Geologia dell'Ambiente

Periodico trimestrale della SIGEA
Società Italiana di Geologia Ambientale - APS

Fondatore *Giuseppe Gisotti*

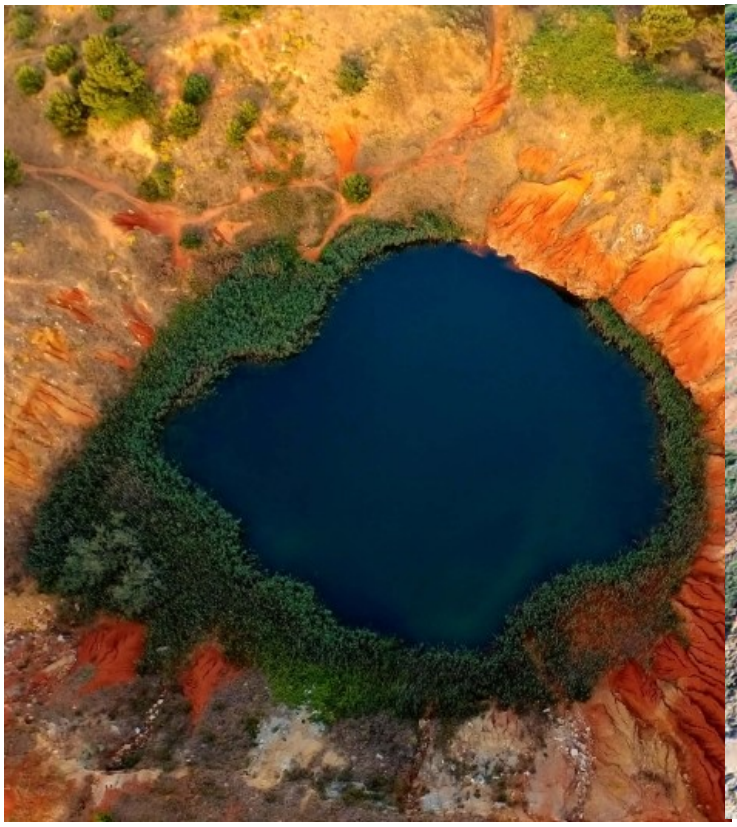
1/2025 ISSN 1591-5352

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

ProGEO
International Association for the Conservation of Geological Heritage

pianetaterra®
Le Scienze della Terra per la Società
Commissione Italiana

ARPA Puglia, organo tecnico della Regione Puglia, è preposta all'esercizio di attività e compiti in materia di prevenzione e tutela ambientale, ai fini della salvaguardia delle condizioni ambientali soprattutto in relazione alla tutela della salute dei cittadini e della collettività.



ARPA Puglia e la SIGEA-APS hanno firmato un Protocollo d'Intesa al fine di:

✓collaborare in attività di studio e ricerca;

✓sviluppare iniziative condivise per la diffusione della cultura della difesa del territorio dai rischi naturali ed antropici;

✓promuovere iniziative di sensibilizzazione, formazione e comunicazione per la conoscenza del patrimonio naturale e della geodiversità.

Per la prima volta dalla sua istituzione ARPA Puglia ha, nel suo organico, tre dirigenti geologi. La valorizzazione delle attività di questi professionisti si è concretizzata in virtù di una scelta strategica della Direzione dell'Agenzia.

Società Italiana di Geologia Ambientale - APS
Associazione di protezione ambientale individuata con decreto ministeriale del 24 maggio 2007 e con successivo D.M. 238 del 28/07/2023 ai sensi dell'articolo 13, della legge 8 luglio 1986, n. 349

Fondatore *Giuseppe Gisotti*

PRESIDENTE
Antonello Fiore

CONSIGLIO DIRETTIVO NAZIONALE
Lorenzo Cadrobbi, Daria Duranti, Antonello Fiore (*Presidente*), Adele Garzarella, Giuseppe Gisotti (*Presidente Onorario*), Marianna Morabito, Stefania Nisio, Fabio Oliva, Michele Orifici (*Vice Presidente*), Vincent Ottaviani (*Vice Presidente*), Paola Pino d'Astore (*Tesoriere*), Luciano Masciocco, Sabina Porfido, Livia Soliani, Salvatore Valletta (*Segretario*)

Geologia dell'Ambiente
Periodico trimestrale della SIGEA - APS

N. 1/2025
Anno XXXIII • gennaio-marzo 2025

Iscritto al Registro Nazionale della Stampa n. 06352
Autorizzazione del Tribunale di Roma n. 229
del 31 maggio 1994

DIRETTORE RESPONSABILE
Antonello Fiore

CONDIRETTORE RESPONSABILE
Eugenio Di Loreto

COMITATO SCIENTIFICO
Mario Bentivenga, Aldino Bondesan, Francesco Cancellieri, Rachele Castro, Massimiliano Fazzini, Giuseppe Gisotti, Giancarlo Guado, Emanuela Guidoboni, Salvatore Lucente, Fabio Luino, Endro Martini, Luciano Masciocco, Davide Mastroianni, Antonio Paglionico, Mario Parise, Giacomo Prosser, Giuseppe Spilotro, Vito Uricchio, Gianluca Valensise

COMITATO DI REDAZIONE
Eugenio Di Loreto, Maria Luisa Felici, Michele Orifici, Vincent Ottaviani, Salvatore Valletta

REDAZIONE
SIGEA - APS c/o Fidaf - Via Livenza, 6 00198 Roma
info@sigeaweb.it

PROCEDURA PER L'ACCETTAZIONE DEGLI ARTICOLI
I lavori sottomessi alla rivista dell'Associazione, dopo che sia stata verificata la loro pertinenza con i temi di interesse della Rivista, saranno sottoposti a un giudizio di uno o più referees

UFFICIO GRAFICO
Pino Zarbo (Fralerighe Book Farm)
www.fralerighe.it

PUBBLICITÀ
SIGEA - APS

STAMPA
Industria grafica Sagraf Srl, Capurso (BA)

La quota di iscrizione alla SIGEA-APS per il 2025 è di € 30 e da diritto a ricevere la rivista "Geologia dell'Ambiente". Per ulteriori informazioni consulta il sito web all'indirizzo www.sigea-aps.it

Sommario

Editoriale
Antonello Fiore 2

Frane e catastrofi naturali nelle Dolomiti: esempi di geomorfositi educativi
Alberto Bertini 3

Morfologie effimere: l'esempio dei vulcani di fango "Maccalube" di Aragona (Agrigento, Sicilia Meridionale)
Pietro Carveni, Santo Benfatto, Maria Salleo Puntillo 10

Sistema carsico Malafollia - La Stretta (Castelvetrano, Sicilia sud-occidentale): tracce ipogee del sisma del Belice del 1968
Roberto Grammatico, Luigi Fontana, Rosario Bonventre 16

Gli eventi sismici di Umbertide (anno 2023) e le registrazioni accelerometriche della Rete Sismica Regionale in Umbria (Re.Si.R.)
Michele Arcaleni, Andrea Motti, Alessandro Sabatini, Martino Siciliani 20

Il recupero dei paesaggi degradati in aree carsiche: il caso della dolina/discarica di Spiggiani (Salve, Lecce, Puglia, Italia)
Stefano Margiotta, Francesco Causo, Lara Lopez 26

In copertina: Stefano Gelli, *Parco Nazionale Dolomiti Bellunesi*, particolare della foto partecipante al Concorso fotografico "Obiettivo Terra 2024", organizzato da Fondazione UniVerde, in collaborazione con SIGEA-APS.

Editoriale

Antonello Fiore
Presidente SIGEA - APS
E-mail: presidente@sigeaweb.it

Nelle prime settimane del 2024 abbiamo chiesto un'audizione al Ministro della Protezione Civile. A febbraio una delegazione della SIGEA-APS, formata oltre che da me dai due vicepresidenti Michele Orifici e Vincent Ottaviani e dalla Tesoriera Paola Pino d'Astore, è stata ricevuta dal Ministro Nello Musumeci. Così abbiamo avuto l'occasione di presentare direttamente al Ministro alcune proposte non strutturali, di carattere culturale e di governance, necessarie per mitigare gli effetti che i pericoli naturali hanno sul sistema produttivo, sul benessere e la sicurezza della popolazione e sul sistema sociale. Sono stati diversi i temi condivisi con il Ministro Musumeci che si è dimostrato interessato e aperto al confronto. Nelle settimane successive lo stesso Ministro Musumeci ha costituito un gruppo di lavoro sulla "prevenzione sismica" invitando la SIGEA-APS a partecipare ai lavori insieme al Dipartimento della Protezione Civile, al Dipartimento Casa Italia, all'INGV, alla Fondazione INARCASSA, all'ANCE e alla Rete delle professioni tecniche. Ci sono stati diversi incontri che hanno portato come risultato un testo di legge che sarà discusso in Parlamento e per il quale abbiamo dato il nostro contributo di esperienze e di idee.

