Geologia dell'Ambiente

Periodico trimestrale della SIGEA
Società Italiana di Geologia Ambientale

Supplemento al n. 4/2018
ISSN 1591-5352

Poste Italiane S.p.a. - Spedizione in Abbonamento Postale - D.L. 353/2003 (conv. in L. 27/02/2004 n° 46) art. 1 comma 1 - DCB Roma

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

ProGEO
The European Association for the Conservation of the Geological Heritage

pianetaterra®
Le Scienze della Terra per la Società
Commissione Italiana

Privata Traiani domus. Elaborazioni 3D, ricerca e fruizione

Privata Traiani domus. 3D modeling, research and cultural heritage enhancement

Parole chiave (*key words*): Sovrintendenza Capitolina (*Sovrintendenza Capitolina*), mostra Traiano (*Trajanus exhibit*), beni culturali (*cultural heritage*), ipogei di Roma (*Roman hypogea*), Colle Aventino (*Aventinus Hill*), Privata Traiani Domus (*Privata Traiani Domus*), modellazione 3D (*3D modeling*), fotogrammetria (*photogrammetry*), affreschi (*roman fresco*), pareti e volte dipinte (*Roman wall and vault paintings*), valorizzazione

Elisabetta Carnabuci
Sovrintendenza Capitolina ai Beni Culturali
E-mail: elisabetta.carnabuci@comune.roma.it

Federica Michela Rossi
Sovrintendenza Capitolina ai Beni Culturali,
E-mail: federicamichela.rossi@comune.roma.it

Stefano Calò
Gruppo speleologico leccese 'Ndronico
E-mail: calostefano@hotmail.it

Elettra Santucci
Associazione Roma Sotterranea
E-mail: elettra.santucci@gmail.com

PREMESSA

L'immenso patrimonio archeologico della città di Roma resta a volte nascosto all'interno di siti ipogei, celati agli occhi dei visitatori perché di difficile accesso. Grazie alle nuove tecnologie le recenti tecniche di rilievo 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"(Roma, Mercati di Traiano, 29.11.17-16.09.18) su committenza della Sovrintendenza Capitolina ai Beni Culturali è stato prodotto un elaborato 3D degli ambienti ipogei della *Privata Traiani domus*, finalizzato alla conoscenza del sito attraverso video rendering divulgativi. I prodotti ottenuti rappresentano uno strumento fondamentale per il percorso conoscitivo del monumento, e costituiscono un primo passo verso la valorizzazione del sito, permettendo la realizzazione di elaborati di dettaglio finalizzati a futuri interventi di riqualificazione e restauro (in particolare, per la Sovrintendenza Capitolina la campagna di documentazione del complesso è stata coordinata da Elisabetta Carnabuci, funzionario responsabile del monumento e da Federica Michela Rossi; l'attività di ispezione e documentazione, coordinata da Luca Antognoli, è stata realizzata nei mesi di aprile 2016 e giugno-settembre 2017 da Elettra Santucci, Ivano Stranieri, Stefano Calò e Tullio Bernabei. Tale esplorazione è stata condotta in proficua collaborazione con i tecnici di ACEA, e in particolare con l'Ing. Alessandro Teodori).

LA PRIVATA TRAIANI DOMUS

Gli ambienti ipogei noti con il nome di *Privata Traiani domus* si trovano oggi a oltre dieci metri sotto l'attuale quota di calpestio. Sono accessibili attraverso un pozzetto situato in Piazza del Tempio di Diana (*Fig.* 1), che si sviluppa verticalmente per quattro metri dal livello stradale e raggiunge la sommità delle volte, dove una scala metallica permette di superare un dislivello di altri sei metri, fino alla quota pavimentale degli ambienti.

Le attività di studio del sito archeologico, avviate nel 2016 dalla Sovrintendenza Capitolina ai Beni Culturali in collaborazione con l'Associazione Roma Sotterranea (l'Associazione dall'anno 2000 si occupa dello studio, la documentazione e il rilievo di ambienti ipogei di interesse archeologico), si sono rese possibili solo grazie a specifiche procedure di sicurezza messe in atto durante tutte le fasi del cantiere, al fine di garantire in ogni momento l'incolumità degli operatori. A causa delle evidenti difficoltà di accesso, il sito è infatti assimilabile a uno "spazio confinato" e le esplorazioni al suo interno sono state effettuate da operatori specificamente formati per operare in cavità artificiali nel rispetto delle attuali norme in merito alla salute e sicurezza sul lavoro (per una puntuale descrizione delle procedure di sicurezza adottate cfr. in questo volume: *Le tecniche per operare in sicurezza in spazi confinati applicate nel progetto di studio e recupero* "Forma Aquae Maxentii").

