

Geologia dell'Ambiente

Periodico trimestrale della SIGEA
Società Italiana di Geologia Ambientale



Supplemento al n. 4/2018
ISSN 1591-5352

Atti del convegno nazionale

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

Roma, 1 dicembre 2017

A cura di
FRANCESCA BOZZANO
EUGENIO DI LORETO
STEFANIA NISIO
MARIO PARISE



Società Italiana di Geologia Ambientale

Associazione di protezione ambientale a carattere nazionale riconosciuta dal Ministero dell'ambiente, della tutela del territorio e del mare con D.M. 24/5/2007 e con successivo D.M. 11/10/2017

PRESIDENTE
Antonello Fiore

CONSIGLIO DIRETTIVO NAZIONALE

Danilo Belli, Lorenzo Cadrobbi, Franco D'Anastasio (*Segretario*), Daria Durante (*Vicepresidente*), Antonello Fiore (*Presidente*), Sara Frumento, Fabio Garbin, Enrico Gennari, Giuseppe Gisotti (*Presidente onorario*), Gioacchino Lena (*Vicepresidente*), Luciano Masciocco, Michele Orifici, Vincent Ottaviani (*Tesoriere*), Angelo Sanzò, Livia Soliani

Geologia dell'Ambiente Periodico trimestrale della SIGEA

Supplemento al n 4/2018
Anno XXVI - settembre-dicembre 2018

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

DIRETTORE RESPONSABILE
Giuseppe Gisotti

COMITATO SCIENTIFICO

Mario Bentivenga, Aldino Bondesan, Giancarlo Bortolami, Giovanni Bruno, Giuseppe Gisotti, Giancarlo Guado, Gioacchino Lena, Giacomo Prosser, Giuseppe Spilotro

COMITATO DI REDAZIONE

Fatima Alagna, Federico Boccalaro, Giorgio Cardinali, Francesco Cancellieri, Valeria De Gennaro, Fabio Garbin, Gioacchino Lena, Maurizio Scardella

REDAZIONE

SIGEA: tel. 06 5943344
Casella Postale 2449 U.P. Roma 158
info@sigeweb.it

PROCEDURA PER L'ACCETTAZIONE DEGLI ARTICOLI

I lavori sottomessi alla rivista dell'Associazione, dopo che sia stata verificata la loro pertinenza con i temi di interesse della Rivista, saranno sottoposti ad un giudizio di uno o più Referees

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

PUBBLICITÀ SIGEA

STAMPA
Industria grafica Sagraf Srl, Capurso (BA)

La quota di iscrizione alla SIGEA per il 2018 è di € 30 e da diritto a ricevere la rivista "Geologia dell'Ambiente". Per ulteriori informazioni consulta il sito web all'indirizzo www.sigeweb.it

Sommario

Introduzione

ANTONELLO FIORE E ARCANGELO FRANCESCO VIOLI

9

SESSIONE A CENSIMENTO E CATALOGAZIONE CAVITÀ

Catasto speleologico nazionale delle cavità artificiali (CA). Classificazione, interventi di tutela e monitoraggio conseguiti grazie ai dati speleologici e prospettive future
MICHELE BETTI, ROBERTO BIXIO, CARLA GALEAZZI, SANDRO GALEAZZI, CARLO GERMANI, MARIO MAZZOLI, MARCO MENEGHINI, GIOVANNI BELVEDERI, MARIO PARISE, STEFANO SAJ

13

L'inventario delle cavità di origine antropica e la Banca Dati Territoriale online del territorio della Città Metropolitana di Napoli

PAOLO MARIA GUARINO, ROBERTA CARTA, DANIELA MARIA ANTONIA, MAURO ROMA, ROCCO MARI, MARCO SORAVIA, PAOLA NAPOLITANO, GIUSEPPE PALMA, FORTUNATO SGARIGLIA, ANTONIO SANTO

19

Primo contributo alla realizzazione della Carta delle Cavità Sotterranee di Roma

FABRIZIO BISCONTI, GIANCARLO CIOTOLI, GIANLUCA FERRI, ROBERTO FIORE, MAURIZIO LANZINI, STEFANIA NISIO, MAURO ROMA, RICCARDO PAOLUCCI, IVANO STRANIERI, CLAUDIO SUCCHIARELLI, MAURIZIO ALLEVI

25

Cavità sotterranee nell'area portuense a Roma
CIANFRIGLIA LAURA, MATTEUCCI RENATO, ROSA CARLO, SEBASTIANI RENATO

33

Le cavità sotterranee scomparse di Roma: la catacomba di San Felice scomparsa sulla Via Portuense
GIANCARLO CIOTOLI, STEFANIA NISIO

48

Le cave di pozzolana a Roma e nel territorio nelle fonti archivistiche settecentesche ORIETTA VERDI, GIANLUIGI GIANNELLA, CARLO ROSA	57
Cave sotterranee nel Colle Aventino. Cartografia storica, documenti di archivio e nuove indagini geoarcheologiche LETIZIA RUSTICO, ROBERTO NARDUCCI	63
Note preliminari sulle indagini speleologiche e geologiche dell'acquedotto "Fontana" di Velletri (Roma) PIO BERSANI, CARLO GERMANI, CARLA GALEAZZI, RUGGERO BOTTIGLIA, SANDRO GALEAZZI	72
Il censimento delle cavità naturali e artificiali della Riserva Naturale Regionale Lago di Vico (Viterbo) ANDREA SASSO	76
Censimento e catalogazione delle cavità di origine antropica mediante prospezioni geofisiche integrate nell'area de "Il Piano" (Isola d'Elba, Italia) MARIA DI NEZZA, MICHELE DI FILIPPO, FLAVIO CECCHINI, SIRO MARGOTTINI, CARIS DE MARTINO, VERONICA PAZZI, TOMMASO CARLÀ, FEDERICA BARDI, FEDERICO MARINI, KATIA FONTANELLI, EMANUELE INTRIERI, RICCARDO FANTI	81
Censimento e interesse storico e speleologico delle fortificazioni militari della Nurra (Sardegna) PIERPAOLO DORE, ELEONORA DALLOCCHIO	91
Censimento e mappatura della rete di cavità che sottende il paese di Castelnuovo, San Pio delle Camere (AQ) FEDERICA DURANTE, GIORGIO PIPPONZI, EMANUELE DEL MONTE, ALESSANDRO GHINELLI, VIDAN ILIC, MARCO NOCENTINI, MARCO TALLINI	95
Altamura memoria del paesaggio: le cave per l'estrazione del materiale lapideo. Dal censimento alla valorizzazione dei percorsi dell'industria estrattiva EMMA CAPURSO, TERESA NINIVAGGI, GIOVANNI RAGONE	103
Cavità sotterranee di origine antropica in Francia MARIA LUISA FELICI	108

SESSIONE B ANALISI DELLA PERICOLOSITÀ TERRITORIALE

Ricostruzione del modello tridimensionale
di una cavità sotterranea nel Complesso Monumentale
dei SS. Marcellino e Festo (Napoli) mediante l'utilizzo
di laser scanner manuale

VINCENZO ALLOCÀ, ANNA CLAUDIA ANGRISANI, SILVIO CODA,
MARIA DANZI, PANTALEONE DE VITA, UMBERTO DEL VECCHIO,
DIEGO DI MARTIRE, DOMENICO MASSA, GIANLUCA MININ,
GIOSAFATTE NOCERINO, DOMENICO CALCATERRA

113

Le acque nelle cavità sotterranee di Roma
PIO BERSANI, STEFANIA NISIO, LUCA PIZZINO

117

Il fattore *nshape* dei pilastri di cave sotterranee
e il loro fattore di sicurezza a compressione desunto
da analisi di regressione multivariata
Giovanni Bruno

126

Analisi sistemica per una valutazione
della suscettibilità al dissesto di territori dell'Agro
Nolano (provincia di Napoli) con presenza di cavità
antropiche in tufo
GIANFRANCO CACCAVALE, DOMENICO CALCATERRA,
MASSIMO RAMONDINI

135

Analisi contestuale di cavità di origine antropica nel
Parco Archeologico delle Terme di Baia (Campania, Italia)
MARCO CORVI, NORMA DAMIANO, PAOLO MARIA GUARINO,
IVANA GUIDONE

155

Nuove metodologie di rilievo di ambienti ipogei
tramite laser scanner: l'esempio di una cavità
artificiale in provincia di Napoli
MARIA DANZI, UMBERTO DEL VECCHIO, GIANLUCA MININ,
VALENTINA BARONE

