

## STRUMENTI PER LA COMUNICAZIONE E LA CONSERVAZIONE DELLA DOCUMENTAZIONE DEL PATRIMONIO ARCHEOLOGICO: IL COMPLESSO DI VILLA ADRIANA (TIVOLI, RM) E IL SITO ARCHEOLOGICO DI MASADA (ISRAELE)

### 1. INTRODUZIONE

Il compito di chi fa ricerca sul patrimonio culturale è incentrato sull'individuazione di percorsi operativi che, partendo dalla selezione di modelli di ricerca idonei, passano poi alla comprensione critica dei prodotti della ricerca stessa con lo scopo di giungere, in conclusione, alla proposizione di interpretazioni, pratiche operative e metodologiche che sono messe a disposizione di contesti e mondi diversi: da quello della ricerca specialistica, a quello delle istituzioni, a quello dell'impresa, fino a raggiungere quello che rimane senza dubbio l'osservatorio principale, cioè la società contemporanea nella quale viviamo e nella quale operiamo. Oggi siamo in grado di produrre una considerevole quantità di informazioni in relazione alle opportunità offerte dal mondo della documentazione digitale del patrimonio in tutti i suoi aspetti, dal rilievo 3D laser scanner fino alla fotogrammetria di ultima generazione. Al notevole miglioramento delle capacità di acquisizione di dati non fanno tuttavia oggi riscontro adeguate metodologie di gestione, conservazione e possibilità di fruizione a vari livelli delle banche dati generate, una problematica ancora aperta che coinvolge tutto il mondo della ricerca.

Il tema dell'interdisciplinarietà della ricerca è strettamente correlato a quanto sopra accennato e inizia a configurarsi, nel panorama odierno, in una maniera abbastanza diversa rispetto alla metodologia tradizionale basata su sequenze lineari di procedimenti: pensiamo ad esempio al processo consequenziale di analisi che lega le pratiche scientifiche del rilievo, dell'archeologia e del restauro, nel campo della conservazione del Patrimonio. Oggi questa visione positiva di implementazione della ricerca basata sulla condivisione di esperienze che vanno ad accrescere un unico risultato scaturito dalla sommatoria delle sintesi di diverse esperienze forse non costituisce l'unica modalità di processo. Secondo le recenti tendenze di pensiero, è assodato che la ricerca può procedere anche per salti, il percorso non è sempre lineare e spesso questi salti, anche casuali, portano a un prodotto che è il risultato della coesistenza di idee e ragionamenti che seguono propri percorsi. Parlare di interdisciplinarietà o multidisciplinarietà nella ricerca non significa più raggiungere un risultato positivo composto da una sommatoria di prodotti, ma si tende più a vedere il prodotto della ricerca come il risultato dalla commistione dei diversi saperi che nella loro aggregazione creano un prodotto unico, diverso da quello

che può offrire la singola esperienza, arricchito e completato dall'incontro, dai molteplici aspetti e dall'esperienza dell'uno e dell'altro specifico settore disciplinare (NANETTI 2018).

Nell'ambito della documentazione e del rilievo digitale emerge quindi il fondamentale tema del dialogo fra le diverse competenze in relazione all'utilizzo delle tecnologie e degli strumenti per la diagnostica e la conservazione del patrimonio culturale che sono oggi a disposizione. Ed emerge anche la necessità di un dialogo a livello interdisciplinare e multidisciplinare sempre più stringente tra saperi diversi e tra strutture di ricerca, istituzioni e organismi di tutela. Il tema della conoscenza dell'opera d'arte, sia essa un reperto archeologico, una pittura o un'architettura, necessita di approcci di indagine in cui sia sempre ben calibrato e meditato il rapporto tra metodologie e strumenti che si vogliono applicare nell'indagine e risultati che si vogliono conseguire. Risulta evidente il ruolo fondamentale della figura dell'archeologo, come pure dell'architetto che si occupa del settore, che vede negli strumenti del rilievo e della diagnostica il momento preparatorio e propedeutico a passi successivi che guidino verso la soluzione delle criticità dell'interpretazione dei manufatti, del loro degrado e, più in generale, coniuga queste tematiche con la compatibilità degli interventi e della eventuale musealizzazione in maniera da assicurare le condizioni per la sopravvivenza della testimonianza storica e del valore patrimoniale che il manufatto da conservare rappresenta per la società.

