivestimenti fessurati e materiali fini presenti nelle intercapedini) indicava un processo in atto almeno da alcuni mesi.

Lo sprofondamento è stato preceduto da giorni di pioggia più o meno intensa e prolungata. Alle ore 19.10 del 29 marzo 2007 la sede stradale di via Firenze, all'altezza dell'incrocio con via Galatina, è quindi sprofondata ingoiando tre automobili in sosta (foto 2). La voragine così formata aveva pianta subrettangolare con assi di circa 12 x 18 m, parte apicale della conoide di accumulo a circa 3,5 m dal piano stradale e profondità sino a circa 10 metri (fig. 2). Lo sprofondamento è stato repentino, accompagnato da un forte boato e dalla sospensione in aria di particelle fini; infatti, chi si è affac-

ciato dagli edifici prospicienti il dissesto allarmato dal forte rumore, ha come primo ricordo "*la terra che si è alzata anneggiando tutto*" (Nuovo Quotidiano di Puglia, 30 marzo 2007).

Il bordo della voragine intersecava due edifici di tre piani a ridosso dell'incrocio stradale che, anche a causa delle lesioni indotte dallo sprofondamento, venivano sgomberati. La mattina del giorno successivo si costituiva, presso il locale Municipio ed in coordinamento con il rispettivo Ufficio Tecnico, una Unità di Crisi (UdC) per la gestione dell'evento nella fase di emergenza, composta da rappresentanti di organismi di Protezione Civile, del Corpo Nazionale dei Vigili del Fuoco ed Autorità di Pubblica Sicurezza. Le capacità tecniche e le competenze professionali del nucleo Speleo Alpino Fluviatile (SAF) dei VV.F. hanno quindi permesso l'esecuzione di una esplorazione della voragine e delle cavità adiacenti e sottostanti gli edifici evacuati. La ripresa delle precipitazioni meteoriche induceva nel frattempo l'approntamento di rudimentali ma efficaci sistemi per drenare le acque al di fuori dell'area interessata dallo sprofondamento. Il sopralluogo ha permesso di valutare le dimensioni della conoide, constatare i tipi di fratturazione degli ammassi rocciosi, lo stato di fessurazione di alcuni pilastri (foto 3), osservare i dettagli di trincee praticate per la posa in opera di condutture (che hanno implicato soluzioni di continuità delle volte degli ipogei), determinare un carattere di estrema variabilità di spessori e litologie costituenti le stesse volte e, infine, l'esistenza di cave ipogee con complesse geometrie al di sotto degli edifici evacuati. Sono stati inoltre osservati numerosi scarichi fognari domestici, non facenti capo a condotte urbane, determinanti l'insorgere di una singolare ed epidemiologicamente pericolosa idrografia ipogea. Le evidenze così raccolte indicavano chiaramente come il dissesto fosse ancora in evoluzione, per di più con esiti e sviluppi non prevedibili. Inoltre il volume e le caratteristiche geometriche della conoide suggerivano di considerare il cedimento di un pilastro come ipotesi alternativa alla rottura della volta quale meccanismo di innesco del dissesto.

Alle ore 17.00 circa del 30 marzo, si verificava un episodio di parziale allargamento della parte nord occidentale del bordo della voragine con distacco e crollo di alcune decine di metri cubi di roccia (fig. 3). Ciò induceva allo sgombero di altri edifici adiacenti, che faceva salire a 36 le famiglie complessi-

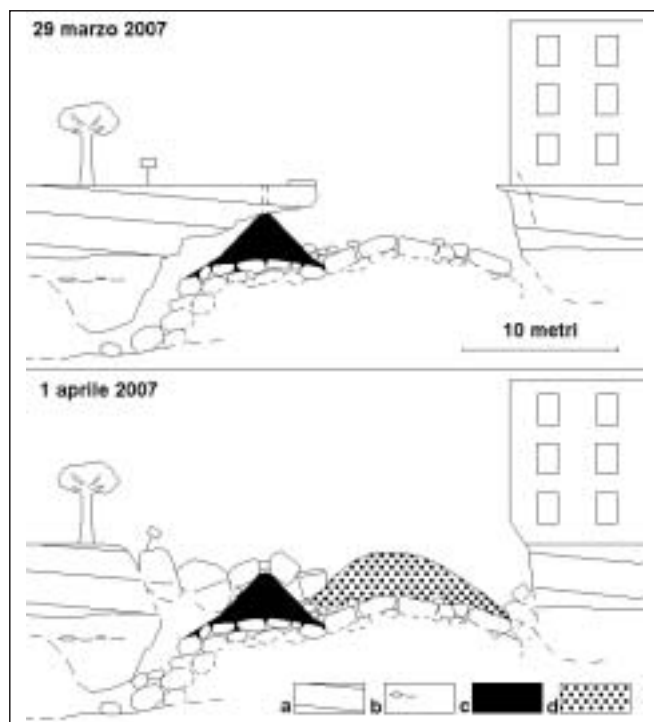


Figura 2 – Sezioni topografico-geologiche dell'area del dissesto. a, Calcareniti clinostratificate; b, calcareniti massive con livelli macrofossiliferi; c, materiali vari immessi da lucernai; d, inerti e cemento versati nella voragine

