

APPLICAZIONE DEL RILEVAMENTO GEOMATICO  
ALLA *DOMUS* DELLA REGINA D'INGHILTERRA A POMPEI  
(VII, 14, 5): RISULTATI PRELIMINARI

1. L'AREA DI STUDIO: L'*INSULA* VII, 14 DI POMPEI

L'Università degli Studi di Genova conduce all'interno del Parco Archeologico di Pompei un'attività di indagine archeologica (concessione DDG 553 34.31.07/246.7 del 26 gennaio 2016 e rinnovo 34.31.07/3.4.7/2018 del 9 aprile 2019), iniziata nel 2016 e tutt'ora in corso. La ricerca si concentra all'interno della *Regio* VII, *insula* 14 (Fig. 1), un'area di Pompei situata in una zona strategica e particolarmente importante della città: essa si affaccia a S su Via dell'Abbondanza, decumano massimo e arteria viaria principale del tessuto urbano, ed è localizzata a poca distanza dal Foro Civile, le Terme Stabiane, l'area dei teatri, il lupanare e il Foro Triangolare.

L'area di studio è stata portata alla luce tra il 1817 e il 1846, come emerge da alcune planimetrie storiche e dalla lettura del *Pompeianarum Antiquitatum Historia* (FIORELLI 1862) e, con l'eccezione di alcuni saggi effettuati tra il 2002 e il 2006 dall'Università di Napoli Suor Orsola Benincasa (DE SIMONE *et al.* 2008), è rimasta fino all'avvio delle ricerche dell'Università di Genova un'area sostanzialmente inedita, in cui poter svolgere attività di scavo e di analisi degli elevati e applicare tecniche di rilevamento dal punto di vista geomatrico, portando alla raccolta di nuovi dati e all'elaborazione di prodotti grafici inediti.

L'*insula* (Fig. 2) occupa un'area di 60×35 m ca. e ha una forma in pianta trapezoidale: essa è delimitata, oltre che dal decumano massimo a S, da arterie viarie di minore importanza lungo le quali si affacciano gli ingressi secondari dei vari corpi di fabbrica: Vico dello Scheletro a N, Vico del Lupanare a E e Vico della Maschera ad O. L'intero complesso architettonico è composto da venti civici, divisi tra dodici botteghe e tre abitazioni di grandi dimensioni, che occupano la maggior parte dell'area del quartiere: tutti gli ingressi principali si affacciano su Via dell'Abbondanza, con l'eccezione di quello della *Domus* 15 (l'abitazione più ad E), che aveva il suo ingresso principale in Vico del Lupanare e che risulta essere una casa-bottega, connessa con l'esercizio commerciale sito al civico 14.

L'area di Pompei all'interno della quale si trova l'*insula* VII, 14 risulta essere una delle più antiche della città, come si evince dal rinvenimento, presso il muro N delle abitazioni 9 e 15, di un imponente e spesso muro in blocchi di lava tenera, reimpiegato come parte della muratura di delimitazione settentrionale del quartiere: questa struttura muraria più antica sarebbe databile



intorno al VI secolo a.C., in base al materiale rinvenuto all'interno della fossa di fondazione (DE SIMONE *et al.* 2008), e potrebbe già fare riferimento al limite di una preesistente *insula*, il cui assetto planimetrico è attualmente ignoto. In generale, le ricerche condotte dall'Università di Genova hanno permesso di comprendere che la storia dell'*insula* VII, 14 si sia sviluppata da questa fase arcaica, su cui non si hanno informazioni rilevanti, fino all'eruzione del 79 d.C. (PALLECCHI 2018, 2020; PALLECCHI, SANTORO 2019), con una certa continuità.

L'attività di scavo si è concentrata all'interno delle botteghe, con l'obiettivo di comprenderne la funzione come esercizi commerciali, le fasi di vita, i cambiamenti diacronici e le variazioni nella destinazione d'uso. Contestualmente, si è sviluppata una attività di indagine stratigrafica degli elevati, che ha interessato sia le botteghe che le abitazioni, con lo scopo di corredare i dati di scavo con quelli delle strutture murarie. È proprio nell'ambito di quest'ultima ricerca che si è sviluppata l'attività di rilievo geomatico applicato alle evidenze architettoniche dell'*insula* VII, 14.

## 2. LA DOMUS DELLA REGINA D'INGHILTERRA

La campagna di rilievo geomatico ha interessato l'intera *insula* VII, 14, ma si è concentrata in particolare su una delle abitazioni, la più occidentale, sita al civico 5, nota come *Domus* della Regina d'Inghilterra: il 7 novembre 1838 la regina Adelaide di Sassonia-Meiningen, vedova di Guglielmo IV di Hannover, avrebbe visitato l'area di Pompei e, in suo onore, sarebbe stato effettuato uno scavo presso l'abitazione (FIORELLI 1862). Un'altra denominazione nota è quella di "Casa del Banchiere" o "Casa del Cambio" per la presenza di un affresco rappresentante un sacchetto di monete, un rotolo e una *tabula scriptoria*, attualmente dilavato ma noto da una incisione di Nicola La Volpe del 1839 (SAMPAOLO 1997).

La *domus* è di grandi dimensioni (656 m<sup>2</sup>) e occupa quasi la totalità del settore occidentale dell'intera *insula* (Fig. 3): si tratta di una casa ad atrio tuscanico, composta da ventisei ambienti, tra cui un'area produttiva presso l'angolo N-O (un'officina tintoria), in stretta connessione con l'abitazione. La *domus* è stata recentemente oggetto di una analisi stratigrafica degli elevati (CAPOBIANCO 2019), attualmente in corso di revisione per una futura pubblicazione. Nell'ambito di questa ricerca, sono state identificate diverse fasi di vita al di sopra delle strutture murarie, che vanno dal periodo sannitico (IV sec. a.C.) fino all'eruzione del 79 d.C.