Le applicazioni e i risultati scientifici maturati in anni di esperienze condotte dal Laboratorio Congiunto Landscape Survey & Design dell'Università di Firenze, anche in siti UNESCO quali, oltre a Firenze, Petra in Giordania, Masada in Israele, l'isola di Kizhi in Russia e molte fortezze spagnole in centro America, hanno consentito di mettere a sistema alcune delle più usate tecnologie remote sensing nel settore del rilievo per la documentazione digitale del patrimonio architettonico e archeologico (BERTOCCI, PARRINELLO 2015). Si presentano in questa sede, a titolo esemplificativo, alcuni dei risultati raggiunti nelle campagne di rilievo per la documentazione del sito archeologico di Villa Adriana, Tivoli (Roma) e per la documentazione del sito di Masada in Israele.

## 2. UNA ESPERIENZA DI COLLABORAZIONE SCIENTIFICA PER LA DOCUMENTAZIONE DEL SITO ARCHEOLOGICO DI VILLA ADRIANA, TIVOLI (ROMA)

Il sito archeologico di Villa Adriana a Tivoli, presso Roma, ricopre un'area di 120 ha e si estende su un pianoro tufaceo in parte precedentemente occupato da una residenza extraurbana di età repubblicana. Anche gli studi recenti propendono per una suddivisione del grande impianto della villa in due fasi di implementazione delle costruzioni a partire dal 118 d.C. La prima comprende la realizzazione della maggior parte degli edifici che vediamo ancor oggi e doveva essere terminata nel 125 d.C. La seconda fase invece si

conclude con la morte dell'imperatore nel 138 d.C. In epoca rinascimentale, artisti e architetti si interessarono e studiarono i monumentali resti della villa di Adriano e, verso la metà del secolo, l'architetto napoletano Pirro Ligorio venne incaricato dal cardinale Ippolito II d'Este di intraprendere scavi nel territorio del grande complesso di Tivoli. Dalle indagini emersero numerosi reperti, sculture e arredi marmorei che, in parte, vennero anche riutilizzati per decorare la splendida villa d'Este presso Tivoli. Durante il XVII secolo i Barberini e i Doria Pamphilj intrapresero numerosi scavi e nel Settecento si ebbero le più sensazionali scoperte, come i due centauri e il mosaico dell'Accademia. Attualmente il sito è per la maggior parte di proprietà pubblica ed è stato dichiarato Patrimonio UNESCO nel 1999<sup>1</sup>.

Nel corso delle campagne di rilevamento svolte dal 2012 al 2016 a Villa Adriana, sotto la sorveglianza della Soprintendenza per i Beni Archeologici del Lazio, sono emersi molteplici aspetti che hanno costituito la base di una proficua collaborazione scientifica tra il Dipartimento di Architettura dell'Università di Firenze, il Dipartimento di Ingegneria civile ed Architettura dell'Università di Pavia e il Dipartimento di Architettura dell'Università di Bologna, finalizzata allo studio e alla documentazione del complesso, con campagne di rilevamento digitale a fini didattici e di ricerca. Le campagne hanno interessato alcune delle aree di maggiore interesse del sito archeologico, nelle quali gli studenti hanno potuto sperimentare, assieme a docenti e ricercatori, le tecnologie di rilievo digitale applicate al rilevamento archeologico. Il *corpus* dei materiali prodotti da queste attività ha costituito una utile banca dati per l'analisi delle strutture in elevato ed è stato organizzato secondo una struttura corrispondente alle singole attività condotte (Fig. 1). In particolare la campagna di rilevamento, svolta da ricercatori e studenti delle università di Firenze e Pavia, ha riguardato l'analisi di due zone all'interno del grande complesso della villa, in cui sono state portate a termine alcune sperimentazioni con apparecchiature laser scanner 3D, che costituiscono una base attendibile, passibile di essere convertita in vari elaborati, per la documentazione del sito dalla scala territoriale alla scala del più specifico dettaglio architettonico (BUA, PICCHIO 2013).

