



CONSIGLIO NAZIONALE  
DEI GEOLOGI



# Cavità di origine antropica, modalità d'indagine, aspetti di catalogazione, analisi della pericolosità, monitoraggio e valorizzazione

Sala Convegni del CNR, P.le Aldo Moro, Roma  
1° dicembre 2017 ore 9.30-18.30

## PROGRAMMA

### Comitato Promotore

Eugenio Di Loreto, Antonello Fiore, Carla Galeazzi, Maurizio Lanzini,  
Stefania Nisio, Arcangelo Francesco Violo

È stata inoltrata richiesta di n. 8 crediti formativi ai fini dell'APC per geologi.

Con nota del MIUR (U).0049443.20-11-2017 è stato concesso l'esonero  
dall'obbligo di servizio ai docenti di ogni ordine e grado.

Sarà possibile seguire il convegno anche in diretta streaming sul canale CNR  
<https://live.cnr.it/liveRomaConvegni.html>

### Info

<http://www.convegnoipogei2017.it> • [convegnoipogei2017@sigeaweb.it](mailto:convegnoipogei2017@sigeaweb.it)



Con il patrocinio di



MINISTERO DELL'AMBIENTE  
E DELLA TUTELA DEL TERRITORIO E DEL MARE



Ministero  
dei beni e delle  
attività culturali  
e del turismo



ISPRA  
Istituto Superiore per la Protezione  
e la Ricerca Ambientale



Sistema Nazionale  
per la Protezione  
dell'Ambiente



Consiglio Nazionale delle Ricerche



ORDINE DEI GEOLOGI DELLA LAZIO

Major sponsor



Sponsor



CODEVINTEC  
Tecnologie per le Scienze della Terra

# INDICE



## SESSIONE A – Censimento e catalogazione delle cavità

### Presentazioni orali

BELVEDERE G., BETTI M., BIXIO R., GALEAZZI C., GALEAZZI S., GERMANI C., MAZZOLI M., MENEGHINI M., PARISE M. & SAJ S. – Catasto speleologico nazionale delle cavità artificiali. classificazione, interventi di tutela e monitoraggio conseguiti grazie ai dati speleologici, prospettive future .....	pag. 1
BISCONTI F., CIOTOLI G., FERRI G., FIORE R., HUBER T., LANZINI M., NISIO S., PAOLUCCI R., ROMA M., STRANIERI I. & SUCCHIARELLI C. – Primo contributo alla realizzazione della Carta delle Cavità Sotterranee di Roma .....	pag. 3
DAMIANI G., MENOTTI R.M., MILLESIMI F., RINALDI C. & SABATINI F. – Cittaducale (Rieti): i rischi connessi all'esteso reticolo di cavità antropiche .....	pag. 5
GRASSI L. – Opere belliche: classificazione dei rifugi per categoria tecnico-costruttiva e funzione d'uso .....	pag. 7
GUARINO P.M., CARTA R., NICEFORO D.M.A., ROMA M., MARI R., SORAVIA M., NAPOLITANO P., PALMA G., SGARIGLIA F. & SANTO A. – L'inventario delle cavità di origine antropica e la Banca Dati Territoriale online del territorio della Città Metropolitana di Napoli .....	pag. 8
RUSTICO L. & NARDUCCI R. – Cave sotterranee nel Colle Aventino. Cartografia storica, documenti di archivio e nuove indagini geoarcheologiche .....	pag. 10

## SESSIONE A – Censimento e catalogazione delle cavità

### Poster

AGOSTINO R. & PIZZI F. – Leggere le grotte: da Sant'Ilario sullo Ionio (RC) nuovi spunti per il culto delle acque .....	pag. 12
BERSANI P., GERMANI C., GALEAZZI C., BOTTIGLIA R. & GALEAZZI S. – Note preliminari sulle indagini speleologiche e geologiche dell'acquedotto "Fontana" di Velletri (Roma) .....	pag. 14
BIXIO R., FACCINI F., MAIFREDI A., PERASSO L., SAJ S. & TRAVERSO M. – Le cavità di origine antropica in Liguria: stato dell'arte, prospettive di ricerca e proposte per la valorizzazione .....	pag. 15
CAPURSO E. & NINIVAGGI T. – Altamura memoria del paesaggio: le cave per l'estrazione del materiale lapideo. dal censimento alla valorizzazione dei percorsi dell'industria estrattiva .....	pag. 17
CARLOMAGNO A., FANTINI A., GAZZETTI C., LOY A., MARINO L., SARANDREA P. & VERBENA G. – Censimento di cavità antropiche nell'Arcipelago Pontino attraverso l'applicazione di metodi di rilievo speditivi e fotogrammetrici avanzati .....	pag. 19

CHIARALUCE V. – Il c.d. cunicolo superiore del muro etrusco a Todi (PG) .....	pag. 20
CIANFRIGLIA L., MATTEUCCI R., ROSA C. & SEBASTIANI R. – Cavità sotterranee nell'area Portuense a Roma .....	pag. 21
CIOTOLI G. & NISIO S. – Roma, vaste aree di cavità sotterranee scomparse. il caso della Catacomba di San Felice sulla via Portuense .....	pag. 22
CORVI M., DAMIANO N., GUARINO P.M. & GUIDONE I. – Analisi contestuale di cavità di origine antropica nel Parco Archeologico delle Terme di Baia (Campania, Italia) .....	pag. 23
DI FILIPPO M., DI NEZZA M., CECCHINI F., MARGOTTINI S., DE MARTINO C., PAZZI V., CARLÀ T., BARDI F., MARINI F., FONTANELLI K., INTRIERI E. & FANTI R. – Censimento e catalogazione delle cavità di origine antropica mediante prospezioni geofisiche integrate nell'area de "Il Piano"(Isola d'Elba, Italia) .....	pag. 24
DORE P. & MEZZOLANI S. – Carta delle miniere della Nurra .....	pag. 25
DURANTE F., PIPPONZI G., DEL MONTE E., GHINELLI A., ILLIC V., NOCENTINI M. & TALLINI M. – Censimento e mappatura della rete di cavità che sottende il paese di Castelnuovo, San Pio delle Camere (AQ) .....	pag. 26
FELICI M.L. – Cavità sotterranee di origine antropica in Francia .....	pag. 27
FILIPPINI P., CLEMENTINI M., BORZETTI M.R., VERCELLI C., DECATERINA S. & FIGLIOZZI E. – La Carta Archeologica delle Cavità Antropiche Antiche del settore nord est del suburbio di Roma .....	pag. 28
PASCALE S. & LORENZO P. – Cavità carsiche e accumuli di frana in area urbana .....	pag. 29
ROTONDO R. – Documentazione archeologica attraverso la mappatura dell'habitat rupestre medievale nel comparto costiero adriatico a sud-est di Bari .....	pag. 30
SAMMARCO M., CALÒ S. & PARISE M. – Gli ipogei di origine antropica nell'area costiera di Rocavecchia (prov. di Lecce) .....	pag. 32
SANTO A.R., FIORE A., PARISE M. & SELLERI G. – I rifugi antiaerei realizzati durante il secondo conflitto mondiale in Puglia .....	pag. 33
SASSO A. – Aspetti geomorfologici e cavità d'origine antropica del territorio dell'Ecomuseo della Tuscia rupestre .....	pag. 34
VERDI O. & GIANNELLA G. – Le cave di pozzolana a Roma e nel territorio nel settecento nelle fonti documentarie .....	pag. 35

## **SESSIONE B – Analisi della pericolosità territoriale**

### **Presentazioni orali**

ANDRIANI G.F. & PARISE M. – Le condizioni di stabilità degli ipogei in ammassi rocciosi calcarenitici: rapporti tra geologia e propensioni al dissesto .....	pag. 36
BRUNO G. – Il fattore <i>nshape</i> dei pilastri di cave sotterranee e il loro fattore di sicurezza a compressione desunto da analisi di regressione multivariata.....	pag. 37
CACCAVALE G., CALCATERRA D. & RAMONDINI M. – Analisi sistemica per una valutazione della suscettibilità al dissesto di territori dell' agro nolano (provincia di napoli) con presenza di cavità antropiche in tufo.....	pag. 39



GIANNELLA G. & ROSA C. - L'utilizzo delle fotografie aeree dell'Aerofototeca Nazionale degli anni precedenti l'urbanizzazione del suburbio romano per l'individuazione e catalogazione di cavità di crollo connesse all'evoluzione perniciosa di cavità sotterranee legate ad attività estrattive.....	pag. 41
PALMA B., PAGANO M., PARISE M. & RUOCCO A. - Analisi geostrutturale su nuvola di punti acquisita con laser scanner 3d: applicazione alla Grotta di Cocceio, in Bacoli (Campania, Italia) .....	pag. 42
PERROTTI M., LOLLINO P., FAZIO N.L., PISANO L., VESSIA G., PARISE M., FIORE A., LUISI M., MICCOLI M.N. & SPALLUTO L. - Studio numerico parametrico per la definizione di abachi per la valutazione preliminare della stabilità di cavità sotterranee in calcarenite tenera .....	pag. 43

## **SESSIONE B - Analisi della pericolosità territoriale**

### **Poster**

ALLOCCA V., ANGRISANI A.C., CODA S., DANZI M., DE VITA P., DEL VECCHIO U., DI MARTIRE D., MASSA D., MININ G., NOCERINO G. & CALCATERRA D. - Ricostruzione del modello tridimensionale di una cavità sotterranea nel Complesso Monumentale dei SS. Marcellino e Festo (Napoli) mediante l'utilizzo di laser scanner manuale .....	pag. 44
ANTRONICO L. & GULLÀ G. - Siti minerari dismessi in aree in frana: l'ex miniera di sale di Lungro (Calabria) .....	pag. 45
BENTIVENGA M., CAPECE A., GUGLIELMI P., MARTORANO S. & PALLADINO G. - Studio geologico dell'area che ospita le grotte di San Giorgio Lucano, finalizzato alla geoconservazione .....	pag. 47
BERSANI P. & NISIO S. - La presenza di acque nelle cavità sotterranee di Roma.....	pag. 48
BISIGNANO M., DEBERNARDIS M., LAURIERO N., PEPE P., PERRUCCI A., RISIMINI I. & TANCREDI S. - Lavori di indagine e di rimozione delle macerie del crollo di Via Matrice nella Gravina di Ginosa .....	pag. 49
DANZI M., DEL VECCHIO U. & MININ G. - Nuove metodologie di rilievo di ambienti ipogei tramite laser scanner: l'esempio di una cavità artificiale in provincia di Napoli .....	pag. 51
DEBERNARDIS M., MANICONE D., MARTIMUCCI V., PEPE P., SPECCHIO V., TANCREDI S. & VERNI V. - Metodologie di indagini geognostiche dirette ed indirette per l'individuazione e la determinazione delle geometrie di cavità antropiche profonde in ambito urbano. Il caso di studio di Altamura (BA) nell'ambito dei lavori di "Mitigazione del rischio idrogeologico connesso alla presenza di una rete caveale nel Comune di Altamura" ...	pag. 53
DI RAIMONDO S. & ZOCCO M. - Studio geologico-geotecnico dell'ambiente ipogeo sottostante l'Ospedale Civile di Ragusa (RG) .....	pag. 55
FAZIO N.L., PERROTTI M., LOLLINO P., PARISE M., VATTANO M., MADONIA G. & DI MAGGIO C. - Analisi numerica tridimensionale dei fattori di controllo di un processo di sinkhole in area urbana .....	pag. 56
FERRINI G. & MORETTI A. - I granai sotterranei della Table du Jugurta (Krumira - Tunisia settentrionale) .....	pag. 57

FESTA V., FIORE A., LUISI M., MICCOLI M. N. & SPALLUTO L. – Relazioni tra caratteristiche petrografiche e parametri geotecnici nelle rocce tenere carbonatiche in Puglia .....	pag. 59
LUISI M., FIORE A., MICCOLI M. & SPALLUTO L. – Studio numerico agli elementi finiti per la determinazione delle condizioni di stabilità per chiese rupestri scavate in rocce tenere nel territorio pugliese .....	pag. 61
MICHELI A. & MARTINO M. – L'esperienza di ANAS nell'interferenza delle infrastrutture stradali con cavità naturali o antropiche .....	pag. 63
MIELE P. – L'ipogeo di captazione della sorgente Mazzoccolo in Formia (Lazio meridionale): caratteristiche, storia e vulnerabilità di un'opera idraulica di epoca romana ancora funzionante .....	pag. 64
MIELE P. – Considerazioni sulla stabilità morfologica della cavità rocciosa che ospita l'eremo (IX sec.) dedicato a S. Michele Arcangelo – Monti Aurunci (Lazio meridionale) .....	pag. 65
MIZZONI M., GIANNELLA G., VIRGILI F. & VITTORI E. – Criteri di verifica dei pilastri di cave sotterranee di pozzolana abbandonate .....	pag. 66
MORABITO A., ROSSI DIANA D. & LANZINI M. – La riscoperta delle cave di Monteverde Vecchio, Roma .....	pag. 68
PARISE M. – Fattori geologico-tecnici nella realizzazione di cavità artificiali .....	pag. 69
POGGETTI E. & TINAGLI L. – Classificazione degli ambienti sotterranei e analisi della fratturazione della "Ricerca Buca del Serpente" (Campiglia Marittima, Toscana) .....	pag. 70
RICCIARDI M. & GIULIANI R. – Preesistenze di natura antropica in una delle regioni più antiche delle Catacombe dei SS. Marcellino e Pietro a Roma .....	pag. 71
SANTO A., DE FALCO M., FORTE G., GUARINO P.M. & SCOTTO DI SANTOLO A. – Sinkhole in aree urbane: lo stato delle conoscenze nella provincia di Napoli .....	pag. 72

## **SESSIONE C – Tecniche e procedure di monitoraggio e consolidamento**

### **Presentazioni orali**

ARGENTIERO I., PARISI A., PELLICANI R. & SPILOTRO G. – Metodi integrati di caratterizzazione e monitoraggio per la valutazione della pericolosità di ipogei e reti caveali .....	pag. 73
BOZZANO F., CAMMILLOZZI F., ESPOSITO C., MAZZANTI P., TOSTI S. – Modello geologico e criteri di monitoraggio dell'evoluzione delle cavità nell'area orientale di Roma .....	pag. 75
CIAINTIA M., CASTELLANZA R. & DI PRISCO C. – Un approccio numerico 3D per valutare l'evoluzione temporale della stabilità di cavità in sottterraneo interagenti con edifici .....	pag. 77
GIRARDO L., SANTUCCI E., ADORNATO S. & BASSO S. – Le tecniche per operare in sicurezza in spazi confinati applicate nel progetto di studio e recupero "Forma aquae maxentii" .....	pag. 78
MARTINI E., SOCCODATO C., SOCCODATO F.M. & ALBANO A. – Sviluppi nelle tecniche e tecnologie di indagine, monitoraggio e consolidamento delle cavità in venti anni di applicazione nel laboratorio naturale dell'Orvieto ipogea .....	pag. 79
PIPPONZI G., MATTUCCI F. & FERRINI E. – Piano per la messa in sicurezza delle cavità sotterranee instabili nei Comuni del Cratere Sismico Aquilano danneggiati dal sisma del 2009 .....	pag. 82

## SESSIONE C – Tecniche e procedure di monitoraggio e consolidamento

### Poster

ARGENTIERI A., DI NEZZA M., DI FILIPPO M., PIRO M., ROTELLA G., CECCHINI F. & MARGOTTINI S. – Cavità di origine antropica e sicurezza degli edifici scolastici nella città di Roma: i casi di studio di via Asmara (Municipio II) e via Diana (Municipio V) .....	pag. 84
ANTONINO D., BAROZZI D., DE VENUTO G., FIORE A., SPECCHIO V., PEPE P., MARTIMUCCI V., VERNI V., TANCREDI S. & DEBERARDIS M. – Interventi di bonifica di cavità antropiche in ambito urbano finalizzate alla Mitigazione del rischio idrogeologico connesso alla presenza di una rete caveale ubicata in contesto urbano nel Comune di Altamura ...	pag. 86
BRANCALEONI G., CASTELLARO S. & PERRICONE L. – Nuovi studi sulle necropoli etrusche di Tarquinia (VT) con GPR e Geoelettrica .....	pag. 88
BRUNO G., BOBBO L. & FIDELIBUS M.D. – Il metodo B&B ottimizzato per la definizione dell'area tributaria dei pilastri in cave sotterranee .....	pag. 89
BURRI E., DEL BON A., FERRARI A., GHAFORI H., YAZDI A.A.S., KHANEIKI L.M., PIERLEONI A. & RAGNI P. – Monitoraggio di alcuni Qanat circostanti l'area di Yazd e simulazione delle loro caratteristiche idrogeologiche .....	pag. 90
CASTELLANZA R., FRIGERIO G., SEIDLER C. & DI PRISCO C. – Miglioramento delle proprietà meccaniche di calcareniti con trattamenti chimici .....	pag. 92
FALCONI I. – Analisi qualitativa dei fenomeni di instabilità ed interventi per la riqualificazione ambientale delle spiagge di Fontania (Gaeta-Latina)	pag. 93
FILIPPINI P., VERCELLI C., FIGLIOZZI E. & VOLPE N. – Le tecniche geofisiche al servizio dell'archeologia preventiva .....	pag. 94
GAGLIANO F.M. – GIS e drone per la gestione emergenziale delle cavità sotterranee .....	pag. 95
LAZZARI S. – Collasso di ipogei in un centro storico ad elevata valenza paesaggistica (Castro Marina – LE), tecniche di monitoraggio e modellazione per il recupero strutturale .....	pag. 96
MAZZOLI M., BONFÀ I. & MARSALA F. – Esperienze nell'impiego di aeromobili a pilotaggio remoto nell'esplorazione, documentazione e monitoraggio cavità artificiali .....	pag. 98
MAZZOLI M., GALEAZZI C. & VITELLI M. – Esplorazione e documentazione di cavità artificiali sommerse .....	pag. 99
MUSCIO V. – Rilievo 3D di cavità ipogee per la corretta pianificazione di emergenza .....	pag. 100
VENTURA P. – Consolidamento di cavità e monitoraggio della rupe di Orvieto (Terni) .....	pag. 101
ZOCCO M. & LICITRA C. – Analisi di stabilità e progetto esecutivo per il consolidamento di cavità urbane nel centro storico di Ragusa Ibla (RG) .....	pag. 102

## SESSIONE D – Valorizzazione e fruizione

### Presentazioni orali

ALOIA A. – La rete degli Geoparchi Globali UNESCO ed esempi di valorizzazione delle cavità antropiche all'interno del Parco nazionale del Cilento e Vallo di Diano .....	pag. 104
---	----------



DELL'AIRA P., ESPOSITO C. & GUARINI P. – Potenzialità delle cavità ex–estrattive tra recupero ambientale e nuovi usi: applicazioni nel Parco dell'Appia Antica .....	pag. 105
DORE P. & DALLOCCHIO E. – Carta delle miniere della Nurra (Sardegna) .....	pag. 107
LOMBARDO G., NOTO G., INTERLANDI M., AGNELLO E. & VECCHIO E. – Il sistema ipogeo di "Kolymbethra – Porta V" nel Parco Archeologico della Valle dei Templi di Agrigento: un esempio di fruizione turistica di cavità artificiale .....	pag. 108
MONTE A. – Dalla patrimonializzazione alla valorizzazione dei trappeti ipogei di Terra d'Otranto .....	pag. 109
PARISI N. – La gravina di Ginosa dopo i crolli di Via Matrice: una nuova visione ed una nuova strategia per attivare una rigenerazione possibile .....	pag. 110

## **SESSIONE D – Valorizzazione e fruizione**

### **Poster**

BLOISE L. – Valorizzazione e tutela delle cavità antropiche identificate quali geositi nel Parco Nazionale del Pollino–Unesco Geoparco Mondiale .....	pag. 111
BROCCHINI D., DRAVIGNONE L. & POGGETTI E. – Tutelare e valorizzare il sottosuolo: la ricostruzione 3D della miniera di grotta della "Buca della Faina di Poggio dell'Aione" .....	pag. 112
BURRI E., DEL BON A., DOULATI A.F., FERRARI A., KARAMI G.H. & RAGNI P. – La città di Shahrood (Iran) ed il suo approvvigionamento idrico tramite i Qanat .....	pag. 114
CALDERAZZI A., PAGLIARULO R. & STRAFELLA F. – Gli ipogei in Puglia tra conservazione e innovazione .....	pag. 116
CALÒ S. & LONGO D. – Gli ipogei di San Dana (LE). Un sistema rupestre marginale nel Salento meridionale .....	pag. 117
CARNABUCI E., CALÒ S. & SANTUCCI E. – Privata Traiani Domus (Roma). Elaborazioni 3D, ricerca e fruizione .....	pag. 118
CASCONI G., CASINI A., TINAGLI L. & BORZATTI A. – La valorizzazione del patrimonio minerario ipogeo di età preindustriale dell'area sudorientale della Provincia di Livorno .....	pag. 119
CENSINI G., DORE P. & DALLOCCHIO E. – Il sentiero dell'acqua di Sinalunga (Siena, Toscana) .....	pag. 121
CHIARALUCE V. – Il complesso ipogeo in località San Fortunato – Marsciano (PG) .....	pag. 122
DI BUDUO G.M., CHIARALUCE V., COSTANTINI L. & PONZIANI T. – Gli ipogei di Bagnoregio e Civita (Viterbo): una ricchezza (quasi) sconosciuta .....	pag. 123
DI LORETO E., LIPERI L., NISIO S., PIZZOLI I., ROSCIOLI F., SANTINI E. & TOMMASINI A. – Monitoraggio delle cavità sotterranee di Roma: aspetti di pericolosità e di conservazione della biodiversità .....	pag. 125
DI MAIO A.M., BORDONE G., GIOMPAPA M., MIRAGLIA C. & ARENA L. – Siracusa ipogea .....	pag. 127
GALGARO A., CULTRERA M., DE CARLI M., DE LULLO A., FAURI M., DAZ S., DALLA SANTA G., COLA S. SCOTTON P., CONFORTI F. & FUGANTI A. – Conservazione alimentare in ambiente ipogeo: l'esempio delle cave in sotterraneo della Val di Non .....	pag. 128
GRASSI L. & PLACIDI M. – Opere belliche: l'esperienza del bunker e dei rifugi antiareo di Villa Torlonia (Roma) .....	pag. 130

LANDI V. & SANTANASTASIO R. – Un'antica fortificazione sul mare: il forte di Baia .....	pag. 131
MORABITO A. & TESSARI R. – Il recupero e la valorizzazione del rifugio antiaereo dei Savoia a Villa Ada (Roma) .....	pag. 132
MUSOTTO L. – Soluzioni insediative ipogee e rupestri casi studio in Sicilia .....	pag. 133
NOTO G. – Gli ipogei di Agrigento .....	pag. 135
SASSO A. – Aspetti geomorfologici e cavità d'origine antropica del territorio dell'Ecomuseo della Tuscia Rupestre .....	pag. 136
STERPA S. – Progetto Norchia '16-'18. Scavi nella necropoli di Guado di Sferracavallo – Norchia (VT) .....	pag. 137
TODARO P. – Caratteristiche geoarcheologiche dei pozzi d'acqua del centro urbano storico e della piana di Palermo .....	pag. 139
VANNINI S. – Le gallerie delle sorgenti termali di Porretta. Rilievi, monitoraggi, azioni di valorizzazione .....	pag. 140



**CATASTO SPELEOLOGICO NAZIONALE DELLE CAVITÀ ARTIFICIALI.  
CLASSIFICAZIONE, INTERVENTI DI TUTELA E MONITORAGGIO CONSEGUITI GRAZIE AI  
DATI SPELEOLOGICI, PROSPETTIVE FUTURE**

Giovanni BELVEDERE<sup>7</sup>, Michele BETTI<sup>1</sup>, Roberto BIXIO<sup>2</sup>, Carla GALEAZZI<sup>3</sup> (carla.galeazzi3alice.it), Sandro GALEAZZI<sup>4</sup>, Carlo GERMANI<sup>5</sup>, Mario MAZZOLI<sup>6</sup>, Marco MENEGHINI<sup>7</sup>, Mario PARISE<sup>8</sup>, Stefano SAJ<sup>9</sup>

<sup>1</sup>Presidente Commissione Nazionale Cavità Artificiali della Società Speleologica Italiana; <sup>2</sup>Centro Studi Sotterranei – Ispettore onorario MiBACT; <sup>3</sup>Hypogea Ricerca e Valorizzazione Cavità Artificiali – Sigea; <sup>4</sup>Geometra libero professionista – Egeria Centro Ricerche Sotterranee; <sup>5</sup>Curatore Catasto Cavità Artificiali del Lazio – Hypogea Ricerca e Valorizzazione Cavità Artificiali; <sup>6</sup>General Manager A.S.S.O. – Hypogea Ricerca e Valorizzazione Cavità Artificiali; <sup>7</sup>Curatore Catasto Nazionale Cavità Artificiali della Società Speleologica Italiana; <sup>8</sup>Geologo, Università Aldo Moro Bari – Presidente Artificial Cavities Commission International Union of Speleology; <sup>9</sup>Architetto libero professionista – Direttore rivista Opera Ipogea, Journal of Speleology in Artificial Cavities

#### Abstract

Gli speleologi italiani, a partire dagli anni '60 del secolo scorso, hanno censito e documentato migliaia di sotterranei artificiali di interesse storico e antropologico realizzati dall'uomo o da esso riadattati alle proprie necessità. Alla fine degli anni '80 fu varato dalla Commissione Nazionale Cavità Artificiali della Società Speleologica Italiana un censimento dedicato, sviluppato su base regionale, denominato "Catasto delle cavità artificiali italiane". Parallelamente fu predisposta una classificazione tipologica delle cavità artificiali in base alla funzione (destinazione d'uso) a cui la struttura sotterranea era adibita, che ne identifica in modo sintetico la natura. Dal 2012 tale classificazione è stata ufficialmente acquisita anche in ambito internazionale dalla UIS – International Union of Speleology, organizzazione mondiale di riferimento per la speleologia. Trattandosi di un censimento sperimentale sorsero inizialmente alcune differenze sulle modalità di raccolta dei dati: in alcune regioni venivano censiti i singoli ipogei ancorché facenti parte di strutture correlate, mentre in altre veniva assegnato un solo numero di catasto a strutture complesse collegate fra loro (quali ad esempio gli insediamenti rupestri). Ne consegue che alle oltre cinquemila unità censite nel catasto nazionale delle cavità artificiali corrispondono in realtà decine di migliaia di strutture ipogee note al mondo speleologico, dislocate sia in ambito urbano che in ambiti extra urbani.

Ad oggi (2017) il Catasto Nazionale non ha ancora ottenuto un riconoscimento da parte degli Enti preposti alla tutela del territorio, mentre i catasti regionali hanno avuto destini diversi a seconda delle diverse sensibilità delle locali amministrazioni. La situazione attuale si presenta dunque assai variegata, con Regioni che hanno attivato specifici accordi con le realtà speleologiche territoriali ed altre che ignorano completamente il lavoro svolto. Nelle zone d'Italia dove non esistono ancora riconoscimenti da parte delle Regioni, tutto ciò rende particolarmente difficili i rapporti con gli enti interessati ad acquisire i dati speleologici per analizzarne la pericolosità geomorfologica, intraprendere azioni di monitoraggio e consolidamento, pianificare interventi di valorizzazione e fruizione, perché significherebbe cedere, gratuitamente e senza alcuna tutela, il lavoro di anni e di centinaia di studiosi. Il contributo presenta alcuni interventi di monitoraggio, tutela e valorizzazione conseguiti grazie ai dati speleologici e le future prospettive di condivisione del data base nel rispetto della proprietà intellettuale del lavoro sin qui svolto.

**PRIMO CONTRIBUTO ALLA REALIZZAZIONE DELLA  
CARTA DELLE CAVITÀ SOTTERRANEE DI ROMA**



F. BISCONTI<sup>a</sup>, G. CIOTOLI<sup>b</sup>, G. FERRI<sup>c</sup>, R. FIORE<sup>d</sup>, T. HUBER<sup>e</sup>, M. LANZINI<sup>f</sup>, S. NISIO<sup>g</sup>, R. PAOLUCCI<sup>h</sup>, M. ROMA<sup>g</sup>, I. STRANIERI<sup>i</sup>, C. SUCCHIARELLI<sup>l</sup>

<sup>a</sup>Pontificia Commissione Archeologia Sacra – Vaticano; <sup>b</sup>Consiglio Nazionale delle Ricerche, Istituto di Geologia Ambientale e Geoingegneria-CNR- IGAG – Roma; <sup>c</sup>Roma Capitale Dipartimento di Protezione Civile; <sup>d</sup>Roma Metropolitane; <sup>e</sup>Roma Capitale Dipartimento SIMU; <sup>f</sup>SIGEA Lazio; <sup>h</sup>ISPRA-Dipartimento per il Servizio Geologico d'Italia; <sup>h</sup>Sotterranei di Roma; <sup>i</sup>Roma Sotterranea; <sup>l</sup>Roma Capitale Dipartimento di Urbanistica

**Abstract**

Sono molti gli studi di tipo archeologico e geologico-geotecnico riguardanti le cavità sotterranee nel territorio di Roma. Tali cavità costituiscono un'intricata rete di gallerie sotto la città, costituendo sistemi, a volte a più piani, che in alcuni casi si approfondiscono fino a oltre 20m. Questi vuoti sono tutti di origine antropica, scavati a vario titolo, per vari scopi (edilizio, idraulico, religioso etc.), ma per lo più per l'approvvigionamento di materiali da costruzione.

Ad esempio, le cave romane, realizzate prevalentemente nei terreni vulcanici, costituiscono le cavità maggiormente diffuse; esse si concentrano soprattutto nella porzione orientale della città. La coltivazione mineraria avveniva attraverso la realizzazione di gallerie che prevedeva un imbocco alla base del versante.

L'utilizzo delle cave di tufo come aree di culto e cimiteriali è successivo e risale al I-III sec. d. C. Le aree censite e adibite a catacombe ed ipogei privati rappresentano per estensione la seconda tipologia di cavità sotterranea. Le cave di conglomerati e sabbia, realizzate nella porzione sud-occidentale della città, hanno più scarsa estensione e non furono mai utilizzate come necropoli ma, successivamente, come depositi, fungaie, etc.

Purtroppo, tale rete di gallerie sotterranee è conosciuta solamente in forma frammentaria, e sicuramente molte abitazioni civili sono state realizzate su tali vuoti, sconosciuti e non bonificati. In particolari condizioni, la presenza delle cavità sotterranee, congiuntamente alle possibili perdite della rete idraulica dei sottoservizi, può provocare il crollo degli strati più superficiali del terreno con la formazione di voragini in superficie (sinkhole antropogenici) determinando un grave rischio per il prezioso tessuto urbano romano (Ciotoli et al. 2013, 2015).

Sino ad oggi, non è mai stata realizzata una cartografia d'insieme e un database completo che riportino l'effettiva estensione degli ipogei nel sottosuolo dell'area urbana di Roma. Tali

informazioni costituiscono un dato fondamentale per lo studio e l'analisi della pericolosità del territorio.

Lo scorso anno è stato costituito, in seno all'ISPRA, un Gruppo di Lavoro (a cui partecipano vari Enti, tra i quali: Roma Capitale, CNR, Protezione Civile Nazionale, Roma Metropolitane e le principali Associazioni Speleologiche di Roma; la Pontificia Commissione di Archeologia Sacra) che si sta occupando della raccolta dati al fine di migliorare e completare le conoscenze e il censimento dei vuoti sotterranei presenti nell'area urbana di Roma. Nell'ambito del nuovo censimento, ai dati di tipo puntuale sono stati affiancati, laddove noti e reperibili, anche gli involucri areali delle cavità.

Si presentano, pertanto, i primi risultati conseguiti dal Gruppo di Lavoro e la prima Carta delle Cavità Sotterranee di Roma.

## CITTADUCALE (RIETI). I RISCHI CONNESSI ALL'ESTESO RETICOLO DI CAVITÀ ANTROPICHE



Giovanni DAMIANI<sup>1</sup>, Riccardo Massimiliano MENOTTI<sup>2</sup>, Fabrizio MILLESIMI<sup>3</sup>, Cristina RINALDI<sup>4</sup>, Federico SABATINI<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Biologo, Società Italiana di Scienze della Montagna – Sabina Universitas, via Monte Faito, 65 – 65124 Pescara, giovannidamiani@fastwebnet.it; <sup>2</sup>Geologo, Via della Verdura 10/A 02100 RIETI, geol.menotti@libero.it; <sup>3</sup>Geologo Geo-Logos, Via della Verdura 10/A 02100 RIETI, geo-logos@libero.it; <sup>4</sup>Biologo, Via Aldo Moro, 30 02100 Rieti, rinaldi.cristina@alice.it; <sup>5</sup>Studio Geologico Associato, Terni, sga@geoass.eu

### Abstract

Il centro storico di Cittaducale (Rieti) sorge su una collina costituita prevalentemente da sabbie di natura travertinosi intercalate con argille, ghiaia e sabbie calcaree. La cittadina, edificata nel XIV secolo in una località denominata Colle Cerreto Piano, conta circa 1.800 abitanti su un totale di circa 7.000 residenti nel Comune; la sua struttura edilizia è costituita da palazzi e strade che conservano in buona parte l'assetto medioevale. Nel sottosuolo del centro urbano è presente un sistema diffuso di cavità artificiali (cunicoli e caverne) molto esteso, la cui presenza è nota a tutti gli abitanti che spesso utilizzano tali ambienti come cantine. Secondo notizie raccolte un tempo i cunicoli erano tutti comunicanti ma negli anni si sono prodotte interruzioni per cedimenti spontanei o per occlusioni di tratti operati dai proprietari degli edifici con detriti per evitare potenziali intrusioni di malintenzionati. Ciò rende oggi più difficile l'esplorazione finalizzata alla definizione della loro distribuzione topografica, caratterizzazione nelle tre dimensioni e per verificarne lo stato. Il presente contributo pluridisciplinare (storico, topografico, speleologico, geologico e idrogeologico) mira alla conoscenza della complessa rete caveale di Cittaducale con particolare riguardo al rischio per la stabilità dell'abitato. Il Geol. Alvaro Valdinucci, Funzionario del Servizio Geologico d'Italia, nella Relazione sui dissesti interessanti l'abitato di Cittaducale richiesta dal Genio Civile di Rieti, già nel 1962 scriveva testualmente: "L'abitato di Cittaducale, costruito sulla sommità terrazzata di un rilievo collinare, è fondato in parte su travertini o su sabbioni travertinosi più o meno consistenti, ed in parte su sabbioni calcarei, con scarsi elementi argillosi, o su argille sabbiose miste a sabbioni calcarei più o meno cementati. Nel complesso i terreni su cui poggia l'abitato sarebbero stati sufficientemente stabili, se non fosse intervenuta l'opera dell'uomo che, scavando gallerie, cunicoli e grotte, ha alterato il naturale equilibrio e la naturale compattezza del terreno. L'opera umana è stata quindi la causa dell'insorgere dei dissesti che hanno colpito, anche gravemente, alcuni manufatti."

Nella documentazione dell'epoca gli Autori del presente studio hanno rinvenuto la planimetria dell'abitato di Cittaducale a scala 1:1.000, con l'indicazione puntuale delle cavità consolidate e da consolidare; a margine sono presenti note autografe del Geol. Valdinucci.

A seguito del terremoto Umbro-Sabino-Marchigiano del 1997, il Geol. Fabrizio Millesimi si è occupato dei dissesti interessanti lo storico Palazzo Maoli (Sede del Comune), rilevando l'esistenza di cunicoli artificiali nel sottosuolo direttamente interessato dalle opere fondali dell'edificio, quindi ha riproposto all'attenzione di Amministratori e Tecnici le problematiche connesse all'esistenza di cavità antropiche realizzate su più livelli. Questi studi hanno costituito la base di partenza per ulteriori rilievi e ricerche che hanno avvalorato l'importanza e l'estensione della rete caveale, (circa 100 cavità di lunghezza variabile situate a tre livelli di profondità: -6, -12 e - 18 m) che mostra un diffuso stato di dissesto ipogeo caratterizzato in particolare da crolli delle volte; ciò conferma la necessità di approfondire ed estendere a tutto il sottosuolo del centro abitato di Cittaducale il rilievo topografico e lo studio pluridisciplinare ai fini di Protezione Civile.

**OPERE BELLICHE: CLASSIFICAZIONE DEI RIFUGI  
PER CATEGORIA TECNICO-COSTRUTTIVA E FUNZIONE D'USO**



L. GRASSI

Abstract

La suddivisione elaborata dall'UIS per il censimento e la catalogazione delle cavità artificiali ha previsto tra le tipologie principali quella delle Opere belliche, indicando sette sottotipologie (fra le quali i rifugi per i militari e quelli per i civili). L'Autore - sulla base dell'esperienza maturata sul campo e di riferimenti documentali, normativi e bibliografici - ha elaborato una classificazione di dettaglio dei rifugi antiaereo. Tale lavoro, che ha preso in considerazione le categorie tecnico-costruttive (individuandone quindici diverse, suddivise fra temporanee, semi-permanenti e permanenti), il grado di resistenza, la protezione e la funzione d'uso, mira ad ottenere un'identificazione precisa e univoca di questo complesso genere di strutture belliche.

## L'INVENTARIO DELLE CAVITÀ DI ORIGINE ANTROPICA E LA BANCA DATI TERRITORIALE ONLINE DEL TERRITORIO DELLA CITTÀ METROPOLITANA DI NAPOLI

P.M. GUARINO<sup>1</sup>, R. CARTA<sup>1</sup>, D.M.A. NICEFORO<sup>1</sup>, M. ROMA<sup>1</sup>, R. MARI<sup>2</sup>, M. SORAVIA<sup>2</sup>, P. NAPOLITANO<sup>2</sup>, G. PALMA<sup>2</sup>, F. SGARIGLIA<sup>2</sup>, A. SANTO<sup>3</sup>

<sup>1</sup>ISPRA – Dipartimento per il Servizio Geologico d'Italia; <sup>2</sup>Città Metropolitana di Napoli. Area Pianificazione Territoriale Urbanistica, Sviluppo, Valorizzazione e Tutela Ambientale - Direzione Pianificazione Territoriale Urbanistica; <sup>3</sup>Dip. di Ingegneria Civile, Edile ed Ambientale dell'Università Federico II - Napoli  
paolomaria.guarino@isprambiente.it

### Abstract

L'esistenza di una diffusa rete caveale di origine antropica nel sottosuolo del territorio della provincia di Napoli costituisce una potenziale risorsa e, al tempo stesso, vincolo allo sviluppo del territorio e fattore predisponente a fenomeni di dissesto in superficie.

Poter disporre di un inventario aggiornato delle cavità costituisce un elemento essenziale nella filiera delle operazioni finalizzate alla corretta gestione del territorio ed alla mitigazione del rischio da sinkhole, ed è stato uno degli obiettivi nella realizzazione di una Banca Dati territoriale della Provincia di Napoli, oggi Città Metropolitana di Napoli.

La Banca Dati Territoriale "Anthropogenic sinkholes del territorio della Città Metropolitana di Napoli" è nata con l'obiettivo di riunire e sistematizzare in un unico quadro conoscitivo informazioni geolocalizzate relative ai fattori predisponenti ed innescanti i fenomeni di sinkhole di origine antropica.

L'attività di ricerca è stata svolta nell'ambito di una convenzione biennale conclusasi nel 2016, tra l'ISPRA e il SIT della Città Metropolitana di Napoli, che ha coinvolto anche ricercatori dell'Università degli studi Federico II di Napoli e del Distretto Idrografico dell'Appennino Meridionale.

Il risultato di tale lavoro, consultabile mediante una semplice interfaccia webgis sul sito <http://sgi2.isprambiente.it/cmnapoli/>, consente oggi di acquisire velocemente molteplici informazioni in scala di dettaglio. E' possibile consultare e scaricare informazioni delle cavità di origine antropica (planimetrie, sezioni, immagini fotografiche) ed analizzarle in funzione del dato stratigrafico, geomorfologico e geologico, in quest'ultimo caso, grazie anche ad una rielaborazione vettoriale dei fogli geologici della Carta Geologica d'Italia in scala 1: 50.000, all'interno dei quali ricade l'area di interesse.

Inoltre, è possibile interrogare ed effettuare il download delle informazioni stratigrafiche relative a oltre 1600 log stratigrafici provenienti dalle banche dati ISPRA, SIT e da altre fonti;

le informazioni relative alla circolazione idrica sotterranea ed al sistema acquedottistico sono state fornite dal Distretto Idrografico dell'Appennino Meridionale.