Sulla scia dei protocolli firmati con le Agenzie Regionali per la Protezione dell'Ambiente delle regioni Calabria, Campania, Lazio e Piemonte, grazie all'impegno delle Sezioni regionali abbiamo siglato analoghi accordi di collaborazione e disseminazione di contenuti scientifici e culturali con le Agenzie della Puglia e della Basilicata. Sempre grazie all'impegno e all'intuizione di Gaetano Osso, Presidente della Sezione Calabria, abbiamo siglato un accordo di partenariato a tre: SIGEA-APS, Assocultura Confcommercio Cosenza e l'ARPA Calabria.

In Puglia abbiamo sostenuto l'appello al Consiglio regionale per ripristinare il divieto di concessione demaniale in aree di cordoni dunali. Il tema è rimasto di grande interesse tanto che grazie all'impegno della Sezione abbiamo sottoscritto un protocollo d'intesa tra Comune di Barletta, Legambiente circolo di Barletta e la SIGEA-APS per il "ripristino e rinaturalizzazione dei cordoni dunali lungo la litoranea di ponente di Barletta". Il tema delle dune è stato sviluppato in un ciclo di webinar, curati dal referente Francesco Stragapede, che hanno permesso di produrre sul tema una Monografia di Geologia Ambientale dal titolo "Le dune costiere. Valore ambientale, paesaggistico ed economico risorsa da proteggere e preservare". Monografia disponibile online sul sito web www.sigea-aps.it e che sarà presentata nel corso del 2025 in quattro regioni: Toscana, Emilia Romagna, Sicilia e Puglia.

Per il 2025 sono in preparazione due Monografie: Geologia ambientale del Lazio e Geologia ambientale dell'Abruzzo. Altro protocollo d'intesa è stato siglato, grazie all'impegno costante della Consigliera nazionale Marianna Morabito, per la collaborazione in attività di studio nel settore della tutela ambientale e promozione di iniziative divulgative e di sensibilizzazione tra la SIGEA-APS e il Commissario unico per le bonifiche. Nell'ambito di questa attività stiamo valutando di strutturare un ciclo di eventi che vedono al centro la geologia forense e più in generale le scienze forensi.

Altri protocolli sono in discussione per il 2025 a dimostrazione che l'azione del nostro sodalizio trova nella collaborazione con gli Enti pubblici un momento di confronto sulle esperienze reciproche e un forte stimolo alla crescita e disseminazione.

L'edizione 2024 del premio SIGEA-APS per la "*Salvaguardia dell'ambiente naturale e antropizzato, gestione responsabile del territorio e delle sue risorse e prevenzione e mitigazione dei pericoli naturali*" è stato assegnato a Emanuela Guidoboni, sismologa e vulcanologa storica, che ha saputo creare un solido ponte culturale e operativo nel campo dei fenomeni naturali avversi e dei disastri geologici, tra la ricerca in campo umanistico e quella in campo scientifico, coinvolgendo storici, archeologi, geologi, fisici e ingegneri. Lo stesso premio è stato assegnato a Giuseppe Vadalà, Generale di Brigata Carabinieri Forestali, che ha saputo trasformare una criticità quale la procedura di infrazione comunitaria "Discariche abusive" in una best practice a livello europeo che ha consolidato valori quali la legalità, la lotta alla criminalità organizzata, nonché la diffusione di uno stile di vita sostenibile e attento alla conservazione dell'ambiente.

Nel corso del 2024 c'è stato il cambio di direzione della rivista *Geologia dell'Ambiente*; direzione che ho assunto io dopo 30 anni di grande dedizione, impegno e lavoro del suo fondatore Giuseppe Gisotti. A Giuseppe va tutto il nostro riconoscimento e la nostra stima. La nostra rivista oltre al sottoscritto, si avvale della efficiente collaborazione del Condirettore, Eugenio Di Loreto e del prezioso contributo del Comitato di redazione.

Voglio segnalarvi che sul sito web si sta arricchendo la rassegna "*La scienza e la tecnica raccontate*", una rassegna unica nel suo genere per promuovere la cultura geologica e quella scientifica. Scopo della rubrica è quello di potenziare la comunicazione e la divulgazione dei temi scientifici e tecnici attraverso la presentazione di libri, scritti da scienziati, divulgatori e studiosi, che trattano specifici temi afferenti alla cultura delle Scienze della Terra o a queste riconducibili. Troverete numerose e dettagliate recensioni, spesso associate a presentazioni da parte degli autori, interviste e contenuti multimediali.

Come leggete spesso nelle nostre campagne informative, sul sito web e sulla Rivista, in qualità di associazione di promozione sociale è possibile indicare la SIGEA-APS come destinataria del 5x1000 in occasione della dichiarazione dei redditi.

La nostra azione per promuovere il patrimonio geologico, la geodiversità i paesaggi geologici si concentra oltre che nel creare confronti scientifici come quello che stiamo organizzando per il prossimo 6 ottobre in occasione della Giornata UNESCO dedicata alla Geodiversità anche nel coinvolgere e avvicinare la società civile a questi temi. Così la mostra fotografica "Paesaggi geologici della Puglia", composta da 32 foto e curata dalla SIGEA-APS in collaborazione con associazione di foto amatori "Photo Digital Puglia", dopo l'esposizione itinerante in alcuni comuni è stata allestita in maniera permanente negli spazi della biblioteca del Consiglio Regionale della Puglia.

Per finire esprimo a nome del Consiglio direttivo l'augurio di buon lavoro e sicuro sostegno a tre nuove Sezioni regionali: Basilicata, Piemonte e Marche. Sezioni che sin dalle fasi inziali hanno dimostrato di essere un bel gruppo di soci, coeso e differenziato per estrazione professionale ed esperienza, in grado di creare confronto e dibattito sui temi a noi più cari: la promozione della cultura geologica e la tutela dell'ambiente.

Il recupero dei paesaggi degradati in aree carsiche: il caso della dolina/discarica di Spiggiani (Salve, Lecce, Puglia, Italia)

The recovery of degraded landscapes in karst areas: the case of the Spiggiani dolina/landfill (Salve, Lecce, Puglia, Italy)

Stefano Margiotta
Dipartimento di Scienze e Tecnologie Biologiche ed Ambientali, Università del Salento

Francesco Causo
Vitruvio srl S.B. – Società di ingegneria ambientale

Lara Lopez
Vitruvio srl S.B. – Società di ingegneria ambientale

Parole chiave: paesaggi carsici, dolina, degrado, recupero ambientale
Keywords: karst landscapes, doline, degradation, restoration

RIASSUNTO

Un ecosistema carsico si presenta particolarmente vulnerabile, probabilmente più di qualunque altro ambiente terrestre. Il caso di studio che qui si presenta riguarda i processi di trasformazione di una dolina divenuta nel tempo cava, discarica e quindi messa in sicurezza per la fruizione come Parco Geomorfologico. Il sito di interesse ricade nella porzione sud – occidentale del territorio Salentino all'interno dei limiti amministrativi del comune di Salve (provincia di Lecce, porzione meridionale della Puglia). La storia della dolina insegna che è stata la mancata conoscenza del valore del bene che ha consentito, negli anni, il suo utilizzo per scopi certamente non compatibili con la vulnerabilità della risorsa. L'intervento realizzato quindi mira, non soltanto al recupero del paesaggio eliminandone gli elementi di degrado ma anche a colmare questa lacuna di conoscenza divulgando gli aspetti che conferiscono valore al sito e che sono meritevoli della conservazione e tutela.