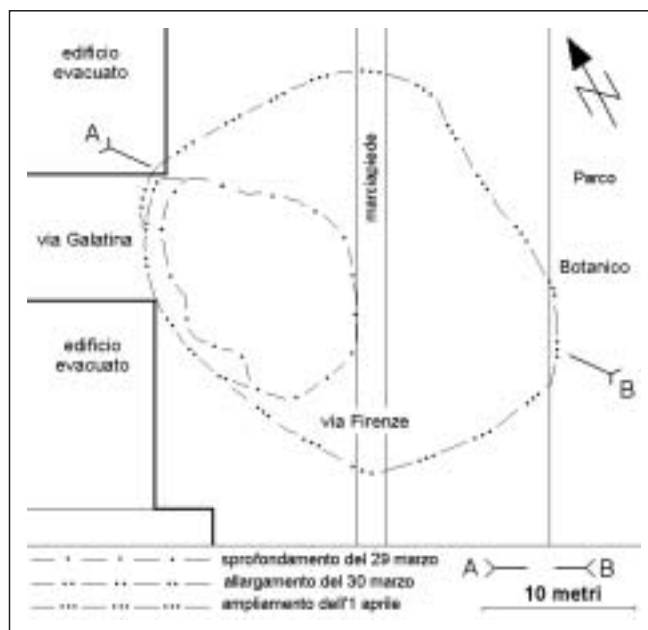


Figura 3 – Planimetria schematica dell'evoluzione del bordo della voragine. A-B traccia delle sezioni di figura 2