164

Relazioni tra caratteristiche petrografiche e parametri
geotecnici nelle rocce tenere carbonatiche in Puglia
VINCENZO FESTA, ANTONIO FIORE, MARIA NILLA MICCOLI,
LUIGI SPALLUTO

168

Considerazioni sulla stabilità morfologica della cavità
rocciosa che ospita l'eremo (IX sec) dedicato a San
Michele Arcangelo – Monti Aurunci (Lazio Meridionale)
PAOLO MIELE

185

Criteri di verifica dei pilastri di cave di pozzolana abbandonate MARCO MIZZONI, GIANLUIGI GIANNELLA, FILIPPO VIRGILI, EUTIZIO VITTORI	195
Analisi geostrutturale su nuvola di punti acquisita con laser scanner 3d: applicazione alla Grotta di Cocceio, Bacoli (Campania, Italia) MARCO PAGANO, BIAGIO PALMA, MARIO PARISE, ANNA RUOCCH	201
Studio numerico parametrico per la definizione di abachi per la valutazione preliminare della stabilità di cavità sotterranee in calcarenite tenera MICHELE PERROTTI, PIERNICOLA LOLLO, NUNZIO LUCIANO FAZIO, LUCA PISANO, GIOVANNA VESSIA, MARIO PARISE, ANTONELLO FIORE, MICHELE LUISI, MARIA NILLA MICCOLI, LUIGI SPALLUTO	209
Analisi speditiva del quadro fessurativo caratterizzante gli ambienti sotterranei della “Ricerca Buca del Serpente” (Campiglia Marittima, Toscana) EMILIO POGGETTI, LUCA TINAGLI	214
Preesistenze di natura antropica in una delle regioni più antiche delle Catacombe dei SS. Marcellino e Pietro a Roma MONICA RICCIARDI, RAFFAELLA GIULIANI, DOMINIQUE CASTEX	219
L'utilizzo di fotografie aeree dell'Aerofototeca Nazionale degli anni precedenti l'urbanizzazione del suburbio romano per l'individuazione e catalogazione di cavità di crollo connesse alla evoluzione perniciosa di cavità sotterranee legate ad attività estrattive CARLO ROSA, GIANLUIGI GIANNELLA	225
SESSIONE C TECNICHE E PROCEDURE DI MONITORAGGIO E CONSOLIDAMENTO Le tecniche per operare in sicurezza in spazi confinati applicate nel progetto di studio e recupero “ <i>Forma Aquae Maxentii</i> ” ELETTRA SANTUCCI, LUCA GIRARDO, STEFANO ADORNATO, SUSANNA BASSO	245

- Sviluppi nelle tecniche e tecnologie di indagine e monitoraggio delle cavità in venti anni di applicazione nel laboratorio naturale dell'Orvieto ipogea
ENDRO MARTINI, CLAUDIO SOCCODATO, FILIPPO M. SOCCODATO, ANGELO CELANO, MICHELE CURUNI, VALENTINA ALBANO 252
- Piano per la messa in sicurezza delle cavità sotterranee instabili nel Cratere Sismico Aquilano
GIORGIO PIPPONZI, EMANUELA FERRINI, FRANCESCO MATTUCCI 258
- 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, MARIA DI NEZZA, MICHELE DI FILIPPO, MARIA PIRO, GIOVANNI ROTELLA, FLAVIO CECCHINI, SIRO MARGOTTINI 263
- Nuovi studi sulle necropoli etrusche di Tarquinia (VT) con GPR e Geoelettrica
GRETA BRANCALEONI, SILVIA CASTELLARO, LUIGI PERRICONE 271
- Il metodo B&B ottimizzato per la definizione dell'area tributaria dei pilastri in cave sotterranee
Giovanni Bruno, Luigi Bobbo, Maria Dolores Fidelibus 277
- Monitoraggio e caratterizzazione idrogeologica di alcuni qanat nelle vicinanze della Città di Yazd (Iran centrale)
EZIO BURRI, ANDREA DEL BON, ANGELO FERRARI, HOSSEIN GHAFORI, ALI ASGHAR SEMSAR YAZDI, LABBAF MAJID KHANEIKI, ARNALDO PIERLEONI, PIETRO RAGNI 283
- Gaeta: analisi qualitativa dei fenomeni di instabilità ed interventi per la riqualificazione ambientale della spiaggia di Fontania
ILARIA FALCONI 287
- GIS e Drone per la gestione emergenziale delle cavità sotterranee
FILIPPO MASSIMILIANO GAGLIANO 294
- Esperienze nell'impiego di aeromobili a pilotaggio remoto nell'esplorazione, documentazione e monitoraggio di cavità artificiali sotterranee
MARIO MAZZOLI, ISIDORO BONFÀ, FRANCESCO MARSALA 300
- Esplorazione e documentazione di cavità artificiali sommerse: rischi, cautele esplorative, procedure consolidate in ambito speleo subacqueo
MARIO MAZZOLI, CARLA GALEAZZI, MARCO VITELLI 304

Consolidamento di cavità e monitoraggio rupe di Orvieto PIERFRANCO VENTURA	310
Analisi di stabilità e progetto esecutivo per la messa in sicurezza di aggrottati nell'area urbana di Ragusa Ibla MICHELE ZOCCHI, CRISTINA LICITRA	315
SESSIONE D VALORIZZAZIONE E FRUIZIONE	
Pollino UNESCO Geoparco Mondiale. Valorizzazione e tutela di una cavità antropica, identificata quale geosito LUIGI BLOISE, EGIDIO CALABRESE	327
Tutelare e valorizzare il sottosuolo. La ricostruzione 3D della miniera di grotta della “Buca della Faina di Poggio all'Aione” (Regione Toscana) DEBORA BROCCINI, LUCA DERAVIGNONE, EMILIO POGGETTI	331
La città di Shahrood (Iran nord-orientale) e il suo approvvigionamento idrico tramite i qanat EZIO BURRI, ANDREA DEL BON, DOULATI ARDEJANI FARAMARZ, ANGELO FERRARI, KARAMI GHOLAM HOSSEIN, PIETRO RAGNI	338
Gli ipogei in Puglia tra conservazione e innovazione ANTONELLA CALDERAZZI, ROSA PAGLIARULO	343
Gli ipogei di San Dana (LE). Un sistema rupestre marginale nel Salento meridionale STEFANO CALÒ, DANIELA LONGO	348
Privata traiani domus. Elaborazioni 3D, ricerca e fruizione ELISABETTA CARNABUCI, FEDERICA MICHELA ROSSI, STEFANO CALÒ, ELETTRA SANTUCCI	356
Il sentiero dell'acqua di Sinalunga GIANFRANCO CENSINI, PIERPAOLO DORE, ELEONORA DALLOCCHIO	363
Il complesso ipogeo in località San Fortunato - Marsciano (PG) VALERIO CHIARALUCE	369

- Potenzialità delle cavità ex-estrattive tra recupero ambientale e nuovi usi: applicazioni nel Parco dell'Appia Antica
PAOLA VERONICA DELL'AIRA, CARLO ESPOSITO, PAOLA GUARINI 374
- Gli ipogei di Bagnoregio e Civita (Viterbo): una ricchezza (quasi) sconosciuta
GIOVANNI MARIA DI BUDUO, VALERIO CHIARALUCE, LUCA COSTANTINI, TOMMASO PONZIANI 381
- Cavità sotterranee di Roma: procedure regionali per la valutazione della pericolosità geologica e attività di monitoraggio e conservazione della biodiversità
EUGENIO DI LORETO, LORENZO LIPERI, STEFANIA NISIO, IVANA PIZZOL, FEDERICA ROSCIOLI, ELENA SANTINI, ALESSANDRA TOMASSINI 387
- Siracusa ipogea: carta di censimento e classificazione dei principali sistemi ipogei di Acradina Neapolis ed Ortigia
ANNA MARIA DI MAIO, GAETANO BORDONE, MARIA GIOMPAPA, CLAUDIO MIRAGLIA, LUCIANO ARENA 392
- Conservazione alimentare in ambiente ipogeo: l'esempio delle cave in sotterraneo della Val di Non
ANTONIO GALGARO, GIORGIA DALLA SANTA, MATTEO CULTRERA, MICHELE DE CARLI, STEFANO DAZ, MARCO FAURI, ALESSANDRA DE LULLO, SIMONETTA COLA, PAOLO SCOTTON, FABRIZIO CONFORTI, ANDREA FUGANTI 403
- 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 412
- Progetto Norchia '16-'18. Scavi nella necropoli di Norchia, (VT), in località Guado di Sferracavallo
SIMONA STERPA 420
- Le gallerie delle sorgenti termali di Porretta: rilievi, monitoraggi, azioni di valorizzazione
STEFANO VANNINI, ALESSANDRO STEFANI 427
- Aspetti geomorfologici e cavità d'origine antropica del territorio dell'Ecomuseo della Tuscia Rupestre (Viterbo)
ANDREA SASSO 435