INTRODUZIONE

Secondo stime recenti (Chen *et al.* 2017), il 14% della superficie terrestre è costituita da affioramenti di rocce carbonatiche che favoriscono il fenomeno carsico. A causa delle peculiari caratteristiche intrinseche delle regioni carsiche e dei suoi processi specifici, le risorse associate a questi paesaggi sono particolarmente suscettibili alla distruzione e allo sfruttamento eccessivo. L'utilizzo delle risorse carsiche e delle popolazioni che vivono sui paesaggi carsici pone specifiche sfide scientifiche e pratiche (Parise *et al.*, 2018). D'altro canto, l'importanza delle zone carsiche in generale è ormai riconosciuta; oltre alla necessità di conservare le relative forme e paesaggi nell'ambito di una strategia globale di salvaguardia della geodiversità, in un'area carsica sono generalmente presenti significative componenti che rivestono valore economico, culturale e scientifico (IUCN World Commission for Protected Areas, 1997; Faccini *et al.*, 2011). Un ecosistema carsico si presenta particolarmente vulnerabile, probabilmente più di qualunque altro ambiente terrestre. Si ritiene fondamentale il suo riconoscimento, quale sistema da salvaguardare e proteggere, ma non solo per le sue caratteristiche naturali di alto valore scientifico o paesaggistico: in molti casi la protezione è di interesse molto superiore per le implicazioni ambientali, che a loro volta possono determinare rilevanti impatti economici. L'elevata vulnerabilità di un ambiente carsico è ulteriormente espressa da un concetto molto semplice che vale per molti altri ambienti ma mostra in questi contesti la sua migliore evidenza: è molto facile danneggiare o distruggere le risorse naturali, ma il ripristino è un'operazione estremamente difficile e in più luoghi impossibile. Laddove è possibile un certo grado di riparazione, il costo economico è generalmente molto elevato (Parise e Gunn, 2007).

In questo contesto, la storia del sito di studio che si presenta in questo lavoro è particolarmente interessante in quanto racconta le trasformazioni di una dolina divenuta nel tempo cava, discarica (*Fig.* 1) e quindi messa in sicurezza per la fruizione come Parco Geomorfologico.

Figura 1. La porzione di dolina che è stata cavata così come si presentava prima dei lavori di bonifica e messa in sicurezza; si notino in primo piano rifiuti parzialmente mascherati dal terreno vegetale e sullo sfondo la parete nei terreni residuali derivanti dalle attività di scavo mentre al centro è visibile un testimone di cava. In alto a destra, l'ubicazione del sito

Il sito di interesse ricade nella porzione sud – occidentale del territorio Salentino all'interno dei limiti amministrativi del comune di Salve (provincia di Lecce, porzione meridionale della Puglia, *Fig.* 1) la cui geodiversità è stata oggetto di interesse scientifico sia per le esposizioni litostratigrafiche (D'Alessandro e Massari, 1997; D'Alessandro *et al.*, 1987) che per le forme carsiche (Febbraro e Piccini, 2018). "La zona di Salve ha notevole interesse pubblico perché, situata lungo la strada che collega Gallipoli a Capo S. Maria di Leuca, tra le Serre Folitte e la costa jonica sabbiosa e orlata di dune, presenta ancora intatta la sua originaria bellezza e composizione naturale - caratterizzata da macchie verdi ed essenze locali - sì da formare un quadro panoramico di grande suggestività" (tratto da: 17-10-1970, G.U. n. 316 15/12/1970). La discarica ricade all'interno di un'area di rispetto dei boschi e nella perimetrazione del *Parco Agricolo Multifunzionale di Valorizzazione delle Serre Salentine*. Il paesaggio rurale è fortemente caratterizzato da un lato dalle formazioni geologiche denominate 'Serre' e dall'altro lato dalla struttura insediativa. Queste due macrostrutture che si dispongono idealmente grossomodo parallele alle linee di costa, si alternano l'un l'altra, caratterizzando fortemente gli assetti rurali che vi insistono. La netta prevalenza dell'oliveto si ritrova declinata in varie tipologie. Il seminativo e le altre colture permanenti, in particolare vigneto e frutteto, sono presenti in maniera minore e caratterizzano il mosaico agricolo, ma anche le tipologie colturali più prossime agli insediamenti, in ambito periurbano. Tra questi due macrosistemi è possibile ritrovare diverse tipologie rurali, nelle quali rimane sempre la prevalenza o comunque la presenza dell'oliveto, spesso alternato al seminativo (Regione Puglia, PPTR, PAE0076, 2013).

CONTESTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO

Dal punto di vista geologico-geografico il territorio pugliese può essere scomposto nei domini del Promontorio del Gargano, delle Murge e delle Serre salentine (all'interno del quale è posto il territorio di Salve) delimitati dalle interposte depressioni tettoniche del Tavoliere delle Puglie, della Fossa bradanica e del Tavoliere di Lecce.

L'assetto tettonico che caratterizza il territorio delle Serre salentine corrisponde ad un pilastro tettonico allungato in direzione NO-SE con fianco sud-occidentale più sviluppato. La relativa struttura scompone l'impalcatura carbonatica della Piattaforma apula in blocchi leggermente inclinati a SO mediante una serie di allineamenti di faglia sub paralleli, ad alto angolo (*Fig.* 2). Tale assetto è complicato da un sistema di faglie trasversali con direzione SO-NE che determina un progressivo ribassamento a NE della stessa impalcatura carbonatica, verso l'ampia depressione tettonica del Tavoliere di Lecce, tra le Serre Salentine e l'altopiano delle Murge. Gli alti strutturali (*Fig.* 3) individuano una serie di rilievi allungati e convergenti verso SE (baia di Leuca), costituiti dalle formazioni carbonatiche cretaciche e paleogenico-mioceniche; le depressioni di angolo di faglia, coperte dai depositi terrigeni plio-pleistocenici corrispondono alle sottostanti aree sub pianeggianti (Ricchetti, 2009a, 2009b).

Il lembo calcareo che caratterizza il blocco di Salve e Melissano presenta, accanto a fenomeni disgiuntivi, soprattutto frequenti al bordo orientale del rilievo calcareo, alcune pieghe. Il loro asse ha orientamento NNO-SSE oppure NO-SE. In queste anticlinali le pendenze dei calcari sono in genere comprese tra 4° e 8° sui fianchi sud-occidentali, mentre si fanno talora di 10-20° sui fianchi opposti che appaiono inoltre molto brevi ed interrotti dalla faglia marginale. Accanto alle rotture segnate sulla carta, è possibile che altre siano presenti nel tratto costiero, dove i calcari, che s'immergono verso SO, danno spesso luogo ad una falesia con direzione NO-SE (Martinis, 1962).

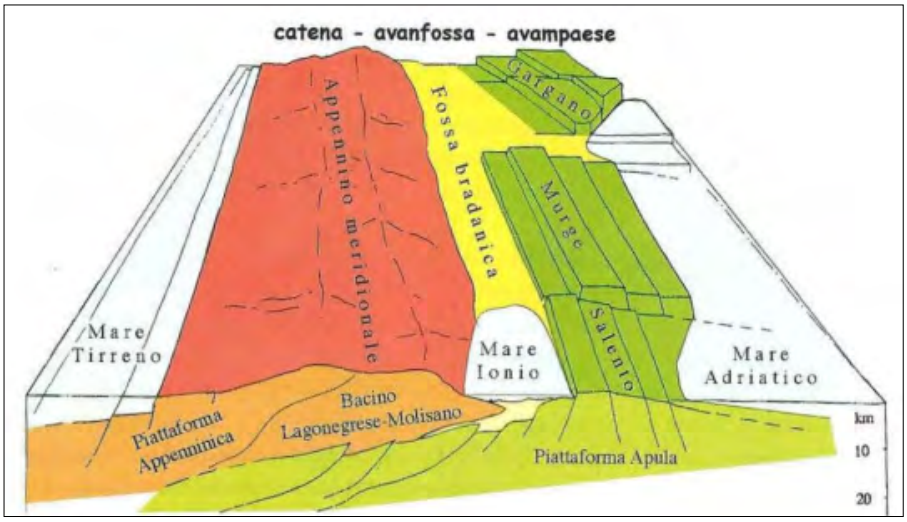


Figura 2. Schema geologico tridimensionale dell'Italia meridionale (da Funiciello et al., 1991)