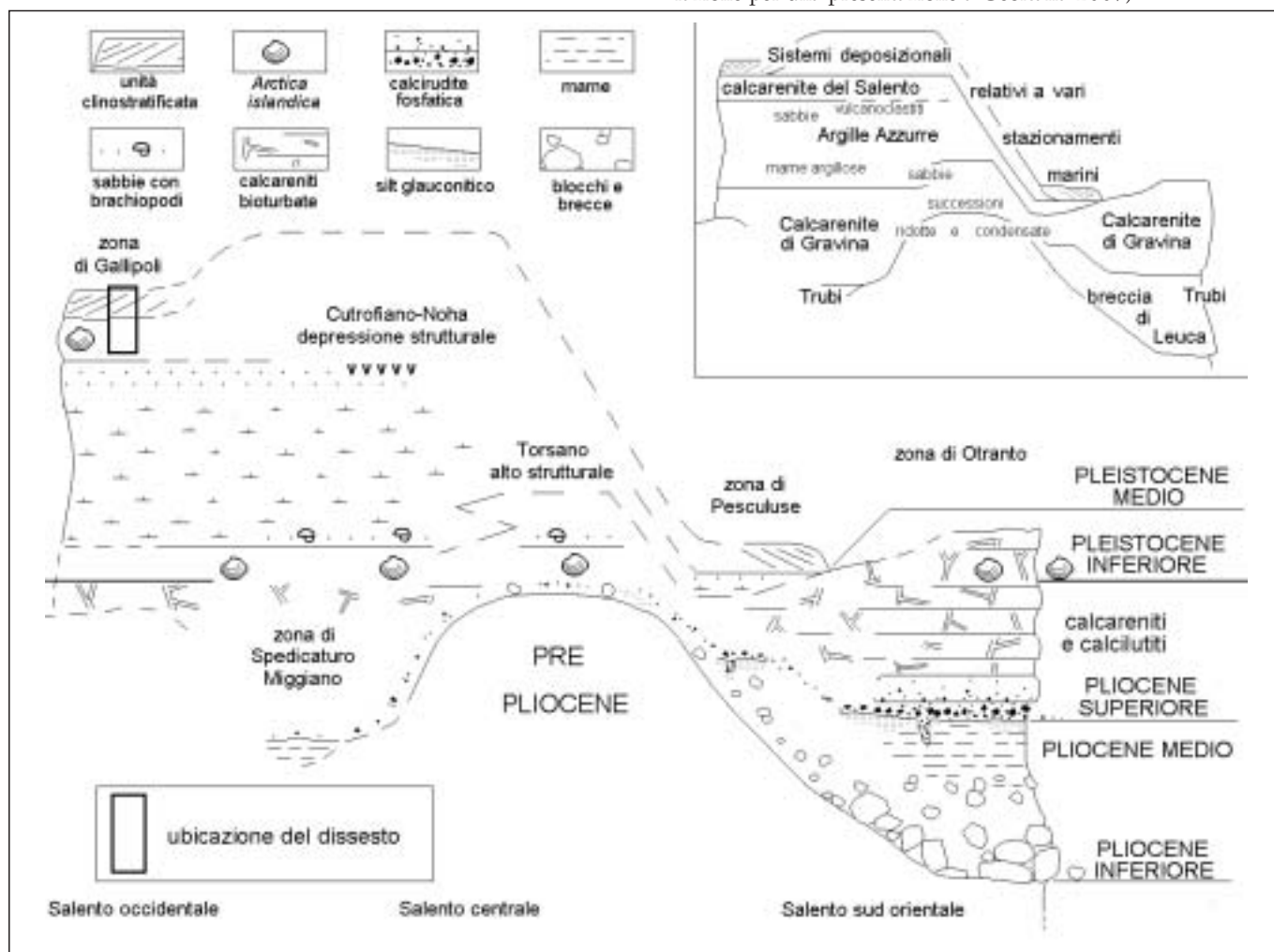


Figura 4 – Schema dei rapporti stratigrafici delle unità del Pliocene inferiore - Pleistocene medio del Salento (sintesi in elaborazione per una presentazione a Geitalia 2007)

vamente sfollate per 140 persone interessate dalle relative ordinanze.

Gli esiti delle attività svolte nell'area e nel sottosuolo coinvolti nel dissesto, documentati da immagini riprese anche nel corso dell'esplorazione ipogea e proiettati con mezzi audiovisivi, sono stati quindi esposti nella riunione dell'Unità di Crisi del 31 marzo alla presenza degli ingegneri consulenti dell'Ufficio Tecnico Comunale. In tale sede sono state dallo scrivente particolarmente evidenziate: le fessure per apertura ed allargamento di piani di stratificazione e di discontinuità tettonica, le evidenze di schiacciamento dei pilastri e, soprattutto, la pericolosità delle ulteriori evoluzioni del dissesto. Sono emerse, tuttavia, altre valutazioni del quadro fessurativo rilevato sui pilastri, qualificato come "venature della roccia" di imprecisata definizione genetica e di sottostimato significato geomeccanico. Nonostante quanto illustrato non permettesse comunque di elaborare un idoneo modello geologico del sottosuolo, è stato ordinato un intervento di riempimento della voragine, adottando così una soluzione chiaramente prestabilita, e valutando in modo differenziato la sicurezza dei cittadini residenti rispetto a quella di coloro chiamati ad operare nel cantiere. Peraltro i verbali della UdC deficiano di correttezza formale, discostandosi così dalla prassi del GNDICI, essendo incompleti e privi delle firme dei componenti l'Unità medesima.

Il primo aprile, alle ore 06.00 circa, durante lo sversamento di inerti e cemento, un secondo evento di ampliamento della voragine ne ha più che triplicato l'estensione areale, fortunatamente senza procurare danni alle persone (figg. 2 e 3). Il ruolo delle sollecitazioni statiche e dinamiche indotte dalle attività di cantiere quale fattore scatenante questo secondo evento, in un contesto di dissesto in evoluzione, risulta del tutto evidente. Giova ancora avvalersi di una testimonianza diretta per avere un'idea di questa fase dell'evoluzione del dissesto: *"sono stato svegliato da un tremore forte, quasi una specie di terremoto. Ad aumentare la mia preoccupazione è stato il rumore dei mezzi che stavano lavorando sulla strada e che cercavano in tutta fretta di allontanarsi dalla frana [...] ho visto gli operai che stavano lavorando da diverse ore cercare di mettersi al riparo [...] ho visto il manto stradale posarsi dolcemente. Più che un vero crollo mi è sembrato quasi un assestamento del terreno, molto lento"* (Nuovo Quotidiano di Puglia, 2 aprile 2007). Le evidenze raccolte durante il sopralluogo

effettuato poche ore dopo questo ultimo evento bene si raccordano con tale testimonianza. Infatti l'area interessata si presentava, ad eccezione di alcuni crepacci, ribassata di circa 1-2 metri rispetto al piano stradale, con superficie sfaldata e nel complesso ondulata (foto 4). A smorzare la caduta dei blocchi potrebbe aver contribuito la presenza di materiali di riempimento da tempo scaricati nelle cave ipogee dai lucernai, nonché l'attrito e la giustapposizione dei blocchi medesimi (fig. 2).