Il dataset principale della rete caveale è costituito dal Censimento delle cavità sotterranee dei comuni della Provincia di Napoli - ad eccezione del comune di Napoli - realizzato tra il 1999 e il 2002 dal SIT della Città Metropolitana e il Centro Interdipartimentale Ricerca Ambiente della Università Federico II di Napoli.

Tale dataset è stato integrato con i dati forniti dall'Ufficio Servizio di Sicurezza Geologica e Sottosuolo del Comune di Napoli e attraverso una specifica attività di inventariazione di cavità non censite precedentemente.

Le oltre 4.200 cavità al momento censite appaiono concentrate in corrispondenza delle aree di più antica edificazione, sia in prossimità dei centri storici, che lungo gli assi viari. Purtroppo non sempre si dispone di un rilievo topografico e parte delle cavità risulta non rilevata o non accessibile.

Il censimento riguarda inoltre i pozzi di accesso alle cavità sotterranee, le cui precarie condizioni di conservazione sono generalmente all'origine del collasso della cavità e della formazione di un sinkhole in superficie.

La strutturazione della Banca Dati Territoriale prevede la realizzazione di successive implementazioni, come quella attualmente in corso in collaborazione con la Federazione Speleologica Campana, mettendo a disposizione uno strumento conoscitivo finalizzato allo studio delle aree a rischio sinkhole in continuo aggiornamento.

Letizia RUSTICO<sup>1</sup>, Roberto NARDUCCI<sup>2</sup>

Soprintendenza Speciale Archeologia, Belle Arti e Paesaggio di Roma

<sup>1</sup>letizia.rustico@beniculturali.it; <sup>2</sup>roberto.narducci@beniculturali.it

#### Abstract

L'estesa presenza nel sottosuolo del colle Aventino di strati geologici di natura vulcanica ha determinato fin dall'antichità lo sviluppo in quest'area di un'intensa attività estrattiva di c tufo e pozzolana come materiale da costruzione.

L'esistenza di una rete di cave sotterranee è testimoniata a partire dal XVIII secolo in alcuni esempi di cartografia storica come la "Nuova Pianta di Roma" di Giovanni Battista Nolli dove è censita una "Cava de Tufi" nella Vigna d'Aste, proprietà localizzabile tra le attuali viale Aventino e via di San Saba. Nel secolo successivo di questo stesso gruppo di cave, Rodolfo Lanciani esegue una planimetria ad acquarello con caratterizzazione realistica, evocativa del tufo, mentre John Henry Parker scatta alcune foto all'interno del complesso ipogeo con luce al magnesio. Altri documenti iconografici di archivio risalgono ai primi anni del Novecento quando l'Istituto Case Popolari, realizzando il quartiere operaio di San Saba, intercetta un ampio complesso di cave. Nel 1940, durante la costruzione della Linea metropolitana B nell'attraversamento di viale Aventino, gli ingegneri riportano in luce e in parte riutilizzano ampi ambienti sotterranei alcuni dei quali erano ancora in uso al tempo come cave di pozzolana, adibite a rifugio antiaereo negli anni della seconda guerra mondiale.

Grazie a questo materiale, in parte inedito, è stato possibile elaborare un GIS del sistema ipogeo finora conosciuto, incrementato con le nuove acquisizioni derivate dalle recenti indagini geoarcheologiche in alcune zone dell'Aventino. Interessante risulta la localizzazione georeferita delle cave sulla carta topografica IGM del 1908 quando ancora questo territorio non era urbanizzato. Su questa rappresentazione GIS è particolarmente apprezzabile la dorsale orografica del colle e la depressione morfologica coincidente con l'attuale viale Aventino dove si può riconoscere un fronte di cava, il punto iniziale di partenza per la coltivazione del banco naturale di tufo.

In particolare si presentano i risultati di un'indagine archeologica ancora in corso a Piazza Albania che ha portato all'individuazione di una cavità cilindrica ricavata nel banco naturale di tufo, funzionale probabilmente all'attività estrattiva svolta nel sottosuolo di quest'area dove sono documentate cave di tufo. In questo stesso contesto è stato portato in

luce un anthropogenic sinkhole di età romana imperiale, leggibile su una serie sovrapposta di rivestimenti pavimentali in cementizio databili nell'ambito del I sec. d.C.

Altre gallerie, identificate da sondaggi geognostici, si estendono a nord ovest del già noto nucleo di via San Giosafat in direzione di via Sant'Alessio, ampliando in questo modo la rete delle gallerie finora conosciute.

LEGGERE LE GROTTI. DA SANT'ILARIO SULLO IONIO (RC)  
NUOVI SPUNTI PER IL CULTO DELLE ACQUE

Rossella AGOSTINO<sup>1</sup>, Francesca PIZZI<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Archeologo, Direttore Museo e Parco archeologico di Locri. Polo Museale della Calabria

<sup>2</sup>Archeologa

Abstract

Uno degli aspetti più affascinanti della frequentazione antropica di grotte e cavità naturali è stato sempre quello culturale. Il caso di Grotta Caruso di Locri - centro magno-greco cella odierna Calabria, localizzato a circa cento chilometri a sud di Reggio Calabria - è uno dei più noti e facilmente leggibile grazie alla presenza di materiale ceramico specifico che ha permesso di definire con precisione la titolarità del culto.

Il contributo presentato si propone di fornire parametri certi di riferimento per individuare le tracce della frequentazione culturale di grotte e cavità naturali anche in assenza di reperti "parlanti". Viene proposto il caso studio della grotta sita in località Sant'Ilario dello Ionio situato ad una decina di chilometri da Locri, all'interno di un quadro complessivo di schedatura delle grotte culturali del territorio locrese.

La conformazione geografica dell'area che ospitò la colonia greca di Locri Epizephiri prevede un articolato sistema di colline digradanti a mare tagliato da una serie di profondi valloni; tutta la piana risulta solcata da una serie di fiumare parallele che incidono profondamente i rilievi prima di sfociare sullo Ionio. I costoni rocciosi che si sono sviluppati e l'abbondanza delle acque che vi si conserva sembrano offrire l'habitat più consono per lo sviluppo di contesti legati al culto delle Ninfe. Lo studio fin qui condotto ha permesso di comprendere che il caso di Grotta Caruso non rappresenta un fenomeno isolato nel panorama religioso di Locri, ma era verosimilmente inserito all'interno di una sorta di sistema più complesso e capillarizzato che presenta delle costanti topografiche, morfologiche e planimetriche molto interessanti e peculiari che potrebbero essere utilizzate per una corretta schedatura delle suddette grotte in fase di censimento e catalogazione e rappresentare un punto di partenza per un processo di valorizzazione e fruizione di tipo "sistematico".

Le caratteristiche planimetriche delle grotte prese in esame sono molto simili all'impianto di Grotta Caruso e le facciate coerenti con i prospetti conservati nei modellini fittili di ninfeo; aperte su costoni rocciosi attraversati da corsi d'acqua a carattere torrentizio che caratterizzano l'area suburbana locrese; il prospetto, leggibile sotto eventuali moderni lavori di captazione dell'acqua, ripete quelli noti per il tipo più semplice dei modellini fittili di

Ninfeo, quelli appunto definiti “a grotta”. L’impianto interno è scavato secondo articolazioni “a corridoio” e vani “di attesa” spesso muniti di gradoni e nicchie. La complessità del panorama religioso locrese risulta ampliata grazie al riconoscimento di una vera e propria rete di siti dedicati alle Ninfe il cui culto, lungi dall’essere manifestazione sporadica ospitata nel segreto di una grotta, dichiara il suo carattere politico e sociale. Se questa lettura fosse corretta dovremmo immaginare per il culto delle Ninfe una portata particolare all’interno del pantheon locrese, ben più ampia di quella fin qui ipotizzata in cui la ritualità ninfale assume il ruolo principale dal punto di vista religioso. Si tratterebbe di un fenomeno strettamente connesso al culto e alla cultura locrese, vivo e operante già prima della strutturazione del culto in grotta, che si specializza come tale nel momento, tra fine V e IV secolo a.C. appunto, in cui diventa politicamente importante il principio di identificazione della cultura e delle tradizioni dell’individuo come della singola *polis*.

**NOTE PRELIMINARI SULLE INDAGINI SPELEOLOGICHE E GEOLOGICHE  
DELL'ACQUEDOTTO "FONTANA" DI VELLETRI (ROMA)**

Pio BERSANI<sup>1,2</sup>, Carlo GERMANI<sup>2,3</sup>, Carla GALEAZZI<sup>2,3</sup>, Ruggero BOTTIGLIA<sup>2</sup>, Sandro GALEAZZI<sup>2,4</sup>

<sup>1</sup> Geologo, libero professionista; <sup>2</sup> Egeria Centro Ricerche Sotterranee; <sup>3</sup> Commissione Nazionale Cavità Artificiali SSI; <sup>4</sup> Geometra, libero professionista

Autore di riferimento/*reference author* Carlo Germani – carlo.germani@gmail.com

Abstract

L'Acquedotto Fontana fu realizzato tra il 1607 ed 1612 dall'architetto Giovanni Fontana per alimentare la città di Velletri (Roma). Si tratta di un'opera imponente che si sviluppa quasi interamente in sotterraneo per circa 14 chilometri, interessando i comuni di Velletri e Nemi, sui Colli Albani.

Il percorso dell'acquedotto risulta particolarmente interessante perché attraversa i prodotti di due fasi eruttive del Vulcano Laziale ben distinte tra loro.

- nella parte verso Nemi si trovano i prodotti più recenti della fase eruttiva finale freatomagmatica, dovuti al cratere eccentrico di Nemi, di età inferiore a 200.000 anni;
- nella parte verso Velletri vi sono invece i prodotti più antichi appartenenti alla fase dell'Edificio centrale Tuscolano-Artemisio, compresi tra i 600.000 e i 350.000 anni fa.

Tali fasi risultano chiaramente visibili nei tratti non rivestiti da intonaco ed in particolare nel segmento noto come "Porte di Ferro" che, attraversando il bordo della caldera del Vulcano Laziale, presenta peculiarità geologiche e strutturali di grande interesse.

La struttura, oggetto di approfonditi studi da parte del Centro Ricerche Sotterranee Egeria, non è più in uso dagli anni '70 e presenta ancora tratti in buono stato di conservazione che potrebbero essere destinati sia ad una valorizzazione di tipo turistico-culturale che a percorsi di didattica geologica.

**LE CAVITÀ DI ORIGINE ANTROPICA IN LIGURIA.  
STATO DELL'ARTE, PROSPETTIVE DI RICERCA E PROPOSTE PER LA VALORIZZAZIONE**

R. BIXIO<sup>1,2</sup>, F. FACCINI<sup>3</sup>, A. MAIFREDI<sup>4</sup>, L. PERASSO<sup>4,5</sup>, S. SAJ<sup>1,6</sup>, M. TRAVERSO<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Centro Studi Sotterranei, Genova; <sup>2</sup>Ispettore Onorario del Ministero per i Beni e le Attività Culturali; <sup>3</sup>DiSTAV, Università di Genova; <sup>4</sup>Geologia Verticale, Genova; <sup>5</sup>Delegazione Speleologica Ligure, Genova; <sup>6</sup>Editor-in-chief di Opera Ipogea

Abstract

Le cavità artificiali suscitano da sempre l'interesse della collettività: al generale fascino per l'ignoto legato all'esplorazione ipogea, si aggiungono l'attrazione per gli aspetti multidisciplinari legati alla forme antropiche nel sottosuolo, spesso testimonianza del sottile equilibrio tra uomo e ambiente.

La presenza di vuoti sotterranei, quasi sempre con valenza storico-culturale e/o scientifico-tecnica, offre tuttavia una doppia chiave di lettura in termini di rischio e impatto: da un lato sono sempre più frequenti i fenomeni di sprofondamento e collasso improvviso della superficie, spesso in ambito urbano, i cui effetti possono determinare condizioni di elevato rischio; dall'altro lato l'impatto conseguente a nuove attività antropiche sui vuoti sotterranei di grande valore culturale e paesaggistico impone la creazione di un piano di conoscenza e tutela delle cavità artificiali.

Il presente contributo riguarda l'analisi delle cavità artificiali censite in Liguria, attraverso il database della Società Speleologica Italiana attivo dal 1989, e la conseguente definizione di linee-guida sulle prospettive di ricerca e di valorizzazione, anche in termini di sviluppo socio-economico, delle cavità antropiche.

Il catasto delle cavità artificiali riporta a oggi in Liguria 784 ipogei sotterranei: adottando le sette categorie secondo la destinazione d'uso stabilite dal catasto nazionale delle cavità artificiali, oltre 200 sono le opere idrauliche (classe A, di cui 80 cisterne e 70 opere di regimazione idraulica e bonifica), 60 sono le opere insediative civili (classe B), 14 le opere di culto (classe C), 141 le opere militari (classe D), 70 opere estrattive (classe E, di cui 6 cave sotterranee e 54 miniere metallifere), 18 vie di transito per usi civili (classe E), 18 altre opere non classificate (classe G).

Praticamente la metà delle cavità artificiali censite nel catasto sono ubicate nel comune di Genova, solo 6 cavità risultano nell'intera provincia della Spezia, 80 nella provincia di Savona, mentre 276 sono riportate nella provincia di Imperia (28 nel comune di Imperia, 12 a Sanremo).

La situazione emersa dalla prima analisi dello stato attuale del catasto delle cavità artificiali in Liguria suggerisce la necessità di proseguire le attività di censimento e archiviazione dei dati; per alcune tipologie il catasto (ad es. per le opere estrattive e le vie di transito per usi civili) sembra rappresentare più un punto di partenza che un database fruibile per la collettività, anche ai fini di protezione civile e soccorso alpino e speleologico. La qualità dell'archivio per alcune tipologie può essere facilmente migliorata attraverso l'uso di banche dati open-source, spesso legate a strumenti di pianificazione territoriale, paesaggistica e di difesa del suolo (Piani di Bacino, Piano Territoriale Regionale per le Attività di Cava, Piano Territoriale di Coordinamento Paesistico, ecc.), mentre appare necessaria la collaborazione, attraverso protocolli di intesa, tra gruppi di ricerca coordinati dalla Società Speleologica Italiana ed Enti pubblici, quali la Soprintendenza Archeologia, Belle arti e Paesaggio, l'Archivio di Stato, la Regione, le Università e gli altri Enti di Ricerca sul territorio.

Il completo censimento e catalogazione delle cavità artificiali sul territorio può consentire una valutazione quali-quantitativa e multiscalare dei rischi e degli impatti connessi alla presenza di vuoti nel sottosuolo; quindi da un lato la valutazione della pericolosità geomorfologica, con le conseguenti eventuali tecniche e procedure di monitoraggio e consolidamento, dall'altro lato gli aspetti legati alla loro presenza e quindi valorizzazione e tutela.

La definizione di *working group* tematici, che potrebbero grossolanamente seguire le sette categorie di opere secondo la destinazione d'uso, potrebbe in definitiva consentire la realizzazione di "piani di sviluppo e tutela del sottosuolo", non solo per aspetti di conoscenza e fruizione dei vuoti in chiave turistica ed escursionistica, ma anche per la definizione di nuovi spazi di riqualificazione e, non ultimo, per la mitigazione del rischio idrogeologico in ambiente urbano.

**ALTAMURA MEMORIA DEL PAESAGGIO.  
LE CAVE PER L'ESTRAZIONE DEL MATERIALE LAPIDEO.  
DAL CENSIMENTO ALLA VALORIZZAZIONE DEI PERCORSI DELL'INDUSTRIA ESTRATTIVA**

Emma CAPURSO<sup>1</sup>, Teresa NINIVAGGI<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Archeologa; AIPAI-Puglia. Email: emma.capurso@gmail.com

<sup>2</sup>Geologa; C.A.R.S. Email: teresaninivaggi@gmail.com

Abstract

La richiesta di materiale da costruzione necessario per la realizzazione di edifici e di abitazioni storiche "in muratura" in conci di tufo, ha determinato l'incrementarsi delle attività di estrazione della pietra locale. In un territorio che si sviluppa tra le pendici meridionali dell'Altopiano delle Murge e le il bordo della depressione della Fossa Bradanica, Altamura presenta un esteso e irregolare sistema di cavità che si diramano nella zona nord-est dell'abitato moderno. Ad una profondità variabile dai 5 ai 25 metri sotto il piano campagna, si sviluppa un articolato percorso di gallerie risultato dell'attività estrattiva di conci in calcarenite utilizzati come materiale da costruzione. Il banco calcarenitico si presenta in rari casi affiorante ma più spesso si trova in profondità, sovrastato da uno strato di "cappellaccio" di pietra e da uno strato argilloso mentre lo strato più superficiale identifica lo strato di terra molto fertile e perciò messo a coltura. Le cave di Altamura sono state utilizzate sino ai primi decenni del '900, sono coltivate in galleria, realizzate a mano secondo la tecnica della "fossa per camere e pilastri", si distribuiscono secondo uno schema irregolare ma che prevedeva la realizzazione di pilastri a sostegno delle volte. La larghezza e l'altezza delle gallerie sono variabili ma ragguardevole: dai censimenti effettuati a partire dal 2009, il sistema raggiungerebbe un'estensione di circa 15 chilometri. Gran parte delle cave presenti nella porzione più a nord di detta area, sono interessate da uno stato di dissesto reso pericoloso dai naturali fenomeni di degrado e dall'antropica attività di urbanizzazione. Alcuni ingressi sono stati ricoperti con materiali di scarto e se ne sono perse le tracce. Tuttavia restano ancora oggi numerose testimonianze dell'antico utilizzo delle calcareniti chiaramente individuabili nei numerosi siti rupestri e nelle gallerie oggetto di esplorazione e di messa in sicurezza. Grazie agli studi e ai rilievi effettuati dal Centro Altamurano Ricerche Speleologiche (CARS) nel corso degli anni, si è potuto osservare un andamento irregolare delle cave sotterranee. Osservando le geometrie dei vari tunnel, si nota che si tratta di opere prive di una progettazione, ma che si sviluppavano seguendo la necessità di reperire conci di buona qualità sotto le indicazioni degli esperti cavaatori. I dati provenienti dalle indagini sul campo sono confluiti nel Catasto delle cavità sotterranee, uno strumento dinamico che

ha permesso la gestione delle informazioni, attraverso l'uso della cartografia catastale sono stati mappati e georeferenziati tutti i percorsi delle cave. Gli accorgimenti ingegnosi deducibili dalle pendenze del pavimento, la realizzazione di intercapedini per l'alloggiamento delle impalcature e i sistemi di trasporto, la faticosa vita del cavatore e l'uso di semplici attrezzi, sono solo alcuni degli elementi che compongono il patrimonio di conoscenze legato alle attività praticate, un paesaggio industriale legato, appunto, all'industria estrattiva. La presenza di aree in cui il sistema delle cave sotterranee non è stato intaccato da processi di urbanizzazione potrebbe essere oggetto di valorizzazione identificato come un fattore specifico in grado di determinare l'affermarsi di un recupero consapevole che miri allo sviluppo dell'intero territorio. Le cave, ieri giacimenti di ricchezza che hanno dato lustro alle imponenti costruzioni di enorme valenza architettonica, oggi ormai in disuso potrebbero essere generatori di altra cultura e contenitori come è già stato fatto per alcune di esse.

## CENSIMENTO DI CAVITÀ ANTROPICHE NELL'ARCIPELAGO PONTINO ATTRAVERSO L'APPLICAZIONE DI METODI DI RILIEVO SPEDITIVI E FOTOGRAMMETRICI AVANZATI

Alessandro CARLOMAGNO\*, Andrea FANTINI\*\*, Carlo GAZZETTI\*\*, Antonio LOY\*\*, Luigi MARINO\*\*\*, Paolo SARANDREA\*\*, Giuseppe VERBENA\*\*

\*Studio Geoambiente; \*\*Tecnostudi Ambiente S.r.l. \*\*\*Dipartimento Scienze della Terra  
Sapienza Università di Roma

paolo.sarandrea@tecnostudiambiente.it

### Abstract

Il poster illustra le attività di censimento di cavità antropiche effettuate dalla Tecnostudi Ambiente S.r.l. nell'Arcipelago Pontino (isole di Ventotene, Ponza e Palmarola) nel periodo dal 2010 al 2015.

I censimenti effettuati sono stati finalizzati alla definizione del livello di pericolosità secondo le specifiche del Piano di Assetto Idrogeologico dell'Autorità dei Bacini Regionali del Lazio.

Nei rilievi sono state applicate varie metodologie a seconda della scala ed estensione del rilievo, delle finalità dello stesso e delle tecnologie disponibili, restituendo modelli 3D di vario dettaglio e risoluzione elaborati in ambiente GIS.

Sono presentate quindi differenti tecniche di rilievo, da metodi speditivi attraverso l'uso della sola bussola e distanziometro laser (Ventotene), metodi intermedi con l'affiancamento a bussola e distanziometro di una stazione totale e l'uso di modelli digitali del terreno (DEM) ricavati dalla Carta Tecnica Regionale 1:5.000 (Palmarola), a metodi avanzanti con l'utilizzo combinato di laser scanner di differente gittata e risoluzione, stazione totale, GPS differenziali, dati LIDAR e tecniche di fotogrammetria 3D con fotocamera professionale (Ponza).

In quest'ultimo caso è stata effettuata anche una caratterizzazione geotecnica e l'analisi di stabilità del versante interessato.

Valerio CHIARALUCE

Abstract

Il presente lavoro ha come obiettivo la corretta descrizione ed interpretazione della galleria idraulica di epoca romana conosciuta “come cunicolo superiore del Muro Etrusco” a Todi (PG). L’ipogeo si sviluppa dalle mura romane in opera quadrata del rione Valle sino sotto l’antica area forense della città e pur essendo noto da tempo e menzionato in alcune pubblicazioni non è mai stato oggetto di una indagine approfondita. Dall’esame della documentazione d’archivio è stato possibile ricostruire l’aspetto originale del cunicolo, precedente alle modifiche apportate in occasione dell’intervento di spurgo e di restauro degli anni 1869-72, finalizzato alla riattivazione della funzione drenante. Lo studio comparato del sotterraneo e dei dati di archivio ha messo in evidenza come molto di quanto si credeva di sapere sul monumento fosse in realtà errato; in particolare è stata appurata la stretta relazione esistente con altri ipogei sinora considerati strutture a se stanti ed è stato possibile stabilire che il cunicolo alimentava una fonte pubblica di cui si ignorava l’esistenza. Quest’ultima novità costituisce un contributo importante per la ricostruzione della topografia della città romana.

Laura CIANFRIGLIA<sup>1</sup>, Renato MATTEUCCI<sup>1</sup>, Carlo ROSA<sup>2</sup>, Renato SEBASTIANI<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Soprintendenza Speciale Archeologia Belle Arti e Paesaggio di Roma

<sup>2</sup>S.I.G.E.A. – Istituto Italiano di Paleontologia Umana

### Abstract

Le peculiari caratteristiche geologiche e storico-topografiche, rappresentate dalla diffusa presenza del Tufo Lionato nella zona (il cosiddetto tufo di Monteverde) e dalle vie di transito costituite dal Tevere e dalle importanti arterie della via Portuense e Campana, hanno facilitato e favorito il diffondersi dell'attività estrattiva sin dall'antichità, lungo l'antica via Portuense e nelle sue adiacenze.

Nel corso delle indagini archeologiche eseguite in varie aree della zona in esame negli ultimi 15 anni dalla Soprintendenza Speciale per i Beni Archeologici di Roma, ora SSBAP, sotto la direzione scientifica della dott.ssa Cianfriglia, sono stati individuati segni evidenti di questa attività dello studio dei quali si è occupato il Servizio Geologico-Cartografico e di Geoarcheologia della stessa Soprintendenza.

L'analisi multitemporale cartografica ed aerofotografica (1938, 1944) integrata da indagini geognostiche e speleologiche, ha consentito di riconoscere e collocare cronologicamente i segni della passata attività estrattiva sia in superficie, con gli evidenti fronti di cava abbandonati, che in sotterraneo, con crolli da sprofondamento connessi con la evoluzione dei processi di cedimento delle volte delle gallerie sotterranee.

Fatti ambientali la cui lettura ed identificabilità risultavano difficili per effetto della intensa urbanizzazione del quartiere.

**ROMA, VASTE AREE DI CAVITÀ SOTTERRANEE SCOMPARSE.  
IL CASO DELLA CATACOMBA DI SAN FELICE SULLA VIA PORTUENSE**

G. CIOTOLI\*, S. NISIO\*\*

\*CNR – IGAG Roma; \*\*ISPRA – Dipartimento per il Servizio Geologico d'Italia

Abstract

Il cimitero di San Felice era una vasta necropoli sotterranea della antica Roma, II-IV sec. AD. La catacomba cristiana era ubicata sulla Via Portuense, nel settore meridionale dell'area urbana romana. In particolare, tale cimitero si trovava, secondo fonti storiche, al terzo miglio dell'antica Via Portuense.

Nel periodo medievale esso era una destinazione ben nota per il diffuso pellegrinaggio che si praticava alle spoglie del popolare Santo, ma, in seguito, l'ingresso e l'ubicazione della catacomba si è persa. L'accesso al cimitero era da una Chiesa, la Chiesa di San Felice appunto, anch'essa scomparsa.

Nel corso dei secoli, molti Autori, hanno invano cercato l'esatta ubicazione di tale catacomba e gli eventuali ruderi della chiesa.

Al fine di individuare con maggiore precisione l'esatta ubicazione di tale vasta area cimiteriale è stato compiuto uno studio del quartiere di Portuense di Roma, che mette a confronto i dati geologici con quelli storici, confrontando le cavità riscontrate in sondaggio, con i sinkholes antropogenici e con i dati da satellite (PSIInSar).

I sinkholes antropogenici a Roma, infatti, sono strettamente connessi alla presenza della diffusa rete di cavità sotterranee (realizzata soprattutto nei terreni vulcanici), eredità dei più di 25 secoli di storia. Tale rete di gallerie sotterranee è spesso sottoposta al crollo delle volte originando sinkholes in superficie, soprattutto lungo la rete stradale. Questo fenomeno è diventato più frequente negli ultimi venti anni e rappresenta un rischio crescente per la città. Recentemente sono stati condotti studi di suscettibilità, prendendo in considerazione alcuni fattori predisponenti (cioè geologici, morfologici, idrologici; Ciotoli et al., 2013, 2015) che hanno permesso di realizzare una prima cartografia tematica. Al fine di definire, poi, un modello previsionale per gli sprofondamenti, gli eventi di sinkholes raccolti e le cavità sotterranee censite sono stati confrontati con i dati di subsidenza del suolo PSIInSAR. Le osservazioni ottenute sono state, poi, dettagliate nel quartiere Portuense, al fine, questa volta, di individuare un'area che potesse nascondere in sotterraneo un cimitero tanto vasto (sembra fosse pari per estensione al cimitero di San Callisto).

Realizzando una serie di mappe di densità di cavità è stato possibile identificare alcune aree maggiormente suscettibili al dissesto e con alta probabilità di presenza di cavità sotterranee. Sono stati confrontati, dunque, dati geologici con i dati storici ed è stato possibile ipotizzare, con maggior esattezza, la possibile ubicazione della catacomba scomparsa.

## ANALISI CONTESTUALE DI CAVITÀ DI ORIGINE ANTROPICA NEL PARCO ARCHEOLOGICO DELLE TERME DI BAIÀ (CAMPANIA, ITALIA)

M. CORVI<sup>1</sup>, N. DAMIANO<sup>2</sup>, P.M. GUARINO<sup>3</sup>, I. GUIDONE<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Speleo Club Gianni Ribaldone (Genova); <sup>2</sup>Gruppo Speleologico CAI Napoli (Napoli); <sup>3</sup>ISPRA, Dip. per il Servizio Geologico d'Italia; <sup>4</sup>Catasto Cavità Artificiali, Feder. Speleol. Campana

### Abstract

Nel settore occidentale dei Campi Flegrei (Campania, Italia), lungo il versante occidentale dell'edificio vulcanico di Baia, sono stati realizzati – nell'intervallo compreso tra l'inizio del I secolo a.C. e il IV d.C. – estesi complessi residenziali e termali che costituiscono l'odierno Parco Archeologico delle Terme di Baia.

Gli interventi edilizi che si sono susseguiti in cinque secoli, su di un'area di circa 40.000 mq, costituiscono un complesso monumentale unico nel suo genere. Oggetto di ammirazione già nell'antichità, le Terme di Baia sono sfruttate almeno fino al pieno Medioevo, per poi cadere nell'oblio fino al XVII secolo quando, grazie ai colti viaggiatori europei del *Grand Tour*, il complesso diventa – in un crescendo di popolarità – punto di riferimento fondamentale per lo studio dell'ingegneria edile romana.

Il fiorire e la decadenza dell'area appaiono strettamente connessi alle peculiarità ed alla evoluzione geologica dell'area, che ricade all'interno del campo vulcanico dei Campi Flegrei, il cui ultimo evento eruttivo è avvenuto nel 1538. La presenza di fonti naturali di vapore e di sorgenti di acque mineralizzate è stata determinante nella scelta dell'area per la costruzione degli impianti residenziali e termali, la cui decadenza è stata determinata, oltre che dalle note vicende storiche, anche dagli eventi bradisismici che hanno interessato nel Medioevo la fascia costiera attualmente sommersa compresa tra il Lago Lucrino e il Castello di Baia.

Nell'ambito delle attività di aggiornamento del catasto delle Cavità Artificiali della Federazione Speleologica Campana, è stato realizzato il rilievo di alcune cavità sotterranee ricadenti all'interno dell'area del parco archeologico.

Tra esse, la *Cavità del Quadriportico CA34CpNA* (settore della Sosandra) si delinea ipoteticamente quale "tana di lapillo" intercettando fondazioni di edifici d'età romana messe "a giorno" dai cavatori.

La cavità *Cisterne sotto gli hospitalia CA106CpNA*, nel settore della Villa dell'*Ambulatio*, è l'insieme delle cubature di due cisterne d'età romana, oggi comunicanti, per le quali si avanza una prima lettura cronologica; esse si caratterizzano, infatti, per interventi edilizi succedutisi in fasi archeologiche distinte che evidenziano come le due cavità siano state in un primo momento messe in comunicazione tra loro, per poi essere di nuovo chiuse in una fase d'uso successiva. Nella prima cisterna d'accesso si evidenziano concrezioni carbonatiche presenti solo nell'ambiente della canaletta di alimentazione, per le quali si formula una prima ipotesi interpretativa.

## CENSIMENTO E CATALOGAZIONE DELLE CAVITÀ DI ORIGINE ANTROPICA MEDIANTE PROSPEZIONI GEOFISICHE INTEGRATE NELL'AREA DE "IL PIANO"(ISOLA D'ELBA, ITALIA)

Michele DI FILIPPO<sup>1</sup>, Maria DI NEZZA<sup>2</sup>, Flavio CECCHINI<sup>3</sup>, Siro MARGOTTINI<sup>3</sup>, Caris DE MARTINO<sup>3</sup>, Veronica PAZZI<sup>4</sup>, Tommaso CARLÀ<sup>4</sup>, Federica BARDI<sup>4</sup>, Federico MARINI<sup>4</sup>, Katia FONTANELLI<sup>4</sup>, Emanuele INTRIERI<sup>4</sup>, Riccardo FANTI<sup>4</sup>

<sup>1</sup>IGAG-CNR Roma, Italia (michele.difilippo@uniroma1.it); <sup>2</sup>Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Via di Vigna Murata, 605, 00143 Roma, Italia (maria.dinezza@ingv.it); <sup>3</sup>CMGeoservizi, Geologia-Prospezioni Geofisiche-Topografia, Via della Stazione di San Pietro 49, 00165 Roma; <sup>4</sup>Dipartimento di Scienze della Terra, Università di Firenze, Firenze, Italia (veronica.pazzi@unifi.it)

### Abstract

Numerosi sprofondamenti si sono verificati nell'ultimo decennio nel territorio di Rio Marina all'Isola d'Elba (località Il Piano), hanno interessato abitazioni, aree agricole e la strada di collegamento tra Rio Marina e Rio nell'Elba. Il fatto che nell'intorno affiori la formazione del Calcare Cavernoso e ci sia un sistema caveale, la "Grotta di San Giuseppe", faceva ipotizzare la presenza di cavità all'interno del substrato carbonatico.

L'integrazione di diversi metodi geofisici indiretti ha evidenziato invece un altro motivo causale di origine antropica nella formazioni di questi sinkholes.

Nell'area di studio sono state eseguite 120 misure di rumore sismico a una stazione, 17 profili di tomografia elettrica 3D (Area min 140m<sup>2</sup>, area max 102000m<sup>2</sup>, distanza minima di elettrodi 2m, distanza massima dell'elettrodo 5m) e 964 misure microgravimetriche disposte più omogeneamente possibile su una griglia da 6 a 8m.

Gli obiettivi dello studio sono stati: i) ottenere un modello geologico e idrogeologico della zona; ii) individuare possibili cavità e/o carenze di massa/densità che potrebbero evolvere in sprofondamenti; iii) valutare la suscettibilità della zona agli sprofondamenti.

Tra i risultati delle indagini geofisiche integrate: a) il metodo H/V ha permesso di stimare lo spessore medio del alluvioni; b) la 3D-ERT ha caratterizzato il comportamento elettrico dei materiali; c) i modelli gravimetrici 2D e 3D hanno fornito informazioni sulla distribuzione spaziale delle densità e resistività nel sottosuolo.

Le indagini geofisiche integrate, unite ad una accurata ricostruzione storica e trasformazione ambientale dell'area, ha consentito una caratterizzazione geomorfologica e idrogeologica del territorio. L'interpretazione di questi dati hanno permesso di comprendere l'innescò dei fenomeni di sprofondamento e disegnare mappe delle aree a rischio.

Pierpaolo DORE \*, Sandro MEZZOLANI\*\*

\*Guida Sportiva Speleologica; \*\*Geosardinia

### Abstract

La Nurra è una regione geografica della Sardegna comprendente i comuni di Alghero, Olmedo, Porto Torres, Sassari e Stintino. Questi territori sono stati oggetto di ricerche minerarie fin dall'epoca preistorica, quando i nuragici realizzarono le prime fornaci; seguirono poi Romani e Bizantini, Pisani, Aragonesi, Spagnoli e Piemontesi fino alla grande espansione industriale, quando nella Nurra esplosero le ricerche minerarie. Lo studio principale si è concretizzato in una ricerca capillare all'interno degli Annali del Servizio Minerario Italiano dal 1878 al 1965 e nell'Archivio dei Titoli Minerali della Regione Sardegna, isolando tutte le ricerche ed i permessi ricadenti nell'area Nurra. Il lavoro ha visto quasi dieci anni di ricerca sul campo ricercando i vari lavori e gli indizi descritti all'interno dei vari documenti bibliografici, creando un grosso archivio fotografico e di varie planimetrie, dello stato attuale degli ipogei, rilevati durante le esplorazioni. Tutte le ricerche sono state poi inserite su un supporto GIS con la realizzazione di un database e la georeferenziazione di 148 permessi Minerari, 11 Concessioni Minerarie, 6 Saline storiche, 2 linee ferroviarie scomparse e 100 aree estrattive secondarie (cave).

## CENSIMENTO E MAPPATURA DELLA RETE DI CAVITÀ CHE SOTTENDE IL PAESE DI CASTELNUOVO, SAN PIO DELLE CAMERE (AQ)

Federica DURANTE<sup>1</sup>, Giorgio PIPPONZI<sup>2</sup>, Emanuele DEL MONTE<sup>3</sup>, Alessandro GHINELLI<sup>3</sup>, Vidal ILIC<sup>3</sup>, Marco NOCENTINI<sup>1</sup>, Marco TALLINI<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Dipartimento di Ingegneria Civile, Edile-Architettura e Ambientale, Università degli Studi dell'Aquila; <sup>2</sup>Ufficio Speciale per la Ricostruzione dei Comuni del Cratere, Fossa (L'Aquila); <sup>3</sup>S2R s.r.l. Spin off dell'Università degli Studi di Firenze

### Abstract

Il paese di Castelnuovo si trova nel Comune di San Pio delle Camere in Provincia di L'Aquila. Dal punto di vista geologico si trova nella conca di Fossa-San Demetrio ne Vestini, una depressione di origine tettonica. La conca di Fossa-San Demetrio è costituita da piccole depressioni chiuse e disposte en-éclelon separate da dorsali strette allungate in direzione appenninica (Marco Nocentini et al. 2017 Sottomesso al Journal of Map). Il centro storico di Castelnuovo sorge su un lembo residuo di terrazzo, elevato circa 60 m rispetto alla pianura circostante. L'asse maggiore del terrazzo è orientato circa WNW-ESE. Sia il rilievo che la pianura sottostante sono prevalentemente costituiti dai limi calcarei bianchi di San Nicandro di origine fluvio-lacustre, poggianti su un substrato calcareo. Al tetto della formazione di San Nicandro abbiamo terreni con una granulometria ghiaiosa con giacitura sub orizzontale (Borghini et al. 2011). L'edificato del borgo che si sviluppa sul versante Sud-Est del colle di Castelnuovo è sotteso da un insieme di cavità di natura antropica. Nel lavoro presentiamo la campagna d'indagini eseguita con la finalità di individuare e censire tutte le cavità presenti al di sotto dell'abitato e la caratterizzazione geotecnica dei terreni di fondazione. Le cavità sono state individuate e catalogate attraverso il sistema informativo territoriale, con il software-free QGIS (QGIS <http://qgis.org>). Le stesse sono state censite attraverso l'utilizzo di una dettagliata scheda di censimento. La stabilità delle cavità di Castelnuovo è stata duramente messa alla prova dall'evento sismico del 6 aprile 2009 e la sequenza sismica iniziata il 24 agosto del 2016, ha ulteriormente danneggiato le cavità e gli edifici sovrastanti con ulteriori cedimenti. Non sono rari i casi in cui si sono osservati crolli localizzati di porzioni di volta o di pareti, questi non sono stati limitati, hanno a volte rappresentato una concausa dei cedimenti degli edifici sovrastanti. In un caso si è assistito al cedimento totale di una cavità, fino ad arrivare all'apertura di vere e proprie voragini in superficie. Prima di questo studio non esisteva un censimento preciso e puntuale di tutte le cavità presenti nel sottosuolo del centro abitato di Castelnuovo, ora avvenuto tramite una specifica scheda di censimento, ed era inoltre assente una mappatura di dettaglio con rilevamenti tecnici specialistici e una valutazione sulle condizioni di stabilità di una cavità e/o del sistema cavità. Dalla campagna indagini sono state trovate 15 nuove cavità che si vanno ad aggiungere alle 67 cavità già conosciute.

Maria Luisa FELICI

### Abstract

Il lavoro vuole far conoscere nelle sue linee essenziali il problema delle cavità sotterranee di origine antropica in Francia e le attività di raccolta delle informazioni e censimento in apposite banche dati da parte di enti statali.

Analogamente a quanto è accaduto nel nostro paese, la Francia ha avuto un passato ricco di storia, di cui le prime tracce risalgono ai tempi del Paleolitico. Le successive fasi evolutive, le necessità legate alla sopravvivenza, le invasioni da parte di altri popoli hanno portato man mano le popolazioni ad utilizzare le risorse che il territorio metteva a disposizione. Oltre alle cavità di origine naturale, in cui hanno trovato rifugio piccoli gruppi di persone fin dal Paleolitico (vedi grotta di Chavet-Pont'Arc nell'Ardèche, grotta di Lascaux in Dordogne-Perigord e molte altre), le cavità di origine antropica furono realizzate per i motivi più vari: magazzini per conservare il vino e i prodotti alimentari, pozzi, gallerie, rifugi, luoghi di culto, cimiteri ma soprattutto per ricavare dalle cave materiale da costruzione, da utilizzare per le prime edificazioni, e dalle miniere materie prime per l'uso metallurgico o combustibile. Grande impulso all'edilizia fu dato dai Romani durante l'occupazione della Gallia, i quali, per costruire abitazioni e monumenti, non esitarono ad estrarre in grande quantità materiali lapidei dalle cave. A Nîmes, nel dipartimento di Gard, nella regione Languedoc-Roussillon, sono ancora visibili le cave di estrazione del calcare che servirono alle popolazioni galliche e ai Romani per edificare le loro opere infrastrutturali ed architettoniche (vedi acquedotti, anfiteatro, templi, ponte del Gard...). Tra l'altro, una delle cave romane situate intorno a Nîmes, la cava di Barutel, è iscritta nella lista dei monumenti storici della città dal 1991 e come tale "protetta".

Situazioni analoghe sono riscontrabili in altre regioni del territorio francese, soprattutto per quanto riguarda l'estrazione di materiali lapidei dalle cave e di materie prime dalle miniere, in superficie o in profondità. Proprio per questo motivo, le cavità che ne sono derivate hanno posto non pochi problemi alla sicurezza di città, edifici, infrastrutture di vario tipo (strade, ferrovie, tunnel...) a causa dei possibili risentimenti a livello superficiale o per gli sprofondamenti del terreno.