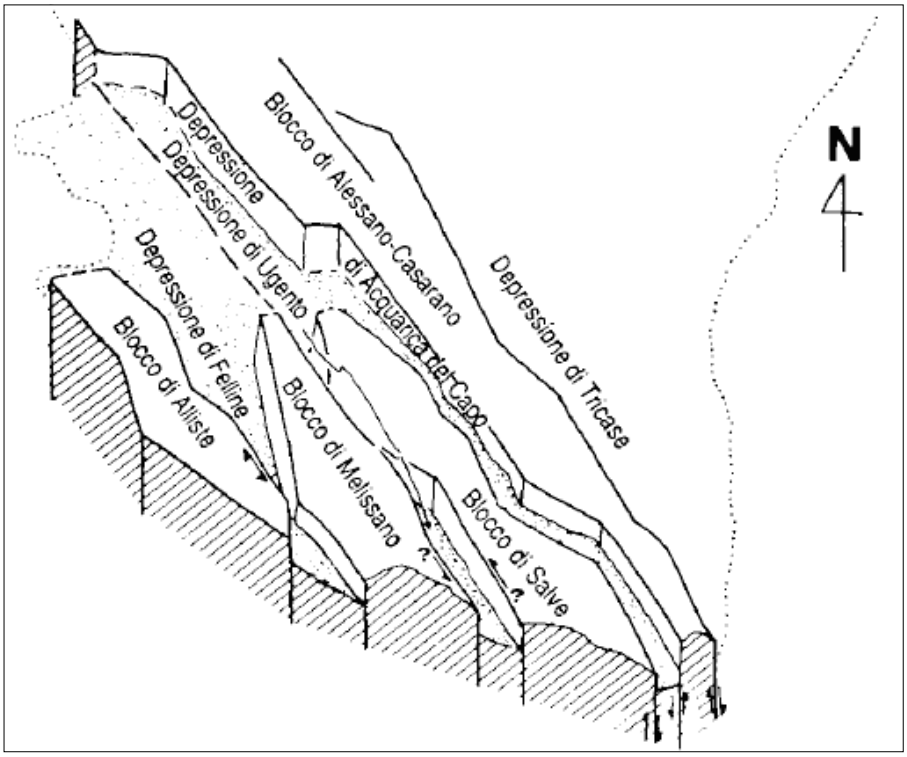


Figura 3. Tentativo di rappresentazione schematica dell'assetto strutturale del Salento sud-occidentale (da Tozzi et al., 1988)

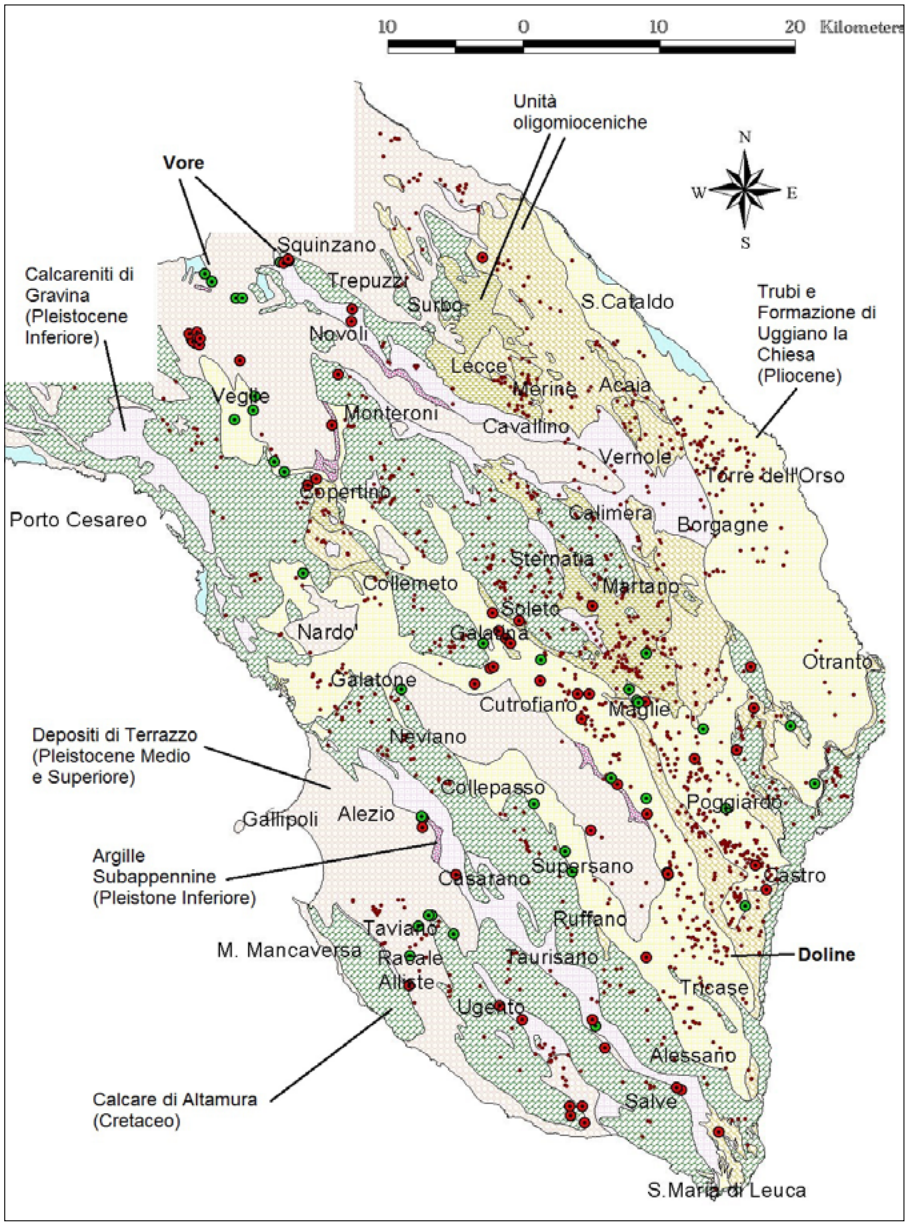


Figura 4. Carta geologica del Salento con indicazione delle principali cavità carsiche (vore e doline)

Litostratigraficamente, la Serra di nostro interesse è caratterizzata dall'affioramento dell'unità cretacica del Calcare di Altamura qui caratterizzato da calcari micritici a grana medio-fine di colore grigiastro e biancastro, ben litificati e stratificati. I calcari presentano a luoghi struttura laminare con alternati strati o banchi di dolomie grigio-nerastre ed altri di calcari biostromali a rudiste.

A nord est, nella stretta depressione tettonica, affiorano 2 unità litostratigrafiche distinte(Calcareniti di Gravina e Depositi di Terrazzo, *Fig.* 4) caratterizzate da calcareniti macrofossilifere di colore bianco-giallastro del Pleistocene e separate tra loro da un'unità argillosa (Argille subappennine) di spessore decametrico.

Il lato occidentale della Serra è caratterizzato da una serie di depressioni, le quali sono colmate generalmente da depositi eluvio-colluviali costituiti da terre rosse più o meno argillose (Ricchetti, 2009).

Le forme carsiche sono molto diffuse, indipendentemente dalla natura geologica del substrato, con una densità media di circa 0,5 doline/km^2. Regolare e continuo è stato quindi il modellamento operato dai processi carsici che ha interessato in tempi diversi (Ricchetti, 1999) tutte le formazioni carbonatiche affioranti, dal Cretaceo superiore al Pleistocene (*Fig.* 4). È questa una peculiarità che contraddistingue il territorio salentino da quello murgiano e garganico dove il modellamento carsico è in prevalenza confinato nelle aree di affioramento delle formazioni carbonatiche del Cretaceo.

Tra il Cretaceo e l'Attuale, infatti, sono stati modellati differenti tipi di paesaggi carsici in quanto le modalità della carsogenesi sono state condizionate dal variare del clima e dell'assetto strutturale della regione. Tra le forme carsiche più significative si possono ricordare quelle di tipo tropicale modellate sui calcari cretacei (Cotecchia & Dell'Anna, 1959; Crescenti & Vighi, 1967, Margiotta 2018, Sansò, 1997).