Gli obiettivi dell'analisi archeologica e architettonica sono quelli di comprendere le fasi di vita della casa, i cambiamenti diacronici nella planimetria e nell'organizzazione degli spazi, la destinazione d'uso dell'intero complesso architettonico e dei diversi vani, eventuali relazioni pregresse con



Fig. 3 – Foto da drone della Domus della Regina d'Inghilterra (foto S. Gagliolo).

edifici adiacenti. Altri scopi sono relativi alla comprensione dei piani superiori, di quanti fossero e su quale area fossero sviluppati, nonché delle coperture.

### 3. ACQUISIZIONE DELLA PLANIMETRIA E DEI PROSPETTI

Nel corso delle attività di scavo, prima della campagna di rilevamento geomatico, il rilievo degli strati e delle strutture murarie è stato effettuato mediante l'uso della stazione totale o parzialmente per rilievo diretto con triangolazione, sovrapponendo i dati raccolti alla planimetria dell'*insula* VII, 14 in formato DWG, fornita dalla direzione del Parco Archeologico di Pompei e rielaborata mediante un software CAD. Come punti di ancoraggio e orientamento per la stazione totale è stata usata principalmente la rete di stazioni topografiche del Parco Archeologico di Pompei, monumentata mediante caposaldi posti lungo tutto il circuito urbano (MORICHI, PAONE, SAMPAOLO 2018), quattro dei quali sono situati presso gli angoli dell'*insula*. Questo ha consentito di realizzare un rilievo in pianta basandosi su punti già georiferiti e con quota assoluta nota.

La planimetria descritta è stata la base per la rielaborazione dei dati del lavoro sul campo, sia per quanto riguarda lo scavo che per quanto riguarda

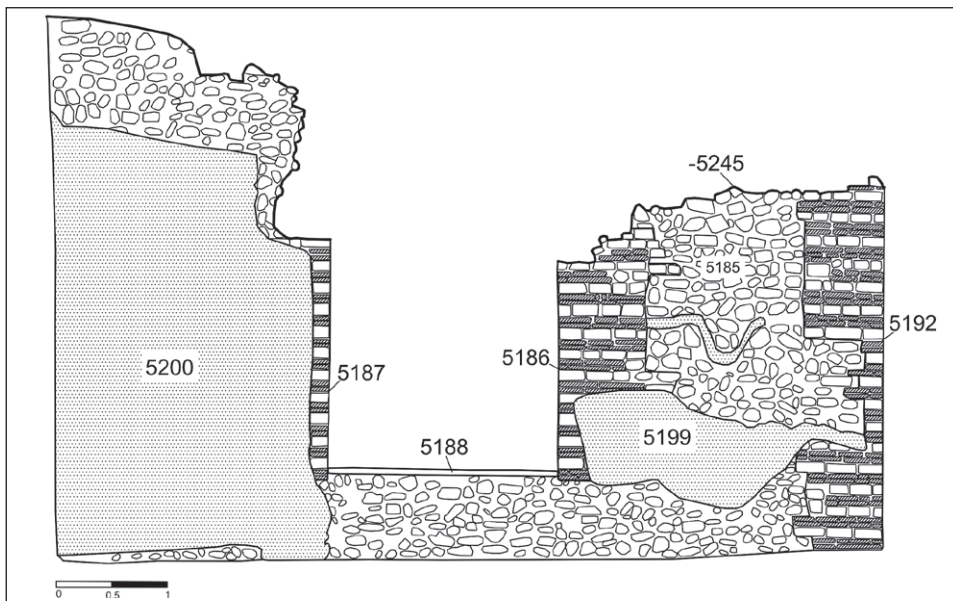


Fig. 4 – Esempio di prospetto di una parete della *Domus* della Regina d'Inghilterra digitalizzato mediante un software CAD (rielaborazione A. Capobianco).

la parte di archeologia degli elevati. Contestualmente all'analisi stratigrafica muraria della parte occidentale dell'*insula* (e della *Domus* 5 nello specifico) è stato effettuato un rilievo diretto dei prospetti visibili, integrato con la digitalizzazione di foto ortorettificate (fornite dalla direzione del Parco Archeologico di Pompei e provenienti dal Piano della Conoscenza).

Ad ogni prospetto corrispondono una o più foto ortorettificate, che sono state digitalizzate mediante un software CAD (Fig. 4), portando alla creazione di un database dei rilievi delle strutture murarie, diviso per ambienti: ogni parete digitalizzata presenta all'interno la divisione stratigrafica, con l'indicazione delle diverse USM, US e USR. Tale lavoro è tutt'ora in corso, con lo scopo di creare una banca dati con i prospetti murari dell'intera *insula*.

A.C.

#### 4. LA CAMPAGNA DI RILEVAMENTO GEOMATICO INTEGRATO

La campagna di rilevamento, realizzata grazie alla collaborazione con il Laboratorio di Geomatica, è stata eseguita nel periodo tra il 22 e il 24 settembre 2020 all'interno del Parco Archeologico di Pompei, avvalendosi delle seguenti tecniche: fotogrammetria terrestre e da UAV, laser scanner, stazione totale e GNSS (CAPOBIANCO *et al.* 2021). Un sopralluogo preliminare è stato

effettuato il 18 luglio 2020, con la finalità di visionare l'area di indagine e definire gli obiettivi con tutto il gruppo di ricerca al completo, quindi con il coinvolgimento di esperti in archeologia, geomatica e ingegneria strutturale.