LE ATTIVITA' DI PREVISIONE E PREVENZIONE

Cessata la fase di emergenza, le attività dei Centri di Competenza della Protezione Civile dello Stato si orientano sulle ricerche finalizzate alla previsione ed alla prevenzione dei dissesti idrogeologici. Tuttavia, per ciò che attiene all'area urbana di Gallipoli esposta al rischio di sprofondamenti, il sopralluogo eseguito il 30 marzo in situazione di crisi e un successivo sopralluogo effettuato il 12 maggio sempre in collaborazione con il Nucleo SAF dei Vigili del Fuoco, hanno comunque fatto emergere l'urgenza di definire le porzioni di ammassi rocciosi instabili e quindi potenziali sedi di ulteriori dissesti. In particolare, necessita procedere quanto prima a individuare, censire e analizzare il quadro fessurativo dei pilastri sottostanti edifici ed infrastrutture (foto 5).

Occorrerà quindi implementare i dati relativi alla voragine di Gallipoli negli archivi del Dipartimento della Protezione Civile (Corazza, 2004b), dell'Agenzia per la Protezione dell'Ambiente e per i Servizi Tecnici (Nisio *et al.*, 2007) e dell'AdB Puglia (Caggiano *et al.*, questo volume), attraverso la compilazione delle relative schede. L'aggiornamento di tali archivi, e più in generale dei *database* riguardanti gli interventi di PC in occasione dei dissesti idrogeologici, incrementando la casistica degli eventi (Nisio e Salvati, 2004), permette di preparare gli operatori alla gestione delle fasi di crisi e di fornire al legislatore strumenti per adeguare il relativo quadro normativo. In merito alla pericolosità dell'area interessata dai dissesti del 29 marzo e 1 aprile si dovranno acquisire e valutare elementi sugli interventi eseguiti ed in particolare, con riferimento alle schede su indicate, sulle tipologie di sistemazione e risanamento della voragine e dei limitrofi volumi di sottosuolo. In particolare occorrerà classificare gli interventi eseguiti ed inquadrarli nelle tipologie dei riempimenti o dei consolidamenti, ciò anche in funzione della prossimità degli edifici evacuati (foto 6).

Nello stesso tempo occorrerebbe completare i verbali della UdC, riportando i differenti pareri e valutazioni su pericolosità e responsabilità dell'esecuzione dell'intervento. Al di là dell'aspetto formale, il completamento di tali documenti arricchirebbe la documentazione del dissesto, permettendo così di tesaurizzare al meglio l'esperienza per la gestione delle fasi di crisi dei futuri eventi di sprofondamento del suolo.

Si dovrà quindi procedere, previa individuazione di fondi adeguati alla ricerca e attualmente non disponibili, alla delimitazione delle zone urbane esposte a rischio di sprofondamento. Per questo obiettivo sarà necessario realizzare, oltre all'improrogabile rilievo topografico a grande scala delle cave sotterranee, una cartografia geologica di estremo dettaglio. I rilevatori dovranno quindi affrontare le problematiche relative alle caratterizzazioni litologiche delle unità stratigrafiche sede dei dissesti, prendendo le mosse dalla quasi assenza nel Salento di unità formalizzate o, almeno, rappresentate da stratotipi proposti, nonché da un elevato numero di ricostruzioni ed interpretazioni dell'assetto stratigrafico (Delle Rose 2006, *cum biblio*; Delle Rose e Resta, 2006). Occorrerà inoltre ricostruire anche strutture ed elementi tettonici, nonché analizzare lo stato di fratturazione delle rocce, aspetti in genere trascurati o poco considerati (Tozzi, 1993; Delle Rose, 2001). In particolare l'incidenza delle fratture tettoniche sulla pericolosità del sito, andrà valutata anche considerando che ampi tratti del bordo della voragine di via Firenze presentavano geometrie condizionate proprio da tali elementi strutturali (foto 2). Questi requisiti minimi di analisi geologica sono condizioni necessarie per l'approntamento di strumenti operativi quali valutazioni e tematismi dei rischi (Delle Rose *et al.*, 2007). La cartografia geologica dovrà quindi necessariamente distinguere le varie unità stratigrafiche che formano il sottosuolo della zona urbana di Gallipoli, adeguandosi agli schemi già introdotti nella letteratura scientifica (Dell'Anna *et al.*, 1978; D'Alessandro *et al.*, 1987; Massari e D'Alessandro,

2000) ed alla terminologia dei sistemi deposizionali della nuova CGI a scala 1:50.000 (Tabella 1, fig. 4) ma differenziando anche le strutture sedimentarie e le associazioni di facies. Sarà inoltre necessario considerare l'auspicato processo di revisione del Plio-Pleistocene salentino (Tropeano *et al.*, 2004; Delle Rose, 2006) le cui evidenze sedimentologiche sono spesso in contrasto con il quadro biostratigrafico delineato da Bossio *et al.* (1991, 2006) e con le conseguenti ipotesi.