COMITATO SCIENTIFICO

Gianfranco Andriani (Università degli Studi di Bari)

Mario Bentivenga (Università degli Studi della Basilicata)

Michele Betti (Commissione Nazionale Cavità Artificiali, Società Speleologica Italiana - SSI)

Francesca Bozzano (Sapienza Università di Roma, Dipartimento di Scienze della Terra e Centro di Ricerca - CERI)

Giovanni Bruno (Politecnico di Bari, Società Italiana di geologia Ambientale - Sigea)

Giancarlo Ciotoli (Consiglio Nazionale delle Ricerche, Istituto di Geologia Ambientale e Geoingegneria - CNR-IGAG, Roma)

Eugenio Di Loreto (Società Italiana di Geologia Ambientale - Sigea)

Carlo Esposito (Sapienza Università di Roma, Dipartimento di Scienze della Terra e Centro di Ricerca - CERI)

Gianluca Ferri (Ufficio Dissesti Idrogeologici e Sottosuolo Comune di Roma)

Antonello Fiore (Autorità di Bacino Distrettuale AM, Società Italiana di Geologia Ambientale - Sigea)

Carla Galeazzi (Egeria CRS-Hypogea)

Daniele Giordan (Consiglio Nazionale delle Ricerche, Istituto di Ricerca per la Protezione Idrogeologica, Torino)

Giuseppe Gisotti (Società Italiana di Geologia Ambientale - Sigea)

Maurizio Lanzini (Società Italiana di Geologia Ambientale - Sigea)

Gioacchino Lena (Società Italiana di Geologia Ambientale - Sigea)

Lorenzo Liperi (Regione Lazio)

Piernicola Lollino (Consiglio Nazionale delle Ricerche - CNR-IRPI, Bari)

Luciano Masciocco (Università di Torino, Società Italiana di Geologia Ambientale - Sigea)

Roberto Mazza (Università degli Studi di Roma 3, Dipartimento di Scienze)

Mario Mazzoli (ASSO-Hypogea)

Antonio Monte (Consiglio Nazionale delle Ricerche, Istituto per i Beni Archeologici e Monumentali - CNR-IBAM, Lecce)

Gabriele Scarascia Mugnozza (Sapienza Università di Roma, Dipartimento di Scienze della Terra e Centro di Ricerca - CERI)

Stefania Nisio (Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale - ISPRA)

Mario Parise (Università degli Studi di Bari)

Giuseppe Spilotro (Università degli Studi della Basilicata, Scuola di Ingegneria)

Paolo Tommasi (Consiglio Nazionale delle Ricerche, Istituto di Geologia Ambientale e Geoingegneria - CNR-IGAG, Roma)

Gli atti che presentiamo in questo volume sono il risultato di un percorso che la Sigea e il Consiglio Nazionale dei Geologi, in collaborazione con gli ordini professionali territoriali e altre associazioni culturali, hanno svolto nel corso del 2017. Il convegno nazionale *“Cavità di origine antropica, modalità d’indagine, aspetti di catalogazione, analisi delle pericolosità, monitoraggio e valorizzazione”*, organizzato in sinergia tra la Sigea e il Consiglio Nazionale dei Geologi, è stato preceduto da un percorso di disseminazione e discussione sui temi affrontati in dicembre a Roma.

Nel corso dell’anno, come avvicinamento al convegno nazionale di Roma, sono stati organizzati incontri regionali a Massafra (TA) con l’Ordine dei Geologi della Puglia, l’Ordine degli Architetti PPC della Provincia di Taranto e l’Archeoclub *“Il patrimonio storico culturale delle cavità di origine antropica pugliesi. Analisi delle pericolosità per la giusta valorizzazione”*; a Melfi (PZ) con l’Ordine dei Geologi della Basilicata, l’Ordine degli Architetti PPC della Provincia di Potenza e l’Ordine degli Ingegneri della Provincia di Potenza, Archeoclub *“Il patrimonio storico culturale delle cavità di origine antropica lucane”*; a Orvieto (TR) con l’Alta Scuola e l’Ordine degli ingegneri della Provincia di Terni *“Condizioni di stabilità di cavità ipogee ed edifici storici sovrastanti”*; a Genova con il Centro Studio Sotterranei, la Commissione Nazionale Cavità Artificiali, la Delegazione Speleologica Ligure, l’Ordine Regionale Geologi della Liguria e la Società Speleologica Italiana *“Le cavità artificiali della Liguria, conoscenza, valorizzazione e fruizione tra impatti e rischi”*.

Le cavità sotterranee di origine antropica suscitano notevole interesse, sia dal punto di vista della ricerca scientifica sia dal punto di vista professionale per il supporto che i tecnici professionisti forniscono alle amministrazioni pubbliche e ai privati, per i gravi fenomeni di sprofondamento del suolo indotti dal collasso

improvviso di calotte, pilastri o setti di roccia che costituiscono gli ipogei. Il loro interesse è anche storico culturale che, grazie all’attuazione di politiche di valorizzazione, comportano positive ricadute socio economiche sulle popolazioni locali. Infatti, alcune cavità sono sistematicamente inserite nel tessuto socio/economico e territoriale per l’interesse culturale, storico, paesaggistico e turistico. Molte di esse sono aperte al pubblico per scopi turistici o religiosi (chiese rupestri, santuari, catacombe, frantoi ipogei e cantine).

Sono diverse le regioni italiane (come Lazio, Campania, Puglia, Basilicata, Sicilia, Sardegna, Umbria e Liguria) che vedono la presenza diffusa di cavità di origine antropica che spesso destano grande preoccupazione per la pubblica e privata incolumità.

La ricerca scientifica e gli studi storico-culturali suggeriscono l’adozione di politiche di valorizzazione e utilizzo con ricadute socio economiche importanti. Un utilizzo che non deve trascurare gli aspetti della sicurezza. Questo richiede un forte impegno volto alla definizione delle geometrie dei vuoti sotterranei, dei modelli geologici, dei modelli geotecnici, delle infrastrutture presenti sopra le cavità e dell’uso del suolo nelle aree circostanti, delle analisi di stabilità e del loro controllo e monitoraggio nel tempo.

Le attività convegnistiche intraprese nel corso del 2017, anno in cui, tra l’altro, la Sigea ha festeggiato il suo 25° anno di attività, hanno attivato un percorso di confronto scientifico-culturale-tecnico, rivolto agli addetti ai lavori, su alcuni importanti aspetti legati alle cavità sotterranee di origine antropica, offrendo la possibilità di raccogliere le nuove ricerche e le procedure aggiornate di censimento e valutazione della pericolosità territoriale.

Nello stesso tempo è stata fornita ai professionisti tecnici ogni informazione utile per la messa in sicurezza del territorio e per una valorizzazione consapevole del patrimonio storico-culturale.

Il volume di 440 pagine è strutturato in quattro sessioni come quelle del convegno:

- Censimento e catalogazione delle cavità;
- Analisi della pericolosità territoriale;
- Tecniche e procedure di monitoraggio e consolidamento;
- Valorizzazione e fruizione.

Il volume raccoglie 59 articoli che dimostrano il grande interesse e l’ampia diffusione culturale e geografica dei vari argomenti trattati.

Il nostro ringraziamento va a tutti quelli che con i loro articoli hanno contribuito a questa crescita collettiva che parte dal confronto delle esperienze svolte, al comitato scientifico e ai quattro curatori degli atti che con dedizione, professionalità e passione hanno coordinato i lavori tra gli autori e il comitato scientifico.

A questo volume, disponibile liberamente online, hanno contribuito 199 autori, alcuni dei quali presentando anche più lavori; la riuscita di questa impresa di conoscenza e condivisione della conoscenza è un lavoro articolato e partecipato che necessita del sostegno anche delle Istituzioni. Azioni come queste sono necessarie a rafforzare la cultura della condivisione, della partecipazione che fungono anche da volano per gli aspetti tecnico-professionali con ricadute socio economiche.