Generalizzando, le doline sono riferibili alle tipologie con depositi di riempimento (terre rosse prevalenti, misti in qualche caso a materiale detritico anche grossolano), con forme a "piatto" e a "scodella" derivanti, a seconda dei casi, da analoghe forme nonché da doline ad imbuto; meno frequenti le forme a "pozzo", anche queste di norma con depositi di riempimento. In relazione con la struttura geologica del substrato, i perimetri variano di forma, da circolare a ellittico, non rare le forme coalescenti. Ai bordi degli alti strutturali, in presenza di aree di debolezza quali sono le faglie e di rocce carbonatiche, nonché per l'abbondanza delle meteoriche corrivanti dalle porzioni sommitali delle serre stesse, il processo carsico si è approfondito dando vita a forme (definite localmente "vore") che mettono direttamente in collegamento il suolo con il sottosuolo attraverso condotti subverticali.

LA STORIA DEL SITO DI INTERESSE

Il sito di interesse è una dolina, già oggetto di interventi mediante la coltivazione della porzione settentrionale, per l'estrazione delle terre rosse residuali di riempimento della depressione, che risulta essere stata esercitata dal Comune di Salve, negli anni 1986-1996 come discarica di RSU prodotti dagli abitanti del Comune di Salve, della frazione Ruggiano e dalle marine (Pescoluse, Torre Pali, Posto Vecchio, Lido Marini) in regime di "ordinanze contingibili e urgenti".

I rifiuti sono stati depositati prevalentemente lungo il lato Nord, a parziale colmamento della porzione svuotata dall'attività estrattiva. Servendosi quindi della naturale conformazione dell'area, i rifiuti sono stati adagiati nel tempo sul versante scosceso della dolina (*Fig.* 1), sfruttando il salto di quota di circa 10 metri tra il limite superiore e la porzione centrale della dolina, accrescendo progressivamente la discarica a partire dal bordo occidentale verso il centro, lasciando spesso a vista i rifiuti che risultavano mascherati solo dalla vegetazione spontanea.

In conformità alle specifiche previste dal par. 4.2.2 della Delibera C.I.T.A.I. del 24 luglio 1984 "Disposizioni per la prima applicazione dell'art.4 del D.P.R. 10 settembre 1982, n. 915 concernente lo smaltimento dei rifiuti", la discarica, non è stata attrezzata con sistemi di impermeabilizzazione, né del fondo

né delle pareti laterali, non sono altresì mai stati realizzati sistemi di raccolta ed estrazione del percolato, né pozzi per la captazione del biogas. Mancando un sistema di regimazione delle acque superficiali, la copertura è stata realizzata solo in sporadici casi con un sottile strato di terreno vegetale prelevato in loco, frammisto a inerti, consentendo alle acque meteoriche di infiltrarsi nel corpo rifiuti.

L'Amministrazione Comunale di Salve ha attuato nel 2008 (per mezzo di Toma Abele), ai sensi del D. Lgs.152/06 e ss.mm.ii., il "Piano di caratterizzazione ex discarica comunale non controllata in località Spiggiani" (approvato con Det.Dir. del Servizio Ciclo Rifiuti e Bonifica della Regione Puglia n. 106 del 18/06/2007), avendo ottenuto un finanziamento con fondi "ecotassa" – art. 15 della L.R. 5/97 (D.G.R. n. 2028 del 29/12/2004).

Nell'ambito di tale Piano di caratterizzazione, le analisi chimiche svolte, hanno evidenziato superamenti delle CSC di cui al D.Lgs. n. 152/06 ss.mm. ii., part. IV tit. V all. 5, relative alla destinazione d'uso "verde pubblico e privato, residenziale" a carico della matrice suolo e sottosuolo per i parametri IPA (Benzo(a)antracene, Benzo(a)pirene, Benzo(b)fluorantene, Benzo(g,h,i)perilene, Dibenzo(a,e)pirene, Dibenzo(a,h) pirene, Dibenzo(a,h)antracene, Indenopirene). Non è risultata contaminata la falda profonda e non è stata rilevata la presenza di percolato.

Nell'ambito della conferenza dei servizi tenutasi in data 12/05/2015, tenuto conto che i dati ambientali di caratterizzazione risalivano al 2008 e non potendo escludere la possibilità che le locali condizioni di contaminazione potessero essersi in qualche modo evolute, si è convenuto di procedere con una progettazione esecutiva, per stralci, degli interventi da realizzare: I° stralcio per la progettazione esecutiva delle indagini geognostiche ed ambientali di supporto, il II° stralcio per la progettazione esecutiva degli interventi di messa in sicurezza permanente e bonifica, sulla base degli esisti delle indagini del I stralcio,

Sulla base del primo stralcio del progetto esecutivo, nel 2019, sono state svolte le indagini di aggiornamento del quadro ambientale con approfondimento della caratterizzazione del sito preliminare alla esecuzione dei lavori di MISP e bonifica.

I risultati delle analisi chimiche hanno evidenziato superamenti delle CSC con riferimento a siti ad uso "Verde pubblico e privato e Residenziale" a carico della matrice suolo e sottosuolo per i composti inorganici ed idrocarburi (idrocarburi pesanti C>12), cadmio e selenio nel sottosuolo ed idrocarburi pesanti C>12, berillio, cobalto, stagno e vanadio per il suolo, a quote diverse dal piano campagna. E' altresì emersa la presenza di composti inorganici sia nel Top Soil che alla profondità tra i 20 m ed i 40 m. Superficialmente, nell'area occupata dei rifiuti ed a profondità diverse dal piano campagna, in punti che non intercettano i rifiuti, è stata rilevata la presenza di idrocarburi. I dati aggiornati confermavano che la falda sotterranea non risulta interessata dalla contaminazione e l'assenza di biogas.

Successivamente, gli esiti delle analisi eseguite da ARPA Puglia nel 2021 hanno mostrato nei campioni di top soil il superamento del valore limite di cui alla Tabella 1 colonna A dell'Allegato V alla parte IV del D.Lgs 152/06 per il parametro Berillio; tali superamenti sono stati riscontrati anche dall'Amministrazione nei campioni prelevati nel giugno 2019 (congiuntamente ad altri superamenti a carico dei parametri Vanadio e Cobalto) e in un campione di acque sotterranee il superamento del valore limite di cui alla Tabella 2 dell'Allegato V alla parte IV del D.Lgs 152/06 per il parametro PCB.

Alla luce dei risultati ottenuti con il Piano di Caratterizzazione della ex discarica e ai risultati degli approfondimenti geologici eseguiti successivamente alla approvazione del suddetto Piano, e l'aggiornamento del quadro ambientale, gli interventi sono stati indirizzati alla messa in sicurezza permanente e al ripristino definitivo dell'area da intendersi come progetto di *messa in sicurezza permanente e di bonifica* secondo quanto definito all'art. 240, comma 1 del D.Lgs. 152/2006 e ss.mm.ii. let. o) relativamente al corpo dei rifiuti e let. p) relativamente all'intervento di bonifica