Come desunto durante i sopralluoghi eseguiti nella zona e nel sottosuolo del dissesto, mentre i volumi interessati dall'attività estrattiva hanno riguardato per lo più litologie calcarenitiche massive ("tufi", "carpari"), i cappellacci sono formati da depositi laminati e clinostratificati con basse qualità di ammasso roccioso. L'intervallo stratigrafico a ridosso del limite tra tali unità è inoltre costituito da livelli macrofossiliferi che in più luoghi costituiscono piani di debolezza meccanica lungo i quali sono avvenuti distacchi e crolli di blocchi di roccia. Oggetto di attenta analisi dovrà essere il rapporto stratigrafico con le unità sottostanti le litologie carbonatiche-detritiche e l'andamento plano-altimetrico del limite con le marne.

La valutazione della pericolosità e la zonazione del rischio dovranno poi essere affrontati possibilmente con molteplicità di approcci. Sono infatti noti vari metodi sia in merito alle forme ed ai processi naturali che per quanto attiene alle cavità antropiche ed ai dissesti indotti da attività umane (Buttrick e Schalkwyk, 1998; Tolmachev *et al.*, 1999; Hutchinson *et al.*, 2002; Zhou *et al.*, 2003). L'importanza del caso in questione è infatti tale da incoraggiare i ricercatori ad attingere da più esperienze, anche di contesti differenti, per l'approntamento di adeguati metodi di analisi. Le procedure spaziano da valutazioni di stabilità delle volte di singoli ipogei in base a considerazioni geomeccaniche (*crown pillar risk assessment*, cfr. Hutchinson *et al.*, 2002) a zonazioni della pericolosità in base ad analisi geotecniche dei siti esposti (Buttrick e Schalkwyk, 1998); da attività di monitoraggio e cen-

Foglio Gallipoli CGI (1:100.000)	Calò et al. (1985)	D'Alessandro et al. (1987)	Nuovi Fogli GCI (1:50.000)
calcareniti del Salento	sedimenti terrazzati ("carpari" e sabbie)	depositi marini terrazzati (9 cicli sedimentari)	sistemi deposizionali
formazione di Gallipoli	argille grigio-azzurre	Depositi infrapleistocenici	Argille Subappennine
calcareniti del Salento	"tufi" calcarei		Calcarenite di Gravina

Tabella 1 – Nomenclature e correlazioni tra le unità del Pleistocene inferiore-medio della zona di Gallipoli

simento municipale coinvolgenti l'intera cittadinanza (*prediction in-service entities* di Tolmachev *et al.*, 1999) ad applicazioni di analisi stocastiche per la delimitazione di aree esposte che richiedono dettagliate conoscenze di molteplici aspetti topografici, litostratigrafici e strutturali (Zhou *et al.*, 2003).

Con più ampi orizzonti, sono inoltre possibili studi e ricerche finalizzati ad aspetti relativi alla conservazione (AdB Puglia, 2006) e valorizzazione di parte delle cave ipogee di Gallipoli, che possono essere elevate al rango di Beni Culturali. In quest'ottica si possono considerare, ad esempio, finalità quali la realizzazione di un Museo ipogeo dei "cavamonti" (meglio degli *zuccatori*), che conservi e trasmetta alle generazioni future il vissuto di coloro che hanno estratto con la sola forza fisica le materie prime litoidi dal sottosuolo gallipolino.