Su questo tema, come sugli altri argomenti d’interesse multidisciplinare, si deve partire dalle conoscenze acquisite storico-culturale e tecnico-scientifiche per garantire una valorizzazione degli ambienti ipogei nel rispetto dei principi di sicurezza degli addetti ai lavori e dei visitatori. Sono molte le cavità di origine antropica che, rivestendo un interesse culturale, storico/religioso, paesaggistico/turistico (chiese rupestri, santuari, catacombe, frantoi ipogei, cantine ecc.), rappresentano un potenziale da tutelare e valorizzare.

Ancora grazie a tutti i protagonisti di questo volume e buona lettura.

Le tecniche per operare in sicurezza in spazi confinati applicate nel progetto di studio e recupero “*Forma Aquae Maxentii*”

The techniques to operate safely in confined spaces applied to the project “*Forma Aquae Maxentii*” for the study and recovery of the hydraulic system of Villa Maxentius

Parole chiave (key words): spazio confinato (*Confined space*), ambienti ipogei (*hypogea environment*), sicurezza (*safety*), normativa (*labor law*), Villa di Massenzio (*Villa di Massenzio*)

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. Il complesso 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 confondono come spazi confinati, richiede l'utilizzo di tecniche specifiche per l'accesso, la permanenza, il rilievo e lo scavo, al fine di garantire la sicurezza degli operatori applicando la normativa vigente in materia di salute e sicurezza 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 rendere possibili tali lavorazioni in ambienti 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 video ispezioni 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 possa assicurare il soccorso e recupero dell'operatore in caso di infortunio.

Saranno inoltre trattate le specifiche procedure che necessariamente, attesa la particolarità degli ambienti indagati, devono integrare le comuni tecniche di studio, rilievo e scavo.

The Sovrintendenza ai Beni Culturali del Comune di Roma has launched the “*Forma Aquae Maxentii*” project in collaboration with the Association Roma Sotterranea for the study of the hydraulic system of Villa Maxentius. The complex, located between the second and third Roman mile of the Appian Way, consists of three main buildings: the palace, the dynasty mausoleum and the circus. The suburban imperial estate was erected in the 4th century AD. on previous structures dating back to the Late Republican and the Middle Imperial period, respectively a rustic Villa and the remains of the residential complex built within the vast property that Herodes Atticus possessed in the area: the Pago Triopio.

In 2009 an excavation campaign was carried out by Roma Sotterranea, under the scientific direction of the Sovrintendenza Capitolina and in collaboration with the University of Colorado, on the area of Maxentius' palace, inside and outside the Palatine hall, with the aim of investigating the hydraulic structures

ELETTRA SANTUCCI
LUCA GIRARDO
STEFANO ADORNATO
SUSANNA BASSO

Roma Sotterranea

relevant to the different stages of occupation. At present, investigations have been extended to the area of the dynastic mausoleum and its monumental quadri-porticus in order to identify the meteoric water disposal system.

The study of hypogea, which often take the form of confined spaces, necessitates special techniques for access, occupancy, survey and excavation, in order to guarantee the safety of the operators by applying the regulations of the labour legislation. These techniques are the result of seventeen years of experience by the Association Roma Sotterranea, where basic theories in the field have been refined allowing them to be applied to confined spaces. As part of the risk assessment in underground structures, inspections supported by air sampling as well as video inspections by wireguided robots, are carried out as a preliminary activity. Accident prevention measures are then implemented to ensure safety when accessing as well as for underground operations. Together with these preventative measures, an emergency management plan is put in place to ensure the rescue and recovery of any operator in the event of an accident. Bearing in mind the specific requirements of such an environment, the specific measures must also be integrated with the common techniques of study, survey and excavation of hypogea environments.

PREMESSA

Nel 2009 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.

La campagna di scavo, effettuata da Roma Sotterranea sotto la direzione scientifica della



Figura 1 – Complesso della Villa di Massenzio, vista con inclinazione panoramica (Immagine 2017 Google)

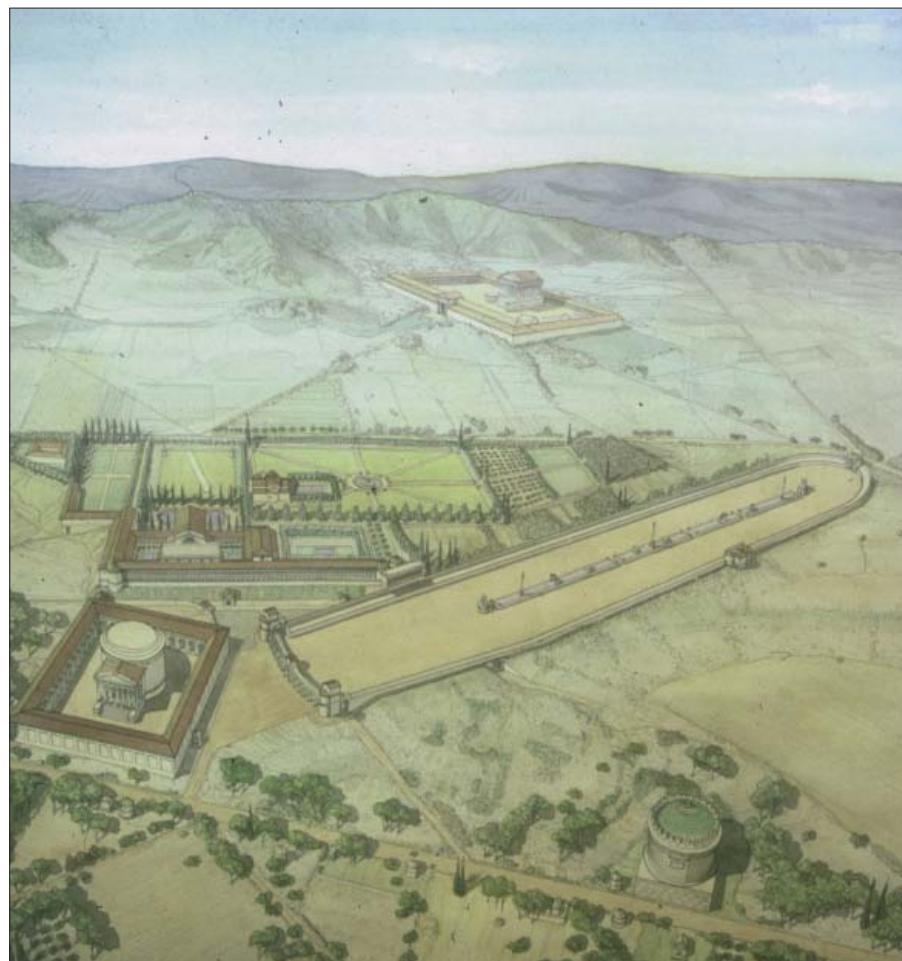


Figura 2 – La Villa di Massenzio secondo la restituzione di J.C. Golvin (PISANI SARTORIO 2008)

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.

Successivamente le indagini sono state estese all'area del Mausoleo dinastico e del portico, al fine di identificare il sistema di smaltimento delle acque meteoriche.

Lo studio di ipogei, che spesso si configura come spazi confinati, al fine di garantire la sicurezza degli operatori applicando la normativa vigente in materia di salute e sicurezza sul lavoro, richiede l'utilizzo di tecniche specifiche per l'accesso, la permanenza, il

rilievo e lo scavo. Roma Sotterranea, grazie a diciassette anni d'esperienza sul campo, ha affinato tali tecniche permettendo il corretto svolgimento delle lavorazioni in ambienti confinati.

INQUADRIMENTO STORICO ARCHEOLOGICO

Il complesso massenziano è una delle aree archeologiche più suggestive della campagna romana. Si estende tra il II e il III miglio della via Appia Antica, ed è costituito da tre edifici principali – il Palazzo, il Circo ed il Mausoleo dinastico – progettati come un'unità architettonica per la celebrazione dell'imperatore Massenzio, l'avversario di Costantino il Grande nella battaglia di Ponte Milvio del 312 d.C. (Fig. 1).

Lo schema del Circo abbinato al palazzo imperiale, già noto in altre residenze tetrarchiche, è qui arricchito dalla presenza di un Mausoleo dinastico, più noto come Tomba di Romolo, che diventa il nucleo principale dell'intero complesso (Fig. 2).

I tre edifici sono stati costruiti assestando e sfruttando la naturale orografia del territorio al fine di evitare grossi lavori di sbancamento e colmature. Il Palazzo venne edificato sui resti delle costruzioni precedenti ed il Circo fu adagiato con andamento ovest-est nell'avvallamento che dalla via Appia Antica risale gradualmente verso l'attuale via Appia Pignatelli (PISANI SARTORIO 2006, DELFINO ROSSI 2013).