La raccolta dei dati riguardanti le cavità di origine naturale e di origine antropica e il loro censimento sono assegnati a soggetti differenti: il Bureau de Recherches Géologiques et Minières (BRGM) si occupa del censimento delle cavità di origine naturale e delle cave, mentre i Municipi raccolgono i dati delle altre tipologie di cavità di origine antropica. Le cavità presenti in determinati dipartimenti francesi sono invece recensite dall'Inspection générale des Carrières.

**LA CARTA ARCHEOLOGICA DELLE CAVITÀ ANTROPICHE ANTICHE DEL SETTORE NORD  
EST DEL SUBURBIO DI ROMA**

Paola FILIPPINI<sup>1</sup>, Marina CLEMENTINI<sup>1</sup>, Maria Rosaria BORZETTI<sup>1</sup>, Claudio VERCELLI<sup>2</sup>,  
Stefania DECATERINA<sup>2</sup>, Emanuele FIGLIOZZI<sup>2</sup>

<sup>1</sup>SSabap Roma, Piazza delle Finanze, 1, tel. 06 47788303, fax. 06 47788301; <sup>2</sup>Geores S.r.l.,  
Via Roberto Lepetit, 234, 00155 Roma, Tel. +39 06 22.81.287, Fax +39 06 62.20.48.13

Abstract

Nell'ultimo decennio la Soprintendenza Archeologica di Roma, oggi Soprintendenza Speciale Archeologia Belle Arti e Paesaggio di Roma, ha raccolto numerosi dati scientifici relativi al patrimonio archeologico conservato nel sottosuolo della città.

Si vuole qui presentare la carta archeologica aggiornata di un settore specifico del suburbio, che comprende ben tre municipi e copre una vasta area, dalla via Salaria alla via Tiburtina, relativa nello specifico alle sole cavità antropiche.

La carta presenta tre tipologie di rinvenimenti: Cave -ipogee ed a cielo aperto; complessi idraulici -cisterne, pozzi e cunicoli; Tombe ipogee e catacombe. I rinvenimenti sono ulteriormente suddivisi per datazione: dalle tombe a camera della città latina di Crustumerium al complesso di cave di via Como, dalla basilica ipogea di Sinforosa sulla via Tiburtina alle catacombe di piazzale del Verano ed ai complessi idraulici del quartiere San Lorenzo.

Verranno inoltre presentati i risultati delle analisi eseguite sulle campionature di tufi prelevati da alcuni dei complessi di cave individuati.

S. PASCALE<sup>1\*</sup>, P. LORENZO<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Geologo; \*Gruppo speleo Melandro

#### Abstract

L'abitato di Sant'Angelo Le Fratte (PZ) sorge in sinistra orografia del Fiume Melandro, su un versante situato ai piedi del rilievo calcareo del Monte Carpineto, posto a ridosso del confine fra la Regione Basilicata e quella campana. Il centro storico dell'abitato, fin dalla sua fondazione, risalente al periodo medievale, si è sviluppato su un antico cumulo di frana da crollo. Si tratta di un accumulo di grossi blocchi calcarei, derivanti dal disfacimento del versante orientale del Monte Carpineto. I blocchi calcarei si presentano di dimensioni variabili dai pochi m<sup>3</sup> ad alcune decine di m<sup>3</sup>, poggianti in modo caotico uno sull'altro o in adiacenza, a formare vuoti, scarsamente colmati da blocchi di minori dimensioni. Al di sotto dell'abitato di Sant'Angelo Le Fratte sono presenti, pertanto, vuoti, cunicoli e corridoi naturali di collegamento fra varie cavità. Alcune di queste cavità sono state utilizzate dall'uomo come cantine, altre sono sconosciute, di altre se ne ha memoria storica e alcune sono legate a leggende locali. Lo studio è stato rivolto ad una di queste cavità, storicamente più nota, e che si sviluppa per una buona parte al di sotto del centro storico. Si tratta di un cunicolo il cui accesso avviene da un locale che si affaccia su Via San Michele. Il suo percorso si sviluppa in pianta in direzione variabile per tutta la sua lunghezza e con salti di quota da pochi metri a circa 15 m. Si articola fra cavità di varia dimensioni collegate fra loro da stretti corridoi, in molti punti di difficile accesso. Nella parte iniziale del percorso sono frequenti le evidenze di blocchi calcarei accostati e incastrati fra loro, di massi staccati dalle volte e di fratture verticali aperte alcuni metri che trovano continuità nella volta e nel piano di calpestio. Di notevole interesse geologico e geomorfologico è l'ultimo ambiente raggiunto, posto all'estremità della cavità fin ora esplorata, caratterizzato da pareti con concrezioni calcaree con piccole vele e stalattiti eccentriche a colonne. Si tratta di un raro fenomeno carsico che si è formato all'interno di un accumulo di frana in un contesto urbano.

Roberto ROTONDO

#### Abstract

La ricerca prende in esame l'*habitat* rupestre nel territorio esteso tra i comuni di Fasano (BR) e Monopoli (BA) e compreso fra l'altopiano della Murge e la fascia costiera adriatica, dove esso costituisce uno degli elementi peculiari del paesaggio rurale per la capillare presenza di cavità adattate e utilizzate per finalità antropiche diverse nel corso dei secoli.

Lo sviluppo di questa realtà è legato innanzitutto alla presenza di fattori geologici e ambientali favorevoli; nel caso specifico, la presenza così diffusa di grotte scavate appare chiaramente favorita dalle caratteristiche geomorfologiche dell'area, interessata dalla presenza di antichi solchi fluviali noti come "lame". Nel corso del tempo i processi erosivi hanno variamente modificato l'aspetto di questi solchi determinando sporgenze, rientranze e frane; questi processi morfogenetici hanno in parte determinato la creazione di diverse cavità naturali lungo i giunti di fratturazione, che, nel corso del tempo, sono state modellate dall'uomo per ricavare ambienti con diverse destinazioni d'uso.

La componente geologica appare, quindi, strettamente collegata allo sviluppo del fenomeno rupestre nella zona e, in modo particolare, a quella che è stata definita la "cultura costruttiva" che presiedette la realizzazione di queste architetture in negativo. La presenza delle lame e la disponibilità di un tipo di roccia, facile da cavare e ideale come materiale da costruzione, rappresentano sicuramente una delle risorse ambientali di questo territorio, variamente utilizzate da parte dell'uomo nel corso del tempo.

Al fine di studiare e inquadrare meglio dal punto di vista storico-archeologico tale realtà insediativa, è stato realizzato un progetto di mappatura archeologica volto a definire l'estensione e le modalità di distribuzione delle grotte all'interno di un comparto territoriale geograficamente circoscritto, compreso fra la fascia costiera e la scarpata pre-murgiana e collocato fra il distretto immediatamente a sud di Monopoli, e la zona posta a ridosso del territorio di Ostuni.

Serie di ricognizioni topografiche sono state mirate alla localizzazione mediante strumentazione G.P.S. e documentazione delle diverse unità rupestri, delle strutture (pozzi, cisterne e sistemi di accesso) e della viabilità che caratterizzano questi insediamenti. Tale lavoro ha portato all'indagine di 61 lame e ha permesso di censire 645 unità rupestri. Una cifra così elevata mostra in maniera evidente la capillarità di questo fenomeno nell'area considerata e, al tempo stesso, ha reso necessario identificare con maggiore chiarezza quali cavità potessero far parte di un agglomerato demico e quali, al contrario, dovessero

costituire delle realtà isolate. A tal proposito, attraverso l'interrogazione delle informazioni precedentemente raccolte e archiviate in una piattaforma G.I.S., è stato possibile identificare alcuni elementi, quali disponibilità di risorse idriche, vicinanza ad assi viari e insistere di strutture destinate ad attività di produzione, la cui presenza congiunta può costituire un indizio per riconoscere nuclei demici significativi all'interno di queste aree caratterizzate dall'*habitat* rupestre.

La mappatura delle realtà rupestri all'interno di un territorio sostanzialmente omogeneo, inoltre, ha permesso di individuare alcuni caratteri comuni rintracciabili nell'escavazione dei diversi ambienti ipogei; le tecniche di scavo, infatti, hanno favorito la diffusione di alcune forme, il cui riconoscimento costituisce la base per un lavoro di classificazione tipologica delle cavità artificiali.

## GLI IPOGEI DI ORIGINE ANTROPICA NELL'AREA COSTIERA DI ROCAVECCHIA (PROV. DI LECCE)

Mariangela SAMMARCO<sup>1</sup>, Stefano CALÒ<sup>2</sup>, Mario PARISE<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Tour Up 'n Down Associazione Culturale, Lecce; <sup>2</sup>Gruppo Speleologico Leccese Ndronico;

<sup>3</sup>Università degli Studi di Bari, Dipartimento Scienze della Terra e Geoambientali

### Abstract

L'area costiera su cui si sviluppa il sito archeologico di Rocavecchia, lungo la costa adriatica di pertinenza del comune di Melendugno in provincia di Lecce, è caratterizzata da una falesia rocciosa in calcareniti plioceniche della Formazione di Uggiano.

L'occupazione antropica dell'abitato antico attraversa, pressoché senza soluzione di continuità, oltre 30 secoli di storia, testimoniati da imponenti resti monumentali e da stratigrafie archeologiche che rivelano forme insediative, culturali e materiali di straordinario interesse ed eccezionalità.

La falesia è punteggiata da numerose cavità di evidente origine antropica scavate, a quote differenti, nell'ammasso roccioso calcarenitico. Alcune di esse sono presumibilmente state realizzate a partire da cavità naturali, più o meno sviluppate, pur diffusamente presenti lungo la costa. Nell'immediato entroterra, bassi affioramenti rocciosi discontinui ed estesi, ampie aree paludose e un sistema di collegamento incerto non hanno, nei secoli impedito alle comunità locali l'utilizzo delle risorse disponibili e la continuità insediativa anche in piccoli contesti rupestri.

Il lavoro offre, impiegando anche metodologie di rilievo fotogrammetrico per la costruzione di modelli tridimensionali, un primo contributo alla catalogazione e alla lettura tipologica delle architetture "in negativo" in quest'area del Salento orientale, territorio che non presenta caratteristiche morfologiche particolarmente favorevoli allo sviluppo di articolati sistemi in rupe, ma che conserva ancora un patrimonio rupestre diffuso e spesso di difficile gestione. Difatti l'elevata frequentazione turistica dei luoghi, che avviene prevalentemente nel corso delle stagioni estive, pone serie problematiche per la sicurezza dei visitatori, nonché per la conservazione e la protezione degli stessi ipogei.

## I RIFUGI ANTIAEREI REALIZZATI DURANTE IL SECONDO CONFLITTO MONDIALE IN PUGLIA

Antonio Raffaele SANTO<sup>1</sup>, Antonello FIORE<sup>2</sup>, Mario PARISE<sup>3,4</sup> e Gianluca SELLERI<sup>4</sup>

<sup>1</sup>GPG e GST (Gruppo Puglia Grotte e Gruppo Speleologico Tricase); <sup>2</sup>Autorità di Bacino della Puglia; <sup>3</sup>Dipartimento di Scienze della Terra e Geoambientali - Università degli Studi di Bari; <sup>4</sup>Federazione Speleologica Pugliese

### Abstract

Nel ambito delle cavità artificiali, e dei rapporti esistenti tra il sottosuolo e il suo utilizzo da parte dell'uomo, le cavità appartenenti alla categoria D (Opere militari) della classificazione accettata in ambito internazionale (Commissione sulle Cavità Artificiali della *International Union of Speleology*) sono tra quelle che maggiormente evocano particolari momenti storici, legati a battaglie e guerre, e alla ricerca di sopravvivenza da parte dei civili. In particolare, le cavità artificiali etichettate come D7 ("rifugi per civili") nella suddetta classificazione derivano dalla necessità della popolazione di avere a disposizione luoghi nei quali rifugiarsi durante i bombardamenti aerei, al fine di garantirsi la sopravvivenza. Queste cavità, a volte riadattate da precedenti funzioni, o scavate all'uopo, conservano pertanto sia negli aspetti progettuali sia al proprio interno tracce di storia, e sono testimonianza tangibile di tragici momenti nella recente storia.

In questo contributo si esaminano i rifugi antiaerei realizzati durante il Secondo conflitto Mondiale in Puglia, alcuni dei quali sono censiti al Catasto delle Cavità Artificiali, a cura della Federazione Speleologica Pugliese, mentre per altri si hanno soltanto notizie e riferimenti storici.

**ASPETTI GEOMORFOLOGICI E CAVITÀ D'ORIGINE ANTROPICA  
DEL TERRITORIO DELL'ECOMUSEO DELLA TUSCIA RUPESTRE**

Andrea SASSO

Ecomuseo della Tuscia Rupestre

Abstract

L'Ecomuseo della Tuscia Rupestre è stato istituito da un'Associazione non a scopo di lucro nel 2013 sulla base di una ricerca condotta nell'ambito della Scuola di Dottorato in Beni Culturali e Territorio dell'Università di Roma Tor Vergata. Il progetto ecomuseale si basa sul censimento, analisi e valorizzazione delle risorse paesaggistiche, ambientali e culturali di un vasto territorio sito alle pendici del complesso vulcanico vicano: in esso la comune matrice ignimbratica ha determinato, attraverso un processo durato millenni, lo sviluppo di una cultura materiale assai simile nelle varie popolazioni che lo hanno abitato, nello spazio e nel tempo. Tra le risorse culturali dell'area, proprio grazie alla particolare composizione degli strati ignimbratici, vogliamo evidenziare la grande messe di strutture ipogee, alcune poco o per nulla note, di cui si sta procedendo al censimento. In questa sede presentiamo alcune di queste strutture ipogee realizzate dalle attività umane, in previsione di una valutazione in merito alla possibilità di attivare in esse un'eventuale fruizione turistica.

Orietta VERDI<sup>1</sup>, Gianluigi GIANNELLA<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Archivio di Stato di Roma - oriettaverdi32@gmail.com; <sup>2</sup>Geologo Libero Professionista – gg.giannella@gmail.com

Abstract

Nello Stato pontificio d'*ancien régime* vennero fissate a partire dal Cinquecento una serie di regole destinate a disciplinare gli scavi che, fin dal periodo medievale, venivano frequentemente praticati nel sottosuolo della città capitale dello stato, alla ricerca sia di reperti archeologici, statue e marmi che di materiale da costruzione quale 'tavolozza', peperino, pietra, e naturalmente pozzolana.

La documentazione che attesta il rilascio di apposite licenze di scavo alle compagnie di scavatori diviene più regolare a partire dalla seconda metà del Seicento e si sistematizza nel Settecento. I regolamenti da osservare nel cavare pozzolana sono invece affidati a bandi ed editti in materia.

Dopo un breve *excursus* sulle prime testimonianze originali di permessi di scavo rilasciati dalla magistratura di edifici e strade, organismo cui erano demandati compiti di indirizzo, sorveglianza e tutela sui lavori pubblici – edilizia, ornato, rete stradale entro e fuori le mura, viabilità, nettezza urbana, scavi – l'attenzione si concentra sui risultati emersi da un *database* di prossima pubblicazione a cura dell'Archivio di Stato di Roma e del CROMA-Università di Roma Tre, nel quale sono stati inseriti tutti i permessi rilasciati dalla magistratura nei vari ambiti di competenza ai privati nei primi quarant'anni del Settecento, con riguardo ai permessi per aprire o gestire cave di pozzolana a Roma e nel territorio.

La schedatura delle licenze fornisce indicazioni sull'identità dei richiedenti, sui proprietari del terreno o vigna in cui si autorizzava l'apertura della cava, sull'ubicazione della cava stessa, sulla tipologia di cava ('aperta', 'a bocca', con 'burborà'), sugli approdi del Tevere per lo scarico della pozzolana; spesso la licenza è accompagnata dalla richiesta (supplica) del conduttore della cava e dalla relazione del funzionario preposto alle autorizzazioni, il Commissario delle cave e antichità, dalle quali è possibile trarre informazioni più dettagliate.

La relazione sarà accompagnata nei limiti del possibile dalla localizzazione su mappa delle cave di pozzolana attestata nell'arco cronologico considerato, fissando un punto fermo e inedito nella storia degli scavi per l'estrazione della pozzolana nel territorio di Roma.

**LE CONDIZIONI DI STABILITÀ DEGLI IPOGEI IN AMMASSI ROCCIOSI CALCARENITICI.  
RAPPORTI TRA GEOLOGIA E PROPENSIONI AL DISSESTO**

Gioacchino Francesco ANDRIANI, Mario PARISE

Università degli Studi di Bari ALDO MORO  
gf.andriani@gmail.com, mario.parise@uniba.it

**Abstract**

La stabilità degli ipogei, sia naturali che antropici, è fortemente condizionata dai caratteri geologici l.s. nonché da quelli geotecnici dei materiali coinvolti. Il rapporto tra condizioni di stabilità, valutazione di propensione al dissesto e proprietà tessiturali e strutturali assume particolare importanza negli ammassi rocciosi calcarenitici, all'interno dei quali sono scavate molte cavità artificiali della Puglia. Infatti, queste rocce sono caratterizzate da un comportamento tenso-deformativo fortemente dipendente non solo dallo stato tensionale efficace, ma anche dal contenuto in acqua e dalle dimensioni, forma, disposizione spaziale dei granuli, nonché dai rapporti tra gli stessi, la matrice micritica e il cemento.

Nel presente lavoro vengono illustrati alcuni casi di studio di cavità pugliesi, evidenziando il ruolo svolto dai caratteri fisico-meccanici e mineralogico-petrografici dell'ammasso roccioso calcarenitico, in relazione allo sviluppo di instabilità in ambiente ipogeo, la cui progressione verso l'alto può determinare la formazione di veri e propri sprofondamenti.

Giovanni BRUNO

Geologo - giovanni.bruno@poliba.it (DICATECh - Politecnico di Bari)

Abstract

In Puglia sono presenti numerose cave sotterranee di rocce calcarenitiche classificabili, dal punto di vista geomeccanico, come “rocce tenere” per la loro bassa resistenza a compressione uniassiale. Tali cave sono da tempo oggetto di ricerca scientifica anche per i problemi di instabilità del territorio, generati dal collasso di alcuni pilastri lasciati a sostegno delle rocce sovrastanti. La resistenza ai carichi verticali dei pilastri è funzione di diversi fattori fra i quali alcuni possono essere supposti costanti o poco variabili, come la resistenza a compressione uniassiale della roccia che li costituisce; altri, quali l’eccentricità del carico che agisce sul pilastro e la sua forma e dimensione, sono dotati di una significativa variabilità sia fra le diverse cave sia all’interno della stessa cava. La presenza di carichi eccentrici è tanto più elevata quanto maggiore è l’irregolarità della forma delle aree tributarie e dei pilastri e la distribuzione areale di questi ultimi. L’analisi di numerose cave pugliesi di calcareniti ha evidenziato valori di eccentricità del carico sui pilastri dell’ordine di diversi decimetri; tali valori, se non corretti utilizzando l’area effettivamente resistente a compressione, ricavata con una delle metodiche proposte da Meyerhof, possono indurre ad una pericolosa sovrastima del fattore di sicurezza dei pilastri. Un altro aspetto rilevante è quello legato alla resistenza a compressione dei pilastri che, notoriamente, è ben diversa da quella della roccia che li costituisce. Ciò scaturisce da una serie di fattori fra i quali quello più studiato risulta essere il fattore di forma Nshape. In questa sede si propongono delle equazioni specifiche, per calcolare tale fattore e, conseguentemente, la resistenza a compressione del pilastro  $S_p$  a seconda della forma geometrica della sua sezione. In tali equazioni viene introdotto un parametro, definito coefficiente di forma  $C_f$ . Dalle analisi condotte, in via preliminare, sembra che dal valore del  $C_f$  sia possibile individuare i possibili pilastri che risultano anomali, per forma e/o dimensioni, rispetto a quelli mediamente presenti nella cava.

Al fine di valutare l’affidabilità delle nuove formule proposte si è condotta una simulazione su una cava dismessa di calcareniti. La simulazione è stata condotta mediante un’analisi statistica implementata su due modelli, uno basato sulle nuove formule qui proposte e uno basato su analoghe relazioni proposte da Bekendam & Price (1993). L’analisi ha consentito di stabilire che, fra quelle considerate, Nshape (fattore di forma del pilastro),  $D$  (tensione di

compressione agente alla base del pilastro) e  $A$  (area del pilastro) rappresenta la combinazione di variabili indipendenti che spiega la maggior percentuale di variabilità del fattore di sicurezza  $F_s$ . Quindi, successive analisi di regressione multipla, eseguite sia considerando tutti i pilastri della cava sia escludendo i pilastri risultati anomali per forma e/o dimensione, hanno permesso di ricavare un'equazione per il  $F_s$ , implementata sul modello che tiene conto delle nuove formule di  $N_{shape}$  e  $S_p$  qui proposte, in grado di spiegare il 94.2751% della sua variabilità.

Infine, si è eseguito un confronto fra le condizioni di stabilità dei pilastri desunte dalla classificazione dello stato di fratturazione dei pilastri, come proposto da Bekendam & Dirks (1990), e dai valori dei  $F_s$  dei pilastri ottenuti con l'equazione di regressione multipla. Dal confronto si evince che la metodica proposta da Bekendam & Dirks tende a sottostimare la percentuale di pilastri collassati o prossimi al collasso. L'evoluzione temporale dello stato di dissesto della cava, monitorato per oltre 22 anni e modellato anche con analisi numeriche agli elementi distinti che hanno tenuto conto dell'effetto creep, in condizioni statiche e dinamiche, ben si accorda ai valori dei  $F_s$  ottenuti dal modello di regressione multipla qui proposto.

# ANALISI SISTEMICA PER UNA VALUTAZIONE DELLA SUSCETTIBILITÀ AL DISSESTO DI TERRITORI DELL' AGRO NOLANO (PROVINCIA DI NAPOLI) CON PRESENZA DI CAVITÀ ANTROPICHE IN TUFO

G. CACCAVALE\*, D. CALCATERRA\*\*, M. RAMONDINI\*\*\*

\*Geologo, libero professionista, Dottore di Ricerca in Analisi dei Sistemi Ambientali, Università degli Studi di Napoli Federico II, con Studio Geologico alla Via Santa Caterina 7, 80032 Casamarciano (Na); \*\*Professore di Geologia Applicata, Dipartimento di Scienze della Terra, dell'Ambiente e delle Risorse, Largo San Marcellino 10, Università degli Studi di Napoli Federico II, Largo San Marcellino 10, 80138 Napoli; \*\*\*Professore aggregato di Indagini e Monitoraggio Geotecnico, Dipartimento di Ingegneria Civile, Edile ed Ambientale, Università degli Studi di Napoli Federico II, Via Claudio, 80125 Napoli

## Abstract

I dissesti del sottosuolo dell'area napoletana rappresentano una delle cause più diffuse di crolli di manufatti abitativi e di danni alle infrastrutture che, talora, si scoprono poi realizzate su vuoti di varia natura (cunicoli, cisterne, acquedotti) e, ancora di più, su un' ignota rete di cavità antropiche. A nord-est della metropoli partenopea, nel lembo di pianura che si interpone tra il Vesuvio e l'Appennino, noto come Agro Nolano, la facies zeolitizzata dell'Ignimbrite Campana (39 Ka) fu oggetto di un intenso sfruttamento in loco per la realizzazione di edifici monumentali o di strutture abitative. Sebbene la coltivazione del tufo e dei materiali di copertura sia terminata solo alla metà del XX secolo, lasciando grandi cave a fossa disperse sul territorio, il pericolo imminente è costituito dai condotti verticali ("occhi di monte") attraverso i quali l'antica attività estrattiva del tufo si esercitava da camere ipogee disposte in serie e dalla ricorrente forma "a campana". Le condizioni di stabilità di queste cavità sono oggi compromesse dalla presenza di esili franchi di volta e da una diminuzione dei coefficienti di sicurezza globali. La mancanza di database adeguati ed aggiornati sullo sviluppo di questi vuoti, per una serie di fattori limitanti (tempo, inconsapevolezza, incuria) rende talvolta difficile l'esatta individuazione delle aree più esposte al dissesto, addirittura di quelle situate nei centri storici (grotte-cantina), permettendo al sistema sotterraneo di interagire con le stratificazioni e le nuove esigenze dell'attività umana senza un controllo e messa in sicurezza del soprassuolo. I dati che riguardano l'Ambito 5-Area Nolana, consultabili nella "Banca Dati delle Cavità del sottosuolo dei Comuni della Provincia di Napoli", si riferiscono solamente ad esigue informazioni reperite all'epoca e non a tutte le cavità effettivamente presenti, pertanto, l'attività di ricerca e catalogazione ha attivato processi multidisciplinari tesi a fare chiarezza

sull'incidenza del problema. I fenomeni di dissesto ricorrenti, configurabili come "anthropogenic sinkholes" e che si verificano con una certa periodicità negli abitati di Casamarciano, Comiziano e Tufino, sono voragini che si creano a seguito del parziale crollo di una cavità dovuto o per cedimento del fronte di scavo o al crollo della canna di pozzo, all'interno dei primi 20 m di sottosuolo, prevalentemente nelle piroclastiti sciolte, con una riesumazione indotta da sovraccarichi esterni, da eventi pluviometrici estremi o dai richiami di perdite o infiltrazioni idriche. La presenza di dissesti areali (subsidenze primarie e secondarie) fa presupporre che siano molteplici i fattori che concorrono ai segni di "stanchezza" delle cavità antropiche, tale situazione ha permesso di avviare un'attività di studio finalizzata alla definizione di una procedura integrata di previsione per questi eventi non naturali che coinvolgono il sistema suolo-sottosuolo dell'area, peraltro, già governata da un Piano di Assetto Idrogeologico. E' stata, quindi, messa in campo una procedura semi-quantitativa della suscettibilità al dissesto sotterraneo che ha comportato - un'attenta analisi ed informatizzazione di dati specifici di varia provenienza organizzati in un database geografico (GIS) e - la sovrapposizione di significative mappe tematiche dove gli elementi predisponenti sono stati quantificati con una metodologia a pesi e misure secondo una rivisitazione di modelli sistemici già proposti per altri siti italiani. La distribuzione della suscettibilità al dissesto sotterraneo scaturita da questa procedura sistemica, potrebbe essere di grande ausilio per una responsabile pianificazione urbanistica dei siti coinvolti e per una più efficace gestione delle possibili emergenze.

**L'UTILIZZO DELLE FOTOGRAFIE AEREE DELL'AEROFOTOTECA NAZIONALE DEGLI ANNI PRECEDENTI L'URBANIZZAZIONE DEL SUBURBIO ROMANO PER L'INDIVIDUAZIONE E CATALOGAZIONE DI CAVITÀ DI CROLLO CONNESSE ALL'EVOLUZIONE PERNICIOSA DI CAVITÀ SOTTERRANEE LEGATE AD ATTIVITÀ ESTRATTIVE**

Gianluigi GIANNELLA<sup>1</sup>, Carlo ROSA<sup>2,3</sup>

<sup>1</sup>Geologo libero professionista; <sup>2</sup>S.I.G.E.A.; <sup>3</sup>Istituto Italiano di Paleontologia Umana

Abstract

Lo studio si basa sull'analisi del vasto patrimonio di fotografie aeree conservate in Aerofototeca Nazionale (ICCD), in particolare quelle relative ai Fogli IGM 149 e 150 di età precedente all'urbanizzazione del suburbio romano (anni 1930-1969). Soprattutto quelle risalenti al periodo precedente al 1950 mostrano, molto nitidamente, numerose aree al cui interno sono presenti numerosissime cavità da crollo,

connesse all'evoluzione pernicioso di cavità sotterranee legate ad attività estrattive, di età antica o moderna, di materiali da costruzione, tra i quali sono particolarmente suscettibili i depositi naturali di pozzolana o ghiaie.

In questa prima fase della ricerca sono stati esaminati in dettaglio tre settori appartenenti al suburbio di Roma:

- la collina tra l'ex forte Portuense e l'ansa del Tevere di Santa Passera, indicata nelle tavolette IGM come Villa Negroni;
- la zona della Montagnola sulla via Laurentina;
- i Monti dell'Infernaccio.

Per alcuni di questi settori si può seguire grazie a riprese aeree di anni diversi un'evoluzione notevole in termini di dissesto superficiale nell'arco di decine di anni.

La stratigrafia locale influenza notevolmente l'evoluzione delle cavità sotterranee a parità di litologia scavata, di metodologie di scavo, e di forma e distribuzione delle gallerie. Per esempio nel caso delle pozzolane la presenza di uno strato superiore costituito da tufo lionato limita molto la risalita verticale dei crolli, confinando questi ultimi in profondità, a meno che non sia proprio questo ad essere cavato, magari con esplosivi, generando quindi a sua volta notevoli dissesti superficiali. La ricostruzione da parte di uno degli Autori della distribuzione discontinua di questo tufo nei settori distali dell'antico edificio vulcanico dei Colli Albani rende perfettamente conto, con la sua presenza o assenza nella sequenza stratigrafica locale, della esistenza o meno di dissesti superficiali a parità di numero e tipologia di gallerie esistenti in profondità.

## ANALISI GEOSTRUTTURALE SU NUVOLO DI PUNTI ACQUISITA CON LASER SCANNER 3D: APPLICAZIONE ALLA GROTTA DI COCCEIO, IN BACOLI (CAMPANIA, ITALIA)

B. PALMA, M. PAGANO, M. PARISE, A. RUOCCO

### Abstract

La Grotta di Cocceio (Bacoli, Italia) fu realizzata intorno al 37 a.C. da Lucio Cocceio su commissione di Marco Vipsanio Agrippa per scopi militari. Essa serviva per collegare Cuma (fortificazione e punto di vedetta sul litorale domizio-flegreo) con il Portus Iulius (importante infrastruttura militare insistente, attraverso una serie di canali, anche sui bacini del lago d'Averno e del lago Lucrino) nel golfo di Pozzuoli.

La Galleria è interamente scavato nel tufo per un chilometro circa, ha sezione trapezoidale ed andamento rettilineo leggermente in salita verso Cuma. Essa prendeva luce ed aria da sei pozzi scavati nella collina (il più lungo dei quali era alto oltre trenta metri) ed era abbastanza larga da permettere il passaggio di due carri.

Durante la Seconda Guerra mondiale fu utilizzata come deposito di esplosivi e subì dei danni quando alcuni di questi esplosivi scoppiarono generando, sulla volta di uno dei pozzi di areazione, una "calotta di esplosione" fortemente predisposta alla caduta massi.

Al fine di operare uno studio sull'assetto geostrutturale e geomeccanico della volta e, quindi, progettare gli interventi di consolidamento, è stata eseguita una analisi geomeccanica-geostrutturale dell'ammasso roccioso utilizzando la nuvola di punti acquisita con un laser scanner 3D.

Si tratta di una nuova ed innovativa tecnica di analisi geostrutturale che prevede l'uso del Terrestrial Laser Scanning (TLS) per l'acquisizione di un rilievo composto da milioni di punti georeferiti, totalmente misurabile e gestibile nello spazio, potendo, in tal modo, costituire una dettagliata base dati di supporto all'analisi morfologica e geostrutturale.

A partire dalla dettagliata nuvola di punti acquisita con laser scanner di alta precisione, si è proceduto alla caratterizzazione delle discontinuità degli ammassi rocciosi, le cui risultanze sono state quindi confrontate con i dati acquisiti grazie a rilievi geomeccanici eseguiti con tecniche tradizionali (stazioni geomeccaniche secondo le Raccomandazioni dell'ISRM).

Tale procedura consente di sostituire le informazioni puntuali acquisite con le tecniche di rilievo tradizionale (ISRM) con quelle areali ed estese all'intero ammasso roccioso. Ciò, oltre a determinare una più approfondita conoscenza dell'assetto geostrutturale dell'ammasso, consente anche di farlo con maggiori livelli di sicurezza (talora proibitive per l'esecuzione di indagini classiche) e con costi più ridotti.

**STUDIO NUMERICO PARAMETRICO PER LA DEFINIZIONE DI ABACHI PER LA  
VALUTAZIONE PRELIMINARE DELLA STABILITÀ DI CAVITÀ SOTTERRANEE IN  
CALCARENITE TENERA**

M. PERROTTI<sup>1</sup>, P. LOLLINO<sup>1</sup>, N.L. FAZIO<sup>1</sup>, L. PISANO<sup>1</sup>, G. VESSIA<sup>2</sup>, M. PARISE<sup>3</sup>, A. FIORE<sup>4</sup>, M. LUISI<sup>4</sup>, M.N. MICCOLI<sup>4</sup>, L. SPALLUTO<sup>4</sup>

<sup>1</sup>CNR – IRPI, Bari (Italy); <sup>2</sup>Università di Chieti-Pescara “G. D’Annunzio” (Italy); <sup>3</sup>Università degli Studi di Bari “Aldo Moro” (Italy), precedentemente CNR – IRPI; <sup>4</sup>Autorità di Bacino Puglia, Bari (Italy)

Abstract

Nel secolo scorso, l’attività estrattiva in sotterraneo in Puglia di calcareniti tenere, spesso utilizzate come materiale da costruzione, ha portato alla creazione di un numero elevato di cavità a geometria regolare, spesso rettangolare, o in alcuni casi secondo lo schema a “camere e pilastri”. Dette cavità sono state progressivamente abbandonate e, in tempi recenti, si sono registrati nella stessa regione numerosi collassi delle stesse cavità, con coinvolgimento in alcuni casi delle strutture e delle infrastrutture ubicate a livello del piano campagna. Il presente lavoro, basato sui risultati di un’ampia casistica di analisi bidimensionali parametriche, svolte con il metodo degli elementi finiti, propone una metodologia utile a valutare, in forma preliminare, la stabilità di cavità sotterranee in calcareniti tenere. In particolare, con l’ausilio di analisi FEM bidimensionali condotte su casi ideali di cavità sotterranee a geometria regolare, sono state individuate possibili correlazioni tra le principali caratteristiche geometriche del problema (larghezza, altezza e profondità delle cavità) e le caratteristiche di resistenza dei materiali rocciosi interessati dalle cavità. Le analisi hanno previsto l’adozione sia di valori dei parametri geometrici osservati per un ampio numero di cavità sotterranee presenti in Puglia che di parametri di resistenza tipicamente misurati per le calcareniti tenere affioranti nella stessa regione. I risultati sono sintetizzati in abachi di stabilità utili a valutare, in forma preliminare e speditiva, le condizioni di stabilità di cavità con caratteristiche che ricadono nelle ipotesi del calcolo, eventualmente da verificare in fase successiva con analisi di maggiore dettaglio e livello di approfondimento.

**RICOSTRUZIONE DEL MODELLO TRIDIMENSIONALE DI UNA CAVITÀ SOTTERRANEA  
NEL COMPLESSO MONUMENTALE DEI SS. MARCELLINO E FESTO (NAPOLI)  
MEDIANTE L'UTILIZZO DI LASER SCANNER MANUALE**

V. ALLOCCA<sup>1</sup>, A.C. ANGRISANI<sup>1</sup>, S. CODA<sup>1</sup>, M. DANZI<sup>2</sup>, P. DE VITA<sup>1</sup>, U. DEL VECCHIO<sup>2</sup>, D. DI MARTIRE<sup>1</sup>, D. MASSA<sup>3</sup>, G. MININ<sup>3</sup>, G. NOCERINO<sup>3</sup>, D. CALCATERRA<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Dipartimento di Scienze della Terra, dell'Ambiente e delle Risorse, Università di Napoli Federico II; <sup>2</sup>GEOfotogrammetrica s.r.l., Napoli; <sup>3</sup>INGEO s.r.l., Napoli

**Abstract**

Il sottosuolo di Napoli è caratterizzato dalla presenza di una fitta ed articolata rete di cavità sotterranee, cunicoli e cisterne scavate prevalentemente all'interno della Formazione del Tufo Giallo Napoletano (TGN). Alla luce delle buone caratteristiche di estraibilità e lavorabilità del TGN, quest'ultimo è stato sfruttato sin dall'antichità, a partire dall'insediamento greco-romano (VIII sec. a.C.), per fornire pietra da costruzione per la nascita e la successiva espansione della città. Nel corso dei secoli, lo sviluppo del sistema di cavità sotterranee di Napoli è stato però sempre più legato all'esigenza di dotare la città di fognature e di migliorare l'approvvigionamento idrico attraverso la realizzazione nel sottosuolo cittadino di tre diversi acquedotti: l'acquedotto della Bolla o della Volla, di probabile età greca, l'acquedotto Claudio, di epoca augustea (I sec. d.C.) e l'acquedotto del Carmignano (1629). Nel corso dei secoli, le cisterne di tali acquedotti, furono ampliate non solo per aumentare le riserve idriche a servizio dei fabbricati, ma soprattutto per estrarre il tufo occorrente all'edificazione di nuovi edifici o per realizzare sopraelevazioni (Baldi, 1998). Questo dedalo di cisterne, ancora percorribile fino al 1940, allorché l'Italia decise di partecipare alla Seconda Guerra Mondiale, fu in parte utilizzato come rifugio antiaereo durante tale conflitto.

Oggetto del presente lavoro è un rilievo topografico di dettaglio, effettuato tramite laser scanner manuale (Modello ZEB1, prodotto dalla GeoSLAM), di un tratto di cavità ad oggi inesplorato che si sviluppa nel sottosuolo del Complesso Monumentale dei SS. Marcellino e Festo, nel Centro Antico di Napoli. Tale rilievo ha portato, oltre che alla mappatura del sistema di cavità presenti, anche alla verifica statica delle stesse. In particolare, la cavità sotterranea in oggetto, in gran parte ubicata al di sotto del settore Nord del Complesso Monumentale, è estremamente articolata: essa, infatti, presenta sei pozzi, alcuni dei quali ingombri di detriti, ed è suddivisa in un livello superiore, coincidente con i rami romani dell'acquedotto della Bolla, ed un livello inferiore, costituito dalle cave di epoca romana da cui è stato estratto il TGN per edificare il primo nucleo del Complesso. Dall'elaborazione dei dati raccolti è stato possibile ottenere, grazie all'utilizzo di software specifici, anche una renderizzazione 3D della cavità e la ricostruzione del suo sviluppo nelle tre dimensioni.

**SITI MINERARI DISMESSI IN AREE IN FRANA.  
L'EX MINIERA DI SALE DI LUNGRO (CALABRIA)**

L. ANTRONICO<sup>1</sup>, G. GULLÀ<sup>2</sup>

CNR-IRPI Sede secondaria di Cosenza, Via Cavour 4/6-Rende

<sup>1</sup>loredana.antronico@irpi.cnr.it; <sup>2</sup>giovanni.gulla@irpi.cnr.it

Abstract

I fenomeni indotti dalle attività di estrazione mineraria pongono spesso pesanti problemi ambientali e di rischio per la popolazione residente soprattutto nelle aree minerarie dismesse. In particolare, la subsidenza, ovvero il lento abbassamento del suolo, è un fenomeno molto comune nei territori dove si sono sfruttati o si stanno sfruttando giacimenti di salgemma presenti nel sottosuolo. Nell'ambito di uno studio sull'attività franosa nell'abitato di Lungro (Calabria settentrionale) è stata effettuata la raccolta e l'analisi di informazioni storiche riguardanti i dissesti che nel passato hanno interessato l'area su cui insiste lo stabilimento dell'ex Miniera di Sale di Lungro (località San Leonardo). La storia di questa miniera, che ha rappresentato per molto tempo una risorsa economica importante per la comunità locale e per la Calabria, ha origini molto antiche. Sfruttata sin dai tempi dei romani, dopo il mille le vicende della salina furono legate alla storia dei feudatari della zona; la miniera cambiò spesso proprietario, coloro che la prendevano in fitto la sfruttavano a loro vantaggio cercando di ricavarne quanto più possibile durante il periodo. Ciò spiega perché l'estrazione del sale fino ad un certo periodo venne effettuata in maniera disordinata e caotica sempre più in profondità e senza nessun piano di estrazione. Nel XIX secolo furono effettuati interventi di risanamento ma nel 1977 cessò definitivamente lo sfruttamento. Di recente sono stati eseguiti importanti lavori di recupero di larga parte delle strutture edilizie dello stabilimento dell'ex Miniera di Sale, con l'obiettivo di adibirle a varie attività socio-culturali, mentre nessuna iniziativa è stata posta in essere per le cavità (piani) dove si sono svolte le attività estrattive, che sono da tempo in totale abbandono. La peculiarità dell'ex Miniera di Sale di Lungro risiede nel fatto che i versanti a monte di tale sito minerario (località San Leonardo) sono interessati da fenomeni franosi attivi, i quali hanno coinvolto, nella loro lenta evoluzione, alcuni edifici e una strada statale (S.S. 105). Da quanto ricavato dalla ricerca storica è plausibile ritenere che molto probabilmente l'area S. Leonardo e la S.S. 105 non risentono in maniera significativa dei problemi di subsidenza conseguenti alla coltivazione della miniera a suo tempo condotta. Le conoscenze acquisite dal 2006, anche con l'ausilio di una rete integrata di monitoraggio, fanno ragionevolmente ritenere che gli spostamenti, e gli effetti conseguenti, registrati nell'area di S. Leonardo sono sostanzialmente

determinati dall'evoluzione di fenomeni franosi che interessano i versanti. Le ipotesi formulate e le condizioni prima evidenziate circa lo stato di abbandono delle cavità consigliano, tuttavia, di non sottovalutare il possibile aggravio delle condizioni di dissesto che, nel medio-lungo termine, potrebbe sommarsi a causa di un incremento della subsidenza; tale incremento potrebbe manifestarsi a seguito di crolli diffusi delle cavità determinati sia a seguito del degrado delle cavità stesse sia a seguito di eventi sismici.