Foto 1 – Rilievi delle crepe sugli edifici coinvolti nel dissesto e lungo le strade (sopralluogo del 30 marzo 2007). L'ampliamento del 1 aprile si imposterà lungo la frattura evidenziata e indicata dal martello (cfr. figura 3)



Foto 2 – La voragine come si presentava la mattina del 30 marzo. Si possono osservare la clinostratificazione degli strati, un tratto del bordo dello sprofondamento impostato secondo un sistema di fratture, una profonda trincea di scavo e una delle autovetture ingoiate nel dissesto



Foto 3 – Una fase dell'esame del quadro fessurativo di un pilastro (sopralluogo del 30 marzo 2007)



Foto 5 – Esempio di pilastro con fratture imputabili a schiacciamento (sopralluogo del 12 maggio 2007)



Foto 4 – Panoramica della voragine (sopralluogo del 1 aprile 2007). Si osservi la superficie sfaldata e nel complesso ondulata dell'area interessata dall'ultimo evento di ampliamento



Foto 6 – Sopralluogo del 12 maggio 2007; ispezione del dissesto degli ipogei in prossimità degli edifici evacuati

Recuperi parziali delle cave sono inoltre valutabili in base alla valenza di Geosito che potrebbero assumere alcune emergenze geologiche rinvenute nel sottosuolo, come i livelli macrofossiferi (*shell concentrations* della letteratura internazionale) ai quali si è fatto cenno in precedenza e il cui contenuto malacologico, attualmente in fase di studio, già evidenzia una alta concentrazione di *Artica islandica*.

CONCLUSIONI

L'esperienza maturata in occasione della gestione della crisi conseguente alla formazione della voragine a Gallipoli del 29 marzo 2007 porta a suggerire alcuni miglioramenti del quadro normativo in materia di Protezione Civile. Infatti, sicu-

rezza e protezione delle vite umane devono essere garantite non solo per quanti risiedono nelle zone colpite dai dissesti calamitosi ma anche per coloro che in tali contesti sono chiamati ad operare in situazioni di emergenza, specie qualora le evidenze geologiche indicano evoluzioni in corso con sviluppi imprevedibili, come nel caso trattato. Significativi progressi sono possibili se verranno concretizzate azioni di stretta cooperazione e a lungo termine tra i Centri di Competenza e altre Istituzioni della Protezione Civile. L'avanzamento delle ricerche può infatti apportare solide basi scientifiche e tecniche per l'aggiornamento degli aspetti normativi, lo sviluppo delle procedure di predizione dei dissesti calamitosi e una gestione adeguata delle situazioni di crisi.