Per quanto concerne la strumentazione impiegata, la fotogrammetria da UAV è stata acquisita mediante il drone DJI Mavic 2 PRO, con una fotocamera integrata modello Hasselblad L1D-20c: la sua focale è di 10 mm, mentre il sensore di 20 MP è un CMOS da 1". Quattro set di dati sono stati acquisiti: due con geometria di presa nadirale a diverse altezze di volo dal livello suolo, rispettivamente di 40 m e 15 m, e due con geometria di presa obliqua con inclinazione di 45°, creando percorsi concentrici con la camera direzionata sia verso l'interno che verso l'esterno del perimetro del sito, ad un'altezza di 15 m. La dimensione del contenuto del pixel a terra è di 4 mm a 15 m, adeguato ad ottenere un quadro affidabile dell'intero sito, mentre, per una panoramica più generale dell'area complessiva, è di 10 mm a 40 m. In totale, nel corso della campagna di rilevamento, sono state scattate 1400 fotografie. I Ground Control Points (GCPs) e i Check Points (CPs), per un totale di 21 punti, sono stati monumentati mediante supporti flessibili in PVC colorati con triangoli gialli e neri alternati a formare un motivo a croce: si tratta di punti pre-segnalizzati, le cui coordinate sono note grazie all'impiego di una tecnica di supporto.

Nel primo caso i GCPs sono utilizzati come vincoli nell'approccio ai minimi quadrati previsto per la procedura fotogrammetrica dell'aero-triangolazione, permettendo di assegnare il corretto sistema di riferimento e la scala al modello tridimensionale risultante, mentre nel secondo caso (CPs) sono utilizzati soltanto per effettuare una verifica finale della qualità del rilievo. Lo strumento impiegato per il rilievo delle loro coordinate è stato la stazione totale Leica TCR703, posizionata in 13 diversi punti stazione.

Il laser scanner terrestre è stato introdotto per un'acquisizione più dettagliata della specifica area di interesse, ovvero la *Domus* della Regina d'Inghilterra. Un totale di 26 stanze è stato rilevato mediante altrettante scansioni con lo strumento Z+F 5006h, impostando una risoluzione "superhigh", corrispondente a 20.000 punti su 360°. Tenendo conto di una distanza dalle pareti di circa 5 m, la spaziatura dei punti risultante è di massimo 1,6 mm (Fig. 5). Ogni scansione, come accennato in precedenza, si concentra su un singolo ambiente, che tipicamente è chiuso su tre lati, pertanto, per evitare un aumento eccessivo delle scansioni occorrenti, è stata ignorata la loro reciproca sovrapposizione, privilegiando l'allineamento mediante co-registrazione con la nuvola fotogrammetrica da UAV (Fig. 6).

Il GNSS è stato impiegato in modalità Network Real Time Kinematic, in connessione con il Servizio di posizionamento della Regione Campania, con lo scopo di rilevare, tra gli altri, i punti utilizzati come GCPs, laddove non vi erano ostacoli alla visibilità dei satelliti. L'uso di un paio di punti facilmente identificabili per ogni scansione, monumentati mediante chiodi e

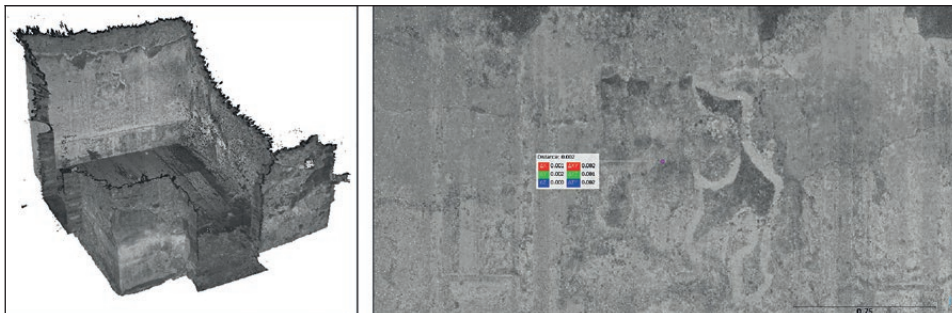


Fig. 5 – Nuvola di punti ad altissima risoluzione ottenuta mediante laser scanner e dettaglio con indicazione della spaziatura dei punti in metri.

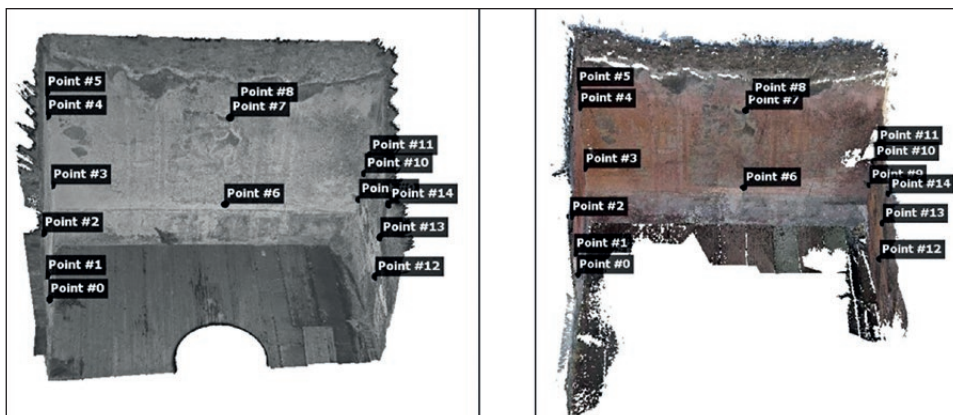


Fig. 6 – Accostamento della nuvola da laser scanner e di quella fotogrammetrica del medesimo ambiente, con l'indicazione dei Ground Control Points (elaborazione E. Berrino).

acquisiti ancora con tecnica GNSS, è stato ulteriormente adottato per favorire la registrazione delle nuvole provenienti dal laser scanner anche in un sistema di riferimento globale, ottenendo un approssimativo posizionamento e orientamento reciproco delle stesse.

Il rilievo fotogrammetrico da terra, acquisito con la fotocamera Canon Eos 40D, dotata di una focale di 17 mm, è stato pianificato per mantenere una distanza massima dalle pareti di 5 m, con il conseguente ottenimento della dimensione del contenuto del pixel di 1,7 mm. Tuttavia, *in loco* la distanza effettiva è stata di circa 2 m, con una dimensione del contenuto del pixel di 0,7 mm. In totale sono state scattate 7000 fotografie.