Lo studio del monumento della *Privata Traiani domus* ha comportato attività preliminari quali l'ispezione dei luoghi (*Fig.* 2) e la verifica della fattibilità degli interventi, a seguito delle quali sono iniziate le operazioni volte ad acquisire materiale documentario aggiornato, tra cui una documentazione video-fotografica di dettaglio e un rilievo topografico eseguito con stazione totale. Questo ha permesso la realizzazione di una pianta aggiornata (*Fig.* 3) e la corretta localizzazione delle strutture archeologiche sulla plani-

Figura 1 – Colle Aventino, inquadramento del sito (foto satellitare da Bingmaps)

Figura 2 – Ispezione preventiva degli ambienti della Privata Traiani domus *(foto E. Santucci)*

metria catastale. In occasione della mostra: "Traiano. Costruire l'impero, creare l'Europa", dedicata all'imperatore Traiano, il progetto di documentazione e di studio del complesso edilizio è stato integrato, per la prima volta, con la realizzazione di un rilievo fotogrammetrico, basato sull'acquisizione del dato fotografico. Questo ha permesso di ottenere un rilievo tridimensionale del sito ipogeo (*Fig.* 4), con immagini fotografiche dettagliate, e la realizzazione di video rendering, restituendo in tal modo al sito la possibilità di fruizione da parte della collettività. Gli elaborati grafici bidimensionali di dettaglio ottenuti, come le ortofoto, mostrano lo sviluppo lineare degli ambienti (*Fig.* 5). Questo strumento si è rivelato fondamentale anche durante le fasi di studio delle strutture, permettendo un'accurata analisi delle superfici anche agli studiosi ai quali, è interdetto l'accesso per motivi di sicurezza. I prodotti ottenuti costituiscono inoltre uno strumento utile per il monitoraggio indiretto del monumento.

Il complesso appare di particolare interesse per la ricostruzione storico-topografica dell'Aventino e per una maggiore conoscenza della figura di Traiano, dal momento che, secondo l'opinione diffusa, dovrebbe trattarsi di una porzione della più ampia dimora privata dell'*Optimus Princeps* abitata prima di diventare imperatore (sulla *Privata Traiani domus* si veda Lanciani 1870; Coarelli 1984; La Follette 1985; La Follette 1994; Chini 1997; Chini 1999; Coarelli 1999; La Follette 1999; Chini 2005; Chini 2010; Bruno 2012, p. 405. Per l'identificazione, ormai superata, del monumento con il complesso rinvenuto a più riprese al di sotto della Chiesa di Santa Prisca, si veda Vermaseren, Van Essen 1955-1956; Vermaseren, Van Essen 1965. Per un riesame della questione, cfr. Carnabuci, Rossi 2017). Occorre tuttavia evidenziare che l'esame stilistico delle pitture lascia ipotizzare un ambito cronologico più tardo, compreso tra l'età antonina e l'età severiana. In questa contesto, tuttavia, sono chiaramente visibili lacerti pavimentali e strutture murarie, riconducibili ad un preesistente assetto monumentale.

Con ogni probabilità gli ambienti conservati sotto la Piazza del Tempio di Diana (riportati casualmente alla luce negli anni Venti del Novecento, in occasione della posa in opera di una fognatura nell'area della piazza) facevano parte di un più ampio complesso, da collegare con quello riportato alla luce a più riprese nell'area dell'attiguo Casale Torlonia (Coarelli 1984, pp. 162-163; La Follette 1985, pp. 143-144; Quaranta 2011, p. 1141 ss.).