BIBLIOGRAFIA

- BECCARISI L., CHIRIACÒ L., DELLE ROSE M. (1999) – *Il sistema carsico Vore Spedicaturo*. Itinerari Speleologici, 8, 31-36.
- BOSSIO A., GUELFI F., MAZZEI R., MONTEFORTI B., SALVATORINI G. (1991) – *Note geologiche e stratigrafiche sull'area di Palmariggi* (Lecce, Puglia). Riv. It. Paleont. Strat., 97, 175-234.
- BOSSIO A., MORESI L.M., MARGIOTTA S., MAZZEI R., SALVATORINI G. DONIA F. (2006) – *Stratigrafia del settore nord-orientale della provincia di Lecce (con rilevamento geologico alla scala 1:25.000)*. Geol. Rom., 39, 63-87.
- BUTTRICK D., VAN SCHALKWYK A. (1998) – *Hazard and risk assessment for sinkhole formation on dolomite land in South Africa*. Environmental Geology, 36, 170-178.
- CACCIATORE G., CIPPONE G., DELLE ROSE M., GIULIANI P., RICCIATO U. (2005) - *The Grave del Pompiere sinkhole (Apulia, southern Italy): an example of re-activation of water sink within a high vulnerable karst area*. Geophysical Research Abstract, 7, 02273.
- 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 e Territorio, questo volume.
- CALÒ G., DI PIERRO M., FEDERICO A., MONGELLI G. (1985) – *Caratteri geologici petrografici mineralogici e meccanici dei "Carpari" della provincia di Lecce*. Quarry and Construction, 7 pp.
- CARROZZO M.T., DELLE ROSE M., FEDERICO A., NEGRI S., QUARTA T. (1996) - *Individuazione con georadar di cavità carsiche nella zona di Nociglia (Lecce)*. Atti 15° Conv. Gr. Naz. Geofisica d. Terra Solida del CNR, Roma, 35-40.
- CASTIGLIONI B., SAURO U. (2000) – *Large collapse dolines in Puglia (southern Italy): the cases of "Dolina Pozzatina" in the Gargano plateau and of "Puli" in the Murge*. Acta Carsologica, 29, 83-93.
- COPPA M.G., CROVATO P. (1983) – *Osservazioni biostratigrafiche e paleoecologiche sui depositi argillosi e siciliani di Gallipoli (Puglia)*. Boll. Soc. Natur. Napoli, 92, 159-225.
- CORAZZA A. (2004a) – *Il rischio di fenomeni di sprofondamento in Italia: le attività del Dipartimento della Protezione Civile*. Convegno Stato dell'arte sullo studio dei fenomeni di sinkholes e ruolo delle amministrazioni statali e locali nel governo del territorio, Roma, 245-254.
- CORAZZA A. (2004b) – *Censimento dei dissesti dovuti a cavità sotterranee in Italia. La scheda di rilevamento*. Convegno Stato dell'arte sullo studio dei fenomeni di sinkholes e ruolo delle amministrazioni statali e locali nel governo del territorio, Roma, 233-244.
- DAI PRA G., HEARTY P.J. (1988) – *I livelli marini pleistocenici del Golfo di Taranto. Sintesi geocronostratigrafica e tettonica*. Mem. Soc. Geol. It., 41, 637-644.
- D'ALESSANDRO A., LOIACONO F., RICCHETTI G. (1987) – *Note illustrative alla carta del Salento meridionale*. Quad. Centro St. Geot. Ing., 11, 207-222.
- DELL'ANNA L., DE MARCO A., RICCHETTI G., DI PIERRO M. (1978) – *Ricerche geologiche e mineralogiche sulle "Calcareni di Monte Castiglione"*. Boll. Soc. Geol. It., 97, 451-474.
- DELL'ANNA L., FIORE S., LAVIANO R. (1985) – *The mineralogical, chemical end grain-size features of some clay deposits from Terra d'Otranto (Puglia, southern Italy)*. Geol. Appl. Idrog., 20, 111-123.
- DELLE ROSE M. (1992) – *Il rischio geologico nel Salento: II) cedimento del suolo per crollo di cavità carsiche; il caso di Sant'Isidoro*. Il Leccio, 5, 16-20.
- DELLE ROSE M. (2001) - *Salento Miocene: a preliminary paleoenvironmental reconstruction*. Thalassia Salentina, 25, 41-66.
- DELLE ROSE M. (2006) - *Mediterranean Pliocene events in the Salento geological record*. Thalassia Salentina, 29, 77-99.
- DELLE ROSE M., FEDERICO A. (2002) – *Karstic phenomena and environmental hazard in Salento coastal plains*. Proceedings IX° IAEG Congress Engineering geology for developing countries, Durban, 1297-1305.
- DELLE ROSE M., FEDERICO A., PARISE M. (2004a) - *Problematiche connesse a fenomeni di subsidenza carsica e sinkholes in Puglia*. Convegno Stato dell'arte sullo studio dei fenomeni di sinkholes e ruolo delle amministrazioni statali e locali nel governo del territorio, Roma, 377-388.
- DELLE ROSE M., FEDERICO A., PARISE M. (2004b) – *Sinkhole genesis and evolution in Apulia, and their interrelations with the anthropogenic environment*. Natural Hazards and Earth System Sciences, 4, 747-755.
- DELLE ROSE M., PARISE M., ANDRIANI G. (2007) – *Evaluating the impact of quarrying on karst aquifers of Salento (southern Italy)*. Geological Society, London, Special Pub., 279, 153-171.
- DELLE ROSE M., RESTA. (2006) - *Stratigraphic and*

sedimentological insights about the Capo San Gregorio breccias and conglomerates (South Salento). Workshop volume "Thirty years of sequence stratigraphy", Bari, 53-55.

DE GIORGI C. (1901) – *Note e ricerche sui materiali edilizi adoperati nella Provincia di Lecce*. La Puglia tecnica, 10, 152-156; 11, 161-165; 13, 193-197; 14, 209-215; 16, 245-251; 19, 289-295; 20, 305-310.

DE GIORGI C. (1903) – *La serie geologica dei terreni nella penisola salentina*. Mem. Pont. Acc. Rom., 20, 1-66.

FIORITO F., ONORATO R. (2004) – *Le cave ipogee di Colle San Lazzaro – Gallipoli*. Convegno Spelaion 2004, Lecce, 125-136.

GIGNOUX M. (1913) – *Le formations marines pliocènes et quaternaires de l'Italie du Sud et de la Sicile*. Ann. Univ. Lyon, 1, 693 pp.

GIGOUT M. (1960) – *Sur le Quaternaire marine de Gallipoli (Italie)*. C.R. Accad. Sc., 250, 1295-1297.

HUTCHINSON D.J., PHILLIPS C., CASCANTE G. (2002) – *Risk considerations for crown pillar stability assessment for mine closure planning*. Geotechnical and Geological Engineering, 20, 41-63.

LARGAIOLLI T., MARTINIS B., MOZZI G., NARDINI M., ROSSI D., UNGARO S. (1969) – *Note illustrative della CGI alla scala 1:100.000 Foglio 214 Gallipoli*, 63 pp.