**STUDIO GEOLOGICO DELL'AREA CHE OSPITA LE GROTTI DI SAN GIORGIO LUCANO,  
FINALIZZATO ALLA GEOCONSERVAZIONE**

M. BENTIVENGA, A. CAPECE, P. GUGLIELMI, S. MARTORANO, G. PALLADINO

Dipartimento di Scienze – Università degli Studi della Basilicata viale Ateneo lucano, 10 –  
85100 Potenza  
mario.bentivenga@unibas.it

Abstract

In Basilicata sono presenti numerose cavità di origine antropica, di grande interesse geologico e storico-culturale. In passato, la maggior parte degli ipogei è stata utilizzata come abitazione, ricovero per il bestiame, per la vinificazione, rifugio per religiosi, ecc..

L'area studiata ricade nel Parco Nazionale del Pollino e comprende il paese di San Giorgio Lucano (MT), dove è presente il più grande insediamento di ipogei rurali dell'Italia meridionale (circa 1200 grotte). Il paese ricade nel Bacino di Sant'Arcangelo a ovest dell'Avanfossa bradanica ed è considerato un piggyback basin formatosi a partire dal Pliocene superiore. Nell'area rilevata la successione sedimentaria è formata da: marne argillose e argille marnose azzurre con intercalazioni di arenarie torbiditiche (Miocene sup.); seguono, nella parte orientale dell'area, le sabbie e i conglomerati (Pliocene inf.). Verso l'alto, della collina di San Giorgio Lucano, affiorano le Argille marnose grigio-azzurre (Pliocene inf.-medio), che contengono la lente di Sabbie di San Giorgio Lucano (Pliocene sup.-Pleistocene inf.), spessa circa 200 m, su cui è stato edificato il paese e scavate le grotte. Gli ipogei sono profondi, le volte sono ben definite e la sola parte costruita è quella antistante. Diversi studiosi ritengono che gli ipogei sangiorgesi siano stati realizzati dai monaci basiliani che, perseguitati, trovarono rifugio nell'Italia meridionale in grotte naturali e antropiche. Molti degli ipogei di San Giorgio Lucano oggi versano in uno stato di abbandono, alcuni sono crollati mettendo a rischio quelli limitrofi. Censire e conoscere lo stato di degrado degli ipogei è indispensabile per individuare adeguati interventi di geoconservazione propedeutici alla loro valorizzazione. L'obiettivo del lavoro è di dimostrare come lo studio geologico è indispensabile per individuare corrette modalità di geoconservazione così da non deturpare l'insediamento di ipogei di San Giorgio Lucano.

Pio BERSANI, Stefania NISIO

### Abstract

Nella città di Roma sono presenti molte cavità di grandi dimensioni, che costituiscono una rete di gallerie a volte comunicanti, ubicate in particolar modo in sinistra idrografica del fiume Tevere.

La cavità di maggiori dimensioni sono quelle scavate nelle rocce tufacee; spesso, la coltivazione di queste cave si arrestava soltanto quando si raggiungeva la falda idrica, per cui in molte cave vi sono oggi dei veri e propri laghi sotterranei, il cui livello segue attualmente le oscillazioni della falda idrica presente.

La formazione di alcuni di questi piccoli laghi è probabilmente stata anche favorita dal fatto che il materiale tufaceo veniva scavato anche nel periodo estivo, quando il livello della falda era più basso e nei mesi invernali - con la risalita del livello della falda - gli allagamenti, a seguito del rialzo del livello della falda, divenivano nel tempo veri e propri laghetti.

In sinistra idrografica del Tevere per le sue dimensioni è da ricordare in particolare il laghetto nei pressi del Tempio di Claudio in prossimità della Chiesa dei SS Giovanni e Paolo al Celio.

In destra idrografica del Tevere è invece da ricordare il laghetto al di sotto la collina di Monteverde.

Nell'area del Campo Marzio, nel centro storico, la risalita della falda acquifera è dovuta in particolare alla costruzione dei muraglioni ottocenteschi (avvenuta tra il 1880 e il 1890). Così luoghi che sono stati costruiti all'asciutto risultano oggi allagati come la tomba romana del console Aulo Irzio al di sotto del Palazzo della Cancelleria nell'omonima piazza nei pressi di Campo dei Fiori.

Un'altra causa che può aver influito sulla presenza di acqua nella cavità sotterranea nel centro storico di Roma è dovuta all'innalzamento del livello del terreno dall'epoca romana ad oggi. È questo il motivo per cui parte della Meridiana di Augusto nel Campo Marzio è oggi sommersa dalla falda idrica.

Nell'antica Roma infatti era consuetudine dopo un terremoto, un incendio o un'alluvione del Tevere, ricostruire a quota più elevata sulle macerie o sui detriti sabbiosi portati dalla piena del fiume.

Inoltre, in alcune cavità sotterranea o ipogei religiosi sono presenti sorgenti che venivano considerate sacre in epoche passate.

## LAVORI DI INDAGINE E DI RIMOZIONE DELLE MACERIE DEL CROLLO DI VIA MATRICE, NELLA GRAVINA DI GINOSA

M. BISIGNANO<sup>3</sup>, M. DEBERNARDIS<sup>2</sup>, N. LAURIERO<sup>1</sup>, P. PEPE<sup>2</sup>, A. PERRUCCI<sup>5</sup>, RISIMINI<sup>4</sup>, S. TANCREDI<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Progettista, <sup>2</sup>Apogeo s.r.l., <sup>3</sup>Direttore dei Lavori, <sup>4</sup>Coordinatore sicurezza in fase di esecuzione, <sup>5</sup>Geologo supporto al Direttore dei Lavori

### Abstract

Il territorio di Ginosa, a seguito degli eventi alluvionali di ottobre e dicembre 2013, è stato direttamente colpito da particolari situazioni di dissesto idrogeologico prima nel fondo della gravina e, successivamente, da crolli di ruderi lungo i versanti della stessa, fino al crollo di una porzione di Via Matrice causati dal collasso di cavità disposte su più livelli. Per la propria conformazione geologica e morfologica, nonché per il carattere impulsivo dei regimi idrici in ambiente carsico, le Gravine sono di per loro fortemente soggette a fenomeni di dissesto idrogeologico. Tale condizione è stata accentuata dalla presenza di un elevato numero di cavità di origine antropica e di numerose abitazioni in evidente stato di abbandono e prive di infrastrutture per la regimentazione delle acque meteoriche che, infiltrandosi nelle calcareniti, hanno peggiorato ulteriormente lo stato di conservazione delle stesse.

In seguito all'evento crollo è stata individuata una zona rossa in corrispondenza di un'area con raggio di 50 metri dal crollo stesso.

Il raggruppamento temporaneo di imprese Giampetruzzi s.r.l. - Apogeo s.r.l. si sono aggiudicati i lavori di rimozione delle macerie e di indagine e monitoraggio.

A causa della impossibilità di conoscere prima dell'inizio dei lavori la reale distribuzione delle cavità e delle discontinuità nel sottosuolo, proprio per la presenza di macerie, le attività di rilievo sono state eseguite per fasi, una iniziale tesa a conoscere lo stato luoghi e a garantire le condizioni di sicurezza degli operatori, ed una fase successiva, di dettaglio, dopo la rimozione delle macerie. Tutte le attività di rimozione, rilievo e indagine sono avvenute sotto il continuo controllo del sistema di monitoraggio (statico e dinamico) installato, prima dell'inizio dei lavori e della fase d'indagine, in modo distribuito lungo le aree di cantiere e sui fabbricati più sensibili. I successivi rilievi mediante laser-scanner e stazione totale hanno permesso di ricostruire il modello solido 3D della superficie texturizzata e DEM dell'intera area oggetto dei lavori, ottenendo importanti informazioni circa gli spessori geometrici dei paramenti murari di separazione tra le varie cavità e delle calotte di copertura; tutto ciò finalizzato a valutare le interferenze con le operazioni di cantiere, ad attuare tutte le idonee

procedure di sicurezza e a programmare le successive fasi lavorative valutando la fattibilità delle stesse in rapporto allo stato dei luoghi. Il rinvenimento di altre cavità al disotto dei fabbricati pericolanti e le aggravanti ulteriori condizioni al piede degli stessi, ha messo in luce una grave condizione di instabilità contingente, determinando una sospensione delle attività di scavo e rimozione delle macerie ed una proposta di variante progettuale in corso d'opera. Valutata la criticità delle condizioni in cui versavano fabbricati e cavità presenti nella Zona rossa, l'attività di monitoraggio non è mai terminata ed è costantemente attiva su tutta l'area, nonostante la sospensione temporanea delle attività di cantiere.

## NUOVE METODOLOGIE DI RILIEVO DI AMBIENTI IPOGEI TRAMITE LASER SCANNER. L'ESEMPIO DI UNA CAVITÀ ARTIFICIALE IN PROVINCIA DI NAPOLI

Maria DANZI<sup>1</sup>, Umberto DEL VECCHIO<sup>2</sup>, Gianluca MININ<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Ing., Geofotogrammetrica S.r.l., via Gemito 3, 80128 NA, m.danzi@geofotogrammetrica.it;  
<sup>2</sup>Geol., libero professionista, delvecchio@geoinformatica.it; <sup>3</sup>Geol., libero professionista,  
gianlucaminin@ingeosrl.it

### Abstract

Il sottosuolo della provincia di Napoli è ricca di cavità artificiali, scavate principalmente per l'estrazione del tufo, ottima pietra da costruzione, e poi riadattate per altri scopi (cisterna raccolta acqua, ricovero, cantina, etc.). Esse rappresentano una peculiarità di alcuni contesti territoriali e molto spesso rappresentano anche un'emergenza, associata all'instabilità degli ambienti della cavità che possono avere ripercussioni su soprassuolo. Il rilievo degli ambienti di cavità, dal punto di vista topografico e geometrico, è uno dei primi passi da percorrere per poterne avere una completa conoscenza: rappresenta, infatti, un passo propedeutico al censimento, studio e catalogazione delle cavità.

Recentemente si sono sviluppati metodologie di rilievo 3D che si basano sul metodo del laser scanner. Da strumenti costosi, pesanti e difficili da utilizzare per i rilievi ipogei si è passati a strumenti versatili, leggeri che possono realizzare rilievi affidabili anche in movimento. Il gruppo di lavoro esegue da tempo rilievi in cavità artificiali avvalendosi di tale innovativa strumentazione di ultima generazione che permette di acquisire in movimento nuvole di punti 3D. L'acquisizione è quindi facilitata da una strumentazione molto agevole da portare in sito e da manovrare, in quanto è costituita da un data set contenuto in uno zaino a spalla e da un corpo laser e piattaforma inerziale ubicati in cima ad un'asta elastica lunga circa 50 cm, manovrabile impugnando un manico gommato. La metodologia è stata studiata per eseguire rilievi in-door in quanto la strumentazione ha una distanza di acquisizione di circa 25/30 metri e raggiunge precisioni centimetriche. Questa metodologia permette di eseguire l'acquisizione della nuvola di punti 3D anche in ambienti e condizioni, che la metodologia standard con stazione fissa non avrebbe permesso: infatti le condizioni di rilievo di cunicoli e di altri ambienti possono risultare non facili, in particolare in ambienti stretti, angusti o di difficile accesso.

La metodologia di rilievo fornisce la possibilità di collegare tra loro vari ambienti della medesima cavità, acquisiti in momenti diversi a causa della loro complessità, in quanto le scansioni, di solito, vengono eseguite con zone di sovrapposizione al fine di utilizzare punti naturali per allinearle nella fase di post-processing. Una volta allineate tutte le nuvole di

punti si ottiene il modello geometrico tridimensionale del sito nella sua interezza. Per la rappresentazione grafica è necessario triangolare le nuvole di punti per elaborare le mesh, le superfici tridimensionali sulle quali si può andare a riportare il rilievo geologico, le osservazioni strutturali e la mappatura dei materiali al fine di elaborare carte tematiche finalizzato ad un rilievo integrato e completo di tutti gli ambienti della cavità. La successiva rappresentazione grafica della cavità viene fatta attraverso sia la classica rappresentazione con piante e sezioni, sia con modelli digitali tridimensionali. La possibilità di georiferire il dato permette di confrontare tra loro sistemi di cavità non collegate così come confrontarle con l'ambiente esterno, ottenendo una carta di sovrapposizione del sottosuolo con gli edifici superiori.

**METODOLOGIE DI INDAGINI GEOGNOSTICHE DIRETTE ED INDIRETTE PER  
L'INDIVIDUAZIONE E LA DETERMINAZIONE DELLE GEOMETRIE DI CAVITÀ ANTROPICHE  
PROFONDE IN AMBITO URBANO. IL CASO DI STUDIO DI ALTAMURA (BA) NELL'AMBITO  
DEI LAVORI DI "MITIGAZIONE DEL RISCHIO IDROGEOLOGICO CONNESSO ALLA  
PRESENZA DI UNA RETE CAVEALE DELLA LUNGHEZZA COMPLESSIVA ATTUALMENTE  
NOTA DI CIRCA 13 KM NEL COMUNE DI ALTAMURA"**

Margherita DEBERNARDIS<sup>1</sup>, Domenico MANICONE<sup>5</sup>, Vincenzo MARTIMUCCI<sup>2</sup>, Pietro PEPE<sup>1</sup>, Vito SPECCHIO<sup>3</sup>, Salvatore TANCREDI<sup>1</sup>, Vito VERNI<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Apogeo s.r.l., <sup>2</sup>RUP del Progetto, Comune di Altamura, <sup>3</sup>Geologo Gruppo di Progettazione, <sup>4</sup>Direttore dei Lavori, <sup>5</sup>Geologo Supporto al Direttore dei Lavori

#### Abstract

Le cavità antropiche in rocce tenere e in contesto urbano rappresentano un fattore di rischio molto elevato per l'incolumità pubblica. Il Comune di Altamura dal punto di vista geologico ricade su un territorio prevalentemente calcareo ed è caratterizzato localmente dalla presenza di depositi recenti e da calcareniti che sono state utilizzate come materiale di costruzione del centro storico e della parte più antica di Altamura. La coltivazione partiva da cave a cielo aperto e si sviluppava in sotterraneo al di sotto dei depositi più recenti limo-argillosi della Fossa Bradanica. A partire dai primi anni 80, in assenza di memoria storica del reale sviluppo delle cavità e in assenza di norme specifiche, tali zone sono state oggetto di un intenso sviluppo urbanistico che da una parte ha accelerato i processi di degrado delle cavità e dall'altro ha aumentato la pericolosità delle stesse. La conoscenza dell'andamento delle cavità ha subito un'accelerazione quando nel 2007, a seguito di alcuni sinkholes, è stata avviata la prima fase di rilievo speleologico. La presenza di crolli e di occlusioni degli accessi hanno impedito di completare tale rilievo e pertanto si è proceduto con le attività di indagine geognostica e con la successiva apertura di nuovi accessi. Ciononostante sono presenti numerosi rami di cavità di difficile individuazione in quanto isolati (a causa di collassi) dalla rete principale. Il Commissario Straordinario Delegato per l'attuazione degli interventi per la mitigazione del rischio idrogeologico nella Regione Puglia previsti nell'accordo di Programma siglato il 25.11.2010 ha eseguito le indagini geognostiche a supporto del Progetto Definitivo nell'ambito dell'intervento "BA046A/10 - Mitigazione del rischio idrogeologico connesso alla presenza di una rete caveale della lunghezza complessiva attualmente nota di circa 13 km nel Comune di Altamura" ed ha redatto il Progetto Definitivo. Tali indagini, seppur dettagliate, non hanno permesso di rilevare tutte le cavità in fase di progettazione e per questo il Progetto Definitivo ha previsto una serie di

indagini e verifiche durante i lavori di bonifica delle cavità. La società Apogeo s.r.l. di Altamura, con i mezzi ed il personale a disposizione, ha potuto sperimentare diverse metodologie di indagine e rilievo che hanno permesso di definire con buona precisione l'andamento delle cavità antropiche anche in aree fortemente antropizzate dove le più comuni metodologie di indagine indiretta non permettono di raggiungere risultati attendibili. Ai fini della determinazione delle geometrie delle cavità oggetto di bonifica sono state pertanto utilizzate metodologie dirette ed indirette fra loro complementari:

- Rilievo topografico delle cavità accessibili e restituzione in superficie dei contorni;
- Mappatura mediante georadar dei sottoservizi;
- Creazione di una rete di livellamento topografica per il monitoraggio dei cedimenti sulle strade e sugli edifici prospicienti;
- Indagini dirette e videoispezioni con bussola e disto;
- Tomografie elettriche e sismiche in foro e indagini georadar in foro;
- Verifica diretta delle anomalie geofisiche;
- Monitoraggio dei riempimenti delle cavità e di eventuali cedimenti nella miscela.

L'attività di indagine ad alta risoluzione è stata eseguita principalmente, e nel rispetto delle previsioni progettuali, durante le attività di bonifica delle cavità ripetendo le letture geofisiche in più tempi al variare delle condizioni del sottosuolo. Il confronto delle grandezze geofisiche rilevate ha permesso di ottimizzare l'ubicazione dei fori di iniezione delle miscele soprattutto in quelle cavità ormai collassate e caratterizzate dalla presenza di materiale di crollo che le ha rese inaccessibili. Oltre alle indagini utili e necessarie per la buona riuscita dell'intervento è stato altresì attuato un piano di monitoraggio (topografico ed estensimetrico).

Saro DI RAIMONDO, Michele ZOCCO

#### Abstract

Nell'area del centro storico di Ragusa, e in buona parte diffuse attraverso l'abitato, sono presenti delle cavità artificiali, denominate "LATOMIE", scavate verso la fine del 1800, il cui scopo era l'approvvigionamento del materiale di costruzione dopo l'elezione di Ragusa a Provincia (1929) al fine di realizzare i quartieri siti oltre al Ponte Nuovo. Verso il 1930, l'estrazione del materiale di cava è cessata: tra le cause, si è probabilmente acquisita la consapevolezza che l'opera di estrazione stava alterando il complesso rapporto tra le strutture sovrastanti e il terreno di sedime, come testimoniato da comunicazioni istituzionali dell'epoca. La latomia più estesa e significativa per aspetti geologici e geotecnici e per l'impatto che ne può derivare è quella denominata "Latomia di Cava Gonfalone": essa infatti è posta in corrispondenza di una struttura strategica, l'Ospedale Civile di Ragusa. In particolare, la latomia si estende per una superficie complessiva di circa 12.530 mq, e l'edificio ospedaliero giace per circa il 58 % della sua estensione sopra l'aggrottato, per una superficie di circa mq. 1.347. Durante lo scavo della cavità si è delineato uno sviluppo piano – altimetrico così inclinato che vede l'area occidentale soggiacere su una volta di roccia i cui spessori minimi sono di circa m 7.00, differentemente dall'area orientale, ove gli spessori medi sono di m.20 circa. Il quadro fessurativo generale è schematizzabile con la presenza di fratture originatesi attraverso stress tensionali indotti da processi tettonici (plicativi e/o dislocativi), giunti di strato, fratture dovute a fenomeni di decompressione e lesioni da carico. Dalla disamina dei dati ottenuti attraverso il rilievo sistematico dei giunti di origine tensionale rilevati all'interno della latomia è stato schematizzato un modello geostrutturale dell'ammasso roccioso interessato dalle opere in oggetto. Sono state censiti i parametri relativi allo strike, dip, inclinazione, apertura, JRC, presenza o meno e tipologia del riempimento, fluidi, in 106 diaclasi; ognuna è stata rappresentata come un piano attraversante la latomia fino al p.c. nella rappresentazione tridimensionale. Tuttavia le discontinuità che penalizzano maggiormente le condizioni di stabilità dell'ammasso roccioso sono rappresentate dalle lesioni da carico, sia quelle che interessano la volta, sia quelle nei pilastri; infatti, sebbene con spaziatura, apertura, riempimento e condizioni idrauliche ottimali, la presenza di questo tipo di discontinuità rappresenta comunque una condizione di particolare instabilità, in quanto già espressione di stress da carico attivo e di una riduzione progressiva delle resistenze di attrito nell'ammasso roccioso interessato. Al fine di analizzare la stabilità della stessa, sono state utilizzate basilari metodologie mutuata dalle Scienze delle Costruzioni.

**ANALISI NUMERICA TRIDIMENSIONALE DEI FATTORI DI CONTROLLO  
DI UN PROCESSO DI SINKHOLE IN AREA URBANA**

N.L. FAZIO<sup>a</sup>, M. PERROTTI<sup>a</sup>, P. LOLLINO<sup>a</sup>, M. PARISE<sup>b</sup>, M. VATTANO<sup>c</sup>, G. MADONIA<sup>c</sup>, C. DI MAGGIO<sup>c</sup>

<sup>a</sup>IRPI, National Research Council, Bari, Italy; <sup>b</sup>Università degli Studi di Bari “Aldo Moro”, IRPI, National Research Council, Italy; <sup>c</sup>Università degli Studi di Palermo, Italy

**Abstract**

La valutazione della stabilità di cave sotterranee artificiali, scavate nel passato ed oggi abbandonate, rappresenta una sfida importante per le attività di pianificazione territoriale e urbanistica, specie in zone di possibile interazione delle cave stesse con le strutture e le infrastrutture presenti. In molte aree dell'Italia meridionale sono diffuse cave sotterranee, realizzate per l'estrazione di rocce calcarenitiche tenere, che in taluni casi costituiscono una minaccia per l'ambiente sovrastante a causa del rischio di crolli e della conseguente formazione di “sinkholes”. Il presente lavoro costituisce uno studio di back-analysis di un fenomeno di generazione di sinkhole verificatosi nel 2011 nella città di Marsala, a seguito del collasso di una cava sotterranea, ben rappresentativo dei fenomeni descritti. Sulla base dei dati geometrici e geologici disponibili, nonché delle osservazioni in sito del fenomeno, nell'articolo sono discussi ipotesi e risultati relativi alla formazione della sinkhole del 2011, ottenuti da una analisi tridimensionale agli elementi finiti, mirata alla ricostruzione dell'evoluzione dello stato tenso-deformativo dell'ammasso roccioso che ha portato alla generazione dello sprofondamento.

In particolare le analisi numeriche 3-D sono state svolte al fine di identificare i fattori responsabili del meccanismo di sinkhole. Le analisi agli elementi finiti sono state condotte tenendo in considerazione i dati di caratterizzazione geotecnica delle calcareniti di Marsala, ottenuti sia da prove di laboratorio svolte su campioni prelevati in sito, che dalla letteratura disponibile su materiali rocciosi simili; i risultati della modellazione sono stati validati attraverso il confronto con osservazioni in sito e comparati con i risultati ottenuti dalla modellazione 2-D dello stesso caso di studio.

## I GRANAI SOTTERRANEI DELLA TABLE DU JUGURTA (KRUMIRIA - TUNISIA SETTENTRIONALE)

Gianluca FERRINI, Antonio MORETTI

Università dell'Aquila – Dipartimento MESVA – sez. Scienze Ambientali

### Abstract

La Table du Jugurta è una peculiare forma morfologica che si eleva, a circa 1200 m s.l.m., nella Tunisia settentrionale, in prossimità del confine con l'Algeria. L'imponente monolite roccioso, che sovrasta il piccolo paese di Kalaat Es Senan nella provincia di Le Kef, per la sua posizione dominante è stato da sempre un luogo di culto e di difesa. La denominazione "internazionale" Table de Jugurtha (tavola/tavolato di Giugurta) fa riferimento ad un episodio della guerra tra Roma ed il re numidico descritto da Sallustio nel "Bellum Jugurthinum"; il nome "locale" Kaalat Es Senaan (= rifugio di Senaan) ricorda invece le gesta di un bandito che, vissuto nel 14° secolo, lo elesse come base per le sue scorrerie. Questa ampia mesa è caratterizzata da un tavolato sommitale delimitato da ripide scarpate, di altezza variabile da 70 metri a 120 metri. Il tavolato presenta forme di carsificazione evoluta, favorite certamente anche dalle litofacies calcareo-nummulitiche, genericamente eoceniche, che formano il corpo della rupe. Il monolite presenta una giacitura sub-orizzontale e giace discordante sul sottostante membro argillitico/marnoso sottilmente stratificato; la giacitura dei vari corpi sedimentari indica una progradazione delle barre carbonatiche dai quadranti occidentali verso quelli orientali.

Sul bordo settentrionale della Tavola, in corrispondenza dell'unica via di accesso alla sommità, si ritrova un esteso complesso sotterraneo, che si sviluppa negli strati più superficiali della rupe ed a cui, oggi, si accede per numerose ed ampie aperture di crollo. Questi grandi ambienti, attualmente completamente abbandonati, hanno avuto nell'ultima fase della loro frequentazione un utilizzo prevalentemente pastorale, testimoniato anche da spessi depositi di deiezioni animali. Il loro sviluppo planimetrico attuale presenta un andamento labirintico, talora senza un'apparente logica funzionale, dovuto a fasi di ampliamento e scavo succedutisi nel tempo che hanno assottigliato i setti tra i diversi ambienti fino a fonderli assieme. Il rilevamento speleologico ha evidenziato infatti che il complesso ipogeo deriva dalla fusione di innumerevoli cavità di forma sub sferica interpretate come horrea, depositi granari di età punico-romana; questi vuoti sono realizzati appena sotto la superficie topografica, spesso costituita da superfici di strato direttamente esposte, sulle quali si individuano numerose aperture pluri-decimetriche ciascuna delle quali in origine immetteva ad una singola cavità. Queste aperture, così come i sottostanti

horrea, presentano una regolare forma rotonda e sono contornate da un bordo scolpito nella roccia e rialzato di alcuni centimetri per impedire il deflusso delle acque all'interno; tracce e striature orizzontali presenti sulle pareti di molte camere indicano che la lavorazione è avvenuta ruotando l'attrezzo di scavo attorno ad un asse verticale a mo di compasso. Nella prima fase dell'esplorazione è stata anche rinvenuta una pietra sagomata e scanalata a formare un tappo di chiusura, ora purtroppo scomparsa. Le pietre di chiusura, che dovevano sicuramente essere presenti per la totalità delle botole, sono state riutilizzate nella costruzione della chiesa bizantina e del marabutto e si riconoscono nella forma di basi di colonne e di capitelli. La realizzazione dei depositi è ovviamente legata alla stratigrafia del membro calcareo-nummulitico i cui livelli più cementati costituiscono gli architravi degli ipogei. Sulla Tavola sono presenti anche altre strutture ipogee di tipologia abitativa e difensiva, tra cui un'ampia camera di guardia affacciata verso l'unico accesso alla rupe e dotata di nicchie avventizie ad uso di giaciglio. Un complesso sistema di canalette drenanti scavate nella roccia attorno alle bocche favorisce il deflusso delle acque meteoriche verso l'esterno o verso cisterne di raccolta. Completa il quadro una grande cisterna centrale dove fino agli anni '60 si svolgeva il principale mercato del bestiame delle tribù Berbere. La continuità del pianoro è interrotta circa a metà da un piccolo specchio di faglia, in corrispondenza del quale è stato scavato un pozzo circolare di circa 2 m di diametro, verosimilmente al fine di raggiungere falde acquifere sospese o finanche il limite stratigrafico con le argille. Attualmente il pozzo è interrotto a circa 4 m. dalla sommità da pietrame deposto intenzionalmente ed, a nostro avviso, presenta il maggiore interesse per una futura ricerca speleo-archeologica. La Tavola di Jugurta è stata proposta, per le sue peculiarità geomorfologiche e per la sua importanza archeologica, come geosito della provincia di Le Kef.

## RELAZIONI TRA CARATTERISTICHE PETROGRAFICHE E PARAMETRI GEOTECNICI NELLE ROCCE TENERE CARBONATICHE IN PUGLIA

Vincenzo FESTA\*, Antonio FIORE\*\*, Michele LUISI\*\*, Maria Nilla MICCOLI\*\*, Luigi SPALLUTO\* \*\*

\*Dipartimento di Scienze della Terra e Geoambientali, Università degli Studi di Bari “Aldo Moro”, via E. Orabona, 4, 70125 Bari (Italy); \*\*Autorità di Bacino Della Puglia – Distretto dell’Appennino Meridionale c/o INNOVAPUGLIA (Ex Tecnopolis CSATA) Str. Prov. per Casamassima, Km 3 – 70010 Valenzano (Bari, Italy)

Email: luigi.spalluto@adb.puglia.it

### Abstract

L’obiettivo del presente lavoro è quello di illustrare i risultati di uno studio multidisciplinare, petrografico e geotecnico, finalizzato alla conoscenza dei principali fattori di controllo che regolano il comportamento petro-fisico e meccanico delle rocce tenere carbonatiche. Queste rocce affiorano estesamente in tutto il territorio pugliese e sono attribuibili, dalla più antica alla più recente, alle seguenti unità: Pietra leccese (Burdigaliano superiore–Messiniano inferiore); Calcarenite di Gravina (Pliocene medio – Pleistocene inferiore) e Supersintema Salentino (Pleistocene medio–superiore).

Sessantanove campioni di rocce tenere appartenenti a queste unità sono stati campionati in tutta la regione e caratterizzati per le proprietà petrografiche, fisiche e meccaniche.

I dati petrografici hanno permesso di raggruppare tali campioni nelle sei classi seguenti: i) wackestone; ii) mud-supported packstone; iii) grain-supported packstone; iv) grainstone; v) floatstone; vi) rudstone.

Dal punto di vista geotecnico, i valori di resistenza alla compressione monoassiale (UCS) e dei moduli elastici consentono di classificare la maggior parte dei campioni tra le rocce a resistenza molto bassa e bassa (“very low” e low strength”) aventi elevata deformabilità (“high modulus ratio”).

Un’attenzione particolare è stata riservata alle relazioni tra caratteristiche petrografiche e comportamento fisico e meccanico delle rocce tenere. È emerso che i campioni con una percentuale elevata di litoclasti lapidei calcarei nella struttura della roccia possiedono un peso secco dell’unità di volume più elevato. Il confronto tra questi valori e quelli di UCS ha evidenziato come la presenza di abbondanti litoclasti nella struttura della roccia ne aumenta in maniera significativa la resistenza. La correlazione inversa esistente tra coefficiente di imbibizione e UCS suggerisce, invece, come il tipo e la quantità del cemento presente negli spazi intergranulari siano uno dei principali fattori di controllo della resistenza della roccia.

In particolare, la presenza di mosaici ben sviluppati di calcite del tipo “drusy” o “blocky” negli spazi intergranulari dona alla roccia una maggiore resistenza e, allo stesso tempo, genera una porosità totale più bassa e, di conseguenza, coefficienti di imbibizione più bassi. Per quanto riguarda il rapporto tra la porosità totale e la permeabilità è emerso che non esiste una chiara relazione tra questi due parametri. In particolare, i valori di permeabilità sono molto bassi se comparati con i valori abbastanza elevati della porosità totale. Pertanto, ne consegue che il contributo dei pori isolati alla porosità totale è rilevante nelle rocce tenere pugliesi, mentre è del tutto secondario il contributo della porosità efficace.

Una caratterizzazione multidisciplinare delle rocce tenere carbonatiche basata sull’analisi petrografica e sulla determinazione geotecnica delle proprietà fisiche e meccaniche è fortemente raccomandata poiché dà fondamentali informazioni per la migliore conoscenza del comportamento meccanico di tali rocce.

**STUDIO NUMERICO AGLI ELEMENTI FINITI PER LA DETERMINAZIONE  
DELLE CONDIZIONI DI STABILITÀ PER CHIESE RUPESTRI SCAVATE IN ROCCE TENERE  
NEL TERRITORIO PUGLIESE.**

M. LUISI\*, A. FIORE\*, M. MICCOLI\*, L. SPALLUTO\*

\*Autorità di Distretto dell'Appennino Meridionale – Autorità di Bacino della Puglia  
michele.luisi@adb.puglia.it

Abstract

Il lavoro ha lo scopo di indagare le condizioni di stabilità di due chiese rupestri presenti nel territorio pugliese aventi la caratteristica comune di essere state realizzate all'interno di ammassi calcarenitici tipici del territorio.

I siti oggetto d'indagine sono la chiesa rupestre di Santa Candida, ubicata sul fianco destro della Lama Picone, nel territorio meridionale del comune di Bari e la Cripta della Buona Nuova, contigua al Santuario della Madonna della Scala situata sul costone in sinistra orografica della omonima Gravina di Massafra (TA). L'importanza storica e architettonica di questi ipogei hanno suggerito all'Autorità di Bacino della Puglia a inserire questi siti nei progetti di studio e monitoraggio ricadenti nell'ambito delle attività previste dalla precedente Azione 2.3.6 "Miglioramento del sistema dell'informazione, del monitoraggio e del controllo nel settore della Difesa del suolo", Intervento: "Monitoraggio dei dissesti di carattere geomorfologico del territorio pugliese", prevista nel P.O. FESR 2007-2013 e dall'attuale Progetto "Attività di monitoraggio e strumenti per la prevenzione e gestione dei rischi", Asse V – Azione 5.1 "Integrazione e sviluppo sistemi di prevenzione, multirischio anche attraverso meccanismi e reti digitali interoperabili di allerta precoce" previsto nel POR Puglia 2014-2020.

La chiesa rupestre di Santa Candida è datata al IX-XI secolo d.C. (dell'Aquila et al., 2013) ed è scavata nella calcarenite per la facilità con cui questa roccia tenera può essere lavorata. Essa presenta un'ampia e articolata planimetria con una struttura a ventaglio, formata dall'aula quadrangolare centrale da cui si sviluppano quattro navate divise da colonne con archi a tutto sesto che si concludono con cinque absidi (dell'Aquila & Carofiglio, 1985).

La cripta della Buona Nuova è stata demolita nella parte più esterna e, oggi, presenta il vano absidale, quasi integro, coperto da una volta a botte su pianta quadrangolare. Su tre pareti si sono ben conservati gli affreschi del Cristo Pantocratore, della Vergine e di San Giovanni Battista.

La modellazione delle cavità si è basata sulla conoscenza delle caratteristiche geometriche e fisico-meccaniche degli ammassi rocciosi calcarenitici. Per la parte geometrica sono stati

effettuati rilievi di dettaglio mediante tecnica laser scanner, mentre per le caratteristiche geotecniche dei materiali si sono utilizzati i risultati di analisi di laboratorio su campioni prelevati in loco. A partire da queste informazioni sono state condotte diverse analisi numeriche sui modelli, riducendo progressivamente i parametri di resistenza dei materiali fino al raggiungimento delle condizioni di collasso (non convergenza numerica). Così facendo il fattore di sicurezza del sistema è stato espresso come rapporto tra i valori dei parametri geotecnici iniziali e quelli dei parametri ridotti al limite del collasso. Sono state rilevate anche criticità “locali” di singole porzioni del modello, messe in risalto da valori molto alti degli stati tensionali e deformativi. In ultimo si sono ipotizzati, per le criticità rilevate, interventi di messa in sicurezza tali da garantire la conservazione del patrimonio storico e culturale che tali chiese rappresentano per il territorio pugliese anche al fine di una valorizzazione e fruizione in condizioni di sicurezza.

A. MICHELI, M. MARTINO

m.martino@stradeanas.it

Abstract

La realizzazione di una nuova infrastruttura di tipo lineare, come una strada o una ferrovia, interessa generalmente condizioni ambientali e geologiche anche molto differenti lungo il proprio sviluppo. In particolare l'interferenza delle opere con cavità di diverso genere possono pregiudicare la fattibilità e/o la stabilità dell'opera di progetto, o nel tempo, creare problemi alla durabilità di un'opera già realizzata. Le cavità possono essere di diversa natura e così classificabili:

- Cavità naturali (es. cavità carsiche): sono le più critiche per la realizzazione di nuove infrastrutture in quanto sono difficilmente individuabili in fase di progetto;
- Cavità antropiche (es. dovute ad attività estrattiva): la localizzazione è generalmente già conosciuta in fase di progettazione, le criticità possono essere relative alle dimensioni delle cavità stesse o a possibili riempimenti con materiali di rifiuto che devono essere rimossi prima della realizzazione delle opere
- Cavità createsi durante o dopo la realizzazione di un'opera d'arte (es. sovrascavi non intasati o dilavamento per azione delle acque di circolazione): generalmente questa tipologia evidenzia problematiche in presenza di acqua nel terreno o azioni sismiche e produce i suoi effetti nel tempo minando la durabilità ed efficienza del manufatto.

Nel lavoro verranno esposti alcuni casi di studio:

- Ripristino rivestimento definitivo galleria Fossino (Sa-RC)
- Superamento di cavità artificiali da attività estrattiva lungo l'itinerario Trapani-Mazara del Vallo
- Problematiche carsiche relative alla realizzazione della galleria S. Quirico (S.S.4 'Salaria')
- Rinvenimento di cavità carsiche durante la costruzione delle fondazioni del viadotto S. Onofrio (Sa-RC)
- Rinvenimento di una cavità carsica durante la costruzione del cunicolo di fuga Pozzano (SS145 Sorrentina)
- Opera di scavalco realizzata per il superamento di una cavità carsica sulla SS100 – Svincolo Gioia del Colle
- Grotta Torre dell'Esca Interferenza con l'allargamento della SS96 Barese

Nell'ambito dei lavori di alcune strade ANAS ha preservato e valorizzato importanti cavità interferenti con la nuova sede stradale.

**L'IPOGEO DI CAPTAZIONE DELLA SORGENTE MAZZOCOLO IN FORMIA (LAZIO MERIDIONALE): CARATTERISTICHE, STORIA E VULNERABILITÀ DI UN'OPERA IDRAULICA DI EPOCA ROMANA ANCORA FUNZIONANTE.**

Paolo MIELE

Abstract

La città di Formia è ubicata lungo la costa del basso Lazio e fu colonia romana dal 341 a.c. ma già dal 188 a.c. godeva della civitas optimo iure (la piena cittadinanza romana). E' proprio a partire da questo periodo che, fiorente, fu eletta a sede di villeggiatura da illustri personaggi dell'Urbe. La particolare predilezione per il sinus formianum era motivata non solo dal clima particolarmente favorevole, ma anche dall'abbondanza d'acqua dolce che fluiva e scaturiva dalle pendici dei rilievi immediatamente prospicienti alla costa. Tale abbondanza d'acqua è legata sostanzialmente all'assetto geologico locale che contempla la presenza di un contatto tra unità litologiche cenozoiche – quaternarie ad elevata permeabilità e le sottostanti unità argillose alto-mioceniche, impermeabili. Nello specifico il contatto tra l'unità dei Conglomerati Poligenici di S. Antonio, sede di una ricca falda, e la sottostante unità argillosa per lo più ascrivibile al Complesso Caotico di Falvaterra, ha permesso la configurazione di un importante gruppo sorgivo per limite di permeabilità. Per ottemperare alla crescente necessità d'acqua dolce, legata al forte sviluppo urbano durante l'età repubblicana, in corrispondenza dell'estremità orientale di tale gruppo sorgivo fu realizzato (o ampliato), presumibilmente tra il I ed il II secolo a.c., l'ipogeo di captazione della sorgente Mazzoccolo. Questo, con uno sviluppo longitudinale di circa 150 – 200 metri ed una volumetria complessiva di circa 800 mc, è costituito da una rete di cunicoli scavati fino a circa 20 m sotto il piano campagna ed assicurava una portata variabile stagionalmente tra 200 l/s e circa 1000 l/s, distribuita attraverso un ingegnoso sistema acquedottistico. E' interessante notare la perizia nella realizzazione di un'opera tanto longeva quanto efficiente che, evidentemente, si basa su una profonda conoscenza delle tecniche costruttive e dell'assetto idrogeologico locale da parte del curator aquarum. Oggi la messa in sicurezza della risorsa idrica e la conservazione dell'opera di captazione in ipogeo della sorgente Mazzoccolo, che è sia un sito archeologico, sia un'opera di archeologia industriale sia un interessante geosito, rappresenta sicuramente per gli amministratori locali, la sfida dei prossimi decenni.