Gli sviluppi del progetto potrebbero prevedere la messa a punto di una "mappa intelligente", prodotta seguendo sperimentati criteri metodologici, che permetterebbe di mettere a disposizione degli studiosi dettagli e informazioni e che, con il tempo, potrebbe configurarsi come il "contenitore" della

<sup>1</sup> Fu solo con l'unità d'Italia che iniziarono ricerche sistematiche e nel 1870 lo stato italiano acquisì la maggior parte dell'area occupata dalla antica villa. Nel 1999 la villa venne inserita nella lista del Patrimonio UNESCO con la seguente motivazione «Criterio (iii): Villa Adriana rappresenta un'eccezionale testimonianza materiale della prima età imperiale romana. Il gran numero di edifici e di altre costruzioni al suo interno e la collezione di statue e sculture che decorano gli ambienti interni ed esterni testimoniano il gusto e la cultura di uno dei più grandi Imperatori Romani».



Fig. 1 – Villa Adriana, individuazione delle aree rilevate con metodologie remote sensing. In basso confronti fra la topografia attuale (in evidenza) e le restituzioni delle principali fonti di cartografia storica (dott. arch. F. Greco).

grande mole di studi e di ricerche condotti nel corso degli anni sulla Villa Adriana, che troverebbero una sede appropriata ed una migliore struttura logica, anche rispetto ai possibili utilizzi degli studi contemporanei (Fig. 2). La costruzione di un progetto così concepito, sperimentato durante le prime fasi della nostra ricerca, permetterebbe di rendere fruibili le informazioni a vari livelli di utenza e a scale diverse, sia per studiosi e tecnici esperti che per un pubblico più ampio. Ciò valorizzerebbe percorsi tematici anche a fini turistici, sistematizzando l'informazione secondo strutture cognitive che, rappresentando in maniera ordinata la complessità del sito reale, permetterebbero

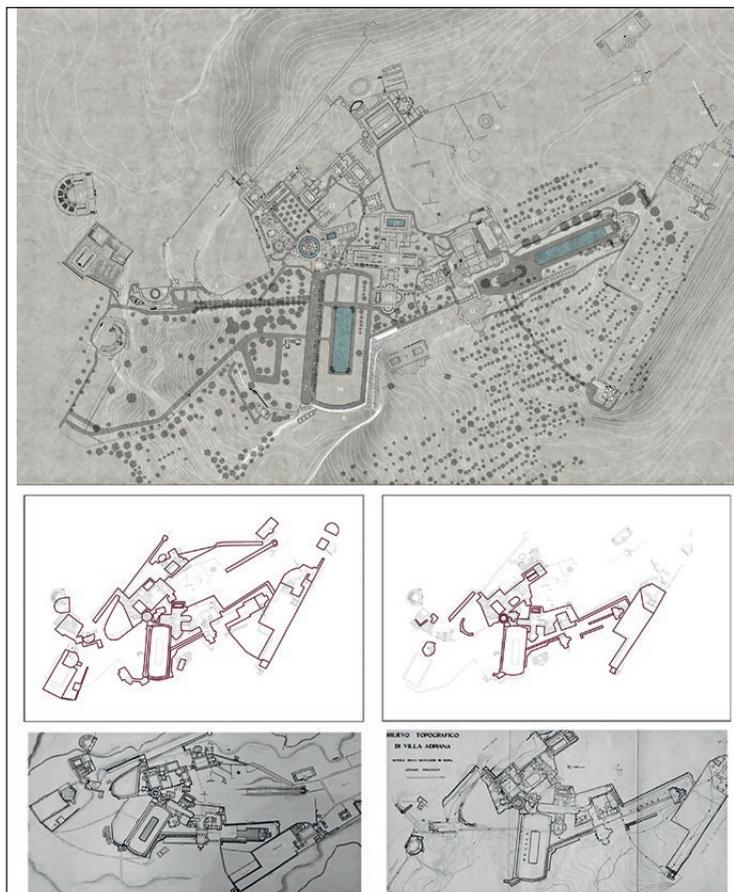


Fig. 2 – Villa Adriana, gli aggiornamenti riportati sulla base topografica generale del 2006 (dott. arch. F. Greco).