MARTINIS B. (1967a) – *Sull'età delle argille di Gallipoli (Lecce)*. Lincei, Rend. Sc. Fis. Mat. Nat., 42, 824-829.

MARTINIS B. (1967b) – *Note geologiche sui dintorni di Casarano e Castro (Lecce)*. Riv. Ital. Paleont., 73, 1297-1380.

MASSARI F., D'ALESSANDRO A. (2000) – *Tsunami-related scour-and-drape undulations in Middle Pliocene restricted bay carbonate deposits (Salento, south Italy)*. Sedimentary Geology, 135, 265-281.

MIRIGLIANO G. (1953) – *La malacofauna del Tirreniano di Gallipoli*. Boll. Zoologia, 20, 115-122.

NISIO S., CARAMANNA G., CIOTOLI G. (2007) – *Scheda di censimento dei fenomeni di Sinkhole*. APAT - Dipartimento Difesa del Suolo – Servizio Geologia applicata e idrogeologia (http://www.apat.gov.it/site/_files/SuoloCARG/sinkhole_scheda.pdf).

NISIO S., SALVATI R. (2004) – *Fenomeni di sprofondamento catastrofico. Proposta di classificazione applicata alla casistica italiana*. Convegno Stato dell'arte sullo studio dei fenomeni di sinkholes e ruolo delle amministrazioni statali e locali nel governo del territorio, Roma, 449-456.

PALMENTOLA G. (1987) – *Lineamenti geologici e morfologici del Salento leccese*. Quad. Centro St.

Geot. Ing., 11, 7-29.

RICCHETTI G. (1972) – *Osservazioni geologiche e morfologiche preliminari sui depositi quaternari affioranti nel F. 203 – Brindisi*. Boll. Soc. Nat. Napoli, 81, 543-566.

TOLMACHEV V.V., IKONNIKOV L.B., LEONENKO M.V. (1999) – *Experience with karstological monitoring in Dzerzhinsk, Nizhgorod Oblast*. Soil Mechanics and Foundation Engineering, 36, 187-190.

TOZZI M. (1993) – *Assetto tettonico dell'avampese apulo meridionale (Murge meridionali-Salento) sulla base dei dati strutturali*. Geologica Romana, 29, 95-111.

TROPEANO M., SPALLUTO L., MORETTI M., PIERI P., SABATO L. (2004) – *Depositi carbonatici infrapleistocenici di tipo foramol in sistemi di scarpata (Salento – Italia meridionale)*. Il Quaternario, 17, 537-546.

ZEZZA F. (1976) – *Significance of the subsidence collapse phenomena in the carbonatic areas of southern Italy*. Geol. Appl. Idrog., 11, 123-132.

ZHOU W., BECK B.F., ADAMS A.L. (2003) – *Application of matrix analysis in delineating sinkhole risk areas along highway (I-70 near Frederick, Maryland)*. Environmental Geology, 44, 834-842.

FONTI E DOCUMENTI CITATI

ACCORDO DI PROGRAMMA QUADRO PC-CNR (2006) – *Prevenzione delle catastrofi naturali*.

APAT (2006). *Carta Geologica d'Italia 1:50.000. Stato di attuazione del Progetto CARG*.

ARCHIVIO GRUPPO SPELEOLOGICO NERETINO. Rilievi topografici e altra documentazione.

AUTORITÀ DI BACINO DELLA PUGLIA (2006). *Atto di indirizzo per la messa in sicurezza dei territori a rischio cavità sotterranee*.

CONSIGLIO NAZIONALE DELLE RICERCHE - GRUPPO NAZIONALE PER LA DIFESA DALLE CATASTROFI IDROGEOLOGICHE (2001) – *Sintesi 1985-2001 Attività e legislazione*.

DIRETTIVA DEL PRESIDENTE DEL CONSIGLIO DEI MINISTRI 27 FEBBRAIO 2004 "Indirizzi operativi per la gestione organizzativa e funzionale del sistema di allerta nazionale e regionale per il rischio idrogeologico e idraulico ai fini di protezione civile".

ENTE IRRIGAZIONE DI PUGLIA, LUCANIA E IRPINIA. *Stratigrafie di pozzi*.

PROVINCIA DI LECCE (2006). *Il Piano Comunale di Protezione Civile*.

DECRETO DEL MINISTRO PER IL COORDINAMENTO DELLE INIZIATIVE PER LA RICERCA SCIENTIFICA E TECNOLOGICA 12 DICEMBRE 1984 "Istituzione del Gruppo Nazionale per la Difesa dalle Catastrofi Idrogeologiche".