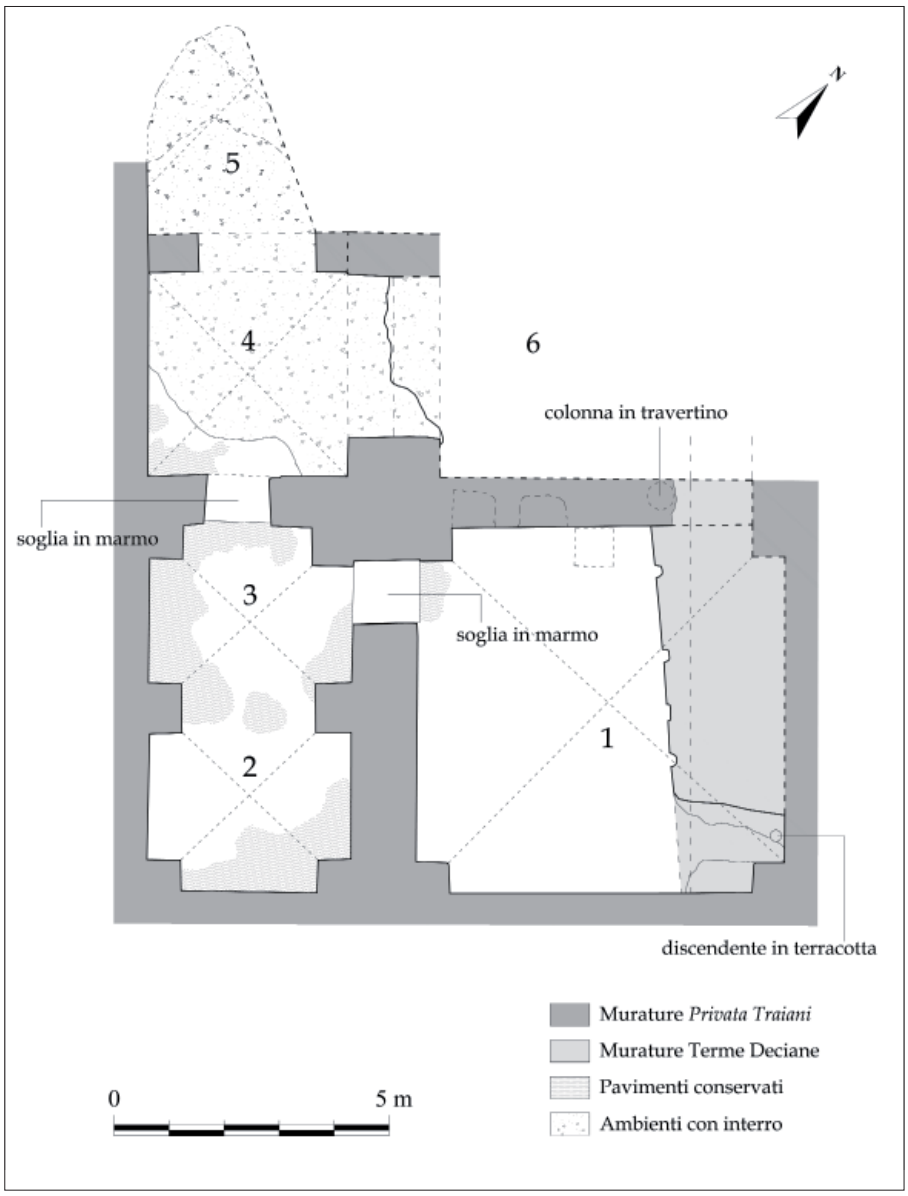

Figura 3 – Pianta della Privata Traiani domus *(elaborazione grafica E. Santucci, rilievo Roma Sotterranea)*

DESCRIZIONE E CRONOLOGIA DEGLI AMBIENTI

Le tecnologie utilizzate hanno consentito di iniziare lo studio del sito e della sequenza cronologica delle strutture, analizzando gli ambienti divenuti virtualmente accessibili e proponendo un aggiornamento della documentazione grafica rispetto a quella esistente. Le centinaia di foto scattate per la realizzazione del modello inoltre, hanno permesso di esaminare in modo puntuale le pitture che decorano le volte e le pareti, modificando in parte la datazione tradizionalmente accettata. Il modello 3D, rendendo possibile la restituzione puntuale delle altissime volte, poste ad oltre 6 metri dal piano pavimentale (*Fig.* 6), ha evidenziato anche importanti e rari dettagli costruttivi delle stesse, contribuendo alla conoscenza della tecnica delle centine lignee rivestite di mattoni. La possibilità poi di misurare precisamente ogni dettaglio utile e di creare sezioni nei punti di particolare interesse, ha permesso una conoscenza approfondita della struttura, impensabile fino a poco tempo fa.

Il sito è composto da 6 stanze in sequenza (*Fig.* 3) che costituiscono presumibilmente solo l'angolo meridionale di un edificio molto più esteso e complesso (una più ampia trattazione sul monumento è in Carnabuci, Rossi 2017).

Il primo vano (*Fig.* 4A.1), in cui si accede tramite una ripida e lunga scaletta a due rampe, è il più grande conservato, ha una pianta quadrata ed è caratterizzato da pilastri angolari che sostengono una volta a crociera. Le pareti, come detto altissime (l'ambiente risulta essere il più alto, m. 6,30, tra quelli conservati), conservano una decorazione pittorica a fondo bianco che scandisce con fasce rosse le partizioni architettoniche e l'impronta di una zoccolatura marmorea, di cui resta solo un breve lacerto. Il disegno delle pareti è composto in particolare da una fascia con elementi geometrici su cui poggiano dei sottili ed elegantissimi candelabri verdi, in primo piano che attraversano in altezza tutta la parete e dividono lo spazio in tre pannelli, tutti arricchiti da quadretti centrali. Questi, privi di cornice e quasi sospesi, rappresentano ai lati, dei paesaggi, detti idillico-sacrali (*Fig.* 7A)

(sulla nozione di paesaggio idillico sacrale vedi La Rocca 2008, pp. 34-38), mentre nel pannello centrale, nature morte (*Fig.* 7B).

Nella parte alta delle pareti, appena sotto la volta, sono le lunette decorate da elementi geometrici, ormai solo un ricordo di schemi architettonici. La decorazione della volta, poco conservata e simile alle lunette, è arricchite da snelle ghirlande vegetali con fiori rossi.

Tutto lo schema decorativo descritto rimanda ad esempi pittorici da Ostia inquadrabili in età antonina (138-161 d.C.), sia per la composizione generale che per lo stile (Falzone 2007, pp. 90-95, *Figg.* 45-46).

La stanza inoltre conserva lungo tutto il lato nord-orientale una poderosa struttura muraria di fondazione che la taglia proseguendo verso NO. La muratura in cementizio, con ogni probabilità pertinente alle soprastanti Terme Deciane (La Follette 1985; La Follette 1994; La Follette 1999, con bibliografia precedente; Bruno 2012, p. 408) datate al 250 d.C., è in parte gettata in cassaforma e mostra ancora le impronte dei ritti e delle tavole lignee. Inglobata nel cementizio è anche parte di un discendente in terracotta relativo alle terme. La fondazione si appoggia direttamente contro il muro originario della stanza 1 ancora affrescato ma già molto lacunoso nella superficie pittorica e nella zoccolatura marmorea.

Sul lato NO del vano, proprio grazie allo scasso realizzato per l'ingombrante passaggio delle strutture del complesso termale, è visibile un'alta colonna liscia in travertino inglobata nella parete affrescata. Si può presumere così che in una prima fase questo lato dell'ambiente fosse scandito da colonne (purtroppo il settore a NO, l'ambiente 6, oggi non è ispezionabile in quanto al suo interno è stata costruita una vasca moderna in muratura, probabilmente in relazione ai grandi interventi edilizi del 1925-30, cfr. Quaranta 2011, pp. 1133-1134).