inoltre di elaborare sperimentazioni e previsioni di sviluppo congrue con il Management Plan del sito. Per creare questa piattaforma interattiva, basata sulla imprescindibile banca dati della misura (mappe ed elaborazioni affidabili dello stato dei luoghi), le diverse attività di documentazione sono state programmate nell'intento di integrare tra loro dati provenienti da attività di rilievo che si potranno sviluppare nel tempo.

I primi rilevamenti sono stati localizzati nella zona del Ninfeo del Palazzo, in prossimità della Sala dei Pilastri Dorici e negli *Hospitalia* della zona residenziale del Palazzo (Figg. 3, 4). I rilievi topografici di inquadramento dei singoli siti presi in esame sono stati riferiti ad una poligonale chiusa, appositamente

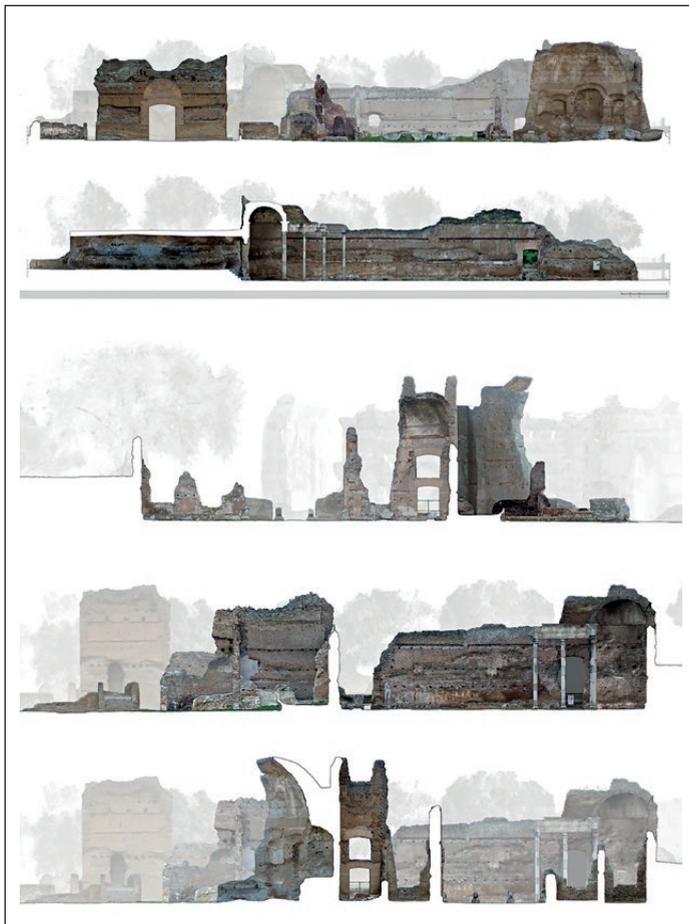


Fig. 3 – Restituzioni dei rilievi dell’area del Ninfeo di Palazzo e della Sala dei Pilastrini Dorici (arch. M. Ventimiglia).

predefinita, la quale è stata successivamente georiferita sulla mappa aggiornata del sito messa a disposizione dall’amministrazione (ADEMBRI, CINQUE 2006). Questo processo è fondamentale per riuscire a concatenare i vari ambienti dell’area con il minore errore possibile e permettere, successivamente, l’unione delle scansioni prodotte dalle varie stazioni laser scanner e dei diversi modelli ottenuti dalle fotografie digitali. La nuvola di punti è stata utilizzata sia per creare disegni bidimensionali, descrittivi dello spazio architettonico e metricamente affidabili, sia per realizzare modelli tridimensionali ad alta densità di mesh con una ottima definizione del dettaglio. Il confronto tra il