I resti delle costruzioni massenziane (Fig. 4) si configurano come l'ultima fase della trasformazione di un'originaria villa rustica repubblicana del II sec. a.C., costruita in una posizione scenografica su un'altura caratterizzata da terrazzamenti, rivolta verso i Colli Albani. Dopo una prima fase risalente al primo impero, nel II sec. d.C. la villa subì una radicale trasformazione ad opera di Erode Attico, che la inglobò nel suo "Pago Triopio", una vasta proprietà con caratteri agricolo-religiosi compresa tra le rive dell'Almone, la c.d. Marrana della Caffarella, e la via Appia Anti-

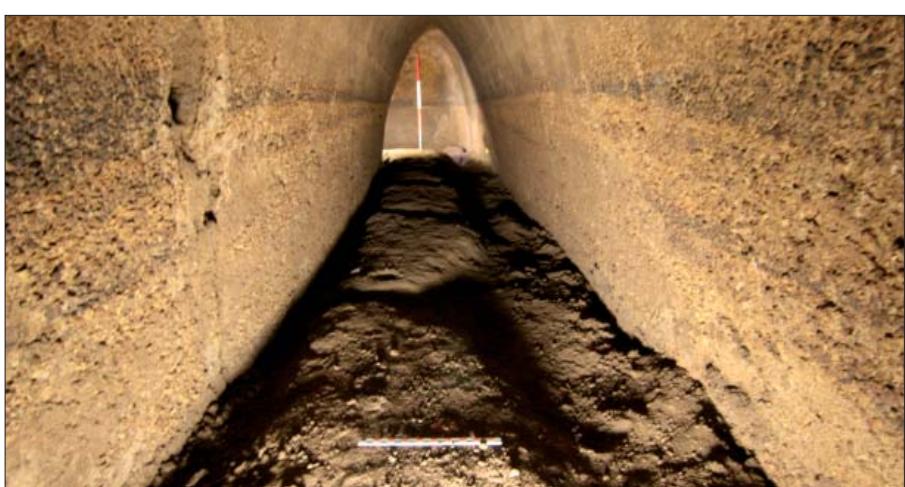


Figura 3 – Esempio delle strutture idrauliche nell'area di palazzo e del mausoleo (CAMARDO, GIRARDO, LORETI 2017)

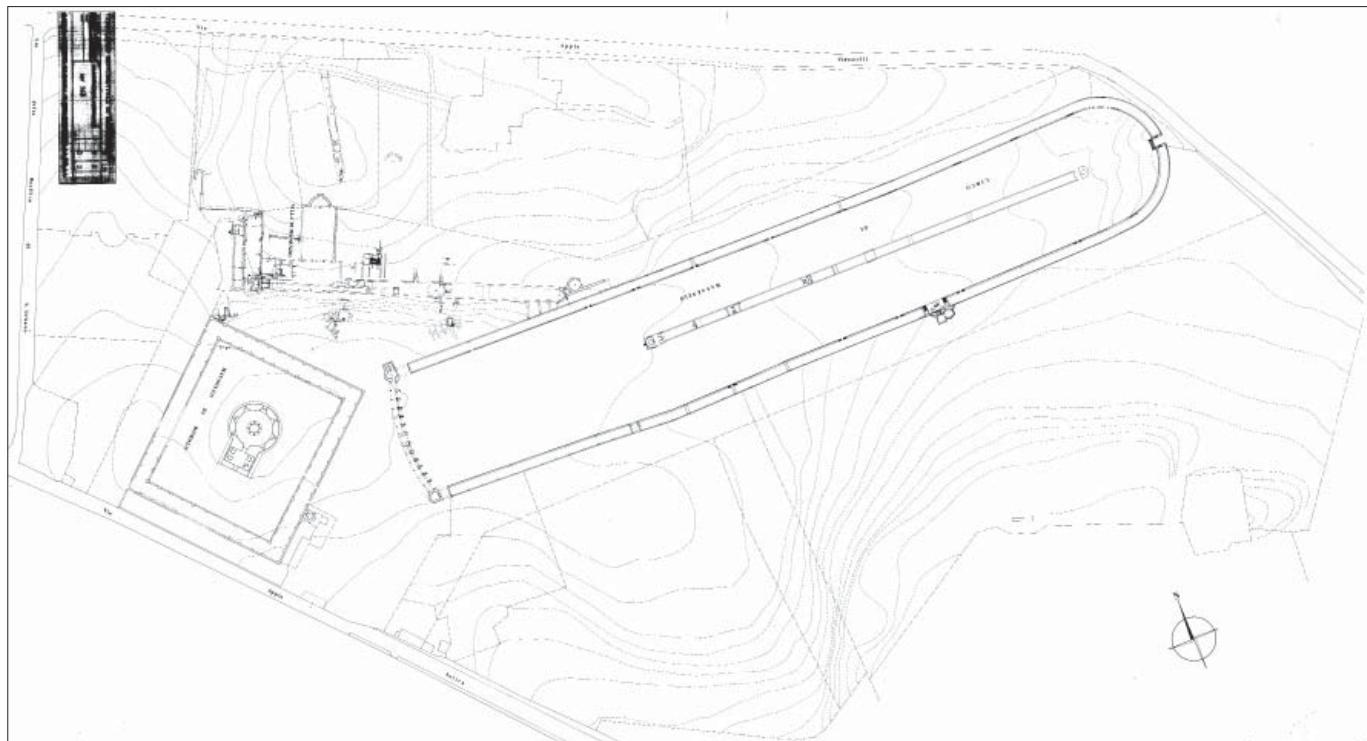


Figura 4 – Il palazzo massenziano del IV sec.: IV fase (rilevo a cura di G. Ioppolo (PISANI SARTORIO 2006)

ca. La fase massenziana è quella attualmente visibile e include, oltre a quelle già citate, anche delle strutture idrauliche, indagate nel progetto *"Forma Aquae Maxentii"* (CAMARDO, GIRARDO, LORETI 2017) (Fig. 3).

Nel 2011, su richiesta della Sovrintendenza Capitolina, l'associazione Roma Sotterranea ha avviato una seconda fase finalizzata allo studio dei complessi idraulici del Palazzo.

Le esplorazioni hanno avuto inizio accedendo da un pozzo circolare situato nei pressi dell'Aula Palatina. Le strutture ipogee fino ad oggi indagate sono composte da 5 pozzi e 10 cunicoli, completamente rivestiti di cocciopesto, hanno una lunghezza complessiva di circa 72 m e sono disposte su tre livelli, con un dislivello complessivo di circa 2,80 m. (Figg. 5-6). Inizialmente utilizzate come cisterna di accumulo delle acque meteoriche, nell'ultima fase furono connesse a pozzetti con funzione di smaltimento (CAMARDO, GIRARDO, LORETI 2017).

L'attività di studio del sistema idraulico nell'area del Palazzo proseguirà con la prospezione fisica e strumentale, ove possibile, dei cunicoli non ancora raggiungibili a causa degli interri presenti e l'identificazione dell'ipotizzata connessione con il sistema di deflusso degli ambienti termali, situati in prossimità del quadriportico.

In parallelo continuerà lo studio del sistema idraulico nelle altre aree della Villa di Massenzio. Nell'area del Mausoleo di Romolo è in atto un'indagine sui condotti con copertura a cappuccina con funzione di smaltimento delle acque meteoriche, il cui sviluppo planimetrico è caratterizzato da due anelli concentrici. Lo scavo del riempimento dei condotti ha