## 5. POST-PROCESSING DEI DATI FOTOGRAMMETRICI

Le operazioni di post-processing fotogrammetrico si sono svolte in parte con il software commerciale Agisoft Metashape, dedicato all'elaborazione delle immagini da UAV, e in parte con il software open source MicMac, impiegato per gestire quelle terrestri (GAGLIOLO *et al.* 2018a, 2018b). Si evidenziano i pro delle due soluzioni adottate: il primo programma è di semplice utilizzo grazie ad un'interfaccia grafica chiara di supporto all'utente; inoltre, vi sono opzioni dedicate all'ottimizzazione del processamento in caso di rilievo da UAV, che prevede percorsi piuttosto regolari e sequenziali con scatti continui ad intervalli di tempo cadenzati. Il secondo pacchetto, invece, è meno intuitivo perché principalmente sviluppato per l'utilizzo da linea di comando nell'ambiente di lavoro di Linux: tuttavia, è caratterizzato da un approccio rapido e rigoroso e offre una maggiore possibilità di personalizzare i parametri di processamento da parte di un utente con esperienza medio-alta.

Il workflow dell'elaborazione fotogrammetrica in entrambi i casi richiede le fasi di selezione automatizzata dei punti di legame tra le immagini (tiepoints), l'aero-triangolazione mediante approccio ai minimi quadrati, la ricostruzione della nuvola di punti densa (Fig. 7). L'opportunità di customizzazione dei parametri è stata maggiormente sfruttata per quanto concerne MicMac per indicare al software quale criterio era stato precedentemente impiegato durante l'acquisizione dei dati, con particolare riguardo all'ordine di sequenza di scatto, in modo tale da agevolare l'elaborazione limitando manualmente il numero di



Fig. 7 – Particolare della nuvola fotogrammetrica, rappresentante l'angolo N-E dell'abitazione (elaborazione E. Berrino).





Fig. 8 – Nuvola fotogrammetrica ottenuta dalle immagini nadirali, e pertanto carente nell'elevato, da integrare mediante fotogrammetria terrestre e/o laser scanner per una visione d'insieme completa (elaborazione E. Berrino).

fotogrammi da comparare per la ricerca e il matching dei punti di legame. Alla luce del numero elevatissimo di fotogrammi acquisiti, tale ottimizzazione si è rivelata molto preziosa per abbattere drasticamente i tempi di processamento, mantenendo un risultato ottimo dal punto di vista della qualità metrica.

Per un'ulteriore facilitazione del processamento, è stato stabilito di suddividere le 7000 foto complessive del rilievo da terra in porzioni da 500 immagini, avendo cura di sovrapporne 100 con la sequenza precedente e altrettante con la successiva. Questa accortezza è stata applicata per non avere buchi nel modello 3D finale e, inoltre, per facilitare la reciproca registrazione delle nuvole di punti risultanti dalle singole porzioni (Fig. 8). Tale co-registrazione è stata ulteriormente agevolata dalla presenza del modello 3D complessivo dell'intera area già ottenuto dalle immagini da UAV mediante Agisoft Metashape e dalle singole porzioni autoconsistenti rilevate con il laser scanner: le immagini da UAV, infatti, vanno ad inquadrare i target debitamente predisposti per l'assegnazione del sistema di riferimento appropriato, sia a livello locale, per quanto concerne il rilievo di supporto con stazione totale, sia a livello globale, per quanto riguarda la tecnica GNSS. Tali punti non risultano visibili, invece, nelle immagini terrestri, che inquadrano esclusivamente le pareti della Casa

della Regina d'Inghilterra, su cui, per ovvi motivi legati alla conservazione e preservazione del sito, non era possibile affiggere nulla. Per le ragioni appena evidenziate, le singole porzioni di nuvola ottenute dai gruppi di 500 foto non risultano correttamente scalate e geo-riferite prima della co-registrazione con la nuvola globale da UAV o con quella locale corrispondente da laser scanner.

Come strada alternativa, si è tentato anche di stralciare alcuni punti naturali dalle altre nuvole ottenute da sorgente diversa, con particolare riferimento a quella proveniente dal laser scanner, avente la risoluzione più elevata tra i dati a disposizione. Le coordinate di tali punti sono state inserite nella procedura fotogrammetrica del software MicMac come GCPs, per imporre la sovrapposizione del modello fotogrammetrico delle pareti dell'ambiente in analisi con la corrispondente nuvola laser scanner, che intrinsecamente risulta già perlomeno correttamente scalata.

L'integrazione di tutti i dataset, da laser scanner, da fotogrammetria terrestre e da UAV, ha l'obiettivo di garantire un livello di dettaglio sempre crescente per le porzioni di maggiore interesse, oltre al reciproco controllo e supporto precedentemente illustrato che ogni tecnica può offrire per sopperire alle necessità finali della campagna contribuendo in maniera quanto più ottimizzata.

Uno degli esiti finali del processamento dei dati ottenuti nella campagna di rilevamento è indirizzato all'ottenimento di ortofoto, finalizzato sia allo studio dell'antico assetto degli ambienti, sia all'analisi della stabilità delle strutture che si ergono sul sito in esame. Un approccio iniziale alla produzione delle ortofoto propedeutiche agli scopi elencati, le quali consistono in mappe metricamente affidabili ottenute mediante proiezione ortogonale a partire dalle fotografie dell'oggetto, è stato portato avanti dall'Ing. Eugenio Berrino (BERRINO *et. al.* 2021) durante la stesura della sua tesi di Laurea Magistrale in Ingegneria Civile e Ambientale. Applicando il tool MAGO precedentemente descritto, sono state prodotte, alcune ortofoto di pareti adiacenti, tra loro accostate nella rappresentazione finale, come se la sequenza dei muri attigui fosse stata srotolata *ad hoc* per consentirne una visione d'insieme.

S.G.