CONSIDERAZIONI SULLA STABILITÀ MORFOLOGICA DELLA CAVITÀ ROCCIOSA  
CHE OSPITA L'EREMO (IX sec) DEDICATO A S.MICHELE ARCANGELO –  
MONTI AURUNCI (LAZIO MERIDIONALE).

Paolo MIELE

Abstract

Nel Parco Naturale dei Monti Aurunci (Lazio Meridionale), in prossimità del versante meridionale di M. Altino e ad una quota di 1220 m s.l.m., è presente una profonda cavità di circa 850 mc scavata in calcare cretaceo. Questa ospita il caratteristico santuario di S. Michele Arcangelo, realizzato nell'830 d.c. e successivamente (nel 1893) ampliato e dotato di una facciata in stile neogotico. Il luogo richiama periodicamente un notevole numero di fedeli e la valutazione della stabilità geomorfologica dell'ambiente ipogeo e dell'antistante sagrato, soggiacente ad una parete rocciosa con tetti aggettanti, risulta opportuna sia per la conservazione del sito storico sia a garanzia dell'incolumità dei fedeli. Tale valutazione è stata svolta a seguito di uno studio geologico dell'area e di una dettagliata analisi geostutturale del corpo roccioso.

## CRITERI DI VERIFICA DEI PILASTRI DI CAVE SOTTERRANEE DI POZZOLANA ABBANDONATE

Marco MIZZONI<sup>1</sup>, Gianluigi GIANNELLA<sup>2</sup>, Filippo VIRGILI<sup>3</sup>, Eutizio VITTORI<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Ingegnere, Libero Professionista, Roma (marcomizzoni@hotmail.it); <sup>2</sup>Geologo, Libero Professionista, Roma (g.giannella@libero.it); <sup>3</sup>Ingegnere, Libero Professionista, Roma (filippo.virgili@gmail.com); <sup>4</sup>Geologo, ISPRA, Roma (eutizio.vittori@isprambiente.it)

### Abstract

Le cave di pozzolana abbandonate presentano diversi meccanismi di collasso, tra i quali la rottura dei pilastri, che spesso venivano, al termine del periodo di maggior sfruttamento, ridotti al limite delle sezioni ritenute accettabili per i criteri di coltivazione dell'epoca, generalmente individuati su base empirica.

Le conseguenze del cedimento di un pilastro possono essere rilevanti ed innescare un crollo delle volte adiacenti con effetti considerevoli anche in superficie e sulle costruzioni eventualmente presenti nelle vicinanze.

La verifica di stabilità dei pilastri di cave in materiali piroclastici coltivate con la tecnica a camere e pilastri pone diverse difficoltà operative. Tradizionalmente per la verifica dei pilastri il coefficiente di sicurezza viene definito come il rapporto tra la tensione media agente, stimata con approcci di definizione dell'area tributaria, e la resistenza del pilastro valutata con formule semi empiriche, che tengono conto del rapporto tra area della sezione ed altezza del pilastro. In letteratura infatti viene riconosciuto un ruolo importante all'effetto di confinamento esercitato dai livelli di terreno superiori ed inferiori. Queste metodologie sono state sviluppate essenzialmente sulla base dell'esperienza e, almeno nel caso delle rocce tenere, grazie all'applicazione nelle miniere di carbone, le quali vengono generalmente coltivate con disposizioni molto regolari di camere e pilastri. Al contrario, nelle cave di pozzolana nell'area romana, le sezioni dei pilastri sono spesso irregolari e l'approccio dell'area tributaria può risultare inadeguato. L'uso di modelli ad elementi finiti per la valutazione delle tensioni agenti può aiutare a superare tali difficoltà. Occorre comunque definire una procedura di verifica che tenga conto degli effetti di confinamento e delle caratteristiche di resistenza del materiale.

Un approccio agli elementi finiti è stato proposto da Screpanti (2002) con l'impiego di un modello costitutivo di tipo Cam-Clay modificato. Su tale base sono state sviluppate delle formule per la verifica di stabilità dei pilastri di sezione rettangolare o circolare, impiegando metodi di analisi non-lineare per descrivere il loro comportamento (Rastiello, Federico e Screpanti, 2014).

In questo lavoro invece si vuole valutare l'applicabilità di una procedura di analisi lineare su modelli agli elementi finiti sviluppati a partire da un modello digitale della geometria delle cavità, che, pur rinunciando ad una descrizione più dettagliata del comportamento del materiale, consente di tener conto della effettiva geometria del pilastro, con la relativa influenza sulle condizioni di confinamento del materiale che lo costituisce. Le condizioni di stabilità del pilastro vengono valutate con riferimento al criterio di Mohr-Coulomb, selezionato per la maggior facilità di impiego e di determinazione dei parametri di resistenza.

Nel lavoro è stato verificato come questo approccio sia coerente con i fenomeni di delaminazione delle parti esterne del pilastro osservati nei casi reali di pilastri sovraccaricati e di formazione di un nucleo interno confinato che fornisce la parte preponderante della resistenza del pilastro.

Adriano MORABITO<sup>1</sup>, Daniela ROSSI DIANA<sup>2</sup>, Maurizio LANZINI<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Presidente Roma Sotterranea; <sup>2</sup>Funzionario Archeologo – Soprintendenza Speciale per il Colosseo e l'Area archeologica centrale di Roma; <sup>3</sup>Geologo – SIGEA

### Abstract

Monteverde, conosciuto anche come Monte d'Oro, è così chiamato per via delle sfumature verdastre o dorate del tufo che fino agli inizi del '900 era ben visibile nella collina. Un'urbanizzazione iniziata a seguito del grande Piano Regolatore del 1909, che cambiò definitivamente il volto dell'intera città, portò negli anni alla realizzazione di centinaia di abitazioni di carattere sia popolare che signorile.

Al di sotto di questi edifici si cela un complesso caveale esteso su una superficie di quasi 100.000 metri quadrati, a profondità che arrivano fino a -25 metri dal piano stradale. Un reticolo di gallerie, alternate a grandi ambienti, poste a livelli diversi, a formare un enorme complesso sotterraneo utilizzato e riutilizzato nel tempo.

Le cave di Monteverde Vecchio, riscoperte da Roma Sotterranea il 17 ottobre 2013 ed oggetto ancora oggi di esplorazione e studio, stupiscono per le dimensioni imponenti, per le concrezioni presenti, per la storia che raccontano. Prima delle cave, le catacombe ebraiche di Monteverde, la cui ubicazione precisa non è certa, ci riportano ad un passato lontanissimo: la loro ricerca, con la speranza di trovare qualche testimonianza, è ancora fra le priorità del team di Roma Sotterranea.

L'attività di estrazione inizia anch'essa in tempi antichi, per arrivare fino a Roma nuova Capitale d'Italia, con l'espansione esponenziale del tessuto urbano che si ebbe nei primi trent'anni del XX secolo: il tufo lionato, di ottima qualità, fu materiale essenziale per la costruzione di interi quartieri. Durante la Seconda Guerra Mondiale le cave furono utilizzate come ricovero antiaereo, capace di accogliere migliaia di persone: ne sono testimonianza l'impianto elettrico, alcuni muri in prossimità degli ingressi e, soprattutto, le testimonianze dei residenti. In un periodo temporale non specificato, inoltre, un'enorme quantità di materiale, principalmente materiale di risulta da demolizioni, fu accumulato nelle gallerie, lasciando comunque, lungo alcune direttrici, dei passaggi.

Poi l'oblio, dovuto anche ad un'urbanizzazione molto aggressiva, fino a quando i lavori per la realizzazione di un parcheggio interrato all'incrocio fra le vie Monti e Valla, portarono durante le attività di palificazione, ad intercettare dei vuoti. Lo scavo di un pozzo ad hoc permise così la discesa dei primi operatori, dando inizio alla riscoperta delle cave di Monteverde.

Mario PARISE

Università Aldo Moro, Bari – Presidente Artificial Cavities Commission International Union of Speleology – [mario.parise@uniba.it](mailto:mario.parise@uniba.it)

### Abstract

Le cavità artificiali, scavate e realizzate dall'uomo in epoche differenti, con una gran varietà di scopi (e, di frequente, con funzioni che si succedevano nel tempo) si possono distinguere utilizzando la classificazione tipologica, basata sulla destinazione d'uso a cui la struttura sotterranea era adibita. Tale classificazione, inizialmente redatta dalla Commissione Cavità Artificiali della Società Speleologica Italiana, è stata ufficialmente adottata da pochi anni anche in ambito internazionale dalla International Union of Speleology, organizzazione mondiale di riferimento per la speleologia.

A partire dalla suddetta classificazione, il presente contributo prende in esame i principali fattori geologici, morfologici e geologico-tecnici che hanno in qualche modo condizionato e/o controllato la scelta dei siti in cui scavare la cavità artificiale, il suo sviluppo, e la sua evoluzione, anche in riferimento alle condizioni di stabilità delle stesse. Prendendo spunto da vari casi di studio, sia in Italia che all'estero, si descriveranno pertanto i caratteri litologici che meglio si prestano alla realizzazione di cavità artificiali; i fattori morfologici che sono alla base della ubicazione delle stesse; le proprietà lito-tecniche dei materiali, fondamentali per garantire stabilità alle cavità artificiali, e quindi in grado di garantire una vita delle stesse sufficientemente lunga, in funzione della destinazione d'uso.

L'analisi di tali fattori costituisce un elemento di primaria importanza, non solo per la completa conoscenza degli ipogei e del rapporto tra uomo e ambiente sotterraneo, ma anche e soprattutto ai fini della più opportuna definizione di azioni di monitoraggio, tutela e valorizzazione delle cavità artificiali.

## CLASSIFICAZIONE DEGLI AMBIENTI SOTTERRANEI E ANALISI DELLA FRATTURAZIONE DELLA “RICERCA BUCA DEL SERPENTE” (CAMPIGLIA MARITTIMA, TOSCANA)

E. POGGETTI<sup>1</sup>, L. TINAGLI<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Gruppo Speleologico Maremmano CAI, via Papa Giovanni XXIII, 58100 Grosseto; <sup>2</sup>Gruppo Speleologico Archeologico Livornese, Via Roma, 234, 57127 Livorno

### Abstract

L'area di Campiglia Marittima (Livorno) è nota per l'attività estrattiva, iniziata dal periodo Etrusco e in parte attiva ancora oggi.

Le mineralizzazioni presenti sono a Fe, metalli di base, Ag e Sn, e si sviluppano all'interno di un esteso affioramento carbonatico, soggetto a fenomeni carsici sia di tipo epigeo sia ipogeo, con forte controllo strutturale. In questo quadro, nell'area si trovano ambienti sotterranei di varia natura ed epoca:

- carsici;
- artificiali “antichi” (miniere di età Etrusca, Medievale e/o Rinascimentale);
- artificiali contemporanei (miniere del XIX e XX secolo d.C.).

Questi sono stati influenzati nella loro genesi da due fattori litologici.

- i) roccia carbonatica (e strutture deformative fragili associate);
- ii) corpi mineralizzati e contatto con la i).

Un ipogeo che racchiude le suddette caratteristiche è “Ricerca Buca del Serpente”. Il suo studio ha visto l'esecuzione del rilievo topografico e geologico strutturale, oltre ad una ricerca riguardante la storia dello sfruttamento minerario.

Questa cavità, coltivata in epoche diverse, presenta due ingressi. L'ingresso superiore, originariamente “antico”, è stato ripreso negli ultimi lavori minerari degli anni 1957-59 attraverso uno scavo a trincea. Durante questo biennio è stato aperto anche l'ingresso inferiore con una galleria di tracciamento che intercettando varie cavità carsiche (grotte di miniera) ha raggiunto il corpo mineralizzato.

L'analisi delle strutture fragili, eseguita in più stazioni di misura, ha consentito di individuare le principali direzioni che hanno influenzato l'attuale assetto della cavità. Rispetto a queste il carsismo e le mineralizzazioni si sviluppano principalmente in un sistema minore ad alto angolo, di direzione circa N 050°.

La “Ricerca Buca del Serpente” è un esempio di cavità artificiale del territorio campigliese caratterizzata dall'associazione di ipogei naturali (pozzi carsici) e artificiali (gallerie e vuoti di coltivazione mineraria) sfruttati in più epoche.

Questo studio ha permesso un accurato inserimento della cavità nel Catasto Nazionale delle Cavità Artificiali della Società Speleologica Italiana ed è una base di partenza per ulteriori studi di carattere speleologico, giacimentologico e strutturale.

**PREESISTENZE DI NATURA ANTROPICA IN UNA DELLE REGIONI PIÙ ANTICHE  
DELLE CATAcombe DEI SS. MARCELLINO E PIETRO A ROMA**

Monica RICCIARDI<sup>1</sup>, Raffaella GIULIANI<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Collaboratrice Pontificia Commissione di Archeologia Sacra- PCAS, 338-3801616;

<sup>2</sup>Pontificia Commissione di Archeologia Sacra – PCAS  
monica.ricciardi@alice.it

Abstract

Nel dicembre del 2003 nel corso di un intervento di emergenza, causato dalla rottura di una condotta idrica, sono state scoperte alcune cavità ipogee nell'area delle Catacombe dei Santi Marcellino e Pietro sulla via Casilina a Roma. In un giardino di proprietà privata confinante con l'edificio delle Suore della Sacra Famiglia, ubicato nel terreno al di sopra della catacomba, il cedimento del terreno aveva dato origine ad una voragine che si era aperta nel piano di campagna mettendo in luce le pareti di una galleria, scavata nel tufo, quasi del tutto priva dell'originaria copertura e completamente riempita da terra di riporto. A questa galleria si collegano altre cavità, disposte su più livelli, tutte preesistenti all'occupazione funeraria del sottosuolo. Il riutilizzo a scopo sepolcrale, avvenuto ancor prima dello sviluppo delle catacombe, ha comportato, soltanto in un momento successivo, l'annessione delle stesse cavità alla rete delle gallerie cimiteriali. Il primo intervento antropico, dunque, con finalità diversa da quella funeraria, è presumibilmente connesso alle attività di sfruttamento del sottosuolo a scopo industriale, per l'estrazione della pozzolana, come è ampiamente documentato dalle cavità ipogee, già note, presenti nell'area circostante. Tuttavia, con ogni probabilità, non si può escludere, per la galleria ubicata al livello più alto, un uso di tipo idraulico, quale bacino di raccolta dell'acqua piovana. D'altronde numerosi condotti, pozzi e cisterne, legati allo sfruttamento agricolo dell'area di superficie, sono attestati nelle immediate adiacenze della catacomba e, in alcuni casi, furono inglobati nel percorso delle gallerie cimiteriali. Una intensa attività estrattiva è documentata, infine, in età moderna, prima del definitivo abbandono e dell'interro delle cavità. Lo scavo archeologico, condotto dalla Pontificia Commissione di Archeologia Sacra e seguito sul posto da chi scrive sotto la direzione della dott.ssa R. Giuliani, ha portato in luce e permesso di conservare, inglobata in una delle regioni più antiche della catacomba, questa significativa preesistenza, che si inserisce nel quadro più ampio delle numerose cavità ipogee di origine antropica documentate nel settore di riferimento del suburbio romano afferente alla via Casilina.

**SINKHOLE IN AREE URBANE.  
LO STATO DELLE CONOSCENZE NELLA PROVINCIA DI NAPOLI**

A. SANTO\*, M. DE FALCO\*, G. FORTE\*, P. GUARINO\*\*, A. SCOTTO DI SANTOLO\*\*\*

\*DICEA, Università degli Studi di Napoli Federico II; \*\*ISPRA, Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale; \*\*\*Università Telematica Pegaso

**Abstract**

Da alcuni anni, diversi autori hanno focalizzato l'attenzione sullo studio del rischio da sinkhole in aree urbane. Molti centri storici della Campania occidentale risultano suscettibili a tali fenomeni per la presenza di cavità superficiali realizzate nei tufi piroclastici, in epoca storica.

Negli ultimi decenni, decine di comuni sono stati interessati da voragini che hanno arrecato danni agli edifici, alle infrastrutture e, talora, vittime.

In questi contesti, la valutazione della suscettibilità e del rischio da sinkhole non può prescindere dalla definizione dei meccanismi genetici di innesco, che derivano da studi di carattere geologico e geotecnico.

In questo lavoro, si illustrano i risultati ottenuti analizzando un database di circa 1500 cavità e 60 sinkholes, nella provincia di Napoli. Il database è completato da log stratigrafici, dati di caratterizzazione geotecnica e da misure di livelli piezometrici. Per alcuni casi di sinkhole, sono state condotte modellazioni numeriche ai fini della validazione del modello di rottura e per la redazione di mappe della suscettibilità alla scala comunale. Da queste, si evidenzia che la variazione dello spessore in volta del tufo, le caratteristiche geometriche delle cavità e le proprietà geotecniche dei materiali possono influenzare notevolmente la predisposizione alla formazione di un sinkhole.

Lo studio ha fornito importanti risultati su quelli che possono essere i fattori predisponenti e scatenanti la formazione di un sinkhole e che influenzano la suscettibilità locale. Queste prime analisi possono apportare un valido contributo sulle azioni da intraprendere per il monitoraggio e la mitigazione del rischio in aree urbane.

Ilenia ARGENTIERO<sup>1</sup>, Alessandro PARISI<sup>2</sup>, Roberta PELLICANI<sup>1</sup>, Giuseppe SPILOTRO<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Dipartimento delle Culture Europee e del Mediterraneo (DiCEM), Università degli studi della Basilicata, Via Lazizzera, 75100 Matera, Italia; <sup>2</sup>Dipartimento di Ingegneria Civile, Ambientale, del Territorio, Edile e di Chimica (DICATECh), Politecnico di Bari, Via Orabona, 70100 Bari, Italia. {alessandro.parisi,mariadolores.fidelibus}@poliba.it

#### Abstract

Gli affioramenti di roccia calcarenitica nella regione Puglia sono molto significativi lungo il bordo occidentale della piattaforma carbonatica murgiana, dove ricoprono ripide scarpate di origine tettonica e si trovano in eteropia con i depositi argillosi e i terrazzamenti sabbiosi della Fossa Bradanica di età quaternaria. La particolare morfologia di quest'area, caratterizzata da profonde incisioni erosive scavate dalle acque sotterranee e di superficie, note come Gravine, ha permesso, in tempi antichi, l'insediamento di civiltà rupestri in ipogei naturali ed anche artificiali, scavati negli ammassi calcarenitici. Proprio grazie alle caratteristiche di lavorabilità, leggerezza e coibentazione, si sono sviluppati nel tempo due livelli di insediamenti, quelli rupestri (lungo i fianchi delle gravine) e sopra di essi l'edilizia tradizionale, che ha sfruttato i tufi calcarei, spesso estratti da quegli stessi luoghi.

Il comportamento meccanico delle calcareniti in questa fascia dipende sostanzialmente dai processi deposizionali e diagenetici che caratterizzano i rapporti quantitativi fra i tre componenti (struttura, matrice e cemento) del materiale roccioso. Ciò produce differenti e note variazioni delle caratteristiche tecniche (resistenza a compressione, modulo di deformazione, permeabilità e permeabilità capillare), nonché patologie anch'esse tipiche della roccia. Queste ultime, nel tempo e in particolari contesti, affliggono sia lo scavato che il costruito, con problematiche di comportamento fragile a rottura del materiale e con incremento del rischio derivante principalmente dalla difficoltà di percezione dello stesso. La percezione delle condizioni di pericolosità dei sistemi ipogei è ancora più ridotta nel caso delle cave in sotterraneo, per le quali spesso le situazioni di criticità si rendono note a seguito del manifestarsi di eventi di instabilità in superficie. Gli ammassi calcarenitici nelle cavità in sotterraneo subiscono una perdita di confinamento laterale e di supporto basale a seguito della rimozione di materiale, successivi fenomeni di deformazione viscosa e processi di alterazione dovuti a condizioni di umidità ambientale. A seguito di ciò, le patologie di instabilità più frequenti sono la formazione di fratture da taglio in corrispondenza degli spigoli delle pareti e delle volte. In volta tali lesioni tendono a propagarsi verso la mezzera e

a plasticizzarsi in corrispondenza degli spigoli con il distacco di blocchi per rottura da taglio o da flessione. Mentre la propagazione di fratture da taglio nelle pareti o nei pilastri possono evolvere con il distacco di blocchi a cuneo. I principali fattori ambientali e antropici che minacciano la conservazione e stabilità degli ipogei sono legati alle condizioni atmosferiche, alla storia deposizionale e post-deposizionale delle calcareniti e all'attività antropica.

Per una corretta gestione degli ipogei e dellereti caveali è necessario innanzitutto l'analisi dello stato di conservazione della roccia o delle condizioni d'instabilità, da cui possono scaturire analisi previsionali della pericolosità ed attività di monitoraggio, il tutto finalizzato alla mitigazione delle condizioni di rischio. Risulta fondamentale quindi il ruolo della diagnostica delle proprietà chimico-fisiche e di resistenza della roccia e del monitoraggio dell'evoluzione tenso-deformativa della stessa. Nel primo caso attraverso tecniche distruttive (prove di laboratorio) e non (ultrasuoni e sismica), integrate con tecniche di misura dell'umidità e della temperatura; nel secondo caso mediante tecniche integrate di radar da satellite (SAR) per la misura delle deformazioni del suolo, tecniche topografiche di misura di distanza mediante stazione totale e laser single beam, tecniche di rilievo dell'emissione acustica e della vibrazione ambientale e misure dell'evoluzione degli stati fessurativi mediante fessurimetri. Queste ultime, infine, possono orientare all'applicazione di tecniche di Early Warning, mediante misure di spostamento o deformazione di altissima precisione o di AE, emissione acustica, che possono permettere di valutare l'innescò del fenomeno di rottura dei materiali naturali e da costruzione.

## MODELLO GEOLOGICO E CRITERI DI MONITORAGGIO DELL'EVOLUZIONE DELLE CAVITÀ NELL'AREA ORIENTALE DI ROMA

F. BOZZANO<sup>1</sup>, A. BRUNETTI<sup>2</sup>, F. CAMMILLOZZI<sup>3</sup>, C. ESPOSITO<sup>1</sup>, P. MAZZANTI<sup>1</sup>, S. TOSTI<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Sapienza Università di Roma – Centro di Ricerca CERi & Dipartimento di Scienze della Terra; <sup>2</sup>Nhazca srl, spinoff della Sapienza Università di Roma; <sup>3</sup>ACEA ELABORI

### Abstract

Il lavoro in oggetto nasce dalla collaborazione tra un gruppo di ricerca della Sapienza Università di Roma (centro di ricerca CERi) e ACEA ELABORI, volta allo sviluppo e definizione di un piano di monitoraggio, prevenzione e previsione dei fenomeni di dissesto idrogeologico, specificatamente sink-holes, che coinvolgono la rete di sottoservizi gestita da ACEA SpA.

Il gruppo di ricerca della Sapienza Università di Roma, infatti, ha messo a punto negli ultimi anni un modello di evoluzione fino al collasso delle cavità sotterranee presenti nella zona orientale della città di Roma, grazie ad una serie di attività sperimentali condotte in diversi siti della città in cui affiorano estesamente le formazioni vulcaniche di provenienza dal distretto albano.

In particolare, grazie alle indagini in sito dirette ed indirette ed ai rilievi geologici e geomeccanici all'interno dei cunicoli, è stato elaborato uno schema di evoluzione di reticoli caveali che, a partire dall'originario cunicolo intagliato nei livelli di Pozzolane Rosse e/o di Pozzolane nere, per successiva degradazione con collasso delle volte conduce alla migrazione verso l'alto del cavo all'interno delle formazioni vulcaniche stratigraficamente sovrastanti – Unità di Villa Senni – fino alla formazione della voragine in superficie, con coinvolgimento delle eventuali infrastrutture e, secondariamente, strutture ivi presenti.

Un ruolo "chiave" è costituito dal banco litoide di Tufo Lionato, con spessore fino a qualche metro, che costituisce temporaneamente, in questo processo di migrazione verso l'alto, una calotta stabile ma che è gradualmente interessato sia da processi di alterazione sia dalla formazione di giunti di trazione che, combinati con le discontinuità preesistenti, ne causano la suddivisione in blocchi e il conseguente crollo fino alla conseguente esposizione in volta delle sovrastanti "Pozzolanelle" incapaci, a causa della ben più limitata resistenza e rigidità, di sostenere la copertura sovrastante e che ne causerebbero quindi il rapido collasso fino alla formazione della voragine in superficie.

Stante questo modello qualitativo di evoluzione della cavità sotterranea, è del tutto plausibile, in analogia con altri processi di rottura quali ad esempio le frane, che la fase critica pre-collasso che culmina con l'apertura della voragine in superficie sia

accompagnata da un trend deformativo in accelerazione, tipico della cosiddetta fase di creep terziario. Nel caso specifico, tale trend deformativo sarebbe rappresentato da una accelerazione degli abbassamenti del piano campagna in una circoscritta area in superficie, all'incirca nell'intorno dell'impronta del cavo in sotterraneo.

Su questa articolata ipotesi di lavoro è basata una attività sperimentale attualmente in corso volta a verificare se, tra gli eventi di collasso con apertura di voragini recentemente occorsi in nella parte orientale della città, sarebbe stato possibile cogliere in anticipo dei precursori deformativi del processo, qualora fosse stato disponibile un sistema di monitoraggio degli spostamenti in superficie. In questa ottica è ben noto che è possibile condurre analisi a posteriori dei processi deformativi che hanno preceduto un evento catastrofico, un sisma oppure una frana ad esempio, grazie al processamento di dati satellitari interferometrici acquisiti con le diverse costellazioni di satelliti in orbita intorno alla terra fin dal 1992.

I risultati di tali preliminari analisi condotte attraverso il processamento di dati Sentinel 1 dal 2014 sull'intera città di Roma saranno oggetto della discussione.

Sulla base di tali risultati preliminari volti a testare le potenzialità effettive di cogliere dei precursori della fase di collasso di cavità sotterranee attraverso il monitoraggio con interferometria satellitare, saranno valutate le più strategiche alternative tra le possibili metodologie di monitoraggio da applicare nei settori della città che, grazie agli approfondimenti in corso nell'ambito della collaborazione scientifica, risultano avere la più elevata predisposizione al collasso con apertura di voragini e coinvolgimento della rete di sottoservizi.

## UN APPROCCIO NUMERICO 3D PER VALUTARE L'EVOLUZIONE TEMPORALE DELLA STABILITÀ DI CAVITÀ IN SOTTERRANEO INTERAGENTI CON EDIFICI

Matteo CIANTIA<sup>1</sup>, Riccardo CASTELLANZA<sup>2</sup>, Claudio DI PRISCO<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Lecturer, University of Dundee, UK, [m.o.ciantia@dundee.ac.uk](mailto:m.o.ciantia@dundee.ac.uk); <sup>2</sup>Professore Associato, Università degli Studi di Milano Bicocca, [riccardo.castellanza@unimib.it](mailto:riccardo.castellanza@unimib.it); <sup>3</sup>Professore Ordinario, Politecnico di Milano, [claudio.diprisco@polimi.it](mailto:claudio.diprisco@polimi.it)

### Abstract

Le cavità sotterranee, naturali e/o antropiche, sono geostrutture generalmente a geometria complessa, e spesso temporalmente evolutiva, perché frequentemente interessate da processi idro-chemo-meccanici degradativi. Frequenti sono i casi di cavità ubicate in territorio urbano: talvolta le cavità sono poste sotto interi centri storici, in corrispondenza di chiese o palazzi antichi. In tutti questi casi un'attenta valutazione della sicurezza del costruito ed una consapevole individuazione dell'intervento di messa in sicurezza non può prescindere dallo studio e dall'analisi dell'interazione fra cavità ed edificio.

In questa memoria, riassumendo le esperienze degli autori, si intende suggerire un percorso metodologico finalizzato a valutare quantitativamente la stabilità delle cavità sotterranee tenendo in conto anche di scenari temporalmente evolutivi, basato sull'utilizzo di strumenti innovativi di modellazione numerica tridimensionale abbinati a modelli costitutivi capaci di riprodurre la degradazione accoppiando processi idro-chemo-meccanici. Si intende così fornire uno strumento potenzialmente utile ad una sensata valutazione del rischio in situazioni geotecniche complesse, strumento essenziale per poter effettuare scelte adeguate e più consapevoli, quando si è chiamati a dichiarare inagibilità e a consigliare o prescrivere interventi di messa in sicurezza.

**LE TECNICHE PER OPERARE IN SICUREZZA IN SPAZI CONFINATI  
APPLICATE NEL PROGETTO DI STUDIO E RECUPERO "FORMA AQUAE MAXENTII"**

Luca GIRARDO, Elettra SANTUCCI, Stefano ADORNATO, Susanna BASSO

Roma Sotterranea

Abstract

La Sovrintendenza ai Beni Culturali di Roma Capitale ha avviato, in collaborazione con l'Associazione Roma Sotterranea, il progetto "Forma Aquae Maxentii", per lo studio del sistema idraulico della Villa di Massenzio. Il complesso, localizzato tra il secondo e terzo miglio della via Appia Antica, è costituito da tre edifici principali: il palazzo, il mausoleo dinastico e il circo. L'impianto residenziale sorse nel IV secolo d.C. su strutture precedenti risalenti a epoca tardo repubblicana e alla media età imperiale, relative rispettivamente a una villa rustica e ai resti della villa sorta all'interno della vasta proprietà che Erode Attico possedeva nella zona: il Pago Triopio.

Nel 2009 una campagna di scavo, effettuata da Roma Sotterranea sotto la direzione scientifica della Sovrintendenza Capitolina e in collaborazione con l'Università del Colorado, ha interessato l'area del palazzo di Massenzio, all'interno e all'esterno dell'aula Palatina, con l'intento di indagare le strutture idrauliche pertinenti alle diverse fasi di occupazione. Attualmente, le indagini sono state estese all'area del mausoleo dinastico e del relativo portico, al fine di identificare il sistema di smaltimento delle acque meteoriche.

Lo studio di ipogei, che spesso si configurano come spazi confinati, richiede l'utilizzo di tecniche particolari per l'accesso, la permanenza, il rilievo e lo scavo, al fine di garantire la sicurezza degli operatori applicando la normativa vigente sul lavoro. Tali tecniche sono il risultato di diciassette anni d'esperienza da parte dell'Associazione Roma Sotterranea, che ha affinato sul campo le teorie di base per permetterne una pratica applicazione appunto in spazi confinati.

Nel quadro della valutazione dei rischi presenti nelle strutture sotterranee, si procede, come attività propedeutica, a ispezioni supportate da campionamenti dell'aria nonché a videoispezioni tramite robot filoguidato.

Si implementano successivamente le predisposizioni antiinfortunistiche volte a garantire la sicurezza nell'accesso e nelle operazioni in sotterranea. A tali misure preventive è necessario associare una pianificazione per la gestione delle emergenze che possano assicurare il soccorso e recupero dell'operatore in caso d'incidente.

Saranno inoltre trattati gli specifici accorgimenti che necessariamente, attesa la particolarità degli ambienti indagati, devono integrare le comuni tecniche di studio, rilievo e scavo di ambienti ipogei.

**SVILUPPI NELLE TECNICHE E TECNOLOGIE DI INDAGINE, MONITORAGGIO E  
CONSOLIDAMENTO DELLE CAVITÀ IN VENTI ANNI DI APPLICAZIONE  
NEL LABORATORIO NATURALE DELL'ORVIETO IPOGEA**

Endro MARTINI\*, Claudio SOCCODATO\*, Filippo M. SOCCODATO\*\*, Valentina ALBANO\*\*\*

\*Alta Scuola; \*\*I.A.T. Ingegneria per l'Ambiente ed il Territorio Srl; \*\*\*Leica Geosystems SpA

Abstract

La storia della città di Orvieto risale, come è noto, al periodo etrusco e ne sono testimonianza, oltre che i numerosi reperti archeologici, la presenza di necropoli lungo le pendici Nord e Sud. Da tale epoca e continuando nel periodo medievale fino a giorni nostri, sono state effettuate nel sottosuolo della Rupe numerose escavazioni alcune delle quali utilizzate sia come cisterne o depositi, che come cave di materiale, a volte riprendendo ed ingrandendo le esistenti ed a volte realizzandone di nuove per soddisfare le nuove esigenze della popolazione. Come conseguenza, si ha, allo stato attuale, la presenza di una estesa rete di cavità e cunicoli sotterranei che tagliano in varie direzioni il masso tufaceo su cui sorge la città.

Tali cavità, presenti sia sulle pareti che sul pianoro ed al piede della rupe, possono provocare cedimenti del piano stradale soprattutto se ubicate a profondità non di sicurezza, sotto vie o piazze interessate da intenso traffico veicolare o essere possibili concause di pericolo per i fabbricati su di essi insistenti. Per tale motivo, durante i lavori di consolidamento del colle, si è ritenuto opportuno predisporre un censimento delle cavità conosciute ed eseguire un loro rilievo piano altimetrico e tematico allo scopo di acquisire il maggior numero di informazioni possibili coinvolgendo diverse professionalità, come topografi, speleologi, ingegneri, geologi ed archeologi. Una prima conoscenza si ebbe con il lavoro condotto in occasione della legge 230/78 e successivamente con la redazione del progetto di massima del 1987-88; in tale occasione il Gruppo Speleologico Orvietano, con finanziamento regionale, censì un certo numero di grotte, in totale n.638, restituendone una localizzazione di massima e fornendo preliminari indicazioni sullo stato di conservazione.

Con l'assegnazione del contratto di Concessione per il Consolidamento della Rupe di Orvieto fu progettato e realizzato un rilievo specifico e sistematico delle cavità sul pianoro della rupe e sul ciglio della stessa, restituendo la posizione georeferenziata di ciascuna cavità e la sua posizione in rapporto agli edifici soprastanti ed individuati sulla carta catastale di Orvieto.

In considerazione del notevole numero di cavità presenti il rilievo fu condotto secondo priorità dettate

dallo stato di conservazione delle stesse e dalla loro estensione; per ciascuna cavità, oltre alla geometria,

furono rilevati gli elementi più caratterizzanti, quali la natura dei terreni, la presenza di fratture, l'eventuale

percolazione di acque, gli interventi antropici, eventuali prosecuzioni, etc. Per alcune furono anche messe in evidenza particolari emergenze di carattere storico-archeologico.

Principali interventi di consolidamento realizzati Sulla base di quanto emerso, sia dai rilievi piano altimetrici (in riferimento alla posizione della cavità rispetto ad aree private o pubbliche), sia dall'esame di dettaglio delle situazioni riscontrate (fratture, crolli, strati deteriorati, etc.), furono redatti vari progetti sia di controllo e monitoraggio che di consolidamento,

dando la priorità alle cavità poste nella fascia perimetrale della Rupe, in quanto connesse all'equilibrio geostatico della stessa e/o ricadenti sotto area pubblica.

Nella fascia perimetrale furono eseguiti quattro interventi:

- n.16 grotte nel lato Sud, posizionate fra lo sperone di San Bernardino, l'Ospedale ed il Convento di San Paolo;
- n.4 grotte sottostanti i Giardini di San Paolo;
- n.6 grotte posizionate sotto l'Ospedale, sotto il Convento di San Paolo al piede della rupe, sotto Piazza Malcorini e a Nord nel settore della Gonfaloniera;
- n.17 cavità sul pianoro che riportavano uno stato di potenziale pericolo e pertanto prioritaria necessità.

Le metodologie di intervento furono di due tipi: le grotte che presentavano rilevanti emergenze di carattere storico-archeologico sono state consolidate con l'obiettivo del mantenimento della cavità, le altre cavità sono state colmate e chiuse.

Altro importante intervento eseguito sulla rupe si inserisce nel Piano di Mobilità Alternativa, con la realizzazione di un percorso meccanizzato costituito da una galleria, della lunghezza di circa 180 metri, che collega il parcheggio Campo della Fiera con Piazza Ranieri. La galleria si sviluppa all'interno della rupe in gallerie e cunicoli naturali in gran parte preesistenti, adeguati alle esigenze di percorribilità pubblica.

#### Indagini e monitoraggio

Le attività di indagine e monitoraggio sono iniziate durante la redazione dei progetti di consolidamento e sono state realizzate durante tutto lo svolgimento dei lavori di consolidamento, come supporto alla verifica e implementazione degli interventi. Al termine dei lavori ad Orvieto è stato istituito un Osservatorio Permanente per il monitoraggio e la manutenzione delle opere e del territorio. L'Osservatorio, negli anni, ha continuato ad eseguire un monitoraggio costante della rupe. Le informazioni acquisite dalle indagini geognostiche e dalla strumentazione di monitoraggio ha implementato una banca dati di oltre 20 milioni di dati.

Le indagini sulle cavità sono state realizzate con tecniche e tecnologie geofisiche e georadar, affiancate da rilievi topografici e geodetici. Nel corso degli anni, Orvieto è stato quindi un laboratorio naturale per l'utilizzo delle nuove tecnologie sia nell'ambito delle indagini che del monitoraggio. Ad esempio per i rilievi geodetici dai primi interventi eseguiti con Teodoliti, si è passati alle Stazioni Totali Robotizzate fino ai Laser Scanner 3d implementati con termocamere.

I monitoraggi di contatto sono implementati con una vasta tipologia di sensoristica (dalle celle di carico, ai fessurimetri, agli strain gauges, etc.) utile allo studio e controllo dello stato tensodeformativo delle cavità e delle opere di consolidamento.

Tutte le informazioni acquisite nelle campagne di indagini geofisiche, geognostiche e geodetiche, nei rilievi e nelle attività di monitoraggio sono state informatizzate e archiviate in un Sistema Informativo Territoriale (GIS) customizzato, strumento stesso di gestione del sistema di monitoraggio attivo.

## PIANO PER LA MESSA IN SICUREZZA DELLE CAVITÀ SOTTERRANEE INSTABILI NEI COMUNI DEL CRATERE SISMICO AQUILANO DANNEGGIATI DAL SISMA DEL 2009.

Giorgio PIPPONZI, Francesco MATTUCCI, Emanuela FERRINI

USRC - Ufficio Speciale per la Ricostruzione dei Comuni del Cratere del Sisma Abruzzo 2009, Fossa (L'Aquila)

### Abstract

Il sottosuolo di alcuni centri storici del cratere sismico aquilano è interessato da un significativo numero di cavità sotterranee di origine antropica, scavate fin dalla preistoria, all'epoca romana fino ai giorni nostri, in terreno e/o roccia, e per diversi usi (stalle, cisterne, cave per materiali da costruzione). In molti casi si è persa la memoria della loro presenza, anche solo di alcuni tratti non più utilizzati o crollati.

Nella figura 1 è visibile uno schema-tipo di una cavità: l'ingresso si colloca al piano terra di un edificio (tratto 1 in figura) e gli ambienti ipogei veri e propri (tratti 2, 3 e 4 in figura) si sviluppano nel sottosuolo interessando la viabilità pubblica e/o altre proprietà private. Ne risulta un sistema di infrastrutture ed edifici costruiti con o senza fondazioni al di sopra di cavità sotterranee instabili, in condizioni di rischio.

La presenza di un ipogeo instabile incide sulla vulnerabilità degli edifici soprastanti, già danneggiati dal sisma, al punto da consentire di stabilire un nesso di causalità tra la sua presenza ed il danno causato dal sisma all'edificio stesso. Il terremoto del 2009 ha causato anche il crollo di alcune cavità, fino ad arrivare all'apertura di voragini superficiali (San Pio delle Camere, Barisciano). In aggiunta, le condizioni di instabilità possono ascrivere anche al danneggiamento delle reti idriche e fognarie, le cui perdite provocano il degrado delle caratteristiche geomeccaniche del materiale nel quale risulta scavata la cavità.

Ad oggi non esiste un censimento dettagliato di tutte le cavità presenti nel sottosuolo dei centri abitati dell'Abruzzo interno, e soprattutto non esiste un'analisi a scala locale per la valutazione sulle condizioni di stabilità del sottosuolo urbanizzato. I dati sui censimenti ad oggi disponibili sono stati ricavati dai Piani di Ricostruzione predisposti dai Comuni del Cratere e dalle banche dati nazionali pubbliche (ISPRA, Protezione Civile, PAI).

Già dal 2014 l'USRC (Ufficio Speciale per la Ricostruzione dei Comuni del Cratere Sismico) ha proposto alla SdM (Struttura di Missione ex DPCM 1/6/2014) della Presidenza del Consiglio dei Ministri, un "Piano per la messa in sicurezza delle cavità sotterranee instabili nei comuni del Cratere Sismico dell'Abruzzo". Tale Piano – su base comunale – si compone di studio specialistico di dettaglio per il censimento ed una valutazione delle condizioni di stabilità delle cavità sotterranee e di un progetto preliminare degli interventi per la messa in

sicurezza delle cavità ritenute instabili, e stima il fabbisogno economico in funzione della competenza degli interventi, in capo alle Pubbliche Amministrazioni o ai privati, beneficiari del contributo per la riparazione dei danni da sisma del 2009.