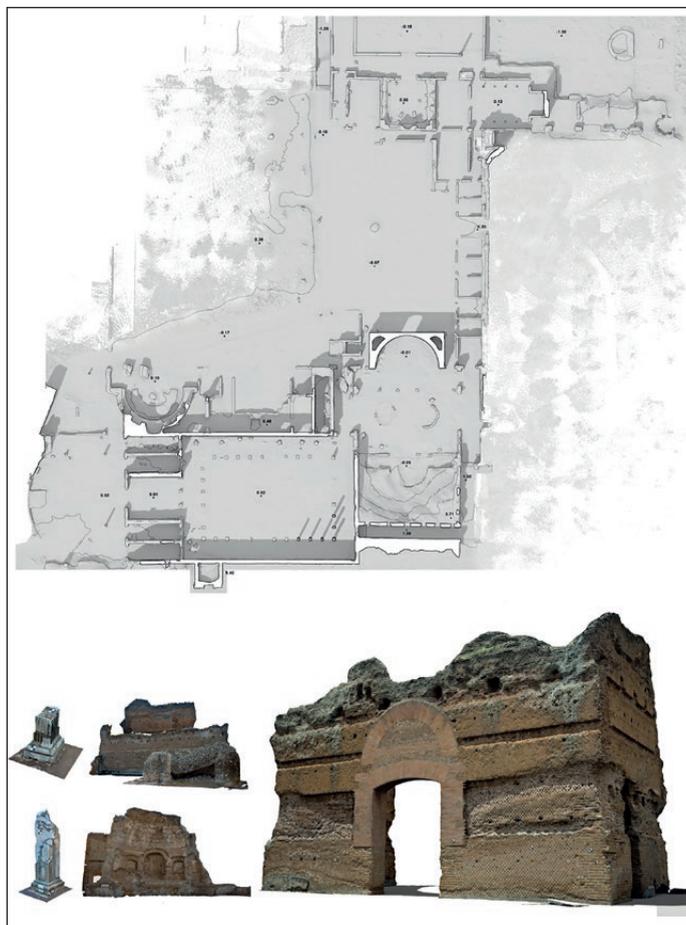


Fig. 4 – Pianta e modello di una zona del Ninfeo di Palazzo (arch. M. Ventimiglia).

modello realizzato direttamente dalla nuvola dei punti (metrico) e il modello ottenuto attraverso il rilevamento fotografico con tecnologia Structure from Motion (SfM) risulta necessario per determinare il grado relativo di affidabilità dei processi di elaborazione dei dati messi in atto dai rispettivi programmi, evidenziando, attraverso la sovrapposizione e calibratura delle rispettive mesh, le eventuali criticità di copertura del dato e di affidabilità relativa (BENEDETTI *et al.* 2010; ADEMBRI *et al.* 2012).

Sulla base topografica si è proceduto ai rilevamenti laser scanner 3D utilizzando strumentazione basata su tecnologia a variazione di fase (phase shift),