## 6. FINALITÀ, OBIETTIVI E RISULTATI DEL RILEVAMENTO GEOMATICO

L'applicazione delle metodologie geomatiche ai contesti del patrimonio culturale è una pratica sempre più frequente e in costante crescita (FIORINI 2013; HERNÁNDEZ CORDERO 2017; SILANI 2021): l'area di Pompei, per l'eccezionale stato di conservazione, è stata più volte oggetto di analisi di questo tipo, soprattutto negli ultimi anni (MONEGO *et al.* 2019; FRANCOLINI, GIRELLI, BITELLI 2020; VERDE 2020).

Il fine primario della campagna di rilevamento che si è svolta a Pompei nel settembre del 2020 è stato quello di incrementare la conoscenza del

complesso architettonico oggetto di studio, in questo caso l'*insula* VII, 14 e, nello specifico, la *Domus* della Regina d'Inghilterra, mediante un approccio interdisciplinare, di tipo archeologico e ingegneristico: è nata così la collaborazione tra il Laboratorio di Metodologie della Ricerca Archeologica (nelle persone della Prof.ssa Silvia Pallecchi e della Dott.ssa Alice Capobianco) e il Laboratorio di Geomatica (nelle persone del Prof. Domenico Sguerso e della Dott.ssa Sara Gagliolo), entrambi afferenti all'Università di Genova.

L'*insula* VII, 14 si presenta come un'area di studio ideale dove poter applicare il rilevamento geomatico mediante stazione totale, laser scanner, GNSS, fotogrammetria da terra e UAV, tenendo conto dello stato di conservazione ottimale delle murature, che si erigono fino ad un'altezza di 5 m ca. (le strutture murarie che conservano una estensione in elevato maggiore si trovano all'interno della Casa della Regina d'Inghilterra).

Uno degli obiettivi ultimi di questo lavoro è stato quello di ottenere un modello fotogrammetrico tridimensionale, il più accurato e dettagliato possibile, che fosse facilmente fruibile anche da parte degli archeologi e che potesse rappresentare uno strumento concreto di supporto all'analisi dell'area di indagine, anche nelle fasi di post-scavo e in quei momenti dell'anno in cui non è possibile recarsi sul sito per accertamenti. Il modello tridimensionale svolge, dunque, la duplice funzione di monitoraggio dello stato di conservazione, qualora esso venga periodicamente riacquisito (GILENTO 2012), e di supporto nello studio del complesso architettonico.

Il modello tridimensionale costituisce, infatti, uno strumento di documentazione grafica molto preciso e dettagliato dell'area di indagine, da cui è possibile attingere quelle informazioni che spesso non sono identificabili sul campo, a causa dell'altezza o dell'inaccessibilità di alcune aree: lo stato di conservazione delle strutture murarie e dei rivestimenti, che possono presentare criticità non evidenti mediante la visione autoptica (e che andrebbero ulteriormente verificate da analisi di tipo strutturale), può essere monitorato e osservato in modo puntuale, portando alla proposta di eventuali interventi di adeguamento e restauro. Ad esempio, mediante la visione della nuvola di punti tridimensionale è stato notato uno spanciamento verso l'esterno della parte superiore della muratura N del civico 3, che non sembra, per il momento, presentare criticità che necessitino di un intervento immediato.

Il modello fotogrammetrico, inoltre, essendo preciso e dettagliato dal punto di vista metrico, può consentire l'ottenimento di misurazioni molto accurate, che possono essere confrontate con quelle prese sul campo o mediante altri strumenti, con una visione d'insieme che spesso è difficile da ottenere mediante la semplice osservazione di ortofoto, planimetrie e rilievo diretto.

Uno degli obiettivi, dal punto di vista archeologico, è quello di poter ottenere informazioni riguardanti le variazioni di quota dei piani e di tutti gli elementi strutturali, gli spessori e gli assetti delle strutture murarie, in modo

da poter formulare ipotesi riguardanti i diversi piani di calpestio all'interno di corpi di fabbrica anche distanti tra loro e gli eventuali andamenti dei piani superiori, in base all'osservazione di indicatori come i fori per le travi dei soppalchi in legno o la presenza di residui di pavimentazione. A questo proposito, una delle domande relative alle ipotesi ricostruttive della geometria dell'*insula* riguarda proprio i piani superiori, se siano presenti e quanti siano: le buche per l'incasso delle travi in legno del soppalco, i residui di pavimentazione e i tubi fittili per il passaggio degli scarichi delle latrine (che attestano la presenza di un bagno al piano superiore) sono indicatori abbastanza affidabili a riguardo, ma le ipotesi formulate possono essere smentite o confermate solo mediante uno studio di tipo strutturale, che può essere svolto partendo da un'analisi sul campo, corredata eventualmente da osservazioni basate sul rilievo tridimensionale, metricamente accurato e graficamente dettagliato.

Nonostante il lavoro di analisi architettonica sia ancora in corso, da una prima osservazione preliminare d'insieme dei piani di calpestio nel modello fotogrammetrico, è già stato possibile osservare come quelli delle botteghe differiscano notevolmente tra di loro, con una diminuzione delle quote verso S, legata probabilmente ad una variazione altimetrica del terreno geologico. Inoltre, la Casa della Regina d'Inghilterra si presenta ad una quota di 1,80 m più in alto rispetto a quella di tutti i corpi di fabbrica adiacenti. Per quanto riguarda i piani superiori, è stato notato come, anche all'interno del medesimo edificio, essi possano differire di altezza, in certi casi con una variazione minima identificabile solo mediante un'analisi metrica: ad esempio, all'interno dell'abitazione più orientale (*Domus* VII, 14, 15), i fori delle travature del piano superiore e i residui di pavimentazione all'interno di due ambienti adiacenti nel settore N-E (vani 5 e 16) sono posti a quote diverse, con uno scarto di pochi cm.