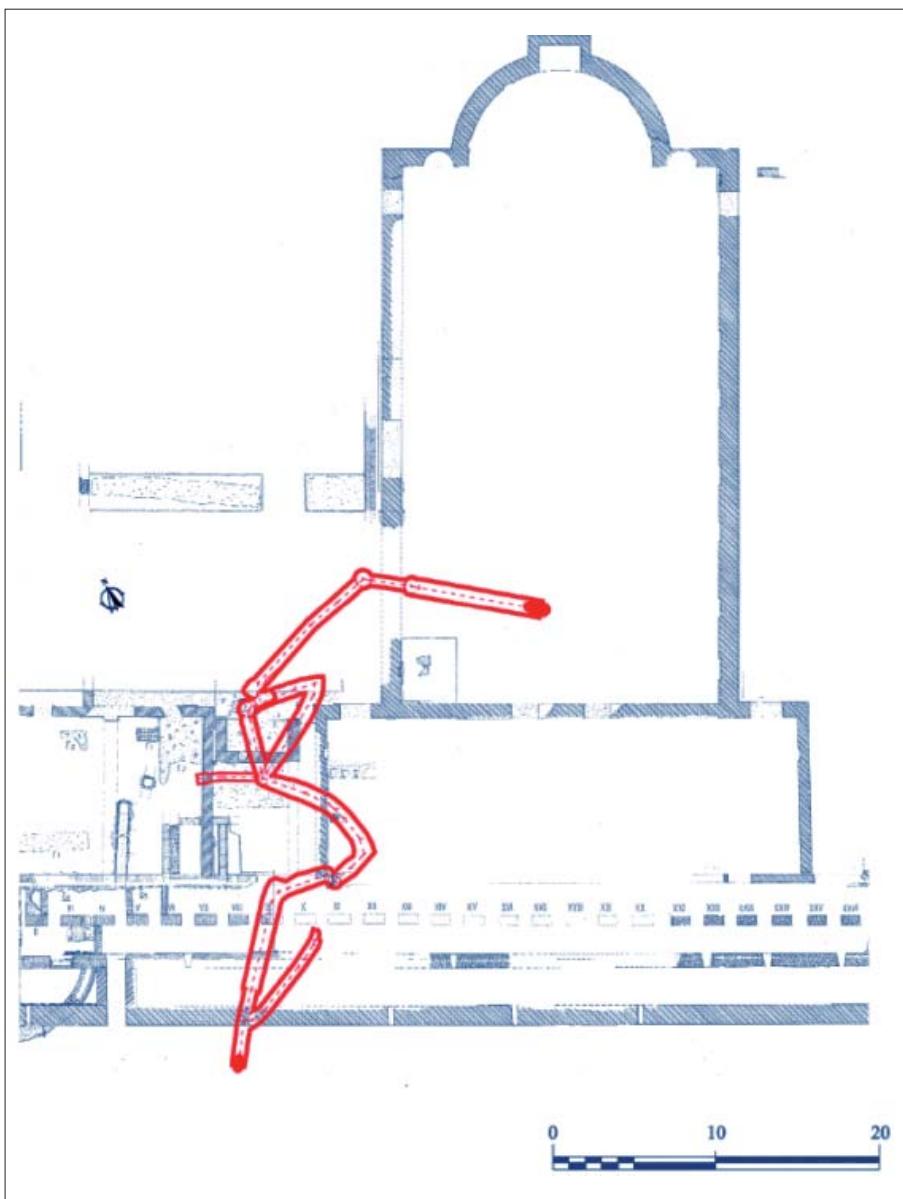


Figura 5 – Pianta dei condotti (rilevo a cura di Elettra Santucci e Elena Silvestro in (CAMARDO, GIRARDO, LORETI 2017) e sovrapposizione con pianta generale di Giovanni Ioppolo (PISANI SARTORIO 2006)

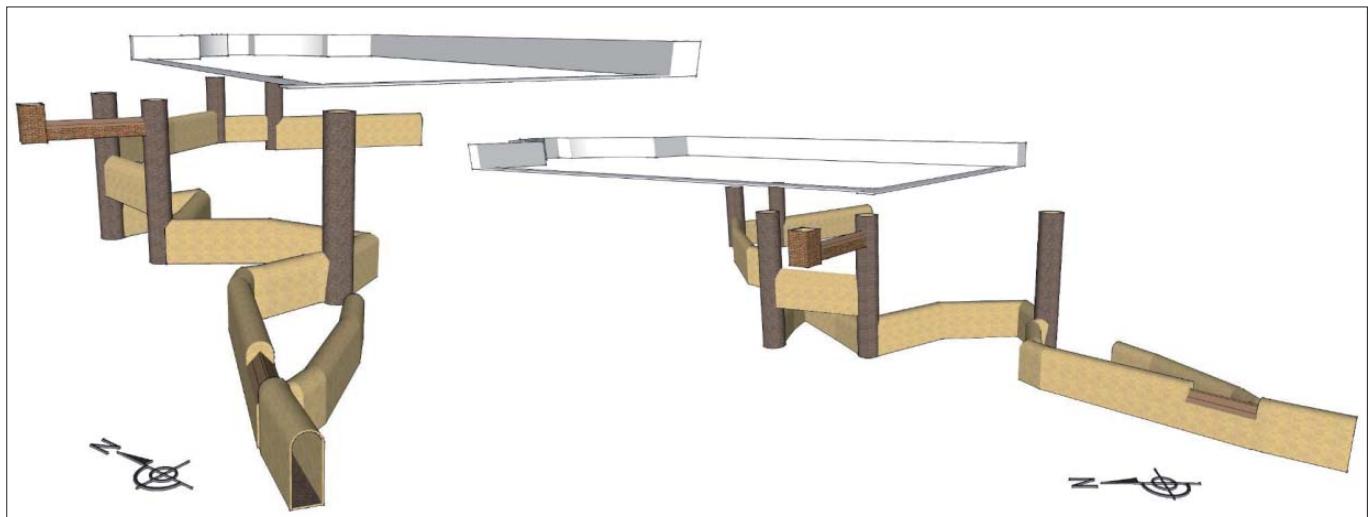


Figura 6 – Modello 3D del sistema idraulico ad oggi studiato da Roma Sotterranea (restituzione a cura di Alessio Lo Conte) (CAMARDO, GIRARDO, LORETI 2017)

come scopo principale il miglioramento del deflusso delle acque piovane, che possono causare, come già avvenuto, l'allagamento dell'interno del Mausoleo (Fig. 7).

L'attuale stato di conservazione dei laterizi utilizzati per la costruzione della copertura

dei condotti a cappuccina (bipedali) è eccellente. In molti casi, sono ancora chiaramente visibili i bollì di produzione, che rappresentano uno dei pochi elementi datanti rinvenuti, nonché impronte umane e di animali e rimaste impresse sulle lastre di argilla durante il

processo di essiccazione. Tali testimonianze, emerse dallo scavo dei condotti anulari che circondano il Mausoleo, sono state preservate dallo strato di fango che obliterava i condotti a cappuccina per circa due terzi della loro altezza e ne impediva l'accesso e l'eventuale spoglio di materiali. In prossimità del Mausoleo sono venuti alla luce numerosi frammenti laterizi, marmorei e di opera cementizia, presumibilmente derivanti dalle lavorazioni degli elementi architettonici e delle decorazioni del monumento e da quelle risultanti dalla loro demolizione.

Nell'area del Circo l'attività di studio si concentrerà sul rilievo e sulla documentazione delle due conserne individuate negli anni '60, il loro rapporto con i condotti di smaltimento delle acque adiacenti alla prima e alla seconda metà del circo e l'ispezione di un pozzo moderno, situato in prossimità del pulvinare. L'obiettivo è di comprendere il ruolo delle cisterne in relazione al Circo, e come il sistema idraulico dello stesso si rapportasse con il sistema del portico del Mausoleo.

PROCEDURE DI SICUREZZA

Agli inizi degli anni 2000 l'Associazione Roma Sotterranea operava negli ambienti ipogei con le tecniche e l'esperienza acquisita da attività di tipo speleologico; con l'avvento della normativa in materia di sicurezza sul lavoro si è reso necessario aggiornare il *modus operandi* assimilando le attività alle lavorazioni svolte nei cantieri. Ciò ha comportato l'esigenza di formare/qualificare gli operatori volontari dell'associazione poiché equiparati dalla normativa di settore a tutti gli effetti a Lavoratori. In tale quadro, l'Associazione si configura come un'impresa esecutrice. Tutte le figure coinvolte hanno quindi l'obbligo di rispettare le prescrizioni vigenti in materia di salute e sicurezza sul lavoro, riunite in un unico testo normativo, il D.lgs. n. 81/2008 o *Testo unico sulla sicurezza*. Questo prevede la presenza di figure con specifici ruoli legati



Figura 7 – Esempio di condotto idraulico del sistema di deflusso delle acque del Mausoleo di Romolo

alla sicurezza, sia all'interno dell'impresa, che nel cantiere. Tali figure sono: il Presidente, che si configura come il Datore di Lavoro; il Responsabile del Servizio di Prevenzione e Protezione; il Rappresentante dei lavoratori per la sicurezza. Le figure responsabili che devono invece essere presenti in cantiere sono: i responsabili delle attività; i preposti per la sicurezza; gli addetti alla gestione delle emergenze, primo soccorso e antincendio. Tutte le figure elencate hanno l'obbligo di frequentare specifici corsi di formazione.