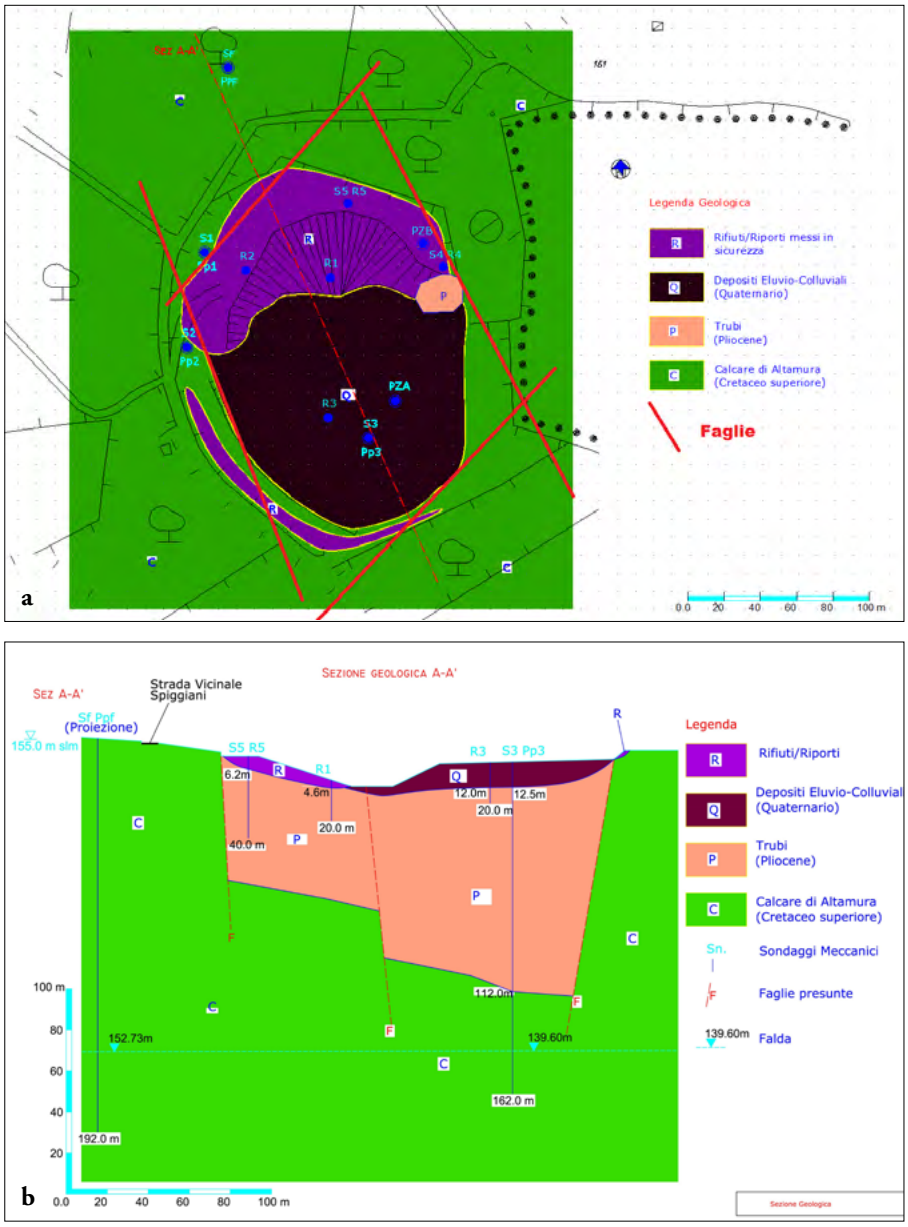


Figura 5 a,b. Carta e sezione geologica dell'area di cava (modificata dalla caratterizzazione di Toma Abele del 2008)

dei terreni residuali, oltre al ripristino ambientale lettera q).

L'analisi comparativa effettuata per il sito in esame ha condotto a ritenere la Messa In Sicurezza Permanente (MISP) l'unico intervento possibile per la parte che interessa l'abbanco di rifiuti solidi urbani in base alle caratteristiche dell'area e della tipologia di contaminazione. Pertanto, come stabilito all'All.3 al titolo V della Parte IV del D.Lgs.152/06 e ss.mm. ii. gli interventi di messa in sicurezza permanente sono stati finalizzati al contenimento della diffusione degli inquinanti per impedirne il contatto con l'uomo e con i recettori ambientali circostanti. Tali interventi hanno quindi carattere di definitività in siti come quello in oggetto, non interessati da attività produttive in esercizio e dove non sia possibile procedere alla rimozione degli inquinanti. Sono stati quindi individuati interventi di isolamento della sorgente di inquinamento dalle matrici ambientali circostanti al fine di minimizzare il più possibile il rischio per la salute umana, costituiti da: barriera fisica impermeabile di base, barriera fisica superficiale (capping), sistema di regimazione acque meteoriche, sistema di captazione biogas, quale presidio rispetto possibili residui di biogas non evidenziati dalle analisi del 2019, monitoraggio e valutazione ex post del rischio per la verifica del mantenimento dei valori di contaminazione al di sotto delle CSR sito specifiche. In aggiunta all'intervento su descritto, il progetto ha previsto, presso l'area libera da rifiuti, ma interessata dalla presenza di contaminanti, un intervento di bonifica tramite fitorimediazione, una tecnica "environmental-friendly" che prevede l'utilizzo di specie vegetali per la decontaminazione dei terreni. Il fitorimedio o (fitorimediazione) consiste nell'impiego di vegetali per la depurazione in situ di agenti inquinanti diffusi nell'ambiente prevalentemente sotto forma solida o liquida.

Figura 6 a,b. La dolina a seguito degli interventi di messa in sicurezza e valorizzazione

LA VALORIZZAZIONE DEL SITO

Gli studi geologici s.l. condotti hanno consentito di definire che la discarica ricade in corrispondenza di una splendida dolina tettono-carsica (*Fig.* 5 a,b). Essa ha una forma ovale con asse maggiore di circa 220 m orientato in direzione SO-NE ed asse minore di circa 140 m, ovviamente trasversale al principale.

Il sito è ubicato in corrispondenza del versante occidentale delle Serre Follitte, nella loro porzione settentrionale terminale, poco distante dal tratto in cui l'alto strutturale perde la propria continuità che poi riprende con le Serre di pozzo Mauro. L'attento esame della morfologia evidenzia che procedendo da Sud verso Nord la Serra diminuisce gradualmente la sua elevazione che passa da circa 170 m a circa 155 m immediatamente a nord ovest della discarica. Questa variazione di quota non è né graduale né continua potendosi osservare un aumento delle pendenze proprio in un tratto posto circa a NE della discarica laddove si assiste dapprima ad una diminuzione rapida delle quote e quindi ad una loro leggera risalita. È evidente quindi che il sito è interessato da un sistema di faglie distensive parallele ma con immersione opposta che con probabile andamento SO-NE intersecano quelle principali che bordano i versanti delle Serre ed aventi direzione NO-SE in ciò determinando la presenza di un vero e proprio graben all'interno dell'unità cretacica del Calcare di Altamura. Il rigetto di queste faglie è notevole (perlomeno se rapportato a quelli noti per la Penisola salentina) in quanto è ben superiore ai 100 m così come si evince agevolmente dalla lettura dei sondaggi geognostici effettuati nelle campagne di caratterizzazione.

Questa situazione tettonica è tipica di varie aree carsiche laddove sono presenti vaste depressioni chiuse a fondo piatto e con drenaggio sotterraneo per via carsica delle acque. La presenza delle depressioni che ospitano i piani è legata a situazioni strutturali particolari come tettonica distensiva ad *horst* e *graben*, depressioni di angolo di faglia

o sinclinali. L'origine della depressione dipende unicamente da queste cause strutturali, mentre la sua evoluzione successiva dipende da processi carsici e da processi di versante. Il carsismo si sviluppa secondariamente, favorito dalla presenza di fratture e faglie normali e perciò distensive e permeabili all'acqua; anzi, è probabile che il carsismo inizi a svilupparsi già durante i movimenti tettonici che portano alla formazione della depressione. A testimonianza di questo si sottolinea che nel corso dei carotaggi sono stati riscontrati numerosi vuoti all'interno della successione cretacica e, in più intervalli, riempimenti di materiali terrosi rossastri. La depressione tettonica è stata quindi interessata dalle successive trasgressioni marine cenozoiche che hanno provveduto a colmarla parzialmente. In corrispondenza di un testimone di cava ubicato sul fondo della stessa e di una parete ancora visibile posta sul versante nord orientale, sono infatti affioranti delle sabbie medie molto glauconitiche con abbondanza di echinidi e lamellibranchi al suo interno. Queste sabbie poggiano su un intervallo (ben osservabile in corrispondenza della parete) meno glauconitico ma con abbondanti bioturbazioni riempite dal materiale sovrastante. Questi depositi sono attribuibili ai Trubi (Pliocene inferiore). Molto probabilmente i termini superiori sono invece riferibili alla Formazione di Uggiano la Chiesa (Pliocene medio?-superiore) coperti a loro volta dai depositi continentali. Una delle faglie citate con andamento SO-NE probabilmente passa proprio lateralmente alla parete nelle sabbie e calcareniti glauconitiche e comunque tra il testimone di cava e la parete in terra.

L'ultima fase dell'evoluzione del sito è connessa alla dinamica della serie dei fenomeni carsici, eluviali e colluviali che hanno consentito l'accumulo di un decametrico spessore di sedimenti residuali rossastri a quasi totale colmamento della depressione.