La visione d'insieme fornita dal modello tridimensionale può, inoltre, consentire l'osservazione di porzioni di strutture murarie e rivestimenti o di interi ambienti altrimenti non visibili, con un certo grado di dettaglio, portando all'individuazione di elementi strutturali o all'ottenimento di informazioni riguardanti le tecniche costruttive e l'architettura dell'edificio, altrimenti non identificabili o strettamente parziali. Ad esempio, l'ambiente 21 della Casa della Regina d'Inghilterra non è attualmente agibile, poiché chiuso da tutti i lati: l'unica porta di accesso, che comunicava con la bottega sita al Civico 1, è stata chiusa nel 1948 nel corso di lavori di restauro in seguito ai bombardamenti (GDS 1948), rendendo impossibile studiare l'ambiente mediante analisi autoptica: tale vano (per quanto ricostruito solo mediante la fotogrammetria UAV, per l'impossibilità di portare la strumentazione all'interno e di scattare le foto da terra) può essere ora analizzato, misurato e osservato in modo più accurato mediante il modello fotogrammetrico. È stato, inoltre, possibile confermare l'identificazione di aperture tamponate all'interno dell'*insula*, osservate durante l'analisi stratigrafica degli elevati, con una visione ottimale

anche delle eventuali porte e finestre chiuse presso i piani superiori, con il fine di contribuire alla conoscenza dell'evoluzione diacronica del quartiere.

La documentazione prodotta ha il fine di essere uno strumento di studio di alta qualità che, oltre agli obiettivi di tutela già ricordati, può essere utilizzato per incrementare la conoscenza dell'area oggetto di studio, portando ad una eventuale valorizzazione del complesso architettonico, che può essere così compreso al meglio nella sua visione tridimensionale, sia da un pubblico competente che generalista. Da questo punto di vista, il prodotto tridimensionale fotogrammetrico può costituire la base, metricamente affidabile, per la costruzione di un modello ricostruttivo, in cui le murature conservate siano completate immaginandone la prosecuzione in elevato e in pianta, e in cui gli elementi secondari non conservatisi (scale, soppalchi, porte) siano inseriti all'interno del complesso architettonico, ricostruendone la posizione e l'andamento; in quest'ottica, sono ipotizzati anche i piani superiori, in base agli indicatori già sottolineati in precedenza.

Infine, un altro prodotto di interesse ottenibile dalla filiera di post-elaborazione fotogrammetrica è l'ortofoto; a differenza di quelle precedentemente citate per il database dei prospetti digitalizzati, in questo caso la produzione di tali foto ortorettificate è stata ottenuta mediante un tool implementato in seno al Laboratorio di Geomatica dell'Università di Genova, denominato MAGO (Mesh Adattiva per la Generazione di Ortofoto; GAGLIULO 2019; GAGLIULO *et al.* 2019), che le ha accostate tra di loro in maniera automatizzata, in continuità tra pareti adiacenti. Pertanto, esse risultano poste sul medesimo piano bidimensionale, in modo da ottenere una visione "srotolata" d'insieme dell'intero ambiente: questa continuità tra le pareti può aiutare nell'analisi stratigrafica e nello studio delle tecniche costruttive dell'area oggetto di studio, permettendo di mettere in luce e di osservare l'intero andamento delle murature all'interno di una singola foto senza interruzioni.

## 7. CONCLUSIONI E PROSPETTIVE FUTURE

In seguito alla campagna di rilevamento e alla fase di post-processing dei dati, si è riusciti ad ottenere un prodotto grafico metricamente molto accurato, mediante la realizzazione di un modello fotogrammetrico tridimensionale (Fig. 9) e di ortofoto d'insieme degli ambienti (Fig. 10). Entrambi gli strumenti sono facilmente fruibili sia dalla équipe degli ingegneri che da quella degli archeologi e saranno utilizzati nella prosecuzione delle indagini dell'*insula* VII, 14, come base per future analisi dal punto di vista architettonico delle strutture murarie: queste ultime sono tutt'ora in corso e, pertanto, i risultati presentati in questa sede sono da considerarsi preliminari.

L'alto livello di dettaglio e di risoluzione dell'elaborato grafico consente di poter osservare l'*insula* in ogni sua parte (compresi gli ambienti non accessibili),

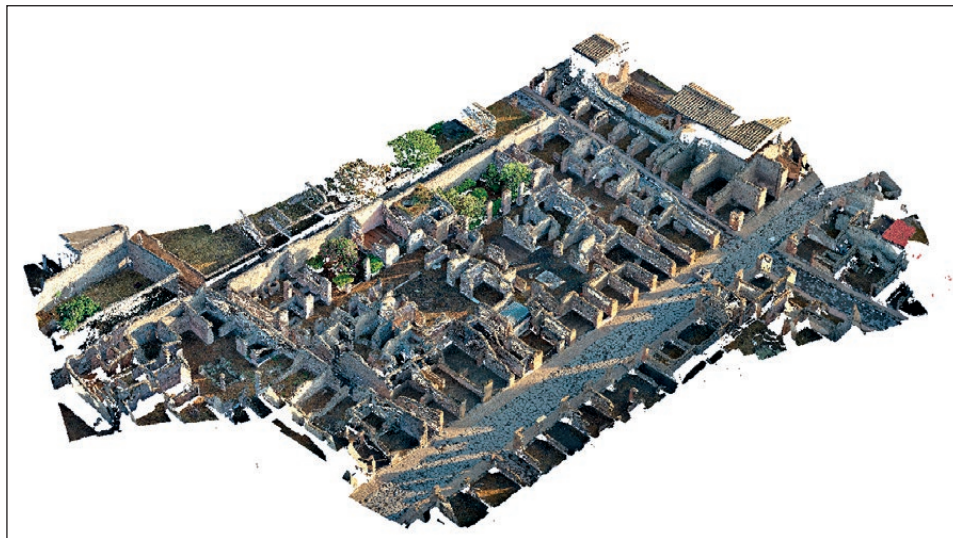


Fig. 9 – Modello fotogrammetrico tridimensionale dell'insula VII, 14 (elaborazione E. Berrino).

mentre l'accuratezza dal punto di vista metrico permette di poterne misurare ogni elemento. Inoltre, è possibile formulare osservazioni riguardanti i diversi piani di calpestio e le variazioni di quota, grazie ad una visione d'insieme.