Dalla stima preliminare definita dall'USRC si deduce che il fabbisogno economico complessivo stimato per gli interventi di competenza pubblica risulta essere pari a € 18.613.503,83.

A valle dell'attività ricognitiva svolta dall'USRC in sinergia con la SdM, il Comitato Interministeriale per la Programmazione Economica (CIPE) ha deliberato l'approvazione di un primo stralcio del Piano (Delibera n. 48 del 10/08/2016, pubblicata sulla G. U. n. 36 del 13/02/2017), pari a € 2.163.498,78 per l'avvio delle attività di competenza pubblica, in cinque Comuni della provincia dell'Aquila (Barisciano, San Demetrio ne' Vestini, Fagnano Alto, Navelli, Poggio Picenze), affidando il ruolo di Stazione Appaltante per gli interventi al Provveditorato Interregionale alle Opere Pubbliche per i Lazio, Abruzzo e Sardegna. Lo stesso Piano risulta già avviato nel Comune di San Pio delle Camere, ed è in elaborazione il progetto preliminare degli interventi di messa in sicurezza.

**CAVITÀ DI ORIGINE ANTROPICA E SICUREZZA DEGLI EDIFICI SCOLASTICI  
NELLA CITTÀ DI ROMA.  
I CASI DI STUDIO DI VIA ASMARA (MUNICIPIO II) E VIA DIANA (MUNICIPIO V)**

Alessio ARGENTIERI<sup>1</sup>, Maria DI NEZZA<sup>2</sup>, Michele DI FILIPPO<sup>3</sup>, Maria PIRO<sup>1</sup>, Giovanni ROTELLA<sup>1</sup>, Flavio CECCHINI<sup>4</sup>, Siro MARGOTTINI<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Città Metropolitana di Roma Capitale- Dipartimento VI “Pianificazione territoriale generale” - Servizio 3, Geologico e difesa del suolo, protezione civile in ambito metropolitano, Viale Giorgio Ribotta,41/43, 00144 Roma (difesasuolo@cittametropolitanaroma.gov.it); <sup>2</sup>Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Via di Vigna Murata, 605, 00143 Roma (maria.dinezza@ingv.it); <sup>3</sup>IGAG-CNR Roma (michele.difilippo@uniroma1.it); <sup>4</sup>CMGeoservizi, Geologia-Prospezioni Geofisiche-Topografia, Via della Stazione di San Pietro 49, 00165 Roma

Abstract

Negli ultimi anni l'incremento di fenomeni di sprofondamento nel territorio di Roma Capitale e nella sua area metropolitana costituisce un rischio sempre maggiore per la popolazione e per le infrastrutture. Il verificarsi di questi eventi è in gran parte dei casi connesso alla presenza di sistemi caveali di origine antropica e diversa età e funzione.

Un fattore di elevata criticità per l'assetto del territorio è rappresentato dalle reti ipogee non censite in aree di intensa urbanizzazione. La Città Metropolitana di Roma Capitale, in continuità con l'esperienza amministrativa della Provincia di Roma, ha da molti anni concentrato l'attenzione sul monitoraggio di edifici strategici come quelli scolastici in aree potenzialmente a rischio di sprofondamenti e/o collassi improvvisi.

Nell'ambito di un progetto di collaborazione sono stati eseguiti studi geofisici integrati su due edifici scolastici di competenza della Città Metropolitana di Roma Capitale, ubicati in zone della Città note per essere interessate da un complesso sviluppo di sistemi ipogei; le indagini hanno consentito di individuare anomalie nelle caratteristiche del sottosuolo imputabili alla presenza di possibili cavità non ancora note e/o esplorate.

Le indagini eseguite presso il plesso scolastico di Via Asmara (Municipio II), realizzato nel 1939) sono funzionali al corretto posizionamento delle scale di emergenza nel cortile dell'edificio per prevenire cedimenti e/o crolli legati alla possibile presenza di una catacomba.

Il secondo caso di studio si riferisce all'Istituto Jean Piaget di via Diana (Municipio V), costruito intorno al 1932, in prossimità del quale sono noti crolli e sprofondamenti in epoche recenti. Da ultimo nel 2013, a qualche decina di metri dall'edificio scolastico ed in

prossimità del muro di recinzione, si è verificata l'apertura di una grossa voragine che ha coinvolto un'abitazione privata. Per tale ragione è stata programmata un'apposita campagna di indagini preventive presso l'Istituto, che non mostrava comunque alcun segno visibile di dissesto.

In entrambi i settori investigati i sistemi di cavità di natura antropica scavati nel corso dei secoli nei depositi vulcanici hanno avuto uno sviluppo spaziale e temporale assai complesso. Il presente studio ha permesso di perfezionare un protocollo speditivo di utilizzo integrato di alcuni metodi geofisici (microgravimetrico, georadar e sismico) funzionale all'individuazione di cavità nel sottosuolo, che permette di mappare dimensioni, distribuzione spaziale e profondità. Tale base informativa risulta imprescindibile per una gestione in sicurezza degli edifici scolastici esistenti e per la progettazione di nuovi interventi.

**INTERVENTI DI BONIFICA DI CAVITÀ ANTROPICHE IN AMBITO URBANO  
FINALIZZATE ALLA MITIGAZIONE DEL RISCHIO IDROGEOLOGICO  
CONNESSO ALLA PRESENZA DI UNA RETE CAVEALE UBICATA IN CONTESTO URBANO  
NEL COMUNE DI ALTAMURA**

Dino ANTONINO<sup>7</sup>, D. BAROZZI<sup>5</sup>, G. DE VENUTO<sup>1</sup>, A. FIORE<sup>2</sup>, V. SPECCHIO<sup>1</sup>, P. PEPE<sup>3</sup>, V. MARTIMUCCI<sup>4</sup>, Vito VERNI<sup>6</sup>, Salvatore TANCREDI<sup>3</sup>, Margherita DEBERNARDIS<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Progettista; <sup>2</sup>Collaudatore in corso d'opera; <sup>3</sup>Apogeo s.r.l.; <sup>4</sup>Comune di Altamura; Responsabile Unico del Procedimento; <sup>5</sup>Cobar S.p.A.; <sup>6</sup>Direttore dei Lavori e CSE; <sup>7</sup>Direttore Laboratorio Geotecnico Geo s.r.l.

**Abstract**

Il Comune di Altamura è caratterizzato dalla presenza di una rete caveale di natura antropica lunga oltre 13km che si sviluppa all'interno di litotipi calcarenitici. Parte delle aree interessate dallo sviluppo della rete caveale sono state intensamente urbanizzate e sono state interessate da alcuni sinkholes che hanno messo in serio pericolo l'incolumità delle persone residenti nelle aree. A seguito di tali fenomeni un'estesa area del territorio comunale è stata classificata nel PAI come alta e media pericolosità geomorfologica e sono state avviate numerose campagne di indagini e rilievi che hanno permesso di attuare interventi di mitigazione del rischi con fondi pubblici e privati. Il Commissario Straordinario Delegato per l'attuazione degli interventi per la mitigazione del rischio idrogeologico nella Regione Puglia previsti nell'accordo di Programma siglato il 25.11.2010 ha finanziato l'intervento denominato "BA046A/10 - Mitigazione del rischio idrogeologico connesso alla presenza di una rete caveale della lunghezza complessiva attualmente nota di circa 13 km nel Comune di Altamura" ed ha redatto il Progetto Definitivo.

Il progetto Esecutivo di bonifica è stato sviluppato dallo Studio DE VENUTO & Associati e dal Geol. Vito Specchio, mentre le attività sono state aggiudicate alle imprese Cobar S.p.A. (indicata dal Consorzio Stabile Research) e Apogeo s.r.l.. L'intervento di mitigazione del rischio idrogeologico è consistito nell'attuazione di iniezioni di miscele cementizie molto fluide con caratteristiche simili alle calcareniti di Gravina. L'intervento di mitigazione è stato delicato perché:

- sono state realizzate pareti di sbarramento le zone da bonificare per evitare dispersioni di miscele cementizie in aree private;
- è stato necessario eseguire numerosi fori di riempimento in spazi ristretti e caratterizzati dalla presenza di numerosi sottoservizi;

- si è proceduto in modo da minimizzare i disturbi ai residenti delle aree monitorando altresì eventuali cedimenti sulle strade e sugli edifici prospicienti;
- sono state definite le geometrie delle zone “in crollo” in cui eseguire iniezioni confinate.

Prima di iniziare i lavori è stata eseguita una sperimentazione sulla miscela eseguendo prove di laboratorio e confrontando le caratteristiche della stessa con le caratteristiche delle calcareniti in sito. Il riempimento delle cavità è avvenuto con incrementi di spessore di 60cm al giorno per evitare spinte sulle pareti di sbarramento. Alla fine delle attività e su indicazione del Direttore dei Lavori e del Collaudatore in corso d'opera sono stati eseguiti sondaggi a carotaggio continuo nelle zone bonificate per verificare l'avvenuto completo riempimento delle cavità e per prelevare campioni di laboratorio su provini di miscela.

A tale scopo, presso il laboratorio Geo s.r.l. di Modugno, sono stati sottoposti a prova un discreto numero rappresentativo di campioni. La selezione dei campioni da sottoporre alle varie tipologie di prova, per entrambi i materiali, è stata assolutamente casuale e solo condizionata dai requisiti dimensionali che la prova richiedeva per i campioni. Per quanto attiene le normative di riferimento, sono state adottate le prove relative alle rocce (Raccomandazioni ISRM, UNI, ASTM e DIN) per garantire un adeguato confronto tra i risultati derivati dalle calcareniti e dalle miscele: in definitiva le miscele di riempimento sono state considerate alla stessa stregua delle rocce naturali proprio nello spirito della bonifica attuata. I valori delle proprietà fisico-meccaniche della miscela sono sempre risultati superiori a quelli delle calcareniti più compatte e resistenti e l'RQD è stato sempre superiore al 60% raggiungendo anche il 100%.

## NUOVI STUDI SULLE NECROPOLI ETRUSCHE DI TARQUINIA (VT) CON GPR E GEOELETTICA

Greta BRANCALEONI, Silvia CASTELLARO, Luigi PERRICONE

### Abstract

Abbiamo investigato con metodologie geofisiche del tutto non invasive un settore della necropoli etrusca di Monterozzi, Tarquinia (VT). Le tecniche utilizzate, per l'accertamento di camere sepolcrali nel sottosuolo, sono state il Ground Penetrating Radar (GPR) e la geoelettrica. Dalla campagna effettuata nel mese di giugno 2016 è emerso che: I) Le camere mortuarie, scavate direttamente nella roccia calcarenitica, si possono suddividere in superficiali: ad una profondità maggiore di 2 m e costituite di un dromos di accesso; e in profonde: ad una profondità maggiore di 5 m e di più grandi dimensioni rispetto alle prime II) Il metodo GPR permette un'elevata risoluzione delle strutture nascoste a scapito della profondità di investigazione, inoltre è affetto da disturbo proveniente da artefatti antropici posti in superficie; III) Il metodo resistivo adottato invece permette esplorazioni profonde almeno 20 m e risulta molto potente nella localizzazione delle cavità sepolte; IV) Le strutture archeologiche nel sottosuolo producono sulla superficie topografica delle forme ben riconoscibili per il diverso contenuto in umidità rispetto all'intorno, di ausilio quindi al presente studio sono state le immagini da satellite di Google Earth; V) L'approccio di lavoro che ha combinato le due diverse metodologie sia tra loro sia con le immagini digitali risulta molto vantaggioso ai fini della presente ricerca. Key Words: cavità antropiche, GPR, metodo della resistività, immagini satellitari.

## IL METODO B&B OTTIMIZZATO PER LA DEFINIZIONE DELL'AREA TRIBUTARIA DEI PILASTRI IN CAVE SOTTERRANEE

Giovanni BRUNO, Luigi BOBBO, M.D. FIDELIBUS

### Abstract

La valutazione della stabilità dei pilastri di cave sotterranee è un'operazione che comporta non poche difficoltà di ordine pratico e concettuale.

È facilmente intuibile, infatti, come tali ambienti ipogei, specialmente se ormai dismessi e abbandonati, siano a luoghi poco accessibili ai fini del necessario rilievo topografico plano-altimetrico. Negli ultimi anni tali difficoltà operative sono sempre più mitigate dall'uso di strumentazioni evolute come il laser-scanner che, tra l'altro, forniscono un dettaglio di gran lunga superiore rispetto alle classiche strumentazioni.

A fronte della disponibilità di rilievi topografici di grande dettaglio, tuttavia, è ancora prassi comune quella di utilizzare approcci concettuali, sia per la definizione dei carichi agenti sui pilastri sia per le formule di verifica a compressione degli stessi, che presentano non poche criticità.

In questo studio si presenta un nuovo metodo, denominato B&B ottimizzato, per la ricostruzione planimetrica delle aree tributarie o d'influenza dei pilastri di cava, cioè del volume di roccia soprastante il tetto di cava che viene sostenuto dal sottostante pilastro.

Il metodo è applicabile alle cave sotterranee coltivate con la tecnica a "camere e pilastri" e consente di superare le limitazioni e le indeterminatezze del metodo degli interassi che, ad oggi, è quello più comunemente usato. Il metodo B&B, mutuando il metodo dei poligoni di Thiessen utilizzato negli studi idrologici, consente una prima ricostruzione delle aree tributarie dei pilastri. Successivamente, tale ricostruzione viene ottimizzata, con delle opportune tecniche su base statistica, al fine di consentire il superamento delle due principali criticità presentate dal metodo degli interassi: 1) il fatto che nei pilastri di grande dimensione areale e forma irregolare è possibile che l'area tributaria intersechi gli stessi; 2) l'impossibilità di ricostruire l'area tributaria dei pilastri ubicati lungo i margini della cava.

L'applicazione del metodo a diverse cave ha consentito di validare la bontà del metodo e a titolo d'esempio si riporta il caso di studio di una cava dismessa di roccia calcarenitica ubicata in Puglia nel Comune di Mottola (TA).

## MONITORAGGIO DI ALCUNI QANAT CIRCOSTANTI L'AREA DI YAZD E SIMULAZIONE DELLE LORO CARATTERISTICHE IDROGEOLOGICHE

Ezio BURRI<sup>1</sup>, Andrea DEL BON<sup>2</sup>, Angelo FERRARI<sup>3</sup>, Hossein GHAFORI<sup>4</sup>, Ali Asghar Semsar YAZDI<sup>4</sup>, Labbaf Majid KHANEIKI<sup>4</sup>, Arnaldo PIERLEONI<sup>5</sup>, Pietro RAGNI<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Università degli Studi L'Aquila, Dip. MESVA; CNR, Istituto di Metodologie Chimiche, Area di Ricerca Roma 1, Italia; <sup>2</sup>Membro del gruppo di ricerca "Qanat Project", Italia; <sup>3</sup>CNR, Istituto di Metodologie Chimiche, Area della Ricerca Roma 1, Roma, Italia; <sup>4</sup>UNESCO – ICQHS, Yazd, Iran; <sup>5</sup>Università Nicolò Cusano – Roma

### Abstract

Yazd, importante città di oltre 423,000 abitanti posta nella zona centrale del deserto del Kavir, è nota per la notevole presenza nei suoi dintorni di qanat, anche molto antichi, ma ancora perfettamente funzionanti.

Lo sviluppo di tali strutture idrauliche sotterranee è straordinario, dato che ammonta a molte decine di chilometri. Per questo motivo, in considerazione della loro tipicità ed interesse culturale, l'UNESCO ha dichiarato patrimonio dell'umanità 11 di essi ed ha creato il Centro di Studi sui sistemi idraulici sotterranei in Yazd.

Nell'ambito di un programma di collaborazione tra il predetto Centro, il IMC-CNR e l'Università "Niccolò Cusano", è in progetto un dettagliato censimento di queste peculiari opere idrauliche che prenderà in esame tutta una vasta fascia territoriale pertinente la città di Yazd.

Ai fini della tutela di tali strutture e delle relative risorse idriche sarà importante definire i modelli concettuali di funzionamento e drenaggio delle acque. In particolare, si ritiene opportuno completare/aggiornare i rilievi riguardanti l'architettura e la sicurezza/stabilità delle gallerie e delle strutture di servizio/accesso alle medesime, all'occorrenza definendo e implementando punti specifici di controllo. Inoltre, si ritiene fondamentale implementare un sistema di monitoraggio in continuo (e possibilmente anche in remoto) delle acque che contribuisca a definire le aree di ricarica e captazione dei singoli qanat, comprendere le relazioni tra apporti meteorici e acque sotterranee, chiarire gli aspetti idrogeologici di circolazione idrica sotterranea drenata dai qanat, caratterizzare tali risorse dal punto di vista chimico e quantitativo (portate addotte e perdite/prelievi lungo i percorsi) evidenziandone le possibili variazioni e tendenze temporali ed, infine, predisporre degli opportuni strumenti di supporto alle decisioni operative (modelli numerici implementati in ambiente GIS). Nello sviluppo di tali attività si sta studiando il ricorso a strumenti open-source e lo sviluppo di strumentazioni a basso costo per il monitoraggio.

Per la fruibilità/agibilità di queste opere ipogee si ritiene rilevante anche il monitoraggio della presenza di radon nelle acque e del radon indoor nelle gallerie, negli ambienti sotterranei e nelle strutture di servizio/accesso, evidenziando (dato il notevole sviluppo lineare ed areale del sistema di qanat) le zone di maggiore concentrazione, l'eventuale origine e le possibili azioni di mitigazione. Il rilevamento relativo alla eventuale presenza e concentrazione del gas radon nelle strutture ipogee collegate con i qanats fornirà un ulteriore elemento in considerazione della fruizione culturale dei qanats di Yazd.

## MIGLIORAMENTO DELLE PROPRIETÀ MECCANICHE DI CALCARENITI CON TRATTAMENTI CHIMICI

Riccardo CASTELLANZA<sup>1</sup>, Gabriele FRIGERIO<sup>2</sup>, Cristian SEIDLER<sup>1</sup>, Claudio DI PRISCO<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Università degli Studi di Milano Bicocca, riccardo.castellanza@unimib.it; <sup>2</sup>Politecnico di Milano, claudio.diprisco@polimi.it

### Abstract

In questa memoria si presentano i risultati di un'ampia campagna sperimentale eseguita su calcareniti ad elevata porosità consolidate mediante trattamenti chimici a basso impatto ambientale. In particolare verranno mostrati i risultati in termini di miglioramento delle proprietà meccaniche per provini preventivamente consolidati massivamente con specifici prodotti. Si è infatti potuto riscontrare che tali prodotti sono in grado di aumentare la resistenza dei legami preservandone la porosità primaria.

È stato svolto un ampio numero di prove di laboratorio standard (uniassiali e di trazione indiretta) che hanno consentito di valutare l'incremento di resistenza in relazione all'incremento del peso specifico medio sia in condizioni asciutte che sature. Una successiva serie di prove ha consentito di valutare la durabilità dell'intervento di consolidamento in condizioni ambientali aggressive.

I risultati, seppur preliminari mostrano che è possibile consolidare rocce tenere porose, quali le calcareniti, adottando tecniche di iniezione e consolidamento in sito a basso impatto ambientale.

## ANALISI QUALITATIVA DEI FENOMENI DI INSTABILITÀ ED INTERVENTI PER LA RIQUALIFICAZIONE AMBIENTALE DELLA SPIAGGIA DI FONTANIA

Ilaria FALCONI

ilaria.falconi.greenadvantage@gmail.com - 327-7918232

### Abstract

Il lavoro prende in esame un tratto di costa del litorale sud – pontino: la spiaggia di Fontania (Gaeta–provincia di Latina) trattando i fattori di vulnerabilità territoriale, ovvero quei fattori di origine antropica che contribuiscono ad incrementare i livelli di rischio presenti sul territorio.

Il progetto si compone di una parte introduttiva di descrizione del sito di interesse e del territorio circostante, in particolare degli aspetti geomorfologici, nonché dei rilevanti aspetti storici per la presenza, proprio a ridosso della spiaggia, di ben otto grotte risalenti all'epoca romana (il nome Fontania si fa risalire ad un console romano, certo Gneo Fonteio, che nel I secolo D.C. si stabilì in quei luoghi). Inoltre, sono ancora oggi visibili i resti della grandiosa villa con vasche e piscine comunicanti con il mare aperto.

Il lavoro analizza gli aspetti climatici, vegetazionali e gli aspetti riguardanti l'analisi dei fenomeni di instabilità.

La parte conclusiva tratta degli interventi di ingegneria naturalistica proposti per il ripristino

ambientale, nonché per la necessaria e conseguente messa in sicurezza delle sezioni maggiormente soggette a crolli, frane e smottamenti, ritenuti idonei al recupero di un sito di rilevante importanza turistica, storica e culturale quale è la spiaggia di Fontania.

Paola FILIPPINI<sup>1</sup>, Claudio VERCELLI<sup>2</sup>, Emanuele FIGLIOZZI<sup>2</sup>, Niccolò VOLPE<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Funzionario Archeologo - SSabap Roma - Piazza delle Finanze, 1 - tel. 06 47788303 - fax. 06 47788301; <sup>2</sup>Geores S.r.l. - Via Roberto Lepetit, 234 - 00155 Roma - Tel. +39 06 22.81.287 - Fax +39 06 62.20.48.13

### Abstract

Nell'attività di tutela archeologica la Soprintendenza Speciale Archeologia Belle Arti e Paesaggio di Roma si confronta quotidianamente con le problematiche connesse non solo alla crescita ed allo sviluppo della città ma anche con gli interventi di ammodernamento dei servizi e di nuova edilizia nel centro cittadino.

Soprattutto in questi ultimi due casi, in considerazione degli spazi spesso limitati nei quali ci si trova ad operare e a significative problematiche relative alla sicurezza, si è adottato un "protocollo" di intervento che risulta poco invasivo e rapido; infatti nella fase di indagine preventiva al rilascio di un nulla osta ai lavori risulta necessario accertare che le attività non interferiscano con preesistenze antiche conservate nel sottosuolo e per questi accertamenti ci si avvale di tecniche geofisiche.

Si procede pertanto con indagini di tomografia elettrica tridimensionale di superficie con maglia di acquisizione molto densa e con dettaglio elevato o indagini di tomografia in foro (Resistivity cross hole) con acquisizione tridimensionale ed elevata profondità di osservazione.

L'analisi dei dati raccolti ci permette di evidenziare anomalie sulle quali si procede con una ulteriore indagine tramite carotaggio in grado di chiarire natura e consistenza delle anomalie stesse. In caso di cavità sotterranee, spesso non diversamente indagabili per motivi di profondità o sicurezza, si procede alla loro osservazione, e documentazione, mediante video ispezioni.

Pur non essendo nello specifico l'attività della Soprintendenza lo studio delle cavità sotterranee, nell'ultimo decennio l'Ufficio ha raccolto numerosi dati relativi alla loro diffusione nel sottosuolo della città.

In questa occasione si presenteranno alcuni casi studio dove verrà descritto il "protocollo" di intervento.

F.M. GAGLIANO

ITS G. Quarenghi, viale Europa, 27 Bergamo, fmgagliano@gmail.com

#### Abstract

I fenomeni da sprofondamento, diffusi in tutto il mondo, possono avere sia origini “naturali” (es. collasso di cavità carsiche) che antropiche (collasso di cavità artificiali abbandonate) rappresentando, spesso, un fattore di grande rischio a causa della loro imprevedibilità. Essi sono presenti in molte regioni d’Italia, interessando contesti geologici e tipologie di terreni anche molto differenti fra loro. L'utilizzo della banca dati georeferenziata dei sinkhole è necessaria per una corretta pianificazione territoriale a supporto della protezione civile. Non basta reperire la singola scheda del sinkhole, occorre studiare la dinamica dello sprofondamento per un preciso monitoraggio e una migliore gestione dell'emergenza. Lo studio propone l'uso combinato di piattaforme GIS e apparecchi a pilotaggio remoto (APR) per migliorare le metodologie di conoscenza e di monitoraggio del territorio in maniera rapida a fini di pianificazione a tutti i livelli. Negli ultimi anni i droni si sono affermati quali protagonisti della ricognizione in “aree calde” come fondamentale supporto informativo alle analisi e operazioni di sorveglianza e di Intelligence. L'utilizzo di piattaforme aeree leggere a pilotaggio remoto riducono i tempi di rilievo in campagna amplificando contestualmente la quantità e tipologia di dati ed informazioni ottenibili ed utilizzabili per analisi e valutazioni analitiche. Di contro, tali missioni ed approcci necessitano un know how interdisciplinare ed in grado di relazionare in un’unica filiera la pianificazione fotogrammetrica aerea, il rilievo a terra con punti di appoggio, l’analisi con strumenti GIS e lo studio e valutazione geologica. Ne consegue che il piano operativo per la protezione civile è supportato dal rilievo fotografico da DRONE georeferenziato. Il contributo propone un modello per l'integrazione tra i dispositivi di calcolo ed elaborazione (server, pc desktop, notebook), gli strumenti di comunicazione mobili (smartphone, tablet) e i rilievi tramite droni, in un’ottica di collegamento ai GIS, capace di restituire una rappresentazione con elevato grado di dettaglio, alla scala edilizia. Le soluzioni sono strettamente collegate alla tecnologia di rilievo fotogrammetrico e alla predisposizione del geodatabase, si può scegliere un'analisi near real-time (o post real-time) in ambiente GIS dei video acquisiti da droni UAV che sono in grado di operare senza equipaggio, controllati via radio da un operatore situato a terra, e che possono anche essere programmati per eseguire voli automatici.

**COLLASSO DI IPOGEI IN UN CENTRO STORICO AD ELEVATA VALENZA PAESAGGISTICA  
(CASTRO MARINA - LE), TECNICHE DI MONITORAGGIO E MODELLAZIONE PER IL  
RECUPERO STRUTTURALE**

Silvestro LAZZARI

Geologo - Cedat Europa Via Ancona 37/G 85100 Potenza – email: cedateuropa@virgilio.it

Abstract

La cittadina di Castro è ubicata sulla costa adriatica ed è uno dei centri turistici più importanti della regione Puglia. Uno dei luoghi più caratteristici è la piazzetta di Castro Marina che, nel gennaio 2009, ha subito un rovinoso evento franoso, che ha semidistrutto la caratteristica cortina di abitazioni che sovrastava la piazzetta.

Per analizzare le cause della frana ed individuare i possibili rimedi sono stati realizzati degli studi supportati da una campagna di monitoraggio strumentale, mediante prospezioni geofisiche, misure distanziometriche, rilievi delle cavità, prospezioni a terra e dallo spazio e riprese video di vuoti inaccessibili. Per la gestione ed implementazione delle informazioni sono state utilizzate le tecnologie del sistema SIMONA, una piattaforma informatica avanzata che opera in configurazioni geologiche a rischio, in ambiente GIS ed acquisizione dei dati real time e da remoto.

Sotto il profilo geologico l'area ricade in una depressione strutturale tipo graben, colmata da sedimenti olocenici stratificati e molto fratturati composti da una sequenza di calcareniti e sabbie con livelli ghiaiosi, in strati poco compatti alla base della sequenza e più consistenti verso l'alto.

La successione poggia su una potente unità calcarenitica oligocenica, molto rigida, ma fratturata e carsificata.

Il graben è delimitato da due dislocazioni tettoniche aventi direzione NW-SE e N-S che, anche nell'Olocene, hanno ribassato il graben determinando nelle rocce una diffusa fratturazione.

Questa successione forma una parete sub verticale dove sono allocati numerosi ipogei sovrapposti, su cui poggiavano caratteristici edifici in tufo.

Una fila ininterrotta di grotte adibite ad esercizi commerciali era disposta sulla piazzetta antistante il complesso. A seguito di lavori realizzati in tali ipogei, per la probabile asportazione di parte delle pilastrature naturali, si è verificato il collasso di gran parte del complesso.

Per recuperare il sito ed in attesa della completa ricostruzione, si è proceduto alla rimozione delle macerie, realizzando un primo intervento di messa in sicurezza del complesso,

mediante il puntellamento delle strutture danneggiate, un pretrattamento del fronte tufaceo con micropali e colmata dei vuoti.

Per pervenire ad un attendibile modello definitivo comprendente il sottosuolo e le sovrastrutture edilizie ed individuare le tipologie fondali, le opere di contenimento e le tecniche di recupero del complesso edilizio risparmiato dal crollo, è stata realizzata una campagna di indagini strumentali ed il monitoraggio del complesso mediante prospezioni profonde per lo studio delle cavità, mentre il sistema di fratturazione degli edifici lesionati è stato monitorato con una rete di distanziometri in sito e periodiche misure distanziometriche remote. Analisi delle caratteristiche stratigrafiche, geodinamiche e geotecniche sono state realizzate con tecniche ormai consolidate, integrate da prospezioni con microcamere nelle fessure e nei vuoti.

I dati acquisiti e la modellazione ricavata non solo hanno consentito di risalire alle cause ed alle dinamiche del crollo, quanto di individuare tecniche ed opere di consolidamento, restituendo tutto il complesso edilizio alla ricostruzione ed alla piena fruizione così come in origine.

Il lavoro è stato preceduto dall'analisi di una dettagliata bibliografia che sarà indicata nella relazione finale.

## ESPERIENZE DI IMPIEGO DI AEROMOBILI A PILOTAGGIO REMOTO NELL'ESPLORAZIONE, DOCUMENTAZIONE E MONITORAGGIO CAVITÀ ARTIFICIALI

Mario MAZZOLI<sup>1</sup>, Isidoro BONFÀ<sup>2</sup>, Francesco MARSALA<sup>3</sup>

<sup>1</sup>General Manager A.S.S.O. - Hypogea Ricerca e Valorizzazione Cavità Artificiali; <sup>2</sup>Geologo - Responsabile Ufficio Programmazione Bonifica Siti Inquinati e Geologia Ambientale Roma Capitale; <sup>3</sup>Pilota e Istruttore APR - A.S.S.O. - Drone Solution - Titolare My Flying Cameras

### Abstract

Molte strutture ipogee artificiali presentano aspetti dimensionali, di conformazione, di rischio o di rilevamento che possono trarre vantaggio dall'impiego di aeromobili a pilotaggio remoto (apr), i cosiddetti droni.

In particolar modo le zone inaccessibili, oppure accessibili ad alto rischio o tramite dispendiose (economicamente e temporalmente) operazioni, possono essere totalmente o parzialmente documentate grazie all'impiego di apr opportunamente modificati e condotti da piloti competenti.

Alle molteplici difficoltà tecniche legate prevalentemente alla continuità di segnale radio, ai disturbi magnetici in ambienti urbani, ai contro flussi di aria generati dal mezzo in ambienti ristretti, alla integrazione nel mezzo di apparati illuminanti, all'orientamento in sistemi cunicolari articolati, all'impegno di mezzi specifici per ogni ambiente e alla non rara necessità di modificarli opportunamente sia sotto il punto di vista hardware che software, si somma la imprescindibile necessità di impiegare piloti particolarmente specializzati.

Il team costituito da ASSO, Drone Solution e My Flying Cameras, operando ormai da più di dieci anni nel settore specifico, ha maturato esperienza pratica, progettuale e sperimentale mettendola a frutto in diverse realtà territoriali sotterranee di carattere archeologico, geologico e ambientale.

Il contributo analizza le problematiche più frequenti e le soluzioni risolutive o parziali. Intende, inoltre, condividere elementi esperienziali ed informazioni su strumenti tecnici, procedure e precauzioni da adottare. In particolare vengono analizzate esperienze condotte presso antichi cunicoli idraulici, la Domus Aurea a Roma e presso le antiche cave di pozzolana di Tor Fiscale, sempre a Roma.

Mario MAZZOLI<sup>1</sup>, Carla GALEAZZI<sup>2</sup>, Marco VITELLI<sup>3</sup>

<sup>1</sup>General Manager A.S.S.O. - Hypogea Ricerca e Valorizzazione Cavità Artificiali - Scuola Nazionale Speleologia Subacquea Società Speleologica Italiana; <sup>2</sup>Hypogea Ricerca e Valorizzazione Cavità Artificiali - SIGEA - Centro Ricerche Sotterranee Egeria; <sup>3</sup>Presidente A.S.S.O. - Hypogea Ricerca e Valorizzazione Cavità Artificiali - Scuola Nazionale Speleologia Subacquea Società Speleologica Italiana.

### Abstract

Le strutture ipogee di approvvigionamento idrico, cave, sistemi di difesa, miniere, sepolture, magazzini, vie di fuga o altre aree sotterranee, possono essere totalmente o parzialmente allagate per loro natura o per le modificazioni del contesto intervenute successivamente alla loro operatività. Precluso l'accesso ad altri componenti del team di lavoro, la loro esplorazione, documentazione, monitoraggio e classificazione richiede quindi il supporto di subacquei per reperire informazioni diversamente non accessibili. E' per questo che dopo una prima immersione esplorativa è fondamentale portare fuori dall'acqua dati e immagini, anche se la frequente cattiva visibilità impedisce molto spesso la realizzazione di foto e filmati accettabili.

Considerato anche che, nella maggior parte dei casi, le strutture artificiali sommerse hanno perso la loro funzione primaria e la condizione di allagamento è dovuta ad abbandono con conseguente rischio di degrado strutturale e ambientale, è bene che le competenze subacquee siano di carattere specialistico. Un'immersione in questi ambienti, oltre a difficoltà di carattere tecnico, può presentare elevati rischi biologici. Questo è uno dei principali motivi per i quali, nonostante le scarse profondità, la progressione subacquea in cavità artificiali richiede grande attenzione, esperienza specifica di immersioni in ambienti chiusi e talvolta complesse attrezzature per la protezione dello speleo subacqueo, il cui impiego non sempre è compatibile con le condizioni logistiche ed ambientali del luogo.

Non ci si deve quindi far condizionare dalla bassa profondità e dalla apparente banalità di immersioni in ambienti di dimensioni contenute. Per uno speleosubacqueo queste esplorazioni, sotto il punto di vista tecnico, sono molto meno impegnative di una immersione in grotta, ma potrebbero nascondere una serie di insidie non usuali per chi è abituato ad immergersi esclusivamente in cavità naturali.

Il contributo è finalizzato ad analizzare le problematiche più frequenti nelle esplorazioni speleo subacquee in cavità artificiali e a fornire elementi esperienziali ed informazioni su strumenti tecnici, procedure e precauzioni da adottare.

Vito MUSCIO

### Abstract

Le nuove tecnologie di rilievo e monitoraggio da remoto, appartenenti alla famiglia della geomatica, rappresentano un'importante evoluzione tecnologica sia per il rilievo geometrico di cavità naturali/artificiali sia per l'analisi di stabilità delle stesse. La tecnologia laser scanner che rappresenta l'evoluzione delle tradizionali tecniche di rilievo topografico, permette l'acquisizione di una nuvola densa di informazioni spaziali riferite nello spazio tridimensionale. Attraverso la georeferenziazione del modello è possibile ottenere anche informazioni relative all'orientamento dei piani geologici nello spazio. Altro vantaggio, è rappresentato dalle condizioni di operatività, la tecnologia laser permette l'acquisizione anche in ambienti privi di luce.

La tecnologia laser scanner 3d è stata applicata nel Comune di Pietragalla, per il rilievo delle cavità antropiche, comunemente dette "rutte". Tali cavità sono state realizzate all'interno del Flysch Numidico e in tutto l'abitato comunale se ne registrano più di 100. Inizialmente tali cavità erano destinate al ricovero di animali e alla conservazione del vino. Attualmente rappresentano il sistema fondale del sovrastante patrimonio edilizio storico pietragallese. Molte di queste cavità sono abbandonate e presentano evidenti segni di instabilità, che in alcuni casi hanno generato danni alle sovrastanti abitazioni e sedi stradali. Inoltre, l'attuale stato di abbandono delle cavità e la non corretta regimentazione delle acque superficiali oltre all'espansione edilizia o il cambio di destinazione d'uso delle aree sovrastanti le rutte, contribuiscono a peggiorare la stabilità delle stesse cavità che peraltro non è mai stata accertata. L'assenza di un censimento puntuale e di una verifica di stabilità delle stesse cavità, rappresenta un elemento invalidante e deficitario per la pianificazione comunale di emergenza.

Il rilievo laser scanner ha interessato 5 rutte, quelle con evidenti segni di instabilità e quelle più facilmente accessibili. Il fine della ricerca è stato quello di perimetrare e classificare le aree a rischio producendo una cartografia tematica di dettaglio, da utilizzare nella pianificazione territoriale di emergenza.

Al fine di attribuire un grado di stabilità alle cavità censite e rilevate, è stata attribuita una classe di suscettibilità da frana (mappa della suscettività di frana) per ogni singola emergenza geomorfologica mediante l'utilizzo di software gis. La sovrapposizione tra la carta di suscettività di frana, l'estensione areale delle singole emergenze e la mappa riportante le aree di attesa sicure e i percorsi di deflusso sicuri, previste nella redazione del Piano di Emergenza Comunale, ha portato alla luce l'inadeguatezza, in alcune porzioni del centro storico, sia dei percorsi di deflusso sia delle aree di attesa sicure.

Pierfranco VENTURA

pierfranco.ventura@uniroma1.it

### Abstract

La rupe di Orvieto è interessata, specie alla base, da numerose cavità realizzate come cave di tufo e come magazzini agricoli fino a divenire rifugi antiaerei durante i bombardamenti.

Si descrive il consolidamento della cavità sotto Via Carducci che provocò il crollo della strada e dei soprastanti alti muri in tufo sul ciglio della rupe, dando luogo all'appalto concorso per gli interventi statici di tutti i tratti dissestati della rupe.

La cavità era conformata a galleria suborizzontale, perpendicolare alla parete della rupe e presentava strati di pozzolana molto degradati per alterazione: tali strati non essendo puntellati causarono il crollo.

Si descrive l'interazione della chiusura della cavità, tramite pozzolana e calce e iniezioni sommitali di messa in carico, con la ricostruzione del muro crollato e della strada di accesso alla città, ripristinando inoltre la vegetazione e il paesaggio originario

Il monitoraggio, tramite dime traguardate, degli spostamenti in esercizio del nuovo muro ha permesso di ricostruire, con l'analisi retrogressiva, le spinte attuali e confrontarle con quelle del muro crollato, visto in particolare come macrosensore sismico che aveva resistito a numerosi terremoti grazie soprattutto alla coesione della pozzolana non degradata.

## ANALISI DI STABILITÀ E PROGETTO DI CONSOLIDAMENTO DI CAVITÀ URBANE IN RAGUSA IBLA

Michele ZOCCO, Cristina LICITRA

### Abstract

Il lavoro presentato ha un carattere prettamente applicativo e si propone di esporre un caso pratico di analisi e progettazione degli interventi di messa in sicurezza, relativo a modeste cavità artificiali, secondo un approccio schematico e diretto. Le cavità artificiali studiate ricadono nell'area dell'abitato di Ragusa Ibla, nella Sicilia sud-orientale, appartengono ad una tipologia di cavità antropiche molto diffusa nell'area iblea, scavate a mano all'interno degli ammassi rocciosi carbonatici. Diversamente dalle latomie, adibite ad attività estrattiva della pietra calcarea da costruzione, estese talvolta anche migliaia di metri quadrati, questa tipologia di cavità presenta altezze di pochi metri e superfici di qualche decina di mq, poste spesso a pochi metri di profondità sotto le abitazioni e le infrastrutture urbane. La loro origine è riconducibile ad un uso di tipo sepolcrale già in epoca preistorica, per essere poi adattate ad abitazioni trogloditiche in epoca araba, con insediamenti abitativi che arrivano fino all'ultimo dopoguerra, soprattutto lungo i costoni rocciosi dei principali centri storici iblei. Nel caso in esame l'analisi delle condizioni di stabilità ed il progetto di messa in sicurezza di tre modeste cavità urbane, rientra nell'ambito dell'intervento: "Risanamento del versante sud e sud-est di Ragusa Ibla, sovrastante la via Ottaviano e mitigazione del rischio idrogeologico dell'area urbana di Ragusa Ibla (codici pai 082-7ra-053 e 082-7ra-054)". I rilievi geostrutturali e geomeccanici di dettaglio, l'analisi dei possibili cinatismi di collasso, le verifiche di stabilità globale e localizzata degli aggrottati ed il dimensionamento geotecnico dei sistemi di consolidamento e di messa in sicurezza, sono stati effettuati in conformità alle direttive prescritte dalla normativa vigente: D.M. 14.01.2008; Circ. CSLP N. 617/2009. I rilievi geostrutturali e geomeccanici sono stati effettuati lungo le pareti delle cavità e del fronte roccioso, secondo le procedure indicate dall'I.S.R.M. Le analisi di stabilità degli aggrottati ed il dimensionamento geotecnico degli interventi di consolidamento, sono stati effettuati in conformità alle disposizioni di cui al § 6.7.5, in termini di stabilità globale e localizzata, considerando i coefficienti sismici inerziali di cui al § 7.11.3.5.2 delle N.T.C.08. Le verifiche della stabilità del versante interessato dalle cavità, effettuate con l'impiego di software dedicati (Program-Geo), hanno evidenziato sostanziali condizioni di equilibrio alla stabilità globale. L'analisi dello stato tensionale dell'ammasso roccioso interessato dalle cavità e le verifiche di stabilità dei volumi rocciosi all'intorno delle relative sezioni, sono state sviluppate con modellazione ad "Elementi di contorno" (Boundary Element Method), bidimensionali ed elasto-plastici, attraverso l'impiego di software (Examine 2Dv8 di

Rocscience), secondo il criterio di rottura di Hoek & Brown, considerando le sollecitazioni su più sezioni critiche, identificate sulla base dei dati geometrici, geomeccanici, geostrutturali ed idraulici, rilevati accuratamente in sito. Per un ulteriore riscontro al metodo (B.E.M.) sono state applicate le metodologie di Obert L. Duvall W.I. Merrill R.H. per il confronto delle tensioni alla base delle cavità e di Terzaghi per il confronto degli spessori di roccia decompressa in calotta. Dalle verifiche effettuate sono stati evidenziati possibili fenomeni localizzati di crollo di blocchi e cunei lapidei dalla volta. Pertanto, per la messa in sicurezza degli aggroffati, sono stati previsti interventi preliminari di disgiungimento "leggero" degli elementi in incipienti condizioni di distacco e crollo, con successivo rafforzamento corticale di tipo attivo in calotta, attraverso la posa in opera di barre in acciaio armonico ad alta resistenza e ad aderenza migliorata, cementate nel volume roccioso di ancoraggio con boiacca cementizia iniettata nei fori sub-verticali.