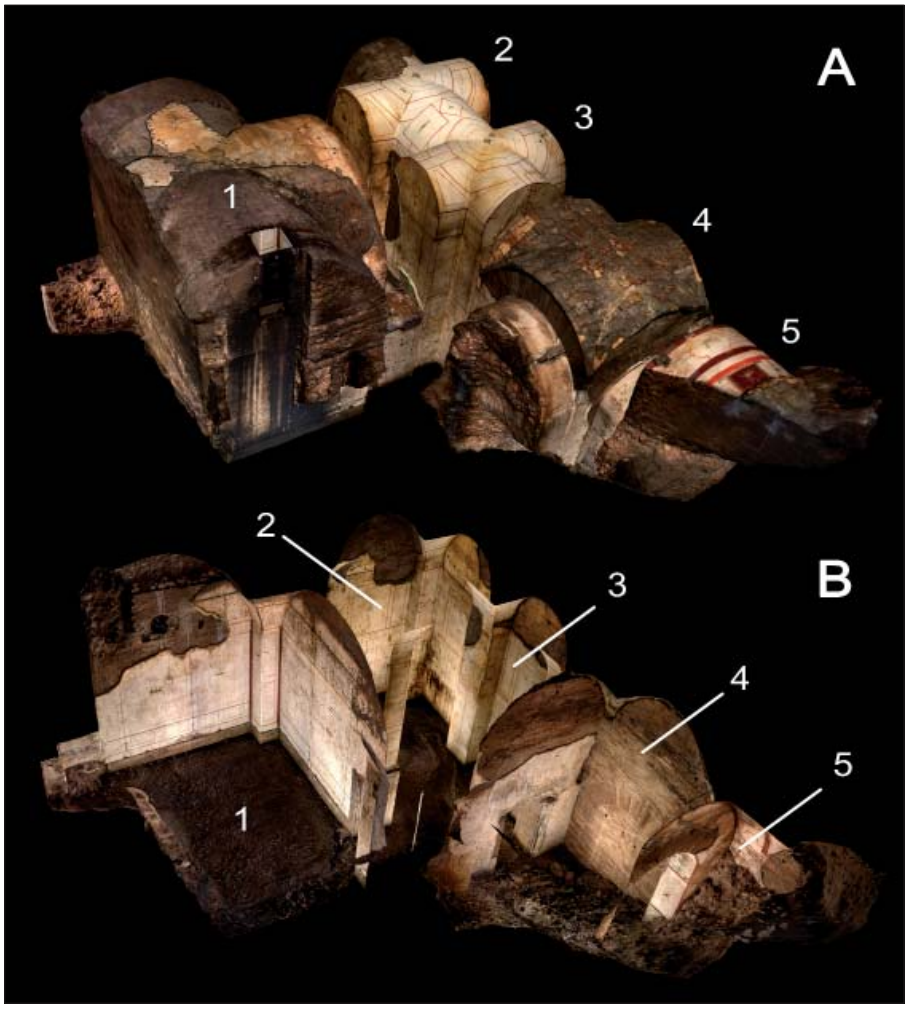

Figura 4 – Modello 3D della Privata Traiani domus *(elaborazione da rilievo fotogrammetrico tridimensionale di S. Calò, E. Santucci)*

Alla stessa fase costruttiva precedente potrebbe anche essere riferita una muratura in blocchetti rettangolari di tufo nella parte inferiore della parete di fronte, costituita nella metà superiore da cortina laterizia.

Nell'angolo occidentale dell'ambiente 1 è presente una piccola porzione di pavimento in tessellato monocromo bianco a tessere piuttosto grandi, oggi appena visibile a ridosso di una soglia in marmo che sottolinea il passaggio all'ambiente 3. L'apertura di questa porta deve essere stata praticata sicuramente dopo la decorazione della stanza 1, in quanto ne interrompe bruscamente lo schema. La pareti del passaggio e di quello che collega il vano 3 al 4, sempre con soglia e fuori asse, sono decorate con una testa di Satiro (*Fig.* 8A) e una di Gorgone (*Fig.* 8B), inquadrate da un pannello rettangolare rosso su fondo bianco. Queste teste in posizione isolata al centro di pannelli sono molto frequenti in schemi a fondo bianco di epoca tardo antonina, seconda metà del II secolo (Falzone 2007, p. 118, *Fig.* 67).

Attraversando la porta si entra così nei vani 2/3 (*Figg.* 3, 5.2-3, 10.2-3) che costituiscono in realtà un'unica stanza a pianta rettangolare allungata e occupano l'angolo meridionale dell'edificio. Anche in questo caso gli angoli del vano sono occupati da rinforzi a pianta quadrata i quali, insieme ad altri due pilastri al centro dei lati lunghi, hanno la funzione di sostenere le due volte a crociera che coprono l'ambiente. In questo modo la stanza, ristretta nel mezzo, è anche divisa in due zone differenziate: una di passaggio e funzionale ai percorsi interni e l'altra a Sud, priva di finestre, molto più appartata (per un simile assetto planimetrico vedi Barbera 1996, p. 86).