Secondo quanto previsto dalle misure generali di tutela, di cui all'Art. 15 dello stesso decreto, è necessario valutare tutte le situazioni di potenziale pericolo per la salute al fine dell'eliminazione o riduzione dei rischi. A questo scopo è di fondamentale importanza un'accurata informazione preventiva e una formazione specifica delle figure coinvolte nonché la predisposizione di adeguate misure di emergenza da attuare in caso di primo soccorso, di lotta antincendio e di evacuazione dei lavoratori.

accesso al sito, il mantenimento del cantiere in condizioni ottimali, la delimitazione dell'area di intervento, il controllo degli accessi e delle potenziali interferenze e l'identificazione di aree destinate alla movimentazione e allo stoccaggio dei materiali. Altro fondamentale adempimento ai fini della sicurezza riguarda la verifica del funzionamento e del corretto utilizzo di attrezzature e dispositivi impiegati nell'attività, soggette a controlli periodici.

Un aspetto strettamente connesso alle attività svolte dall'Associazione Roma Sotterranea è quello di operare in ambienti ipogei, alcuni dei quali si configurano per normativa come spazi confinati. Questo specifico settore implica l'adempimento di ulteriori prescrizioni ed obblighi sia da parte del Datore di Lavoro che dei Lavoratori (D.P.R. 177/2011).

Per ambiente confinato si intende uno spazio circoscritto caratterizzato da vie d'accesso e di uscita di dimensioni ridotte e con ventilazione limitata, un ambiente non progettato per svolgervi attività lavorative continuative, difficile da abbandonare rapidamente in caso

cessario predisporre una specifica procedura di emergenza, da mettere in atto in caso di soccorso degli operatori vittime di infortunio, e per il coordinamento con il sistema di emergenza del Servizio Sanitario Nazionale e dei Vigili del Fuoco.

In particolare, i *dispositivi di protezione individuale* (costituiti da tuta, casco, guanti, luci, mascherine, occhiali, scarpe antinfortunistiche, imbragatura, ecc.) hanno lo scopo di proteggere il Lavoratore e devono essere indossati per l'intera durata dell'attività, mentre i *dispositivi antcaduta e recupero* (trepiedi, verricello, cavo retrattile, ecc.) hanno lo scopo di proteggere gli operatori durante le operazioni di accesso permettendo una discesa controllata e possibilità di recupero. Gli operatori hanno l'obbligo di sottoporsi a programmi di formazione/aggiornamento sul loro utilizzo, averne cura e, segnalare qualsiasi malfunzionamento e verificare che siano correttamente utilizzati da tutto il personale presente in cantiere. Per l'emergenza devono essere inoltre sempre disponibili attrezzature



Figura 8 – Esempio di allestimento di cantiere temporaneo con posizionamento di alcuni dispositivi di protezione collettiva

Le attività che Roma Sotterranea svolge ricadono in quelle elencate negli Allegati X e XI del *Testo unico sulla sicurezza* e rientrano nell'ambito dei cantieri temporanei e mobili in attuazione delle prescrizioni e degli adempimenti previsti dal Titolo IV dello stesso decreto.

Le misure generali di tutela della salute e della sicurezza dei lavoratori specifiche per i cantieri temporanei (Art. 95) prevedono un'attenta scelta dell'ubicazione dell'area di intervento, tenendo conto delle condizioni di

di emergenza e che presenti difficoltà di manovra in caso di soccorso o recupero di una persona infortunata.

Lavorare all'interno di questi ambienti prevede l'attuazione di specifiche procedure di sicurezza come l'impiego di *dispositivi di protezione individuale* (DPI) e *collettiva* (DPC), di strumentazioni/attrezzature idonee alle attività in ambienti confinati, come i dispositivi antcaduta, e il relativo addestramento all'uso. Oltre a prevedere le operazioni finalizzate alla riduzione dei rischi, sarà ne-

qui estintori, cassette di medicazione e sistemi di comunicazione.

I volontari dell'Associazione frequentano corsi di formazione, di addestramento e *retraining* in relazione alle peculiari richieste della committenza. In particolare, per poter partecipare alle attività, è condizione necessaria frequentare uno specifico corso di formazione per "ambienti confinati non industriali", nel quale sono previste prove pratiche appositamente formulate per le specifiche attività svolte da Roma Sotterranea. Prima di ogni attività, i

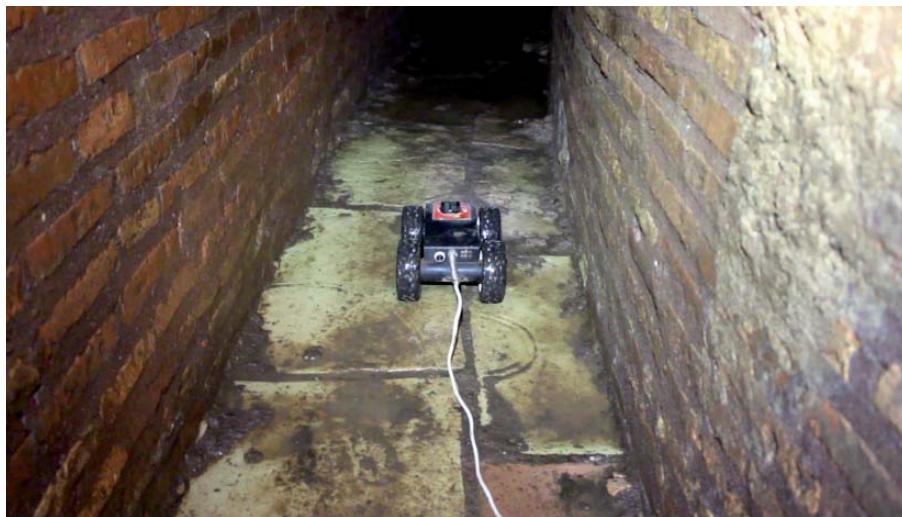


Figura 9 – Videoispezione preventiva per la valutazione del rischio con robot filoguidato

partecipanti devono essere informati sulle caratteristiche del luogo, sui rischi presenti, la probabilità di accadimento e la gravità dei danni che tali rischi possono causare.

SISTEMI E PROCEDURE PER OPERARE IN SICUREZZA

I criteri di sicurezza indicati dalla normativa, migliorati di volta in volta e adattati ad ogni singolo caso in base alle specificità dei luoghi, hanno permesso di standardizzare le procedure di prevenzione rischi e di gestione delle emergenze. L'area archeologica della Villa di Massenzio rappresenta un concreto esempio relativo all'applicazione di tali procedure.

Una meticolosa pianificazione delle misure da adottare in fase di lavoro e in caso di emergenza è indispensabile per la buona riuscita dell'attività. L'elaborazione di una "procedura di sicurezza" costituisce una fase importante per la riduzione dei rischi nell'esecuzione dei lavori; tale procedura dovrà necessariamente tenere in considerazione alcuni aspetti fondamentali.

Al fine di rendere l'area di intervento segnalata e ben riconoscibile, l'allestimento del cantiere temporaneo dovrà prevedere una recinzione tramite il posizionamento di transenne mobili o fisse ovvero paletti con bandella bianco-rossa nonché l'apposizione di apposita cartellonistica di sicurezza che evidenzi le prescrizioni da osservare nell'area di cantiere e che vietи l'accesso al personale estraneo all'attività. Dopo aver transennato l'area si provvederà a posizionare i citati *dispositivi di protezione collettiva* (Fig. 8).

In determinate situazioni e prima di effettuare l'accesso quali ambienti sconosciuti, per effettuare una corretta valutazione di rischio, è consigliabile videoispezionare preventivamente il sito. Roma Sotterranea ha progettato un robot filoguidato, munito di quattro ruote motrici indipendenti, luci frontali e telecamere a colori con il quale ottenere filmati

digitali in tempo reale guidando l'esplorazione dall'esterno e visualizzando l'ambiente esplorato in tempo reale tramite *laptop* (Fig. 9).

Sarà inoltre necessario, prima dell'accesso nell'ipogeo effettuare l'analisi dell'atmosfera interna con un analizzatore multigas che permetta di verificare la percentuale di ossigeno, di anidride carbonica e l'eventuale presenza di gas nocivi. Questo strumento dovrà essere mantenuto attivo all'interno dell'ipogeo per tutto il tempo di permanenza degli operatori. Possono infatti verificarsi condizioni quali la carenza di ossigeno dovuta a consumo (per la respirazione stessa degli operatori o per la presenza di vegetazione), per processi di ossidazione (in cisterne/tubazioni metalliche arrugginite), per l'aumento della concentrazione di altri gas (metano, anidride carbonica ecc.) o per decomposizione batterica (presenza di idrogeno solforato). Una corretta ventilazione è fondamentale per garantire la qualità dell'aria e per evitare l'accumulo di atmosfere potenzialmente dannose, o il pericolo di sottossigenazione. Ventilare gli ambienti permette inoltre di controllare temperatura, umidità, particolato e odori, aumentando il comfort del lavoratore. Dove la ventilazione naturale è scarsa o assente si dovrà ricorrere all'uso di macchinari per la ventilazione forzata.