**LA RETE DEI GEOPARCHI GLOBALI UNESCO  
ED ESEMPI DI VALORIZZAZIONE DELLE CAVITÀ ANTROPICHE  
ALL'INTERNO DEL PARCO NAZIONALE DEL CILENTO E VALLO DI DIANO**

Aniello ALOIA

Coordinatore Comitato Nazionale Geoparchi Italiani Unesco

Abstract

La Rete dei Geoparchi Mondiali UNESCO (UGGN) conta attualmente 127 territori distribuiti su 35 nazioni nel Mondo. 70 territori in Europa; 50 territori in Asia; 6 in America; 1 in Africa

I Geoparchi sono aree geografiche singole, delimitate da un unico confine continuo, dove i siti e i paesaggi di valore geologico internazionale sono gestiti secondo un approccio integrato per quanto concerne la tutela, l'educazione e lo sviluppo sostenibile. Un Geoparco Mondiale UNESCO (UNESCO Global Geopark) valorizza il patrimonio geologico locale, in stretta connessione con il patrimonio naturale e culturale presente nella medesima area, per accrescere la consapevolezza e la comprensione di alcuni dei fattori chiave che la società sta affrontando oggi a livello globale quali l'uso sostenibile delle risorse del nostro Pianeta, la mitigazione degli effetti dei cambiamenti climatici e la riduzione dell'impatto dei disastri naturali. Facendo capire l'importanza, nel passato ed attualmente, del patrimonio geologico presente nell'area, i Geoparchi Mondiali UNESCO rendono le comunità locali orgogliose della regione in cui vivono e rafforzano il loro legame con il territorio di appartenenza. Proteggendo le risorse geologiche dell'area, si realizzano allo stesso tempo condizioni favorevoli alla nascita di imprese locali che puntano all'innovazione, alla creazione di nuovi posti di lavoro e all'organizzazione di corsi di formazione di elevata qualità, così come si generano nuove fonti di reddito attraverso il geoturismo.

Nello specifico 10 sono le tematiche che sviluppano i geoparchi.

Risorse Naturali, Rischi Geologici, Cambiamenti Climatici, Educazione, Scienza, Cultura, Donne, Sviluppo Sostenibile, Saperi locali e indigeni, Geoconservazione

In questo contesto si crea lo sviluppo e la valorizzazione dei siti geologici tra cui le cavità naturali che rappresentano una delle principali fonte di economie legate al geoturismo.

POTENZIALITÀ DELLE CAVITÀ EX-ESTRATTIVE  
TRA RECUPERO AMBIENTALE E NUOVI USI.  
APPLICAZIONI NEL PARCO DELL'APPIA ANTICA

Paola V. DELL'AIRA<sup>1</sup>, Carlo ESPOSITO<sup>2</sup>, Paola GUARINI<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Dipartimento di Architettura e Progetto, Sapienza Università di Roma; <sup>2</sup>Dipartimento di Scienze della Terra, Sapienza Università di Roma

Abstract

Quello del recupero e della valorizzazione dello spazio ex estrattivo (ipogeo o a 'cielo aperto') è un ambito di ragionamento progettuale di significativa importanza, oltre a costituire una meta di intervento di grande sfida, in quanto saldo alleato delle contemporanee istanze di politica ambientale.

Il contributo proposto al Convegno intende presentare le esperienze condotte in due Ricerche Universitarie aventi, come coordinamento, la Progettazione Architettonica, ma svolte in piena sinergia e condivisione d'intenti con le discipline di Scienze della Terra e della Psicologia Ambientale\*. La visione che sottende questa impostazione multidisciplinare si fonda sulla convinzione che il recupero delle aree di cava, vada interpretato non semplicemente come indispensabile intervento di bonifica, rinaturalizzazione o messa in sicurezza, quanto piuttosto come verifica di fattibilità, volta alla ri-funionalizzazione e al riuso, onde consentire una "re-immissione in vita" di questi territori.

Le cavità artificiali, infatti, pur nascendo a servizio della città di superficie e non presentando particolare pregio artistico, hanno un valore testimoniale da riscoprire e valorizzare. Il tema principale del nostro lavoro di ricerca ha riguardato pertanto l'indagine e lo studio di tali contesti, con un approfondimento specifico delle realtà caveali presenti all'interno del Parco dell'Appia Antica, esplorando la possibilità che questi luoghi possano essere aperti alla visita e inseriti in una dimensione di pubblica fruizione, sopperendo, in tal modo, alla necessità di reintegrazione urbana di spazi e servizi collettivi, senza ulteriore consumo di suolo.

Una fitta rete di cavità (tra totalmente sotterranee e non), originate, principalmente, dalla coltivazione delle pozzolane sottende, infatti, la superficie naturale del territorio del Parco, lambendo sepolcri, colombari, catacombe e altri ambienti di straordinario interesse storico-archeologico, tracciando un affascinante disegno di "città di sotto". L'ipotesi è quella di creare, parallelamente ai consueti itinerari storico-archeologici e ambientali interni al Parco, diversi percorsi di fruizione alternativi e specifici, legati da fil-rouge funzionali o da narrazioni tematiche, con possibilità di accessibilità straordinaria ad alcuni siti puntuali.

Ogni occasione, ogni luogo, potrebbe attivare funzioni compatibili con la morfologia dello spazio stesso, di volta in volta incontrato e trattato. Le diverse morfologie, le diverse nature, possono agire da indicatori d'uso possibile (allestimenti espositivi, percorsi immersivi di conoscenza, strutture di ricerca, spazi d'incontro, etc.) e aprire parallelamente il campo ad attività di monitoraggio e prevenzione dei rischi di crolli e voragini, promuovendo sperimentazioni in ambito geologico, speleologico, archeologico.

\* I progetti di Ricerca di Ateneo, Sapienza Università di Roma si intitolano rispettivamente: Sottosuoli urbani. La progettazione della città che scende, responsabile Paola V. Dell'Aira, anno 2012; Nuovi cicli di vita per le aree ex estrattive. Da risorsa produttiva a risorsa "vasta": sociale, ambientale, culturale, economica, responsabile Paola Guarini, anno 2014.

## CENSIMENTO E INTERESSE STORICO E SPELEOLOGICO DELLE FORTIFICAZIONI MILITARI DELLA NURRA

Pierpaolo DORE\*, Eleonora DALLOCCHIO

\*Guida Sportiva Speleologica – Nucleo Ricerca Fortificazioni Turritane

Abstract

Osservando le campagne della Nurra non si può non notare i resti di un passato non troppo lontano ma che molti hanno dimenticato.

È il tempo delle grandi guerre che hanno segnato enormemente la storia dell'umanità ed il suo territorio, oggi di quella storia non rimane che un flebile ricordo nelle menti degli anziani o le testimonianze in cemento armato che ancora oggi guardano al mare ed al cielo scrutando pericoli ormai dimenticati.

Questo lavoro si prefigge il compito di riportare alla luce un passato quasi dimenticato, censendo e descrivendo le testimonianze ancora presenti in questa grande pianura.

La complessità delle zone esplorate, la difficile ricerca bibliografica e la ancora più ardua ricerca sul campo, sono frutto di svariati anni di studio, sopralluoghi ed escursioni dirette nei luoghi spesso impervi che caratterizzano la costa della Nurra.

Negli ultimi anni molte associazioni di storia militare hanno portato all'attenzione queste strutture, valorizzandole non solo dal punto di vista storico - culturale ma anche speleologico.

Le strutture militari sotterranee sono considerate Cavità Artificiali all'interno della macrocategoria "Belliche" e hanno inoltre una notevole importanza per la presenza di specie animali, concrezioni ecc, comparabili e spesso anche più particolari di quelle presenti in cavità naturali.

Il censimento inoltre ha avuto valenza anche nella pianificazione territoriale dei Piani Urbanistici Comunali per una più grande attenzione a questi beni archeologici, spesso poco valorizzati.

**IL SISTEMA IPOGEO DI “KOLYMBETHRA – PORTA V”  
NEL PARCO ARCHEOLOGICO DELLA VALLE DEI TEMPLI DI AGRIGENTO:  
UN ESEMPIO DI FRUIZIONE TURISTICA DI UNA CAVITÀ ARTIFICIALE.**

Giuseppe LOMBARDO\*, Giovanni NOTO\*, Marco INTERLANDI\*, Elisabetta AGNELLO\*,  
Eugenio VECCHIO\*

\*Associazione Agrigento Sotterranea Onlus – Via Matteo Cimarra n. 38 – 92100 Agrigento  
info@agrigosotterranea.it

Abstract

Il sistema ipogeo di “Kolymbethra – Porta V”, ricadente all’interno del perimetro del Parco Archeologico e Paesaggistico della Valle dei Templi di Agrigento, è caratterizzato da una cavità, di origine antropica, avente uno sviluppo planimetrico di circa 185 metri che, per la particolare posizione geografica rispetto al “tessuto archeologico” in cui ricade, rappresenta una “emergenza” sia sotto l’aspetto archeologico che speleologico. Infatti parte della cavità ricade all’interno del “Giardino della Kolymbethra”, area compresa tra il tempio di Castore e Polluce e quello di Vulcano, nel cuore della Valle dei Templi di Agrigento che, nel 1999, è stato affidata dalla Regione Siciliana al FAI – Fondo Ambiente Italiano – per un periodo di venticinque anni.

Dopo una prima fase di studio della cavità, rintracciata durante una campagna di scavi archeologici effettuata nel 2006, si sono susseguiti degli interventi di disostruzione e scavo che hanno permesso di congiungere due rami nella stessa cavità che in un primo momento risultavano separati fra loro per la presenza di notevoli quantità di materiale detritico. L’ipotesi di fruizione turistica della cavità è stata subito posta in risalto dalle particolari condizioni della cavità stessa: andamento sub-orizzontale, esistenza di un elevato numero di accessi, ottima circolazione di aria e buone condizioni di stabilità dell’ammasso roccioso in cui si apre la cavità ipogea.

Grazie alla fattiva collaborazione fra l’Ente Parco Archeologico e Paesaggistico della Valle dei Templi, il FAI e l’Associazione “Agrigento Sotterranea Onlus” è stato possibile redigere, in sinergia fra le diverse componenti, un progetto di fruizione del sito ipogeo, ponendo in maggiore attenzione gli aspetti legati alla sicurezza del percorso sotterraneo e alla salvaguardia degli ambienti ipogei, attraverso degli interventi a basso impatto che potessero rendere più agevole la visita all’interno della cavità. Attraverso delle opere che hanno maggiormente interessato le aree di ingresso alla cavità, nonché la sistemazione di alcuni tratti interni della galleria, è stato possibile rendere fruibile un bene di elevato valore archeologico e speleologico che dal mese di aprile 2017 risulta essere aperto al pubblico per delle visite guidate.

## DALLA PATRIMONIALIZZAZIONE ALLA VALORIZZAZIONE DEI TRAPPETI IPOGEI DI TERRA D'OTRANTO

Antonio MONTE

Consiglio Nazionale delle Ricerche-Istituto per i Beni Archeologici e Monumentali (IBAM-CNR) - Vice presidente Associazione Italiana per il Patrimonio Archeologico Industriale (AIPAI) - e-mail: a.monte@ibam.cnr.it

### Abstract

La principale risorsa economica dell'antica Terra d'Otranto (territorio delle attuali province di Lecce, Brindisi e Taranto) era quella legata alla produzione dell'olio utilizzato per uso industriale, quasi esclusivamente dai mercati esteri, per lubrificare le macchine dell'industria laniera, per uso lampare e per fare il sapone. La trasformazione delle olive in olio avveniva in delle strutture ipogee, interamente scavate nel banco roccioso calcarenitico del tipo "tufo", "carparo" e "pietra leccese", note come trappeti "a sangue" o "a tiro" perché azionati da forza animale e "a braccio" dagli operai noti come trappetari. La Terra d'Otranto, con i suoi quattro circondari (Lecce, Gallipoli, Brindisi e Taranto) aveva, tra il 1845 e il 1890, oltre 2300 trappeti ipogei. Questo corpus di manufatti, da oltre un decennio è entrato -a pieno titolo- a fare parte del patrimonio culturale salentino e in particolare rappresenta un peculiare patrimonio di archeologia industriale, perché al loro interno è ancora ben evidente tutto il processo produttivo che si svolgeva per la produzione dell' "oro liquido". Dopo attenti studi e una meticolosa ricognizione sul territorio durata circa tre lustri, si è giunti alla consapevolezza di recuperare, valorizzare e restituire ai cittadini e ai viaggiatori questi luoghi del lavoro. Il presente contributo, intende dimostrare come a partire dalla conoscenza (sul campo, negli archivi, ecc..) si sono attivati processi di patrimonializzazione che hanno consentito il recupero, la fruizione e la valorizzazione anche attraverso pubblicazioni di libri e prodotti multimediali.

**LA GRAVINA DI GINOSA DOPO I CROLLI DI VIA MATRICE:  
UNA NUOVA VISIONE E UNA NUOVA STRATEGIA  
PER ATTIVARE UNA RIGENERAZIONE POSSIBILE**

Nicola PARISI

dICAR Politecnico di Bari

Abstract

Il tessuto antico del Comune di Ginosa è connesso alla sua gravina e con esso forma un continuum organico . Un luogo delicato in cui convivono edificazioni in stratificazione storica ed un sistema idrogeologico complesso. Il 7 ottobre e il 2 dicembre 2013 il territorio di Ginosa, come gran parte dell'area, è stata coinvolto da fenomeni alluvionali di una certa rilevanza che hanno causato il crollo di diverse abitazioni in gravina.

A seguito di un immediato sopralluogo del comando dei Vigili del Fuoco della Provincia di Taranto è stata disposta una interdizione al traffico nell'area interessata dai crolli e lo sfollamento dei residenti. L'accaduto ha creato un grande danno alla comunità intera sia perché ha reso rudere inaccessibile una parte del tessuto antico, sia perché ha, di fatto, bruscamente interrotto un'importante flusso di investimenti privati in settori importanti per il rilancio economico della città, sia nel settore turistico che manifatturiero.

Oggi il problema è duplice: da un lato, vi è l'esigenza di rimuovere lo stato di pericolo in cui versa l'area interdetta, dall'altro si rende necessaria una verifica di quanto ancora è in piedi che però non garantisce sicurezza e stabilità strutturale. Poi vi è la necessità di porre in essere azioni che evitino il verificarsi di episodi analoghi durante futuri eventi alluvionali mediante opere di risanamento e consolidamento dei versanti della gravina; senza contare il disagio e le difficoltà delle imprese locali che hanno investito nell'area e che si trovano a dover affrontare una ripartenza che, per problemi di contesto, non possono autonomamente condurre.

Una realtà problematica che deve confrontarsi con la sconcertante presa d'atto della grande diffusione in Italia, oggi, di calamità di questo tipo; la capacità di intervento pubblico è ormai chiaramente insufficiente e, spesso, non produce effetti tangibili.

Il 'problema Ginosa' può trovare soluzione solo in un'ottica che si fonda su di una mentalità progettuale in senso largo. Ginosa ha bisogno di una 'grande' vision che sia in grado di attrarre l'interesse di capitali pubblico/privati, di un progetto ideativo che racconti uno scenario a lungo termine verso cui tutte le azioni devono tendere. Il Politecnico di Bari durante due anni di studi e ricerche ha provato a tracciare una strada promuovendo l'idea del Parco delle eccellenze manifatturiere di Puglia.

( [https://www.youtube.com/watch?v=taB5FrTIJ\\_c&t=195s](https://www.youtube.com/watch?v=taB5FrTIJ_c&t=195s) )

Luigi BLOISE

Parco Nazionale del Pollino

Abstract

Il Parco nazionale del Pollino dal Settembre 2015 è entrato a far parte della rete Europea e Globale dei Geoparchi (EGN/GGN) riconosciuta quale programma ufficiale dell'Unesco. Programma Internazionale delle Geoscienze e dei Geoparchi. Gli UNESCO Global Geoparks sono aree geografiche singole, delimitate da un unico confine continuo, dove i siti e i paesaggi di valore geologico internazionale sono gestiti secondo un approccio integrato per quanto concerne la tutela, l'educazione e lo sviluppo sostenibile.

Il territorio del Pollino Geoparco Mondiale UNESCO salvaguarda uno degli ambienti più straordinari del patrimonio naturale italiano, caratterizzato da una grande diversità paesaggistica e dalla presenza di interessanti realtà storico-culturali. Caratteristica principale dell'ambiente Pollino e la sua straordinaria geodiversità e, l'evoluzione geologico-geomorfologica dei territori, rappresenta il primo e fondamentale punto di partenza su cui poi si è impostata e sviluppata l'enorme e eccezionale biodiversità e la grande ricchezza storico-antropologica e culturale del territorio, che rende questa zona panoramica, lungo i confini calabresi e lucani, così altamente attraente.

La grande varietà geologica e geomorfologica presente nel Geoparco, distribuita su un territorio di grande estensione, ha fatto ritenere utile suddividere i 69 geositi (singole peculiarità geologiche) individuati, raggruppandoli per forme geologico-geomorfologiche simili e aree geografiche omogenee (Sistemi). Tale metodo ha permesso di correlare meglio i geositi con le peculiarità non geologiche presenti su un territorio molto vario e diversificato, esteso fra due Regioni e con culture e tradizioni diversificate. I 9 sistemi territoriali individuati indicano anche le peculiarità non geologiche correlate ai geositi localizzati nel sistema di riferimento, e i livelli di protezione relativamente alla zonizzazione del Piano per il Parco e alle altre normative vigenti sul territorio.

Tra i 69 geositi individuati vi è la Grotta del Romito che ricade nel territorio del comune di Pappasidero(CS), in un'ampia incisione valliva lungo le pendici sud-occidentali del sistema montuoso del Pollino, La Grotta del Romito è uno dei più importanti giacimenti preistorici dell'Italia meridionale. L'importanza del sito nell'ambito delle documentazioni preistoriche è legata all'imponenza della stratigrafia, alla ricchezza delle evidenze archeologiche e alle potenzialità d'informazioni per la ricostruzione dell'ambiente e delle attività delle comunità che abitarono il sito alla fine del Paleolitico e nel Mesolitico, e, occasionalmente, durante il Neolitico.

**TUTELARE E VALORIZZARE IL SOTTOSUOLO. LA RICOSTRUZIONE 3D  
DELLA MINIERA DI GROTTA DELLA “BUCA DELLA FAINA DI POGGIO ALL’AIONE”**

D. BROCCINI<sup>1</sup>, L. DERAIGNONE<sup>2</sup>, E. POGGETTI<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Parchi Val di Cornia S.p.A, via Lerario, 90, 57025 Piombino, Italia; <sup>2</sup>Gruppo Speleologico Maremmano CAI, via Papa Giovanni XXIII, 58100 Grosseto, Italia  
E-mail referente: broccini@parchivaldicornia.it

Abstract

Lo sfruttamento dei giacimenti metalliferi nella zona del Campigliese è stato attivo, anche se a fasi alterne, almeno dall'epoca etrusca e fino al 1979. Ancora poco sappiamo della fase di sfruttamento dei giacimenti nell'età del rame (fine III millennio a.C.), fase attestata dai ritrovamenti di scorie e forni fusori nell'entroterra di San Vincenzo. Ad oggi sono ancora visibili centinaia di tracce relative ad operazioni minerarie etrusche, medievali e moderne. Molte cavità presenti in quest'area possono essere definite “miniere di grotta”, data la loro peculiarità di cavità carsiche naturali, esplorate ed ampliate artificialmente in varie epoche per la ricerca di minerali metalliferi.

Le emergenze minerarie più importanti e facilmente accessibili, ricadenti all'interno dell'areale del Parco Archeominerario di San Silvestro, sono state nel tempo valorizzate ed aperte al grande pubblico, con lo scopo di raccontare la lunga storia mineraria che ha interessato questo territorio. Le altre testimonianze materiali più difficilmente accessibili sono state comunque rilevate e descritte.

Da un anno è stata avviata una nuova fase di attività volta a favorire la tutela e la valorizzazione delle tracce minerarie più difficilmente accessibili. Nello specifico le attività previste riguardano la realizzazione di nuove campagne fotografiche, ricostruzioni tridimensionali e video dei contesti più interessanti dal punto di vista geologico, minerario ed archeologico e la messa in sicurezza, con strutture a basso impatto, delle miniere di grotta più facilmente accessibili, per consentire l'ingresso di piccoli gruppi di visitatori.

Una di queste è sicuramente la Buca della Faina di Poggio all'Aione, miniera di grotta antica. Il gruppo di lavoro ha sviluppato una ricostruzione tridimensionale della Buca, rilevando la cavità in maniera totalmente non invasiva, grazie al metodo della fotogrammetria. In questa miniera di grotta, come in altre dell'area, l'utilizzo di un classico laser scanner sarebbe stato estremamente difficoltoso, dato che le dimensioni di questo tipo di strumenti li rendono in genere non adatti al trasporto in pozzi e gallerie stretti e tortuosi, che spesso presentano tratti verticali e diametri inferiori al metro.

I dati raccolti hanno consentito di sviluppare un primo modello 3D ed un video che mostra lo sviluppo interno della miniera di grotta. Nel video sono stati introdotti modelli di figure umane al fine di mostrare le corrette proporzioni della cavità e le possibili tecniche di estrazione e modalità d'uso minerario in epoche antiche.

L'intento è di elaborare ulteriormente il modello 3D acquisito in modo da perfezionare il video già prodotto e permettere una sorta di "visita virtuale" della miniera di grotta per attività di tipo didattico e divulgativo. Tutto il materiale multimediale, video e modello tridimensionale, verrà inoltre condiviso online consentendo ai visitatori, sia direttamente sul territorio, che in modalità remoto, di comprendere lo sviluppo dell'attività mineraria nelle varie epoche storiche ed apprezzare il valore culturale dei siti ancora visibili nell'area.

Tali materiali, realizzati non solo con la competenza tecnica di chi esegue le foto e i rilievi 3D, ma anche con la conoscenza della realtà che si va a ritrarre, offrono la possibilità di una lettura del contesto approfondita e mirata alla divulgazione.

La tutela e la valorizzazione di contesti sotterranei di interesse culturale, come la Buca della Faina di Poggio all'Aione, dipendono infatti dalla loro fruibilità e, dove possibile, accessibilità. La sensibilità del grande pubblico può essere attivata solo se rendiamo "visibile" ciò che "si nasconde" nel sottosuolo.

## LA CITTÀ DI SHAHROOD (IRAN) ED IL SUO APPROVVIGIONAMENTO IDRICO TRAMITE I QANAT

Ezio BURRI<sup>1</sup>, Andrea DEL BON<sup>2</sup>, Faramarz DOULATI ARDEJANI<sup>3</sup>, Angelo FERRARI<sup>4</sup>, Gholam Hossein KARAMI<sup>5</sup>, Pietro RAGNI<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Università di L'Aquila, Dip. MESVA; CNR, Istituto di Metodologie Chimiche, Area di Ricerca Roma 1, Italia; <sup>2</sup>Membro del gruppo di ricerca "Qanat Project", Italia; <sup>3</sup>Scuola di Tecnica Mineraria, Collegio di Ingegneria, Università di Teheran, Iran; <sup>4</sup>CNR, Istituto di Metodologie Chimiche, Area di Ricerca Roma 1, Italia; <sup>5</sup>Università Tecnologica di Shahrood, Facoltà di Scienze della Terra, Shahrood, Iran

### Abstract

La città di Shahrood è ubicata nel settore settentrionale del deserto del Kavir ad un'altitudine di 1345 s.l.m.) lungo il tracciato di una delle Vie della Seta, area nord-orientale dell'Iran nella provincia di Semnan. Sebbene attualmente l'approvvigionamento idrico derivi da un più moderno sistema di pozzi e di acquedotti, sino al recente passato tale funzione era svolta da un complesso sistema di qanat, in parte ancora efficienti e produttivi, in grado di fornire oltre un terzo delle necessità richieste da una popolazione di circa 210,000 abitanti. L'attuale configurazione è così strutturata: il qanat è lungo complessivamente circa 25 km, suddiviso nella zona di captazione in due rami (Tash e Mojen) lunghi circa 5 km ciascuno, successivamente i due rami di adduzione idrica confluiscono in un'unica galleria, che attualmente è intubata per ovviare a problemi di stabilità e garantire l'approvvigionamento idrico alla città.

L'opera idraulica è stata ricavata all'interno dei depositi alluvionali ed alluvio-colluviali vallivi, tranne le ultime centinaia di metri ricavati nel calcare. Dell'outlet del qanat è stata conservata la struttura a pettine originaria destinata a parcellizzare gli adacquamenti. Le acque sotterranee attualmente una volta venute a giorno vengono deviate verso l'impianto di potabilizzazione, prima dell'immissione nell'acquedotto di distribuzione cittadino.

Nelle zone attraversate dal qanat sono presenti altre strutture idrauliche analoghe, il cui sviluppo è stato realizzato a profondità differenti, oltre che secondo diverse direttrici, con l'intento di drenare per quanto possibile in modo omogeneo ed efficace la circolazione idrica sotterranea. In particolare nell'ultima parte del percorso del qanat, nel tratto in cui esce dalla valle principale dirigendosi in una secondaria, si osservano numerose altre strutture di adduzione idrica sotterranea, trasversali all'andamento del citato qanat, che si dirigono verso una incisione morfologica presente nel rilievo calcareo che separa tale valle da quella in cui si è sviluppata la cittadina di Shahrood. Tali strutture ipogee erano

probabilmente destinate principalmente all'approvvigionamento agricolo. L'importanza di tale sistema, attualmente abbandonato, era tale da giustificare la presenza di un ampio edificio in adobe destinato probabilmente al controllo degli shaft dei diversi rami di qanat presenti. L'importanza della citata valle secondaria come risorsa idrica è testimoniata, anche oggi, dalla presenza di quattro pozzi di approvvigionamento idrico integrativo delle acque del qanat di Shahrood.

Il consistente ricorso, negli ultimi decenni, ai pozzi trivellati per sopperire ai vari fabbisogni idrici ha messo in crisi, il vecchio sistema di drenaggio ipogeo sotterraneo sub-orizzontale.

Antonella CALDERAZZI\*, Rosa PAGLIARULO\*\*, Francesca STRAFELLA\*\*\*

\*Dipartimento di Ingegneria Civile e dell'Architettura. Politecnico di Bari; \*\*CNR. Istituto di Ricerca Protezione idrogeologica. Bari; \*\*\*Ingegnere urbanista

### Abstract

Nell'ambito delle tematiche relative alla progettazione del sottosuolo, oggetto anche di un PRIN (Programmi di Ricerca di Interesse Nazionale) sono state individuate le linee guida per il recupero e la valorizzazione degli ipogei sia urbani che extraurbani ed è stato possibile formulare modelli di sperimentazione progettuale tenendo conto di tutte le variabili al contorno dovute alla complessità dei siti.

Le forme del paesaggio pugliese sono variabili e disegnano un composito panorama geografico nel cui ambito si distinguono diverse aree caratterizzate da peculiarità geomorfologiche delimitate da confini orografici. Essendo la Puglia costituita essenzialmente da depositi carbonatici caratterizzati da diffuse morfologie carsiche, è una delle regioni a più elevata densità di ipogei con alta valenza archeologica e storico-artistica, attualmente in stato di conservazione precario, per cui, in alcuni casi viene obliterata la lettura completa dell'insediamento stesso. Il patrimonio ipogeo, molto complesso e articolato, è basato su una pluralità di processi insediativi e culturali di epoche e connotazioni diverse, strettamente integrati nel tessuto edilizio attuale.

Le ricerche svolte hanno riguardato, con approccio multidisciplinare e multiscala, le diverse problematiche relative alle tipologie di ipogei, analizzando la loro ubicazione, genesi, il sistema di integrazione con la città e il possibile recupero funzionale.

Il metodo di indagine è stato di tipo deduttivo. A seguito dell'analisi effettuata mediante schedatura di siti presi in esame nel territorio di Canosa di Puglia, Gravina di Puglia e Palagianello, sono stati individuati alcuni ipogei significativi in funzione della genesi, tipologia, quota sul l.m.m., condizioni ambientali e climatiche e potenzialità di recupero al fine di sostenere al meglio la progettualità e ipotizzare una loro riconversione ad attività contemporanee.

I modelli insediativi ipogei più comuni in base alla loro genesi sono di due tipi: quelli con sviluppo in verticale e quelli in orizzontale. Se opportunamente valorizzate e messe in relazione con il livello stradale, le aree del sottosuolo possono contribuire attivamente allo sviluppo di spazi urbani e favorire la trasformazione del territorio in un ben più vasto processo di controllo e rinnovamento della forma del paesaggio mediterraneo. La riqualificazione degli ipogei diviene proposta di fruibilità e uso di luoghi con funzioni diverse, attraverso un modo nuovo di vivere lo spazio tra quote fortemente differenti, tra esterno ed interno, tra spazi in luce e spazi in ombra, tra memoria e quotidianità.

**GLI IPOGEI DI SAN DANA (LE).  
UN SISTEMA RUPESTRE MARGINALE NEL SALENTO MERIDIONALE**

Stefano CALÒ<sup>1</sup>, Daniela LONGO<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Gruppo speleologico leccese 'Ndrónico - Cell. 3296175239; <sup>2</sup>Università del Salento  
calostefano@hotmail.it

**Abstract**

Il fenomeno degli insediamenti rupestri, ben attestato non solo in Puglia ma in tutta l'Italia meridionale, con notevoli legami culturali anche con diverse zone del bacino del Mediterraneo, è oggetto di studio sin dagli anni Settanta. Grazie alle ricerche condotte da Cosimo Damiano Fonseca è stato possibile delineare il quadro degli insediamenti in rupe medievali del Basso Salento. La penisola salentina, con le sue piccole alture collinari definite Serre, ha offerto, nel corso del tempo, notevoli opportunità alle comunità umane per la creazione di insediamenti a carattere rupestre o ipogeo, ed è proprio lungo i crinali di queste colline che si sono sviluppati i contesti più particolari come villaggi e chiese rupestri, insediamenti rurali di vario tipo spesso caratterizzati da cavità o ipogei adibiti allo sfruttamento e alla lavorazione delle risorse. Il lavoro offre un contributo alla definizione e all' identificazione del panorama rupestre storico del Salento meridionale; attraverso la metodologia del field survey, è stato possibile individuare, in un contesto già conosciuto per le sue "peculiarità rupestri e ipogee", nuove cavità artificiali che sono state contestualizzate nel tessuto rurale e per le quali è stato possibile dare un' interpretazione sul loro uso nel corso del tempo e una valutazione circa il loro stato attuale di conservazione.

Elisabetta CARNABUCI<sup>1</sup>, Stefano CALÒ<sup>2</sup>, Elettra SANTUCCI<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Sovrintendenza Capitolina ai Beni Culturali - Tel. 0667105969; <sup>2</sup>Gruppo speleologico leccese 'Ndrónico; <sup>3</sup>Roma Sotterranea  
elisabetta.carnabuci@comune.roma.it

#### Abstract

L'immenso patrimonio archeologico della città di Roma resta a volte nascosto all'interno di siti che nel tempo sono divenuti ipogei, frequentemente di difficile accesso. Le attuali tecniche di rilievo fotogrammetrico permettono di ottenere modelli tridimensionali con immagini fotografiche dettagliate, rendendo tali ambienti virtualmente accessibili per scopi legati alla ricerca e alla fruizione. In occasione della mostra dal titolo: "Traiano. Costruire l'impero, creare l'Europa", grazie anche al supporto della Sovrintendenza Capitolina ai Beni Culturali, è stato prodotto un elaborato 3D degli ambienti ipogei Privata Traiani Domus, per la realizzazione di video rendering destinati al grande pubblico. Grazie alle nuove tecnologie la conoscenza del sito, ubicato nel sottosuolo del Colle Aventino, viene restituita alla collettività. I prodotti ottenuti rappresentano un primo passo per la valorizzazione del sito archeologico, sono uno strumento utile per il monitoraggio indiretto del bene e permettono inoltre la realizzazione di elaborati di dettaglio finalizzati a futuri interventi di riqualificazione e restauro.

## LA VALORIZZAZIONE DEL PATRIMONIO MINERARIO IPOGEO DI ETÀ PREINDUSTRIALE DELL'AREA SUDORIENTALE DELLA PROVINCIA DI LIVORNO

Giovanna CASCONE\*, Alessandra CASINI\*\*, Luca TINAGLI\*, Antonio BORZATTI\*\*\*

\*Gruppo Speleologico Archeologico Livornese; \*\*Parco Nazionale Colline Metallifere;  
\*\*\*Museo di Storia Naturale del mediterraneo di Livorno

### Abstract

Il Museo di Storia Naturale del Mediterraneo di Livorno studia dal 1986, in collaborazione con il proprio gruppo speleologico (Gruppo Speleologico Archeologico Livornese), gli antichi siti ipogei di coltivazione del Fe, Cu e Pb-(Ag) dell'area sudorientale del territorio provinciale. Quest'area è caratterizzata da attività minerarie presenti sicuramente sin dall'età del Rame fino agli anni '70 del XX secolo. Un territorio unico nel suo genere dove le importanti attività estrattive condotte dall'età etrusca al periodo medievale, fino al XVI secolo, non sono state distrutte da lavori di età moderna, rappresentando così un patrimonio culturale la cui tutela e valorizzazione può permettere la conoscenza delle capacità scientifiche e tecniche delle antiche maestranze minerarie, l'organizzazione del lavoro nell'antichità e la rilevanza di questo territorio nell'approvvigionamento dei metalli di rame, piombo e argento nelle epoche storiche.

Il censimento e l'esplorazione di questi siti ha inizio nell'ambito del progetto di ricerca intrapreso da Riccardo Francovich del Dipartimento di Storia delle Arti ed Archeologia dell'Università di Siena, negli immediati dintorni dello scavo archeologico del castello medievale di Rocca di San Silvestro, e per diversi anni vengono sostenute anche dalla Regione Toscana attraverso la L.R.T. n.20/84 "Norme e sviluppo della Speleologia". Le ricognizioni, partendo da questo sito archeologico, si estendono da subito su un'areale più ampio, di circa 25 km<sup>2</sup> ricadente nei Comuni di Campiglia Marittima, Castagneto Carducci, San Vincenzo, Sassetta e Suvereto, evidenziando come le coltivazioni minerarie antiche, non interessate cioè da riprese e ricerche di età industriale, fossero molto più diffuse di quanto si immaginasse, dando così luogo al censimento di oltre 200 ingressi di miniere, delle quali 62 sono state rilevate ed accertate.

Nel 1996 una piccola parte di questo territorio minerario (450 ettari) viene valorizzato attraverso l'istituzione del Parco Archeologico Minerario di San Silvestro, parco appartenente al sistema dei Parchi della Val di Cornia, gestito da una Spa costituita dai 5 Comuni del territorio che proprio in quegli anni si rende promotrice della richiesta di istituzione di vincolo archeologico per la miniera "Buca del Biserno", uno tra i siti ipogei più importanti e complessi tra quelli da noi esplorati e documentati, e per la miniera "Buca dei

Manienti" , oggetto quest'ultima di una vera e propria indagine di scavo "interno" che ha permesso di datarne le attività al periodo medievale.

A più di 30 anni dall'inizio di queste ricerche, incoraggiati anche dal recente interesse manifestato per quest'area anche dal Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università di Pisa, il MSNM ha fatto ingresso nella rete mineraria nazionale Re.Mi. (Rete Nazionale dei Parchi e Musei Minerari coordinata dall'ISPRA) intendendo valorizzare questi siti mediante strumenti didattici e divulgativi adatti e consoni sia all'ambiente epigeo che ipogeo, sia alle diverse utenze di riferimento, così da contribuire alla valorizzazione consapevole di questo patrimonio scientifico e storico culturale la cui esistenza è stata quasi completamente rimossa dalla memoria storica delle comunità locali.

Tra le difficoltà per la valorizzazione di questi ambienti vi è senz'altro l'andamento prevalentemente verticale delle miniere, difficilmente affrontabile da non addetti ai lavori, nonché la frequente ubicazione degli ingressi in proprietà private, spesso coincidenti con i concessionari delle attuali attività estrattive, molto diffuse in questa zona. Infine non è semplice stimolare la sensibilità politica verso investimenti di riscoperta della storia e delle funzioni di un territorio, nonostante le evidenti potenziali ricadute in termini sociali, culturali ed economici.

Primi passi in questo senso sono stati la realizzazione all'interno dell'area museale di Livorno di strumenti didattici quali un diorama raffigurante lo spaccato di una grotta-miniera in grandezza naturale, realizzato con la collaborazione degli studenti del Liceo Classico ad indirizzo archeologico di Livorno, durante le ore di alternanza scuola-lavoro, collegato ad un monitor touchscreen attraverso il quale è rappresentata la descrizione dettagliata di tutti gli elementi del diorama ed è possibile visionare un filmato, della durata di 20', girato all'interno di uno dei siti minerari più complessi ed interessanti. Ulteriori steps prevedono la realizzazione di una sentieristica di superficie che colleghi i principali ingressi minerari, la messa in visita di una miniera tramite allestimento "soft" in termini di progressione in sicurezza, e la realizzazione di rilievi 3D come quello che presentiamo, per visite virtuali didattiche utili a ricercatori e/o a studenti che non possono recarsi direttamente in miniera, e per tour divulgativi di turismo consapevole.

Gianfranco CENSINI\*, Pierpaolo DORE \*, Eleonora DALLOCCHIO\*

\*Gruppo Archeologico Sinalunghese – [gruppoarcheologicosinalunghese@gmail.com](mailto:gruppoarcheologicosinalunghese@gmail.com) – Via G. Mazzini, 27 – 53048 – Sinalunga (SI)

### Abstract

Sinalunga è un comune sul bordo occidentale della Val di Chiana. Il nome derivante dalle parole romane Sinus Longus (Lunga Insenatura) è la testimonianza di un periodo in cui le acque del Torrente Foenna, tributario del Canale Maestro della Chiana, ristagnavano nella piana sottostante. Le acque delle colline, invece, sono state captate con pozzi e gallerie sin da tempi remoti. Questo Cunicolo, di cui si illustrano le caratteristiche è stato scavato intorno al 1265 per collegare un pozzo esistente sin dall'epoca romana nel centro del Castello di Sinalunga con la zona esterna.

Questo collegamento, sulla cui motivazione si possono addurre anche ipotesi paleo ambientali legate alle variazioni climatiche che ci sono state anche in tempi storici, è oggi visitabile lungo un percorso che è stato battezzato il sentiero dell'Acqua.

Il rilevamento di questi spazi ipogei è stato, inoltre, arricchito dalla catalogazione di decine di scritte ed incisioni rupestri, in parte ancora in fase di determinazione da parte di un esperto epigrafista.