Dal punto di vista idrogeologico, la circolazione idrogeologica nell'area in esame si esplica nei calcari mesozoici che sono permeabili per fatturazione e carsismo. Il Calcare di Altamura, infatti, è sede di un importante acquifero carbonatico, denominato "acquifero profondo", che costituisce la principale riserva idrica della penisola Salentina. Questo è sostenuto alla base dalle acque marine di invasione continentale. La falda profonda è sostenuta al letto dalle acque marine di invasione continentale, il passaggio dalle acque sfruttabili a concentrazione salina inferiore ad 1 g/l a quelle marine sottostanti (le cui concentrazioni sono dell'ordine di 35 g/l), avviene attraverso una zona di transizione o interfaccia segnata da repentini aumenti della concentrazione salina. La falda profonda è alimentata principalmente per filtrazione dall'altopiano delle Murge e scarica essenzialmente in mare, attraverso la costa ionica e quella adriatica (Giudici *et al.*, 2012 e De Filippis *et al.*, 2020). Inoltre, la falda si attesta su quote massime dell'ordine di 7 m slm a valle dell'altopiano delle Murge, e su quote più modeste procedendo verso il capo di Leuca, con la presenza di locali alti piezometrici. Il livello di falda, nell'area di interesse, si attesta su quote comprese tra 2,5 m e 3,0 m slm circa con una direzione di deflusso delle acque sotterranee da SE a NO.

Figura 7. La sezione nei depositi residuali venutasi a formare a seguito delle fasi della coltivazione è stata risagomata in modo da essere stabile ma è stata mantenuta a vista

Gli elementi sopra sinteticamente riportati hanno evidenziato ai progettisti come il recupero dell'area non potesse prescindere da alcuni sostanziali linee guida legate proprio al rispetto della bellezza del paesaggio circostante ed alla valorizzazione della geodiversità presente in riferimento proprio alla dolina (*Fig.* 6). A completamento dell'intervento di bonifica e messa in sicurezza dell'area, si è prevista quindi la sua fruizione mediante la realizzazione di un parco geomorfologico – ambientale contente i seguenti elementi;

- la sezione dei depositi residuali rossastri visibile in seguito alle attività di coltivazione è stata lasciata a vista ed essa costituisce un'incredibile quanto unica opportunità di vedere come è fatta in sezione una dolina (*Fig.* 7);
- la porzione di dolina ancora interessata dai depositi residuali in affioramento è stata interessata dalla messa a dimora di piante autoctone basse (che quindi non interrompano la continuità delle visuali) con potere depurante;
- il muretto a secco che delimita la scarpata, all'interno del sito di interesse, con andamento che segue la forma della dolina, è stato ripristinato;
- è stato creato un percorso al margine esterno della dolina lungo il quale sono state adibite stazioni di sosta con altrettanti pannelli esplicativi

Figura 8. Uno dei 7 pannelli presenti nel Parco e, sullo sfondo, attrezzature per il gioco dei bambini e la sosta

Figura 9. Il piezometro attrezzato con sonda multiparametrica che registra in continuo i parametri di temperatura, salinità, ph e ossigeno delle acque del corpo idrico sotterraneo mesozoico

rispettivamente degli aspetti geologici strutturali, stratigrafici, idrogeologici, geomorfologici, geofisici e botanico-faunistici (*Fig.* 8);

- l'area dove sono stati messi in sicurezza i rifiuti (parte settentrionale della discarica) è stata destinata all'accoglienza con zone di parcheggio di cicli nonché un centro per il ristoro e l'informazione;
- il testimone di cava caratterizzato dall'affioramento delle sabbie e calcareniti glauconitiche plioceniche coperte dai depositi continentali è stato mantenuto (*Fig.* 7);
- all'interno dell'area sono stati realizzati dei piezometri per il monitoraggio della risorsa idrica sotterranea: uno dei piezometri realizzati per il monitoraggio è stato attrezzato per il monitoraggio in continuo dei parametri della falda (*Fig.* 9) e sarà collegato ad una stazione di raccolta dei dati in una scuola pubblica di Salve e visibile agli studenti della stessa.

CONCLUSIONI

Il sito di Spiggiani costituisce il primo esempio di recupero di una dolina in Salento per gli scopi turistici e divulgativi della geodiversità e delle biodiversità. Tale recupero assume ancora più eccezionale valore e diviene significativo nel panorama nazionale italiano se rapportato alla storia della componente geomorfologica, violentata negli anni con interventi autorizzati per svolgere attività di cava e come discarica di RSU e che, invece, a valle di interventi di messa in sicurezza e bonifica, appositamente individuati, vive un reale recupero ambientale finalizzato a creare valore sociale e culturale. La storia della dolina insegna che è stata la mancata di conoscenza del valore del bene che ha consentito, negli anni, il suo utilizzo per scopi certamente non compatibili con la vulnerabilità della risorsa. L'intervento realizzato quindi mira, non soltanto alla messa in sicurezza permanente e bonifica di un sito contaminato, al recupero del paesaggio eliminandone gli elementi di degrado ma anche a colmare questa lacuna di conoscenza divulgando gli aspetti che conferiscono valore al sito e che sono meritevoli della conservazione e tutela. Si è operato inoltre, cercando di ottenere non il ripristino che sarebbe stato forzoso e comunque innaturale ma pensando di cogliere le opportunità rivenienti da trasformazioni seppure certamente disdicevoli compiute negli anni a danno della forma tettono-carsica. In questo contesto, la forma carsica di Spiggiani è un luogo dove, ad esempio, si può osservare, e questo costituisce certamente un unicum, come è fatta in sezione una dolina in quanto la parete di cava è stata mantenuta a vista evitando un colmamento con materiali che non avrebbero potuto essere quelli specifici del sito.

BIBLIOGRAFIA

Chen Z., Auler A.s. *et al.* (2017), *The World Karst Aquifer Mapping project: concept, mapping procedure and map of Europe*. Hydrogeology Journal, 25, 771–785.

Cotecchia V., Dell'Anna L. (1959), *Contributo alla conoscenza delle bauxiti e terre rosse del Salento.* Memorie e note dell'Istituto di Geologia Applicata dell'Università di Napoli, VII, 5-20.

Crescenti U., Vighi L. (1967), *Caratteristiche, genesi e stratigrafia dei depositi bauxitici cretacici del Gargano e delle Murge; cenni sulle argille con pisoliti bauxitiche del Salento (Puglia).* Boll. Soc. Geol. It., 83, 285-338.

D'Alessandro A., Loiacono F., Ricchetti G. (1987), *Note illustrative alla carta geomorfica del Salento meridionale (F.525 Gallipoli, 526 Nardò, 527 Otranto, 536 Ugento e 537 Capo S. Maria di Leuca).* - Atti del Convegno sulle conoscenze geologiche del territorio salentino. Lecce 12 dicembre 1987. Quaderni di Ricerche del Centro Studi Geotecnica e di Ingegneria Lecce, 11, 207-222.

D'Alessandro A., Massari F. (1997), *Pliocene and Pleistocene depositional environments in the Pesculuse area (Salento, Italy).* Rivista Italiana di Paleontologia e stratigrafia, 103, 221-258.

De Filippis G., Margiotta S., Caruso F., Luigi Negri S.L. (2020), *Open questions about the hydrodynamic behaviour of the deep, coastal aquifer of the Salento peninsula (south-eastern Italy): Coupling expert knowledge, data, and numerical modelling for testing hydrogeological conceptual models.* Science of the Total Environment 715.

Faccini F., Perasso L., Poggi F., Vernassa A. (2011), *Le aree carsiche della Liguria: un esempio di metodologia per la valorizzazione e la tutela della geodiversità* EngHydroEnv Geology 14; 71-82.

Febbraro N., Piccinni M. (2018), *Salento Sottoterra* Libellula Editore, pp 256.

Funiciello R., Montone P., Parotto M., Salvini F., Tozzi M. (1991), *Geodynamical evolution of an intra-ogenic foreland: the Apulia case history (Italy)*. Boll. Soc. Geol. It., 110, 419-425.

Giudici M., Margiotta S., Mazzone F., Negri S., Vassena C. (2012), *Modelling hydrostratigraphy and groundwater flow of a fractured and karst aquifer in a Mediterranean basin (Salento peninsula, southeastern Italy).* Environmental earth Science, 67, 7: 1891-1907.