In entrambi gli ambienti, come in tutte le stanze, la pavimentazione a mosaico è appena visibile ma appare costituita anche qui da un tessellato monocromo bianco a tessere piuttosto grandi.

Le pareti, prive di zoccolatura sono suddivise orizzontalmente in due registri uguali mediante due linee rosse continue di spessore diverso; il fondo bianco è scandito da riquadri delimitati da fasce sottili che seguono e sottolineano le partizioni architettoniche della stanza. Sulla parte bassa sono presenti su ogni parete due pannelli rettangolari suddivisi da un alto candelabro verde, filiforme e schematico, che si ripete anche sui lati frontali dei pilastri che restringono la stanza. Al centro dei riquadri campeggiano soggetti animali, o vegetali (*Figg.* 5.2-3, 8C) Il secondo registro è invece occupato da un unico riquadro centrale ornato al centro da un ramo pendente di fiorellini. Completano la decorazione le lunette, nelle quali compare un candelabro vegetale con tralci fogliati, nastri e ghirlande.

La doppia volta a crociera (*Figg.* 4A.2-3, 6) mostra uno schema concentrico a pianta circolare e ottagonale, realizzato con linee colorate e di diverso spessore, che creano l'illusione di due cupole poligonali con elemento vegetale centrale. Questo sistema decorativo integrato di pareti e volte si inserisce nel quadro della cd pittura lineare trovando confronti a partire dall'età tardo antonina (Le Bruyne 1968, pp. 81-85, *Figg.* 1-3, Hoestetter *et al.* 1994, p. 140, *Fig.* 25, Falzone, Vitti, Ungaro 2010, tav. CLXXVI).

Si entra poi nella stanza 4 dove è evidente, come la decorazione parietale risulti molto

Figura 5 – Ortofoto delle pareti sud-ovest degli ambienti 2, 3, 4, 5 della Privata Traiani domus *(elaborazione da rilievo fotogrammetrico tridimensionale di S. Calò, E. Santucci)*

compromessa (*Figg.* 3, 4B.4, 5.4, 10.4), anche a causa dell'ingente quantità di terra ancora presente ma dove però è possibile una più attenta osservazione delle murature in laterizio visibili. La parete SO infatti, libera del tutto dall'intonaco, conserva tre marcapiani di bipedali e un grande arco di scarico, sempre in bipedali, alcuni dei quali rastremati, non troppo omogenei nella lunghezza, tanto da creare un estradosso piuttosto irregolare. Il lato opposto del vano si apre verso l'ambiente 6 con un grande arco ed un sott'arco. Purtroppo questo passaggio è oggi occupato interamente da una vasca moderna in muratura, probabilmente costruita nell'ambito dei grandi interventi edilizi del 1925-30, che si estende nel vano 6.

Il pavimento, molto diverso dagli altri e oggi totalmente nascosto dalla terra, è un tessellato a fondo nero e frequenti inserti marmorei policromi di forme quadrangolari e irregolari disposti in filari paralleli, a cui si mescolano alla rinfusa poche tessere bianche a contrasto. Tale tipologia genericamente in precedenza datata all'età tardo repubblicana (Morricone 1980, p. 60, n. 61, tav. XX: fine del II sec. a.C. / inizi del I sec. a.C.) trova ora puntuali confronti riferibili almeno al pieno I sec. d.C. (Roma: Angelelli 2010, pp. 257, 263, 282 e nota 55, *Figg.* 323, 329; Villa Adriana:

Figura 6 – Volte degli ambienti 2-3 della Privata Traiani domus *(foto I. Stranieri)*

Figura 7 – Quadretti affrescati nella Privata Traiani domus *(foto E. Santucci); A. Ambiente 1, quadretto con paesaggio idillico-sacrale; B. Ambiente 1, quadretto con natura morta*

Vincenti 2017, p. 44, tav. III, n. 5; Miseno: Sposito 2015, p. 32, *Figg.* 11-13; Ercolano: Grandi 2014, pp. 44-45, nn. 12, 61 tavv. XCVI-XCVII).

Di grande importanza dal punto di vista costruttivo e cronologico, è la volta a crociera del vano 4 che conserva ancora il rivestimento intradossale in laterizio (*Figg.* 4A.4, 5.4). Per la costruzione della volta infatti sulla centina lignea è stato disposto un manto di mattoni sesquipedali, foderato a sua volta da uno strato continuo di bessali alcuni dei quali posti di taglio. Queste specifiche caratteristiche, trovano confronti con esempi simili diffusi in età severiana (Lancaster 2005, pp. 208-209), con anticipazioni già in età antonina (Lancaster 2005, p. 207; Lancaster 1998, p. 160) e forse adrianea (Lancaster 2005, p. 207).

Il passaggio tra l'ambiente 4 e 5 è coperto da un arco molto alto, decorato sempre a fondo bianco, i cui piedritti presentano riquadri rossi al cui interno sono dipinti due uccelli in volo che reggono nel becco rispettivamente una cavalletta e una farfalla (*Fig.* 8D). Nell'intradosso sono rappresentate una ricca ghirlanda con fiori rossi e gialli (*Figg.* 5.4-5, 10.4-5) e una maschera di figura femminile evanide.