Valerio CHIARALUCE

Abstract

Il presente lavoro ha come obiettivo la descrizione degli ambienti ipogei esistenti sotto il crinale dove sorge la villa di San Fortunato (319 m s.l.m.), nel comune di Marsciano (PG) in Umbria. Pur se l'esistenza di questi sotterranei è nota da tempo, sino ad ora non erano stati oggetto di indagine approfondita né tantomeno ne era stato realizzato il rilievo. La ricerca, realizzata tra il 2004 e il 2010 e rimasta inedita, sopperisce a queste lacune. Dall'analisi delle cavità scavate nel banco sabbioso del colle è stato possibile riconoscere alcuni tratti di un acquedotto di epoca romana che è stato intercettato dall'escavazione di un'ampia cantina risalente al XIX sec. e che, in tempi più recenti, è stato parzialmente distrutto da una cava di sabbia. L'acquedotto doveva avere in origine uno sviluppo di circa 400 m e doveva captare l'acqua di vena per condurla ad un sito di utilizzo, probabilmente una villa rustica o un piccolo insediamento, che non è stato ancora identificato.

## GLI IPOGEI DI BAGNOREGIO E CIVITA (VITERBO): UNA RICCHEZZA (QUASI) SCONOSCIUTA

Giovanni Maria DI BUDUO, Valerio CHIARALUCE, Luca COSTANTINI, Tommaso PONZIANI

### Abstract

Alcune centinaia di migliaia di persone ogni anno visitano il borgo di Civita di Bagnoregio (provincia di Viterbo al confine con l'Umbria) ammirandone la straordinaria bellezza paesaggistica, ma praticamente nessuno è a conoscenza dei numerosi e affascinanti ipogei ricchi di storia disseminati nel territorio circostante.

L'assetto stratigrafico e la particolare morfologia, insieme alla fertilità dei suoli, hanno favorito fin dalla preistoria l'insediamento in queste aree da parte dell'uomo, che, come in buona parte dei margini del Distretto Vulcanico Vulsino caratterizzato da mesas e butte, occupava le rupi con abitati difesi naturalmente dalle scarpate tufacee.

Il "Museo Geologico e delle Frane", ospitato nel rinascimentale Palazzo Alemanni a Civita di Bagnoregio, nel perseguire il suo impegno per lo studio, la salvaguardia e la promozione del territorio, ha recentemente realizzato la mostra "Bagnoregio Underground", preceduta da una conferenza, con il patrocinio del Comune e della Soprintendenza Archeologia, Belle Arti e Paesaggio per l'area metropolitana di Roma, la provincia di Viterbo e l'Etruria meridionale. La mostra ha permesso di ordinare e divulgare per la prima volta le attuali conoscenze sugli ipogei artificiali noti nel territorio del comune di Bagnoregio: il materiale utilizzato, con l'aggiunta di nuove valutazioni compiute dai geologi del Museo, proviene in buona parte (soprattutto per quanto riguarda gli acquedotti) dalle ricerche condotte sin dal 2004 dagli archeologi e speleologi dell'associazione culturale Toward Sky di Todi e dallo studio effettuato sull'insediamento produttivo di epoca romana in località Passeano (appena fuori Bagnoregio) dalla Soprintendenza.

La sequenza vulcanica ha spessori variabili da pochi metri ad oltre 40 ed è costituita dal basso da un intervallo di tufi fittamente stratificati e dall' "ignimbrite di Orvieto-Bagnoregio", un bancone tufaceo da flusso piroclastico, prevalentemente litoide, che proprio per le ottime caratteristiche meccaniche è stato oggetto, a partire dall'epoca etrusca, dell'escavazione di una vasta gamma di ipogei, molto diversi per forme e dimensioni, funzionali a tutte le necessità della vita umana: in 2500 anni si sono scavati pozzi, cisterne ed acquedotti per approvvigionarsi d'acqua (l'acquedotto del Cannellone al di sotto di Bagnoregio è ancora parzialmente in funzione), cave e miniere per estrarre minerali (presso la frazione Vetriolo e in località Guadaiona dove l'attività estrattiva è andata di pari passo con lo sviluppo di un abitato rupestre rimasto in uso sino agli anni '50), trafori stradali e camminamenti per spostarsi da un luogo ad un altro (come la grotta dei Ghiri e il tunnel

sotto Civita), magazzini e cantine per conservare i beni, stalle e colombaie per allevare gli animali, abitazioni rupestri per ripararsi dalle intemperie, botteghe e luoghi di produzione per lavorare, butti per smaltire le immondizie, tombe per seppellire i morti, edicole ed oratori per adempiere al sacro. Dallo studio effettuato è emerso che la maggior parte degli ipogei di estensione più limitata e di proprietà privata, in particolare nella frazione Civita, versano mediamente in buono stato di conservazione, ma solo laddove essi sono riutilizzati per attività commerciali (es. ristoranti, enoteche, case vacanze) o annessi a dimore abitate. Quasi tutti gli ipogei più grandi invece, come l'acquedotto delle Fontane Secche e le miniere di Vetriolo e della Guadaiona, versano in stato di abbandono e presentano diverse problematiche inerenti l'accessibilità e la stabilità in alcuni tratti più o meno estesi.

Tali siti, in particolare il suddetto acquedotto, rappresentano potenzialmente un valido e interessante ampliamento dell'offerta turistica dell'area, finora limitata ad un turismo di massa mordi e fuggi a Civita; essi devono pertanto essere ulteriormente studiati, adeguatamente protetti, valorizzati, e resi fruibili alla collettività con un'accorta progettualità che ne sappia preservare e rendere apprezzabile in maniera sostenibile il fascino e la lunga storia che li caratterizza. Uno studio approfondito e capillare di questa architettura sotterranea permetterebbe inoltre di approfondire la conoscenza e quindi comprendere meglio gli oltre duemila anni di storia degli insediamenti umani nel territorio di Bagnoregio.

**MONITORAGGIO DELLE CAVITÀ SOTTERRANEE DI ROMA.  
ASPETTI DI PERICOLOSITÀ E DI CONSERVAZIONE DELLA BIODIVERSITÀ**

Eugenio DI LORETO<sup>1</sup>, Lorenzo LIPERI<sup>1</sup>, Stefania NISIO<sup>2</sup>, Ivana PIZZOLI<sup>1</sup>, Federica ROSCIOLI<sup>3</sup>, Elena SANTINI<sup>1</sup> & Alessandra TOMMASINI<sup>4</sup>

<sup>1</sup>REGIONE LAZIO; <sup>2</sup>ISPRA; <sup>3</sup>Associazione Teriologica Italiana – Gruppo italiano ricerca chiroterri; <sup>4</sup>Tutela Pipistrelli onlus

Abstract

La città di Roma è interessata da un tessuto artificiale di reti caveali sviluppatesi all'interno delle formazioni piroclastiche, dovute all'attività dei distretti vulcanici dei Colli Albani e dei Monti Sabatini, che nel corso dei secoli sono state oggetto di attività estrattiva di materiali per l'edilizia e/o di scavi in sotterraneo nelle catacombe, nei colombari storici e in numerosi ipogei. La presenza di questi vuoti artificiali, spesso in cattivo stato di conservazione, determina situazioni di pericolosità in vari quartieri e circoscrizioni di Roma, determinando crolli e sgrottamenti in profondità, che possono interessare edifici, strade ed infrastrutture. Le aree maggiormente interessate dalla presenza di queste cavità sono state segnalate in numerosi studi bibliografici ed indicate in apposite cartografie.

Alcune di queste cavità svolgono anche la funzione di habitat per numerose specie di Chiroterri, caratteristiche di ambienti ipogei ed oggetto di una protezione rigorosa ai sensi della Direttiva 92/43/CEE "Habitat".

La Direzione Regionale Risorse Idriche, Difesa del Suolo e Rifiuti, nell'ambito delle attività istituzionali, rilascia il parere di compatibilità geomorfologica (ai sensi dell'art. 89 DPR 380/01) propedeutico all'approvazione degli strumenti urbanistici nonché alla realizzazione di opere che interagiscono con la componente suolo e sottosuolo. In particolare, nelle aree dove è segnalata la presenza di una diffusa rete caveale, si richiede al soggetto proponente di verificare preliminarmente l'esistenza di cavità sotterranee nell'area di intervento. Nel caso di rinvenimento deve essere realizzato un idoneo piano di studio, finalizzato alla verifica di stabilità statica delle pareti e delle volte, e, solo successivamente eventuali progetti di bonifica e di stabilizzazione delle stesse.

La Direzione Regionale Ambiente e Sistemi Naturali, in attuazione dell'art.11 della Direttiva 92/43/CEE "Habitat" e della DGR 497/2007, ha costituito nel 2014 la Rete Regionale di Monitoraggio dei Chiroterri (ChiroNet). La Rete ha come obiettivo principale quello di delineare un profilo di tendenza delle popolazioni di Chiroterri a livello regionale, attraverso lo svolgimento di attività di controllo dei siti noti per la presenza delle specie, che, nel caso di Roma, possono coincidere con grotte e cavità sotterranee presenti nel sottosuolo urbano.

Tutti i dati raccolti vengono inseriti in un Data Base dedicato, funzionale sia alla verifica nel tempo dello stato di conservazione dei Chiroteri, sia alle scelte gestionali finalizzate ad ottimizzare le azioni di salvaguardia dei Chiroteri.

Stante la particolare situazione di pericolosità dell'area romana e di vulnerabilità ambientale delle cavità sotterranee le strutture regionali interessate stanno predisponendo le seguenti azioni: "per tutti i progetti ricadenti in aree con potenziale presenza di cavità , vanno eseguite apposite indagini geologiche e prove di stabilità; inoltre, deve essere effettuata una verifica della presenza di specie di Chiroteri e la conseguente segnalazione alla Rete ChiroNet."

Anna Maria DI MAIO<sup>1</sup>, Gaetano BORDONE<sup>2</sup>, Maria GIOMPAPA<sup>2</sup>, Claudio MIRAGLIA<sup>2</sup>, Luciano ARENA<sup>3</sup>

<sup>1</sup>laurea in Storia, laurea Specialistica in Valorizzazione dei Beni Archeologici, e-mail: annamariadimaio@ymail.com ; <sup>2</sup>geologo, libero professionista ; <sup>3</sup>geologo, gruppo speleologico siracusano

### Abstract

Siracusa è, dopo Roma la città con il più rilevante patrimonio sotterraneo, dotata di una caratteristica geomorfologica particolare, ha favorito lo sfruttamento del sottosuolo, sin dalle sue origini.

In periodo greco e romano, sul territorio furono diffuse le “latomie” ipogee (cavità sotterranee per lo sfruttamento della pietra) e anche opere sotterranee di natura idraulica (longitudinali e verticali), come pozzi, acquedotti e cisterne realizzati per la captazione, la veicolazione e la raccolta dell’acqua.

L’evidenza antropica delle latomie ipogee e delle altre opere sotterranee ci regala un paesaggio incantevole, fatto di pareti e volte lapidee, di vele cristalline, stalattiti e stalagmiti, di pozzi e acqua sorgiva, ma anche di piante e di giardini.

Nel caso particolare del quartiere Ortigia, gli ipogei erano collegati tra loro, facilitandone l’accesso in caso di fuga, necessità o rifugio.

Molte di queste cavità, dopo il loro abbandono, sono state reimpiegate per favorire lo sviluppo cimiteriale. Le preesistenze idrauliche hanno accolto per secoli loculi, tombe e sarcofagi, accompagnate di una cospicua quantità di pitture parietali.

Queste cavità artificiali rappresentano un complesso straordinario variamente utilizzato nel tempo, un importante patrimonio da tutelare e valorizzare, per la natura delle rocce nelle quali sono state scavate, per quello che contengono e per l’uso che ne è stato fatto.

La carta di sintesi con la rappresentazione “geolocalizzata” degli ipogei è il risultato del lavoro congiunto di varie competenze, con l’obiettivo di plasmare in un’unica soluzione le caratteristiche geologiche e antropiche di questo territorio. Lo stato di fatto degli ipogei è un punto di partenza per valorizzare questo immenso patrimonio attraverso la fruizione pubblica, compatibile con la conservazione del bene e l’utilizzo didattico del patrimonio sotterraneo.

**CONSERVAZIONE ALIMENTARE IN AMBIENTE IPOGEO.  
L'ESEMPIO DELLE CAVE IN SOTTERRANEO DELLA VAL DI NON**

A. GALGARO<sup>1,2</sup>, M. CULTRERA<sup>1</sup>, M. DE CARLI<sup>3</sup>, A. DE LULLO<sup>5</sup>, M. FAURI<sup>4</sup>, S. DAZ<sup>1</sup>, G. DALLA SANTA<sup>5</sup>, S. COLA<sup>5</sup>, P. SCOTTON<sup>1</sup>, F. CONFORTI<sup>6</sup>, A. FUGANTI<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Dip. Geoscienze; Università di Padova; <sup>2</sup>CNR-IGG Uos Padova; <sup>3</sup>DII; Università di Padova; <sup>4</sup>DICAM; Università di Trento; <sup>5</sup>DICEA; Università di Padova; <sup>6</sup>Tassullo Materiali Spa; Tassullo (TN)

Abstract

Notoriamente nella storia dell'uomo, il sottosuolo ha sempre rappresentato nel passato luogo di conservazione alimentare, sia per le favorevoli condizioni di temperatura che per il suo ruolo di protezione dagli insetti nocivi.

Tali ambienti sotterranei possiedono infatti caratteristiche spesso idonee alla conservazione di generi alimentari deperibili anche di lungo periodo, grazie alle particolari condizioni di inerzia termica, tipiche dell'ambiente ipogeo, ed alle generali condizioni termogrometriche che li caratterizzano.

La favorevole condizione litostratigrafica, idrogeologica e geo-strutturale delle cave in sottosuolo (il cui materiale estratto è costituito da dolomia giurassica) attive per la coltivazione di materiali per l'edilizia rendono il sito di studio, in località Rio Maggiore, Val di Non (TN), particolarmente adatto al suo impiego quale volume di stoccaggio alimentare e delle mele in particolare. La virtuosa filiera che qui coniuga l'attività di cava in sottosuolo con il contemporaneo utilizzo degli ambienti di scavo, costituisce una eccellenza ed un esempio di rilievo internazionale.

Attualmente sono stoccate all'interno delle cave circa 30000 tonnellate di mele con un raddoppio previsto entro il 2018.

Un impianto di questo tipo è unico al mondo in quanto la società Melinda-Tassullo, ideatrice e finanziatrice dell'opera, si è dimostrata pioniera a livello industriale nell'unire la frigoconservazione ipogea al controllo dell'atmosfera.

L'atmosfera controllata necessita infatti che le cavità scavate nella roccia non siano soggette a fughe di gas (l'elevato tasso di N<sub>2</sub> e CO<sub>2</sub> e il ridotto tenore di O<sub>2</sub> devono rimanere inalterati) e che non risentano di infiltrazioni idriche. A tal fine uno speciale materiale cementizio, impermeabile anche ai gas, è stato prodotto ad hoc ed impiegato nel rivestimento delle cavità.

Le analisi geologico-tecniche, condotte allo scopo di valutare la fattibilità dell'opera e le condizioni di sicurezza, hanno previsto una verifica delle condizioni di stabilità

dell'ammasso roccioso, anche in relazione agli effetti termomeccanici indotti dai processi di climatizzazione ipogea, oltre ad uno studio delle condizioni idrogeologiche e termofisiche locali, condotto, quest'ultimo, mediante l'impiego di modellazione FEM. Tali studi vengono qui presentati, corredati da validazioni dei modelli termici, basate sui dati di monitoraggio registrati durante le fasi di stoccaggio nelle cavità.

Dai risultati ottenuti nel presente studio e dal primo periodo di stoccaggio, si evidenzia un rilevante risparmio energetico ed economico rispetto alla conservazione in ambiente epigeo. Inoltre, la concreta possibilità di recupero di ambienti sotterranei qui dimostrata, evidenzia la potenzialità di rivalorizzazione delle varie tipologie di cavità preesistenti (cave, miniere (anche storiche), cavità carsiche), altrimenti destinate all'abbandono ed al degrado.

Da quanto emerso dalla esperienza e dagli studi qui condotti, si può dedurre che l'impiego del sottosuolo per lo stoccaggio di alimenti, richiedendo ridotti dispendi energetici per la conservazione anche pluri-stagionale, consentendo di preservare nel tempo le qualità organolettiche del cibo, ed evitando l'occupazione di territorio in superficie con magazzini spesso di grandi dimensioni, potrà costituire una delle future virtuose pratiche finalizzate all'attuazione delle politiche di risparmio energetico e di miglioramento della sostenibilità ambientale della produzione industriale.

L. GRASSI, M. PLACIDI

Abstract

Gli Autori hanno curato per l'Associazione Centro Ricerche Speleo Archeologiche-Sotterranei di Roma il progetto di recupero, ricerca storica, allestimento didattico e gestione turistica per la riapertura al pubblico delle strutture blindate sotterranee realizzate nel parco di Villa Torlonia a Roma per la protezione della famiglia Mussolini durante la Seconda Guerra Mondiale. L'Associazione, in Convenzione con la Sovrintendenza Capitolina, ha organizzato le visite per due anni (dal novembre 2014 al novembre 2016). La relazione illustra la genesi di questa inedita collaborazione tra Amministrazione pubblica e associazioni culturali private, mettendo in luce gli ottimi risultati ottenuti - oltre 12 mila visitatori - che fanno dell'esperienza di Villa Torlonia il principale esempio di riferimento in Italia per la valorizzazione di bunker e rifugi antiaereo in ambito urbano.

Vincenzo LANDI\*, Rosario SANTANASTASIO\*\*

\* Ing., Direttore Tecnico, Elleseitalia - Società di Servizi di Ingegneria e Geologia S.r.l.;

\*\*Geol., Segretario Nazionale Archeoclub d'Italia Onlus

### Abstract

Ai piedi dell'imponente castello di Baia poderosa fortezza ancora oggi presente nel Golfo di Napoli sorge il forte a mare che fu costruito per potenziare le capacità offensive del Castello. Infatti, per la sua altezza sul livello del mare il Castello di Baia non poteva esercitare una efficace difesa marittima. Un ponte ad arcate ancora esistente, univa ed unisce ancora oggi il forte alla zona bassa del Castello alla quale si perviene percorrendo una piccola strada che termina nel piazzale di ingresso presso la seconda porta di quest'ultimo. Del forte a mare esistono ancora oggi le strutture murarie con conformazione planimetrica a pianta quadrangolare. Il materiale costruttivo caratterizzante la struttura è tipico dei luoghi, in particolare muratura in blocchi di tufo giallo Napoletano (15k) intervallati in filari di mattoni pieni, quest'ultimi con il compito di ottenere una maggiore uniformità nella distribuzione dei carichi e conferire maggiore resistenza alle parti più sollecitate dell'edificio. La struttura è poggiante su un'antica peschiera i cui ruderi risultano ancora visibili in parte. In un'incisione del 1586 è possibile individuare i moli della peschiera prima del loro inabissamento associabili ai fenomeni bradisismici.

## IL RECUPERO E LA VALORIZZAZIONE DEL RIFUGIO ANTIAEREO DEI SAVOIA A VILLA ADA, ROMA

Adriano MORABITO<sup>1</sup>, Roberta TESSARI<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Associazione Roma Sotterranea; <sup>2</sup>Restauratrice – Associazione Roma Sotterranea

### Abstract

Nel folto del bosco di Villa Ada si trova il rifugio antiaereo, meglio conosciuto come il bunker, della famiglia Savoia. Costruito fra il novembre 1942 e il maggio 1943, fu usato dalla famiglia reale già a partire dal primo bombardamento di Roma, il 19 luglio 1943, e fino all'8 settembre, quando, all'indomani dell'armistizio, i Savoia si allontanarono dalla capitale.

Caduto in uno stato di totale degrado, anche perché rimasto in una porzione della Villa che per decenni fu oggetto di un contenzioso fra l'ex famiglia reale e lo Stato italiano, il bene è stato oggetto di un bando promosso dalla Sovrintendenza Capitolina ai beni Culturali, finalizzato al suo recupero e alla successiva ordinaria manutenzione e valorizzazione. Il soggetto aggiudicatario, l'Associazione Roma Sotterranea, ha quindi sottoscritto la convenzione e nel settembre 2015 ha iniziato i lavori, nei quali sono stati impegnati, a titolo volontario, i soci dell'Associazione. Più di 3.000 ore di lavoro si sono rese necessarie per il restauro dei danni causati da vandali e writers, dall'alto tasso di umidità e dal degrado dovuto a decenni di completo abbandono.

La presenza di superfici e strutture eterogenee - mattoni, stucchi, pietre, elementi in ceramica, parti in metallo e pareti intonacate -, alcune delle quali fortemente compromesse, ha obbligato a diverse tipologie di intervento.

Le attività di restauro hanno seguito i principi di conservazione e rivalutazione della struttura. Il restauro dei materiali il cui degrado ha reso impraticabile la conservazione, ha seguito la linea delle ricostruzioni d'arredi, attraverso le quali è stato possibile recuperare una lettura d'insieme.

Gli interventi di carattere conservativo hanno rispettato la "reversibilità dell'intervento": le aggiunte e le integrazioni introdotte con il restauro conservativo possono infatti essere rimosse, sia per i materiali usati, sia perché rese riconoscibili.

L'apertura al pubblico il 24 marzo 2016 ha visto l'inizio di una serie di iniziative, non limitate alle sole visite guidate, ma all'utilizzo dello spazio per mostre d'arte, performance musicali ed eventi-spettacolo di carattere storico.

Lorena MUSOTTO\*

\*Architetto e dottore di ricerca in Progettazione Architettonica e Tecnologie innovative per la sostenibilità ambientale, Università degli Studi di Napoli “Federico II”, cell. 3283747741, e-mail: arch.lorena@gmail.com

#### Abstract

L'intervento si articolerà in due parti. La prima parte (introduttiva) si propone di analizzare le soluzioni insediative ipogee e rupestri sviluppate nelle zone aride e semiaride del deserto e del bacino del Mediterraneo. Si indagheranno le ragioni che hanno indotto l'uomo, in alcuni casi, a preferire forme di architettura sottrattiva, a scavare e modellare le pareti dei pendii o il sottosuolo per adattarvi luoghi di culto, necropoli, abitazioni, luoghi di produzione e conservazione del cibo, etc.

La seconda parte prevede un inquadramento generale del fenomeno insediativo rupestre e ipogeo che interessa l'Italia meridionale. In particolare, ci si soffermerà su alcuni casi studio della Sicilia. Nel versante occidentale delle Madonie, nel comune di Alia in provincia di Palermo, si trovano – scavate all'interno di un costone roccioso di arenaria rossastra – le grotte della Gurfa, un insediamento venuto alla ribalta recentemente, anche per le implicazioni di carattere mitologico, avanzate da alcuni studiosi, relative all'imponente ambiente a forma di tholos scavato all'interno del costone roccioso.

Una maggiore diffusione del fenomeno rupestre si riscontra, tuttavia, nella porzione di territorio che dalle pendici occidentali dell'Etna si estende a sud-est/sud-ovest dei Monti Nebrodi per proseguire verso i monti Erei e ancora più a sud verso gli Iblei. Si citano, a titolo di esempio, gli insediamenti rupestri di Sperlinga, Cava d'Ispica e Pantalica. Meno noto, ma altrettanto interessante, è l'abitato rupestre di Chiafura nel comune di Scicli. Abitato sino alla soglia degli anni '60 del XX secolo, questo insediamento fu progressivamente abbandonato in seguito ai provvedimenti legislativi varati dal governo italiano per l'eliminazione delle abitazioni malsane.

La rilettura critica degli insediamenti rupestri, soprattutto quelli ad uso abitativo, ha fatto emergere aspetti e caratteristiche del vivere rupestre finora ancora poco indagate. Ad essere oggetto di studio non è più soltanto l'insediamento in sé, ma il sistema e le regole insediative che l'uomo ha adottato per trasformare le condizioni di ostilità climatica e ambientale, di alcune regioni del Mediterraneo, in opportunità di sviluppo ed elaborazione di modelli sociali e di strategie condivise per la gestione del territorio e delle risorse e di soluzioni tecnico-costruttive più adatte alle varianti climatiche e ambientali locali.

Nella parte conclusiva dell'intervento, l'Autrice, mira quindi a far riflettere sulla necessità di ritornare ad osservare i modelli insediativi del passato per produrre una nuova progettualità che tenga conto delle necessità contemporanee ma più coerente con l'identità e la cultura costruttiva locale, e sull'importanza di valorizzare e rendere fruibile questo prezioso patrimonio storico-artistico-culturale, sede della memoria storica, delle conoscenze e dei saperi tradizionali, prima che l'azione del tempo ne determini il definitivo collasso.

Giovanni NOTO

#### Abstract

La città di Agrigento, grazie alla sua millenaria storia, presenta un patrimonio sotterraneo di notevolissimo interesse, costituito da cavità artificiali che localmente sono conosciute come gli "Ipogei di Agrigento": sono essenzialmente strutture cunicolari scavate dall'uomo, in periodi diversi, nella stessa roccia con la quale sono stati edificati i monumenti della città e buona parte del suo centro storico: cavità meandriche, pozzi e grandi cameroni scavati nella calcarenite giallastra al di sotto dell'antico centro di Akragas e sotto lo splendido paesaggio della Valle. Le fonti storiche fanno risalire al 480 a.C. il periodo in cui vennero iniziati i lavori di realizzazione di queste strutture ipogee, ossia quando nell'antica Akragas giunsero, dopo la battaglia di Imera, un elevatissimo numero di schiavi cartaginesi impiegati nei lavori più massacranti quali appunto il taglio delle pietre e la costruzione dei condotti sotterranei. Alcuni ipogei, come quelli presenti nella zona del Santuario Rupestre di Demetra ed altri ancora presenti nel centro storico, si pensa siano stati realizzati in epoche addirittura precedenti. La maggior parte di queste cavità, per tipologia, ubicazione e sviluppo planimetrico, furono realizzate per assolvere all'atavico fabbisogno di acqua, tipico delle nostre terre: altre cavità, caratterizzate dalla forma spiccatamente tronco-conica, vennero sfruttate per immagazzinare derrate alimentari mentre altre come vere e proprie cave sotterranee di conci di calcarenite. A questa ultima tipologia è assimilabile la più imponente cavità presente nel sottosuolo agrigentino, l'"ipogeo del Purgatorio" o "Labirinto", così chiamato per le particolari geometrie che caratterizzano questo sistema che consta di ambienti scavati secondo il sistema "a camere e pilastri". Molti sono i casi in cui da una originaria tipologia si passava, con ulteriori riadattamenti, ad una tipologia diversa in periodi successivi. Queste cavità vennero massicciamente rivalutate durante il periodo bellico della prima e seconda guerra mondiale, quando durante i bombardamenti vennero sfruttate come rifugi, soprattutto durante le incursioni aeree. Alcuni ipogei sono già inseriti in un circuito turistico e gestiti dalla associazione Agrigento Sotterranea Onlus, quali l'ipogeo della Kolymbetra nella Valle dei templi e ipogeo Vescovado nel cuore del centro storico della città. Altri saranno in procinto di esserlo a breva mentre di notevole interesse è una cisterna a forma di campana svasata, oggetto di prossimi lavori di intervento di consolidamento e restauro.

Andrea SASSO

Regione Lazio – Ente Monti Cimini–Riserva Naturale Lago di Vico

Abstract

La Riserva del Lago di Vico è stata istituita nel 1982 ed è pertanto una delle prime aree protette regionali ad essere state istituite.

Comprende l'intera caldera policentrica del lago vulcanico omonimo e presenta un elevato valore di geodiversità. L'ultima fase vulcanica del distretto in cui è situata si è esaurita tra 95 e 90.000 anni fa, momento in cui si è innalzato nella caldera l'edificio di Monte Venere (851 m) sulla cui sommità si apre la cavità d'origine vulcanica più ampia della regione, frequentata sin dal primissimo neolitico.

La millenaria attività umana ha lasciato nella zona numerose testimonianze, in particolare cavità negli strati di origine ignimbratica anche molto estese, tra cui acquedotti, pozzi, miniere, saggi estrattivi, stalle, cave, forse abitazioni.

Dal 2017, in collaborazione con gli esperti della Commissione Nazionale Cavità Artificiali della Società Speleologica Italiana, afferenti alla ASSO e al Centro Ricerche EGERIA, l'Ente ha iniziato il censimento delle cavità presenti nell'area e alla valutazione di tali ambienti in funzione delle comunità animali troglofile e troglobie in esse rilevate.

Oltre ai parametri ambientali si stanno recentemente valutando le potenzialità turistiche insite nella valorizzazione e fruizione di alcune di queste strutture.

Altro elemento di interesse geologico sul quale da qualche anno la Riserva sta puntando per tutelare e valorizzare le proprie risorse è la presenza di una serie incredibile di minerali micro e criptocristallini all'interno delle rocce vulcaniche: una serie di iniziative di "citizen science" ha posto sotto i riflettori le meraviglie dei cristalli locali, alcuni dei quali scoperti per la prima volta proprio nell'area vulcanica di Vico.

S. STERPA

Abstract

Il progetto, che si vuole presentare al Convegno Ipogei Roma 2017, è il risultato di varie sinergie che tra il 2013 sino ad oggi vedono coinvolti rispettivamente la Soprintendenza Archeologia, Belle Arti e Paesaggio per l'area Metropolitana di Roma la Provincia di Viterbo e l'Etruria Meridionale, nella figura della responsabile del territorio la dott.ssa Alessia Argento, l'Associazione Archeotuscia, di cui fa parte del direttivo colei che vi scrive, la società Trust di Scopo Sostratos nella figura del dott. Lorenzo Benini, finanziatore degli scavi archeologici, nonché la dott.ssa Sterpa Simona direttrice dello scavo archeologico come anche di tutte quelle attività rivolte per lo più alla conservazione, manutenzione, fruizione e promozione dello stesso sito archeologico.

Si tratta di una necropoli rupestre sita a circa un chilometro dell'antica cittadina etrusca di Norchia e che fa parte integrante della monumentale necropoli del centro meglio conosciuta grazie ai noti scavi condotti dal professor Giovanni Colonna lungo il versante del Pile A, B, C, D. In effetti, il lavoro che si svolge nella località Guado di Sferracavallo potrebbe essere considerato come il proseguo dell'indagine archeologica lungo il versante tra il Pile ed il Biedano che sta restituendo importanti e differenti configurazioni tipologiche tombali, tutte interamente realizzate scavando il tufo esistente. Per tali motivi si è pensato a questo convegno come un luogo idoneo per esporre le ultime novità investigative. Le indagini archeologiche sono iniziate nel 2013 e proseguono ogni anno con campagne di scavo che sino ad ora hanno posto in luce circa 6 tombe con differenti strutture, sia a deposizioni singole che familiari, che si prevede, inoltre, valorizzare e renderle fruibili al pubblico.

Nel 2013 si è riportata alla luce, su concessione di scavo della allora Soprintendenza per i Beni Archeologici dell'Etruria Meridionale, la Tomba di Vel (GdS 01) con il suo corredo intatto ed in situ; nel 2014-2015, ripulendone il dromos, si è evidenziato un secondo breve corridoio che conduce a una piccola sepoltura a camera (GdS 02), ancora con la sua pietra di chiusura e undici vasi in ceramica all'interno. Lo stretto collegamento tra le due tombe lascia supporre un legame, probabilmente di parentela, tra gli inumati. Tra giugno e luglio 2016 i lavori di scavo su concessione sono proseguiti nell'area che si trova a destra della Tomba a Casetta, dove sono state scavate altre due tombe (GdS 03 e 04), sempre ricavate nella parete rocciosa, una presentava all'interno ben 55 sepolture. Mentre quest'anno sono state recuperate altri due ipogei tra cui una con circa 22 sepolture al suo interno che

coprono un arco cronologico molto ampio che va dalla fine del IV-III sec a.C. sino alla prima età imperiale.

Il “Progetto Norchia ’16 – ’18” non si conclude con il recupero e la conservazione delle tombe riportate alla luce ma si struttura in maniera tale da proseguire con la valorizzazione sia del materiale recuperato dalle tombe sia della fruizione degli stessi ipogei attraverso l’organizzazione di eventi culturali, visite guidate di archeo trekking e tutto quanto possa essere considerato utile allo scopo di promuovere, divulgare e rendere accessibile e fruibile il sito. Mentre nel primo caso si sono restaurati, almeno per il momento, due dei 4 corredi funerari incontrati intatti ed in situ che verranno prossimamente esposti nel Museo Civico di Viterbo.

Per quanto detto credo che sia interessante poter inserire questo nostro progetto all’interno del Convegno Ipogei Roma 2017 potendosi inserire perfettamente all’interno della sezione relativa alla valorizzazione e fruizione passando per il recupero, scavo e successiva conservazione di questi importanti ipogei etruschi di epoca ellenistica.

Pietro TODARO

Vicepresidente di SIGEA Sicilia

Abstract

La costituzione idrogeologica della Piana di Palermo, ricca di acque di falda freatica, e la facilità e sicurezza degli scavi nella roccia calcarenitica dell'acquifero, hanno consentito fin dall'Antichità il diffondersi della pratica di scavare pozzi per gli usi irrigui, potabili e produttivi della città. Sono migliaia i pozzi storici disseminati in tutta la Piana, nell'area del centro storico e nel nucleo urbano antico, nello stato di abbandono, interrati e, talora, ancora attivi. La gran parte sono divenuti nel tempo discariche sotterranee ricolme di terre e detriti di riporto, oltre a contenere una quantità spesso abbondante di frammenti fittili (terracotta e ceramica). Questi pozzi denominati "butti" e "iectaturi" (in siciliano) sono studiati e utilizzati dagli archeologi per la datazione stratigrafica relativa "post quem" del manufatto. La generale uniformità litologica e stratigrafica della formazione affiorante (definita nella nomenclatura ufficiale "Calcareniti di Palermo" del Pleistocene inferiore) e la straordinaria continuità d'uso temporale di questa pratica non hanno comportato sostanziali modifiche e trasformazioni tipologiche nella forma e nelle dimensioni, né nelle tecniche di scavo e nello stile dei pozzi. Con il presente lavoro s'illustrano e condividono i risultati di una prima indagine geologico-archeometrica sistematica e comparativa, condotta su un centinaio di pozzi rinvenuti in vari cantieri edili, finalizzata alla loro classificazione e datazione sulla base del dato tecnologico delle caratteristiche dimensionali in pianta e del contesto geomorfologico. In particolare di ogni pozzo si è considerato il rapporto geometrico lunghezza/larghezza, che ne descrive la forma planimetrica, il cui variabile valore può fornire informazioni sul tipo e funzione del pozzo (pozzo idrico, noria e senia, qanat, etc), ipotizzando che a ciascuna forma possa corrispondere una diversa epoca di scavo e di datazione nell'incrocio con il dato archeologico sui reperti fittili, nel tentativo di associare a ogni tipo un periodo d'uso.

Stefano VANNINI

Direttore della Concessione Mineraria Terme di Porretta (Comune di Alto Reno Terme – BO)

Abstract

Le sorgenti termali di Porretta (Comune di Alto Reno Terme, Provincia di Bologna) sono conosciute ed apprezzate fin dal II secolo dopo Cristo. Le acque termali sgorgano in più punti del territorio oggetto della concessione mineraria e posseggono caratteristiche chimico-fisiche differenti: tale diversità è alla base di quell'ampio spettro di applicazioni in campo medico e curativo che, nel corso dei secoli, ha reso famosa Porretta nel panorama del termalismo italiano. I primi studi sulla loro composizione e sugli effetti benefici che ne derivano iniziarono già nel 1300. Da allora le ricerche sono proseguite e continuano tuttora per ampliare le conoscenze del giacimento e delle caratteristiche geologiche e strutturali dell'ammasso roccioso dal quale le sorgenti sgorgano. Molto utili allo scopo risultano tre gallerie scavate nella seconda metà dell' '800 e nei primi anni del '900 nella roccia e ancora fruibili per studi e monitoraggi. Le particolari condizioni ambientali (presenza di metano e idrogeno solforato, assenza di illuminazione naturale, scarsità di ossigeno) hanno fatto delle gallerie una tipologia di cavità sicuramente singolare, un ambiente dove le condizioni chimico-fisiche costituiscono importanti fattori limitanti che conferiscono all'ecosistema un grande interesse scientifico. Nel panorama nazionale non risultano attualmente note o descritte situazioni analoghe. Per le loro caratteristiche litologiche le rocce perforate (Arenarie di Suviana – SUV – sedimenti torbiditici depositi tra l'Oligocene ed il Miocene Inferiore) non presentano particolari problematiche di stabilità. Nella presentazione vengono descritte le attività di ricerca, monitoraggio e valorizzazione delle sorgenti e del particolare habitat presente nelle gallerie, attività sostenute con interesse e determinazione dal titolare della concessione di coltivazione del giacimento termale. Si studiano gli aspetti geostrutturali dell'area (in assetto tettonico alquanto complesso), idrogeologici (ancora non completamente certo il percorso di risalita dei fluidi idrotermali), idrochimici (i 28 elementi disciolti si presentano in concentrazioni differenziate nel tempo), microbiologici ed ambientali (notevole è l'ecosistema ipogeo presente in ambiente estremo). La ricerca multidisciplinare avviene attraverso una rete di specialisti di varia provenienza e status, raccolti nel cosiddetto "Cenacolo delle Sorgenti" e coordinati dalla Direzione Mineraria. Sono coinvolte in questa avventura tre università (UNIBO, UNIFI, UNIMORE), due Associazioni scientifiche (Unione Speleologica Bolognese, Associazione Fulvio Ciancabilla)

ed anche volontari, fra cui alcuni dipendenti dell'Azienda termale. Gli studi effettuati negli ultimi tre anni hanno raggiunto obiettivi significativi, alcuni dei quali vengono illustrati nell'articolo assieme alle metodiche adottate nella campagna di approfondimento avviata. Una delle gallerie, scavata nella seconda metà del 1800 ed opportunamente messa in sicurezza, è aperta al pubblico con un piano di visite guidate tendenti a far conoscere le meraviglie del sottosuolo e le caratteristiche geologiche e microbiologiche di un ambiente ipogeo particolare. Esperienza utile altresì per sensibilizzare una platea più ampia possibile verso il termalismo ed i suoi benefici effetti. Anche di questa attività, che ha avuto un lusinghiero successo (1400 presenze in tre anni) si dà conto nell'articolo.

### **Comitato Scientifico**

Gioacchino Francesco Andriani (Università di Bari)  
Mario Bentivenga (Università della Basilicata – Sigea)  
Claudio Berardi (Regione Basilicata)  
Michele Betti (Comm. Nazionale Cavità Artificiali – Società Speleologica Italiana)  
Francesca Bozzano (Università di Roma La Sapienza)  
Giovanni Bruno (Politecnico di Bari – Sigea)  
Gennaro Capasso (Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Meridionale)  
Raffaele Carbone (Sigea)  
Nicola Casagli (Cattedra UNESCO, Università di Firenze)  
Riccardo Pietro Castellanza (Università degli Studi di Milano Bicocca)  
Angelo Corazza (Dipartimento Protezione Civile – Sigea)  
Giancarlo Ciotoli (CNR – IGAG)  
Vera Corbelli (Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Meridionale)  
Eugenio Di Loreto (Regione Lazio – Sigea)  
Claudio Di Prisco (Politecnico di Milano)  
Francesco Faccini (Università di Genova – Sigea)  
Gianluca Ferri (Ufficio Dissesti Idrogeologici e Sottosuolo Comune di Roma)  
Antonello Fiore (Autorità di Bacino della Puglia – Sigea)  
Alessandro Flora (Università di Napoli)  
Carla Galeazzi (EGERIA Centro Ricerche Sotterranee – Hypogea – Sigea)  
Daniele Giordan (CNR – IRPI)  
Giuseppe Gisotti (Sigea)  
Maurizio Lanzini (Sigea)  
Giacchino Lena (Sigea)  
Lorenzo Liperi (Regione Lazio)  
Piernicola Lollino (CNR-IRPI)  
Endro Martini (Alta Scuola – Sigea)  
Luciano Masciocco (Università di Torino – Sigea)  
Roberto Mazza (Università Roma Tre)  
Mario Mazzoli (ASSO – Hypogea)  
Antonio Monte (CNR – IBAM)  
Adriano Morabito (Roma Sotterranea – Hypogea)  
Stefania Nisio (Ispra)  
Mario Parise (Università di Bari – Sigea)  
Gabriele Ponzoni (CNG)  
Alessandro Reina (CNG – Politecnico di BA)  
Gabriele Scarascia Mugnozza (Università di Roma La Sapienza)  
Giuseppe Spilotro (Università della Basilicata – Sigea)  
Arcangelo Francesco Violo (CNG – Consiglio Nazionale dei Geologi)

### **Segreteria organizzativa**

Eugenio Di Loreto  
Ilaria Falconi  
Antonello Fiore  
Carla Galeazzi  
Giuseppe Gisotti  
Maurizio Lanzini  
Arcangelo Francesco Violo