Il modello digitale dell'area oggetto di studio avrà anche una funzione di tutela, consentendo di monitorare eventuali fenomeni di degrado (in parte già visibile, per quanto riguarda gli spancamenti di alcune strutture, anche se non ancora critico, poiché le murature sono state negli ultimi anni consolidate nell'ambito del Grande Progetto Pompei) e conservare le informazioni relative al complesso architettonico in caso di evento catastrofico.

Il modello fotogrammetrico sarà la base per la successiva realizzazione di un modello tridimensionale ricostruttivo, che si fonderà sulle ipotesi riguardanti la planimetria dell'intero complesso e l'estensione dei piani superiori, nonché sulla conformazione delle coperture. Tali ricostruzioni, che si baseranno principalmente sugli indicatori descritti nei paragrafi precedenti, saranno accompagnate da una analisi ingegneristica di tipo strutturale, che confermerà o smentirà tali ipotesi, individuando, per esempio, se dal punto di vista statico un determinato muro possa effettivamente sorreggere uno o più piani superiori. La realizzazione di un modello ricostruttivo tridimensionale sarà inoltre utilizzata per valorizzare un'area di Pompei ancora poco nota a causa dell'assenza di edifici di rilievo e della chiusura ai non addetti ai lavori delle abitazioni, contribuendo a far conoscere la storia di questo quartiere ad un pubblico più ampio.



Fig. 10 – Ortofoto accostate di pareti adiacenti ottenute mediante il tool MAGO (elaborazione E. Berrino).

In conclusione, la collaborazione tra gli archeologi e i geomatici ha consentito di incrementare le conoscenze relative all'*insula* 14 della *Regio* VII, con un approccio multidisciplinare che porterà all'accostamento dei dati ottenuti dallo scavo e dall'analisi stratigrafica muraria a quelli ottenuti dal rilevamento di tipo geomatico, con il fine di analizzare e studiare in modo sempre più preciso e valorizzare l'area oggetto di studio.

A.C.

ALICE CAPOBIANCO

Laboratorio di Metodologie della Ricerca Archeologica

Dipartimento di Antichità, Filosofia e Storia (DAFiSt)

Università degli Studi di Genova

alice.capobianco@edu.unige.it

SARA GAGLILO

Laboratorio di Geodesia, Geomatica e GIS

Dipartimento di Ingegneria Civile, Chimica e Ambientale (DICCA)

Università degli Studi di Genova

sara.gagliolo@edu.unige.it

### Ringraziamenti

Si ringraziano la Prof.ssa Silvia Pallecchi e il Prof. Domenico Sguerso, per la direzione delle attività sul campo e per la supervisione in ogni fase del lavoro; la direzione del Parco Archeologico di Pompei, per le autorizzazioni e il supporto logistico; il Prof. Stefano Podestà e i suoi collaboratori, per il supporto riguardo all'analisi strutturale degli edifici; il Dott. Eugenio Berrino, per la rielaborazione dei dati e la ricostruzione del modello fotogrammetrico e per la condivisione del suo lavoro; il Ce.Dro dell'Università di Genova, Scuola Droni Genova ed Eurodone Flight Systems per la collaborazione.

### BIBLIOGRAFIA

- BERRINO E., GAGLILO S., FERRANDO I., FEDERICI B., SGUERSO D. 2021, *Elaborazione di rilievi fotogrammetrici e strumenti per la realizzazione di ortofoto ad elevata definizione dello sviluppo di strutture verticali: prime applicazioni al Parco Archeologico di Pompei*, abstract al FOSS4G-IT 2021, evento online dal 19 al 21 settembre 2021.
- CAPOBIANCO A. 2019, *Pompei. Regio VII, Insula 14. Analisi stratigrafica degli elevati del settore occidentale*, Tesi di Laurea Magistrale, Università di Genova.
- CAPOBIANCO A., GAGLILO S., PALLECCHI S., SGUERSO D. 2021, *Analysis of historical evolution and present state of conservation of Regio VII, Insula 14 in Pompeii*, in *Proceedings of the Joint International Event 9<sup>th</sup> Arqueológica 2.0 & 3<sup>rd</sup> Geores (Valencia 2021)*, Valencia, Editorial Universitat Politècnica de València, 501-503.
- DE SIMONE A., LUBRANO M., CANNELLA R., CAPRIO L., CARANNANTE S., GRAZIOSO M.R., DE LUCA M., FRANCIOSI V. 2008, *Pompei, Regio VII, Insula 14*, in P.G. GUZZO, M.P. GUIDOBALDI (eds.), *Nuove ricerche archeologiche nell'area vesuviana. Scavi 2003-2006. Atti del Convegno internazionale (Roma 2007)*, Roma, L'Erma di Bretschneider, 283-292.
- FIORELLI G. 1862, *Pompeianarum Antiquitatum Historia*, II, Napoli.
- FIORINI A. 2013, *Nuove possibilità della fotogrammetria. La documentazione archeologica del nuraghe di Tanca Manna (Nuoro)*, «Archeologia e Calcolatori», 14, 341-354 ([http://www.archcalc.cnr.it/indice/PDF24/18\\_Fiorini.pdf](http://www.archcalc.cnr.it/indice/PDF24/18_Fiorini.pdf)).
- FRANCOLINI C., GIRELLI V.A., BITELLI G. 2020, *3D image-based surveying of the safe of the Obellio Firmo domus in Pompeii*, «The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences», 43, 1389-1394 (<https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLIII-B2-2020-1389-2020>).
- GAGLILO S. 2019, *Ortofoto ad alta risoluzione per individuazione di lesioni strutturali con "MAGO" (High resolution orthophotos for the recognition of structural lesions with "MAGO")*, honoured with the "Premio Giovani Autori" (Young Authors Prize) during the 64° Convegno SIFET, «Bollettino SIFET», 1, 1-7 (<https://www.sifet.org/bollettino/index.php/bollettinosifet/article/view/2142/4270>).
- GAGLILO S., AUSONIO E., FEDERICI B., FERRANDO I., PASSONI D., SGUERSO D. 2018a, *3D cultural heritage documentation: A comparison between different photogrammetric software and their products*, «The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences», 42.2, 347-354 (<https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLII-2-347-2018>).
- GAGLILO S., FAGANDINI R., PASSONI D., FEDERICI B., FERRANDO I., PAGLIARI D., PINTO L., SGUERSO D. 2018b, *Parameter optimization for creating reliable photogrammetric models in emergency scenario*, «Applied Geomatics», 10, 4, 501-514 (<https://doi.org/10.1007/s12518-018-0224-4>).
- GAGLILO S., FEDERICI B., FERRANDO I., SGUERSO D. 2019, *MAGO: A new approach for orthophotos production based on adaptive mesh reconstruction*, «The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences», 42.2, 533-538 (<https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLII-2-W11-533-2019>).