IUCN - World Commission for Protected Areas (1997), *Guidelines for cave and karst protection.*

Margiotta S. (2018), *Geologia, carsismo, geomorfologia e speleogenesi: il Salento, il canale Fano e Grotta delle fate*. In: *Salento Sottoterra* di Febbraro N. e Piccinni M., Libellula Editore, 37-62.

Martinis L. (1962), *Lineamenti strutturali della parte Meridionale della penisola salentina.* Geologica Romana. Vol. I, 11-23.

Parise M., Gabrovsek F., Kaufmann G., Ravbar N. (eds) (2018), *Advances in Karst Research: Theory, Fieldwork and Applications.* Geological Society, London, Special Publications, 466, 1–24.

Parise M., Gunn J. (eds) (2007), *Natural and Anthropogenic Hazards in Karst Areas: Recognition, Analysis and Mitigation.* Geological Society, London, Special Publications, 279, 1–3.

Regione Puglia (2013), *PPTR, Scheda di identificazione e definizione della specifica disciplina d'uso; codice di riferimento regionale: PAE0076,* 70 pp.

Ricchetti G. (1999), *Aspetti geologici del carsismo in Puglia. Atti "Il carsismo dell'area mediterranea: geologia, paleogeografia, biologia".* 1° incontro di studi. Casrto Marina 1-2 settembre 1997. Thalassia Salentina, Suppl. al n. 23, 7-19.

Ricchetti G. (2009a), *Note Illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000, Foglio 536, Ugento.* ISPRA Servizio Geologico d'Italia, 102 pp.

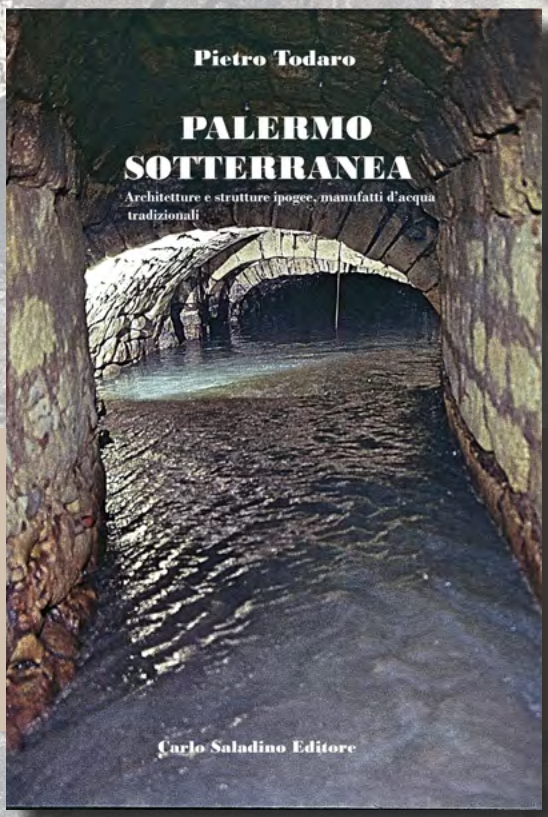
Ricchetti G. (2009b), *Note Illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000, Foglio 537, Capo Santa Maria di Leuca.* ISPRA Servizio Geologico d'Italia, 128 pp.

Sansò P. (1997), *The ancient landforms of Apulian region*. Abstract IV International Symposium on Geomorphology, Bologna (Italy), august 1997.

Tozzi M. (1988), *Assetto tettonico dell'Avampaese Apulo Meridionale (Murge Meridionali, Salento) sulla base dei dati strutturali.* Geologica Romana, 29, 95-111.

La scienza e la tecnica raccontate.
Rassegna culturale della SIGEA-APS
a cura di Giacomo Milazzo

Questo volume ci guida e ci propone inediti ed esclusivi itinerari di turismo geologico, archeologico e culturale per scoprire i tesori sotterranei più affascinanti di Palermo, risalenti a quasi duemila anni fa.



Per segnalare e consigliare un libro scrivi una e-mail a
recensioni@sigeaweb.it

Palermo sotterranea. Architetture e strutture ipogee, manufatti d'acqua tradizionali
di Pietro Todaro
Carlo Saladino Editore, 2024

Qualunque città al mondo, che sia per nobili intenti oppure seguendo concrete necessità, è sottoposta al moto incessante delle trasformazioni urbane; e le città giungono sino a noi grazie ad esse, e non nonostante. E per mezzo delle loro trasformazioni a volte divengono persino *eterne*, attraverso le loro stratificazioni nel tempo, i cui misteri ci sono svelati da minuziosi e pazienti lavori di indagine storica ed archeologica, non disgiunti da almeno una dozzina di altre discipline. E cosa c'è di più misterioso, perso nei tempi, e spesso nella memoria di chi vive la propria quotidianità magari a pochi metri da quanto realizzato nel sottosuolo, che sia per causa naturale o antropica?
Qualsiasi città raramente nasce per caso, ma è quasi sempre fondata in base ad un collegamento col territorio che la accoglie, che le fornisce le risorse per svilupparsi. Oltre a quanto avviene in superficie, che cambia col tempo strato dopo strato, spianando e rifondando, riciclando il vecchio col nuovo, molto spesso esiste uno sviluppo sotterraneo, anch'esso legato alle necessità urbane, a formare realtà diverse ma congiunte.
Una città come Palermo, che da quasi 2.700 anni esiste ed insiste su un territorio non difforme dall'originale insediamento fenicio, la cui configurazione è mutata profondamente nel corso della storia, ha quindi conservato al di sotto della superficie, in gran parte inalterate, centinaia di testimonianze del suo passato, dovute agli abitanti che nel tempo si sono avvicendati sul suo territorio utilizzandone grandemente anche il sottosuolo: cave dalle quali trarre il materiale da costruzione, spesso esclusive di chi scavava proprio sotto il luogo delle fondamenta in una sorta di *faidaté* della pietra da taglio; pozzi e canali sotterranei ad uso idrico; necropoli, cripte e catacombe; cammini militari, fossati e trincee, e tantissimo altro ancora, persino sistemi che farebbero invidia ai moderni impianti di *free cooling*. E non sono solo questi gli unici segreti archeologici, a cui aggiungere senz'altro quelli geologici ed idrogeologici, che questa città nasconde, o dovrei forse dire nascondeva.
Ed è con questo prezioso volume, di grande formato (17x24 cm), su carta patinata ed arricchito splendidamente da ben 222 disegni e 320 fotografie a colori, che l'Autore ci accompagna in un viaggio affascinante alla scoperta delle meraviglie che questa città oggi offre, proprio grazie ad un appassionato e minuzioso lavoro di indagine e ricerca, pressoché costantemente accompagnato dalla sistematica perlustrazione delle cavità, con le difficoltà che si possono immaginare, da quelle prettamente speleologiche a quelle burocratiche per ottenere gli accessi. L' intento divulgativo principale è dunque avvicinare il lettore al patrimonio culturale sotterraneo della città, ancora poco conosciuta, nonostante sia ormai prassi consolidata in moltissime città, compresa Palermo, la possibilità di effettuare visite turistiche, in sicurezza e per tutti, alla scoperta del sottosuolo. Gli argomenti trattati, anche se a volte possono avere qualche correlazione tra loro, sono fruibili a piacimento, potendo andare da un capitolo all'altro anche senza un preciso ordine, o senza seguire la struttura degli stessi, a rendere la lettura più elastica e personalizzata.
E chi meglio di un geologo, tale è la professione che l'Autore esercita, avrebbe potuto renderci partecipi di tale splendida «*sintesi caleidoscopica d'immagini e di narrazione*»?

INSIEME PER PROMUOVERE LA CULTURA GEOLOGICA E LA TUTELA DELL'AMBIENTE

Sostieni la SOCIETÀ ITALIANA DI GEOLOGIA AMBIENTALE - APS

Iscriviti o rinnova la tua adesione. Per aderire alla SIGEA - APS è sufficiente compilare la scheda di iscrizione, scaricabile dal sito web www.sigea-aps.it e versare la quota associativa, pari ad un importo di euro 30.00, a mezzo bonifico bancario Banco Posta, IBAN: IT 87 N 07601 03200000086235009, intestato a Società Italiana di Geologia Ambientale