Nell'ambiente 5 ancora completamente interrato (*Fig.* 11), è visibile solo parte della decorazione della volta a crociera (*Figg.* 4A.5, 9). Essa è introdotta da una larga fascia a fondo bianco delimitata da bande e linee rosse e gialle al centro delle quali sono rappresentati un ippocampo e una gazzella. Il pennacchio della volta conservato solo per uno spicchio e delimitato da una fascia rossa con occhielli, mostra in posizione centrale un pannello rosso su base, decorato con ippocampo, ai cui lati simmetricamente erano dipinti altri elementi di cui si conserva una coppa su piedistallo colma di fiori e frutti. La decorazione della volta per la composizione generale, l'uso della policromia e i motivi di repertorio, rimanda ad esempi simili di età severiana (Falzone 2007, pp. 140-144, *Figg.* 85-86). Anche in questo caso le lacune della superficie pittorica permettono di evidenziare lo stesso rivestimento intradossale della volta dell'ambiente 4.

Figura 8 – Elementi affrescati nella Privata Traiani domus *(foto E. Santucci); A. Testa di Satiro nel passaggio tra l'ambiente 1 e 3; B. Testa di Gorgone nel passaggio tra l'ambiente 1 e 3; C. Ambiente 2-3, stambecco con nastro; D. Passaggio tra l'ambiente 4 e 5, uccello con farfalla nel becco*

Sulla base dei dati archeologici analizzati, riconsiderati grazie alla nuova documentazione e soprattutto al rilievo fotogrammetrico delle superfici, è possibile puntualizzare alcune questioni emerse nel corso dell'analisi delle murature e delle relative decorazioni.

Ricapitolando, nella piccola porzione di edificio esaminata, esiste una prima fase costruttiva, testimoniata dalla colonna in travertino inglobata, come si è visto, nel muro divisorio tra i vani 1 e 6; tale elemento lascia presumere in questo punto una diversa articolazione planimetrica, che doveva prevedere un ingresso al vano 1 da NO attraverso appunto un passaggio colonnato. Testimonianze più antiche sono altresì costituite forse dal pavimento in tessellato con inserti dell'ambiente 4, almeno del pieno I sec. d.C., e anche dal muro con paramento a blocchetti rettangolari di tufo del vano 1, anche se non è possibile attribuirle con certezza ad un'unica fase. All'età antonina invece può essere ascritta la decorazione dello stesso ambiente 1, che, ormai chiuso dalla parete piena di NO, doveva prevedere un accesso a NE. In una fase di poco successiva venne aperto il passaggio tra i vani 1 e 3, che interrompe malamente lo schema decorativo della stanza 1. Le pitture che adornano questo passaggio e quelle utilizzate nell'ambiente 2-3 e forse anche nel 4, quelle assai poco conservate, sono databili all'età tardo antonina. Un ultimo periodo di sicura frequentazione di questa porzione del complesso risale all'età severiana, momento al quale può essere ascritto il lacerto di decorazione della volta a crociera della stanza 5. Infine tra questo periodo e la costruzione delle terme Deciane nel 250 d.C., si situa l'obliterazione definitiva degli ambienti, con il conseguente parziale interramento dei vani e il disfacimento degli apparati decorativi. Le imponenti fondazioni dell'edificio termale soprastante infatti, come detto, distruggono porzioni di volte e murature, e riempiono le lacune delle pitture e della zoccolatura marmorea.

LA FOTOGRAMMETRIA 3D IN AMBIENTE IPOGEO

Per la realizzazione del rilievo tridimensionale (*Figg.* 4, 10) è stata eseguita la tecnica fotogrammetrica improntata sul metodo

Figura 9 – Lacerto della volta dell'ambiente 5 della Privata Traiani domus*, (foto E. Santucci)*

image based. Tale tecnica, basata sull'acquisizione del dato fotografico, è stata scelta poiché consente di ottenere una restituzione metrica degli ambienti senza ricorrere necessariamente all'uso di attrezzature *laser scanner*, che avrebbe richiesto tempi di elaborazione e costi molto più elevati(per una panoramica sul concetto di fotogrammetria e la sua applicazione si vedano Remondino *et al.* 2008; Remondino *et al.* 2011; Remondino, Poli 2014; Douglas, Lin, Chodoronek 2015).

Per l'acquisizione fotografica sono state utilizzate tre fotocamere digitali reflex Canon con sensore CMOS full frame di diverso modello. La scelta di operare con l'ausilio di tre fotocamere è scaturita dalla necessità di acquisire in parallelo il maggior numero di dati fotografici, conciliando la disponibilità delle attrezzature usate dalla squadra di rilevatori nelle diverse giornate di esplorazione e tenendo conto del limitato tempo di permanenza in cui si è dovuto svolgere il lavoro all'interno del sito ipogeo.

L'acquisizione fotografica è stata pianificata tenendo conto della complessità degli ambienti e delle loro caratteristiche architettoniche. Per garantire un'adeguata illuminazione delle superfici, in particolare nel caso dell'intradosso delle volte poste a oltre 6 metri di distanza, sono state utilizzate lampade led artificiali che hanno permesso di raggiungere un livello di illuminazione pari a circa 6000 lumen. Le lampade sono state posizionate e orientate di volta in volta in maniera tale da ottenere un'illuminazione costante e omogenea durante tutte le fasi di lavoro.