- GDS 1948, *Giornale degli Scavi di Pompei*, Roma, Accademia Nazionale dei Lincei.
- GILENTO P. 2012, *Fotogrammetria, nuvole di punti e rischio sismico. Applicazioni e riflessioni su una metodologia di rilievo*, in A. CURCI, A. FIORINI (eds.), *Documentare l'archeologia 2.0, Atti del Workshop (Bologna 2012)*, «Archeologia e Calcolatori», 23, 297-309 ([http://www.archcalc.cnr.it/indice/PDF23/18\\_Gilento.pdf](http://www.archcalc.cnr.it/indice/PDF23/18_Gilento.pdf)).
- HERNÁNDEZ CORDERO M. 2017, *Geomatics approach to surveys for Late Antiquity buildings. The Episcopal Palace in Side, Turkey*, in S. GARAGNANI, A. GAUCCI (eds.), *Knowledge, Analysis and Innovative Methods for the Study and the Dissemination of Ancient Urban Areas, Proceedings of the KAINUA 2017 International Conference (Bologna, 18-21 April 2017)*, «Archeologia e Calcolatori», 28.2, 457-467 (<https://doi.org/10.19282/AC.28.2.2017.37>).
- MONEGO M., MENIN A., FABRIS M., ACHILLI V. 2019, *3D survey of Sarno Baths (Pompeii) by integrated geomatic methodologies*, «Journal of Cultural Heritage», 40, 240-246 (<https://doi.org/10.1016/j.culher.2019.04.013>).
- MORICHI R., PAONE R., SAMPAOLO F. 2018, *Pompei. Nuova cartografia informatizzata georiferita*, Roma, Arbor Sapientiae Editore.
- PALLECCHI S. 2018, *Pompei: indagini archeologiche nelle botteghe della Regio VII. Campagna 2016 (VII, 14,1-3)*, «The Journal of Fasti Online, FOLD&R», 417 (<http://www.fastionline.org/docs/FOLDER-it-2018-417.pdf>).
- PALLECCHI S. 2020, *L'area della bottega VII 14. 3 a Pompei: storie di trasformazioni e progressive edificazioni di un piccolo spazio affacciato su Via dell'Abbondanza, fine del II sec. a.C.-I sec. d.C.*, «Rivista di Studi Pompeiani», 31, 47-56.
- PALLECCHI S., SANTORO E. 2019, *Pompei: indagini archeologiche nelle botteghe della Regio VII Campagne 2017-2018 (VII, 14, 1-7)*, «The Journal of Fasti Online, FOLD&R», 456 (<http://www.fastionline.org/docs/FOLDER-it-2019-456.pdf>).
- SAMPAOLO V. 1997, *VII, 14, 5*, in *Pompei, Pitture e Mosaici*, Roma, Istituto della Enciclopedia Italiana Treccani, 663-683.
- SILANI M. 2021, *Reconstructing the funerary landscape: Natural environment and topography of the necropolis*, in V. BALDONI (ed.), *From Pottery to Context. Archaeology and Virtual Modelling*, «Archeologia e Calcolatori», 32.2, 45-51 (<https://doi.org/10.19282/ac.32.2.2021.05>).
- VERDE D. 2020, *Vaulted structures in the Archaeological Park of Pompeii: 3D survey and monitoring*, «The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences», 44, 303-309 (<https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLIV-M-1-2020-303-2020>).

## ABSTRACT

This work arises from the collaboration between the Laboratory of Archaeological Research Methodologies and the Laboratory of Geomatics of the University of Genoa, based on a multidisciplinary approach, combining archaeological and engineering skills. Since 2016, the team of archaeologists from the University of Genoa has been working inside the Pompeii Archaeological Park in the shops of *insula* 14 of *Regio* VII, an important area within the urban context as it overlooks *Via dell'Abbondanza*, the most important road, and it is located in a central position, in proximity to the main public areas, such as the Forum. From the beginning of the project to the present day, the archaeology team has analysed the *tabernae* from a stratigraphic point of view. So, simultaneously with the excavation activity, a stratigraphic analysis of the walls and coatings was carried out, involving both the commercial establishments being excavated and the three large houses of the *insula*, mainly focusing on the most western one, named 'Casa della Regina d'Inghilterra'. In September 2020, a survey campaign was carried out by geomatics engineers aiming to applying innovative survey methodologies to the architectural complex of the entire *insula* and, specifically, to the 'Casa della Regina

d'Inghilterra'. In particular, the survey data were collected by total station, GNSS, laser scanner, combined with terrestrial and UAV photogrammetry. This paper presents the preliminary results obtained from the geomatic survey campaign, leading to the creation of an accurate photogrammetric model which can be used as a basis for a reconstructive model, whose hypotheses will be confirmed or denied by a future structural analysis.