In base alle caratteristiche del sito si dovranno predisporre sistemi sicuri di accesso/uscita. Solitamente l'accesso in spazi confinati avviene dall'alto, utilizzando sistemi di discesa quali treppiede, gancio di sicurezza, verricello di recupero e imbrago da cantiere. È necessario verificare che i punti di accesso abbiano dimensioni minime tali da permettere il transito agli operatori muniti di attrezzatura e il recupero di un operatore infortunato.

Al fine di attivare le procedure di emergenza/soccorso, all'esterno dello spazio confinato dovrà essere sempre presente almeno un operatore, che osservi e comunichi con gli operatori all'interno. Nel caso in cui non vi

sia contatto visivo diretto con gli operatori in esterna, andranno posizionati altri operatori in posizione intermedia.

Una continua comunicazione tra i lavoratori impegnati nell'ambiente confinato e quelli di supporto all'esterno è fondamentale. Sarà assicurata da contatto vocale diretto quando possibile, o tramite apparecchiature elettriche/elettroniche come citofono a filo o apparecchiature ricetrasmettenti appositamente progettate e dotate di un cavo-antenna posizionato nell'ipogeo.

EMERGENZA E PRIMO SOCCORSO

Con il termine "Emergenza" è definita una "situazione anomala rispetto alle normali condizioni lavorative che può determinare incidenti o infortuni, che espongono i lavoratori a rischi gravi e immediati".

Senza un'adeguata programmazione non è possibile gestire l'emergenza. Risulta essenziale pertanto la predisposizione di un apposito piano, che preveda un sistema di attivazione di allarme e di immediato soccorso.

Un esempio delle procedure d'emergenza da adottare in caso d'incidente può essere schematizzato in funzione dell'urgenza dell'intervento:

In caso di malore/incidente senza immediato pericolo di vita:

- i lavoratori all'interno dell'ipogeo danno l'allarme, comunicando con gli operatori esterni;
- il preposto alla sicurezza, all'esterno dell'ipogeo, gestisce i soccorsi per il recupero dell'infortunato;
- un operatore chiama il 112, richiedendo il pronto intervento della squadra sanitaria o Vigili del Fuoco;
- l'addetto alle operazioni di primo soccorso assiste l'infortunato stabilizzandolo in attesa dei soccorsi esterni.

In caso di soccorso improcrastinabile dato dalla presenza di gas nocivi o assenza di ossigeno (casi di asfissia, avvelenamento o sommersione) gli operatori sono addestrati a prestare immediato soccorso:

- il preposto alla sicurezza fa chiamare il 112 e contemporaneamente allerta la squadra di emergenza.

Questa è formata da operatori appositamente addestrati alle procedure di evacuazione rapida, da un ambiente confinato, con situazione di pericolo evolutiva. Gli operatori sono in grado di effettuare operazioni di primo soccorso in spazi confinati e a praticare rianimazione cardiopolmonare. Nel caso di irrespirabilità dell'aria, gli operatori della squadra di emergenza utilizzeranno dispositivi idonei quali autorespiratori e maschere antigas, che devono essere necessariamente sempre presenti durante le attività e situati in prossimità dell'area di cantiere (Fig. 10).

LAVORAZIONI

Nel quadro delle lavorazioni effettuate all'interno degli ambienti ipogei possiamo riconoscere diverse attività quali ispezione, rilievo, scavo stratigrafico, documentazione video-fotografica e trattamento del reperto archeologico.

Per quanto concerne le ispezioni, frequentemente gli operatori si trovano a operare in ambienti difficili da esplorare poiché parzialmente interrati, con possibilità di presenza

Lo strumento principale della ricerca archeologica è lo scavo stratigrafico, con il quale si procede alla rimozione di singole unità che documentano le attività antropiche o naturali che si presentano in un preciso ordine cronologico e che descrivono in modo puntuale la storia dell'utilizzo del luogo. Tale metodologia viene applicata anche all'interno degli spazi confinati, nonostante le difficoltà di progressione.



Figura 10 – Operatore della squadra di emergenza equipaggiato con autorespiratore durante esercitazione di soccorso in ambiente confinato

d'acqua e, in alcuni casi, con potenziale rischio batteriologico. Tali caratteristiche sono spesso riscontrabili contemporaneamente.

L'attività di documentazione video-fotografica, utilizzabile per scopi scientifici, divulgativi e didattici, rappresenta uno strumento fondamentale per la successiva fruizione del sito ed è svolta anche in fase di ispezione preventiva. Dovendo operare in siti con difficoltà di accesso, in tale attività risulta fondamentale poter disporre di apparecchiature video controllabili da remoto.

Il rilievo prevede l'impiego di strumentazioni caratterizzate da un diverso grado di precisione, quali fettuccia metrica, distanziometri ottici, strumenti laser (livella, stazione totale, disto 3D o laser scanner) (Fig. 11).

Le informazioni così raccolte, inizialmente inserite in schizzi e disegni effettuati sul posto, in seguito sono restituite con l'ausilio di programmi di tipo vettoriale (AutoCAD) per la realizzazione di elaborati grafici da consegnare alla committenza.



Figura 11 – Attività di rilievo con Leica Disto 3D dei condotti idraulici del Mausoleo

CONCLUSIONI

L'accesso ad ambienti ipogei da parte di operatori risulta essere ancora il metodo più efficace per il loro studio attraverso prospezioni fisiche, strumentali, rilievo topografico e scavo stratigrafico, dove esso sia necessario.

Configurandosi tali ambienti come spazi confinati, non si può prescindere dall'applicazione delle misure necessarie per permettere ai volontari di operare ad un livello di rischio accettabile, contestualmente a un'attenta formazione nell'utilizzo di tutti i presidi di sicurezza e nelle procedure d'emergenza.

Grazie all'esperienza acquisita dall'Associazione Roma Sotterranea, tali misure sono inquadrate in un sistema di gestione organico e standardizzato finalizzato a garantire il raggiungimento degli obiettivi di salute e sicurezza sul lavoro tenendo conto del crescente "grado" di impegno e allo stesso tempo rispondendo alle necessità contingenti. Per poter raggiungere gli obiettivi prefissati è necessario applicare una sequenza ciclica di fasi di pianificazione, attuazione, monitoraggio e riesame delle procedure di lavoro per mezzo di un processo dinamico.

Lo schema applicato viene a configurarsi come un vero e proprio Sistema di Gestione della Sicurezza sul Lavoro (SGSL) affinato e configurato per l'utilizzo da parte dell'Associazione di volontariato specializzata nello studio di ambienti ipogei.

BIBLIOGRAFIA

- CAMARDO C. A., GIRARDO L., LORETI E.M. (2017) *Forma Aquae Maxentii: considerazioni sulla trasformazione del sistema idraulico nell'area del Palazzo di Massenzio sulla via Appia Antica dalla prima fase tardo repubblicana all'ultima fase imperiale del complesso massenziano, in I sistemi di smaltimento delle acque nel mondo antico*, Aquileia
- CONLIN D.A., HAECKL A.E., PONTI G., GREGG C., VIRGILI P. (2006/2007) *The Villa of Maxentius on the Via Appia: Report on the 2005 Excavations*, in *Memoirs of the American Academy in Rome*, Vol. 51/52 pp. 347-370, Roma
- Delfino A. Rossi M. (2013) *Villa di Massenzio Relazione preliminare dello scavo effettuato presso il tratto nord-occidentale dell'ambulacro di collegamento tra l'Aula Palatina e il Pulvinare*, in *Bullettino della Commissione Archeologica Comunale di Roma*, Vol. CXIV pp. 333-345, Roma
- PAOLINI A., PICARI F. (2014) *L'antico sistema delle acque nella Valle della Caffarella*, in *Landscape Archeology Conference Proceedings 2014*, Amsterdam
- PISANI SARTORIO G. (2006), *Maxentii praedium*, in *Lexicon Topographicum Urbis Romae – Suburbium*, Vol. IV, pp. 49-59, a cura di A. La Regina, Roma
- PISANI SARTORIO G. (2008) *Le cirque de Maxence et les cirques de l'Italie antique*, in *Le cirque romain et son image*, pp.47-71, a cura di J. Nelis-clement e J. Roddaz, Bordeaux