Una adeguata illuminazione degli ambienti ha consentito di sfruttare al meglio le impostazioni manuali delle fotocamere, per ottenere immagini correttamente esposte con l'utilizzo di tempi non troppo lunghi e la possibilità di utilizzare una ISO con una bassa percentuale di rumore (per un confronto dello stesso metodo si veda il procedimento usato in Limoncelli 2013; Germiniano, Limoncelli 2016).

Le foto sono state scattate stimando un grado di sovrapposizione dei fotogrammi (*overlap*) pari a una percentuale di circa 80%. Durante l'acquisizione, si è cercato di mantenere una distanza focale costante (18 mm), per facilitare il processo di elaborazione automatica di interpolazione dei dati da parte del software.

L'attività di acquisizione fotografica ha prodotto 1740 immagini in formato RAW, le quali sono state elaborate in fase di post-produzione per omogeneizzare e armonizzare i valori di contrasto, luci e ombre, e ove necessario, correggere l'esposizione.

Un primo processo di elaborazione del software, definito *structure from motion* (SFM),che sfrutta l'identificazione di punti omologhi sui fotogrammi grazie a una fase di allineamento automatizzato, ha generato una prima nuvola di punti, con la quale è stato possibile valutare nel complesso la qualità dell'acquisizione fotografica degli ambienti. Si è proceduto poi alla fase di *cloud-computing*, attraverso cui è stato possibile ottenere la superficie del modello tridimensionale e la *texture* foto realistica.

La maglia di punti ottenuta durante le operazioni di rilievo topografico con stazione totale ha permesso di orientare e scalare correttamente il modello 3D. Solo alcuni dei punti rilevati sono stati utilizzati per scalare il modello, dando priorità alle superfici prescelte per la realizzare delle ortofoto. Il procedi-

Figura 10 – Vista prospettica delle pareti nord-est degli ambienti 2, 3, 4, 5 della Privata Traiani domus *(elaborazione da rilievo fotogrammetrico tridimensionale di S. Calò, E. Santucci)*

Figura 11 – Interro presente nell'ambiente 5 della Privata Traiani domus *(foto I. Stranieri)*

mento utilizzato ha previsto sia l'inserimento delle coordinate tridimensionali dei punti di riferimento, associate a punti specifici riconoscibili sulle fotografie, che delle distanze lineari tra alcuni di essi.

L'irregolarità delle superfici murarie degli ambienti archeologici ha prodotto in alcune aree un'alterazione della superficie del modello (*mesh*), che è stata attenuata con procedure di correzione aumentandone la definizione (*remeshing*).

Il prodotto finale è stato utilizzato per estrarre ortofoto, sezioni e viste prospettiche, utilizzabili per la creazione di elaborati grafici bidimensionali (piante, prospetti, sezioni) e animazioni 3D per una maggiore conoscenza del sito.

CONCLUSIONI

Le tecniche di rilievo utilizzate hanno permesso di restituire alla collettività, almeno virtualmente, queste strutture archeologiche ubicate nel sottosuolo del Colle Aventino. Inoltre, la versatilità del modello 3D e del dato fotogrammetrico nel suo complesso, consentono di avere a disposizione uno strumento molto utile sia per la progettazione di opere di valorizzazione del sito che per il monitoraggio indiretto dello stesso, finalizzati a futuri interventi di riqualificazione e restauro. Considerata l'importanza del contesto si ritiene comunque auspicabile la progettazione di una migliore accessibilità al monumento, tale da permettere l'esecuzione in sicurezza degli indispensabili lavori di pulizia e consolidamento delle superfici murarie e degli apparati decorativi; sarebbe così possibile rendere fruibile il sito archeologico. La futura accessibilità al complesso permetterebbe altresì di verificare una serie di quesiti emersi a seguito di questo lavoro preliminare, che riguardano in particolare la lettura diacronica delle murature e la definizione funzionale degli ambienti.

BIBLIOGRAFIA

Angelelli C. (2010), *La basilica titolare di S. Pudenziana: nuove ricerche*, Roma.

Barbera M.R. (1996), *La stanza E8*, in Barbera M.R., Paris R. a cura di, *Antiche stanze. Un quartiere della Roma imperiale nella zona di Termini*, Catalogo della mostra (Roma 1996-1997), Milano. pp. 86-88.

Bruno D. (2012), *Regione XIII. Aventinus*, in Carandini A., a cura di *Atlante di Roma antica. Biografia e ritratti della città. 1. Testi e immagini*, Roma, pp. 388-420.

Carnabuci E., Rossi F.M. (2017), *Privata Traiani domus*. Meraviglia nascosta e ritrovata, in Parisi Presicce C., Milella M., Pastor S., Ungaro L. a cura di, *Traiano. Costruire l'Impero, creare l'Europa*, Roma, pp. 310-316.

Chini P. (2005), *Le Case romane sull'Aventino*, in *Forma Urbis*, Roma.

Chini P. (2010), *I Privata Traiani*, in *Roma, una città, un impero* 2, pp. 65-79.

Coarelli F. (1984), *La casa privata di Traiano*, in *Roma sepolta*, Roma, pp. 157-165.

Coarelli F. (1999), s.v., Privata Traiani, in *LTUR* IV, Roma, pp. 164-165.

Douglas M., Lin S., Chodoronek M. (2015), *The applications of 3D Photogrammetry for in-field documentation archaeological features*, in "Journal of Society for American Archaeology", n. 3, pp. 136-152.

Falzone S. (2007), *Ornata aedificia. Pitture parietali dalle case ostiensi*, Roma.

Falzone S., Vitti M., Ungaro L. (2010), *Gli affreschi delle tabernae del piano terra del grande emiciclo dei mercati di Traiano*, in ZIMMERMANN N. (Hrsg.) *Antike Malereizwischen Lokalstil und Zeitstil*, Aktendes XI. Internationalen Kolloquiumsder AIPMA (Ephesos 2010), Wien, pp. 589-594.

Germinario C., Limoncelli M. (2016), *Dal rilievo in Camera-scanner alla piattaforma di fruizione QTVR-based stereoscopica. Metodologie integrate per il monitoraggio e la valorizzazione delle superfici pittoriche in ambiente rupestre,* Archeomatica-Tecnologie per i Beni Culturali, VII, pp. 6-10, 2016.

Grandi M. (2014) *Fauces*, in Guidobaldi F., Grandi M., Pisapia M.S., Balzanetti R., Biagliati A. (2014), *Mosaici antichi in Italia. Regione prima. Ercolano*, volume 1, Pisa, Roma, pp. 44-45.

Hostetter E., Howe T.N., Brandt J.R., St. Clair A., Peña J.T., M. Parca-Gleason K.L., N.F. Miller (1994), *A Late-Roman domus with apsidal hall on the NE slope of the Palatine: 1989-1991 seasons*, in *JRA*, Suppl. Ser. 11, pp. 140-145.

La Follette L. (1985), *Le Terme Deciane sull'Aventino*, in *QuadAEI* 11, pp. 139-144.

La Follette L. (1994), *The Baths of Trajan Decius on the Aventine, in Rome Papers: the Baths of Trajan Decius, Iside e Serapide nel Palazzo, a late domus on the Palatine and Nero's golden house*, in *JRA* Suppl. Ser. 11, pp. 6-88.

La Follette L. (1999), s.v., *Thermae Decianae*, in *LTUR* V, Roma, pp. 51-53.

La Rocca (2008), *Lo spazio negato. La pittura di paesaggio nella cultura artistica greca e romana*, Milano.

Lancaster L.C. (1998), *Reconstructing the restorations of the Colosseum after the Fire of 217*, in AJA, 11, 1998, pp. 146-174.

Lancaster L.C. (2005), *Concrete Vaulted Construction in Imperial Rome. Innovations in Context*, Cambridge University Press.

Lanciani R. (1870), *Recenti scoperte in Roma e nelle vicinanze*, in *BullInst* 1870, pp. 74-90.

Le Bruyne L. (1968), *L'importanza degli scavi lateranensi per la cronologia delle prime pitture catacombali*, in RivArcC 44, pp. 81-113.

Limoncelli M. (2013), *Il contributo delle tecnologie digitali per la valorizzazione del patrimonio rupestre pugliese*, in MINGOZZI M., ROTONDO R. (2016), *Puglia rupestre inedita*, Bari, pp. 83-100.

Morricone M.L. (1980), *Scutulata pavimenta. I pavimenti con inserti di marmo o di pietra trovati a Roma e dintorni*, Roma, 1980.

Quaranta P. (2011), *Vivere all'Aventino. L'Evoluzione dell'edilizia abitativa unifamiliare del colle dal I al IV sec d.* C., in BRANDT O., PERGOLA PH., a cura di, *Marmoribus Vestita. Studi in onore di Federico Guidobaldi*, Studi di Antichità Cristiana 63, Città del Vaticano, pp. 1133-1152.

Remondino F., El Hakim S., Gruen A., Zhang L. (2008), *Turning image into 3D models*, in IEEE Signal Processing Magazine 25 (4), pp.55-64.

Remondino F., Poli D. (2014), *Back to the future. Il ritorno della fotogrammetria*, in GEOmedia 2, pp. 6-8.

Remondino F., Rizzi A., Agugiaro G., Jimenez B., Menna F., Nex F., Baratti G. (2011), *Rilievi e Modellazione 3D*, Atti della 51a Conferenza Nazionale ASITA, 15-18 novembre 2011, Reggia di Colombo.

Russo M., Remondino F., Guidi G. (2011), *Principali tecniche e strumenti per il rilievo tridimensionale in ambito archeologico*, in Archeologia e Calcolatori 22, pp. 169-198.

Sposito F. (2015), *Il contributo dello studio dei rivestimenti pavimentali alla ricostruzione dell'urbanistica: il caso di Minturnae*, in Bellini G.R., Von Hesberg H. a cura di, *Minturnae nuovi contributi alla conoscenza della Forma Urbis*, Giornata di studio sui lavori a *Minturnae* (Roma - 29 settembre 2011), Roma, pp. 27-42.

Vermaseren M.J., Van Essen C.C. (1955-1956), *The Aventine Mithraeum Adjoining the Church of St. Prisca. A Brief Survey of the Dutch Excavations on the Aventine, in Antiquity and Survival* 1, pp. 3-36.

Vermaseren M.J., Van Essen C.C. (1965), *The excavations in the Mithraeum of the Church of Santa Prisca in Rome*, Leiden.

Vincenti V. (2017), *Mosaici antichi in Italia. Regione quarta. Pavimenti musivi e cementizi di Villa Adriana*, Pisa-Roma.