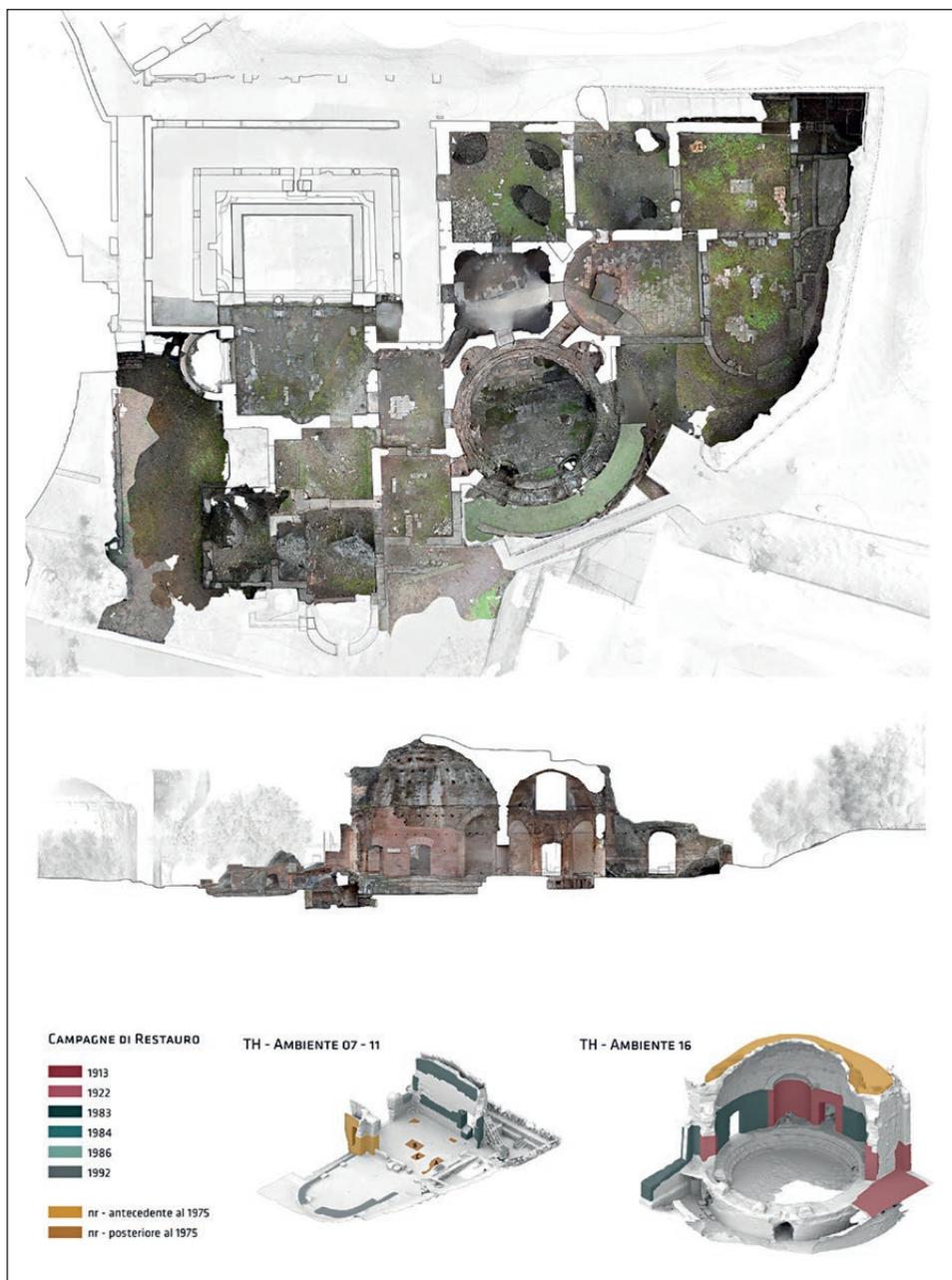


Fig. 5 – Restituzioni di dettaglio delle Terme con eliocamino (dott. arch. F. Greco).

che ha permesso di coprire l'intera area con tempi relativamente contenuti. Il dato metrico rilevato con lo strumento a scansione è stato integrato, nelle parti occluse o difficilmente raggiungibili, con alcune attività di rilevamento diretto per ottenere il completamento della copertura e produrre degli elaborati grafici 2D (piante, sezioni e prospetti utili per la documentazione e la conservazione del sito).

I rilevamenti fotografici SfM, sia terrestri che da drone, hanno portato alla realizzazione di affidabili modelli 3D, calibrati sui dati delle nuvole di punti generati dalle precedenti operazioni laser scanner, mediante i quali sono state restituite le elaborazioni grafiche utili per le successive letture archeologiche e per la documentazione dello stato di conservazione delle murature in elevato (FANTINI *et al.* 2012). La metodologia di progetto ha previsto, nella fase di post produzione dei dati, l'estrazione di elaborazioni 2D e 3D delle nuvole di punti realizzate, al fine di generare un affidabile apparato critico documentario costituito da disegni vettoriali (piante, sezioni e prospetti), rendering 3D e dettagli in 2D e 3D per lo studio di dettagli architettonici e particolari di interesse (Fig. 5).

Queste elaborazioni digitali sono state messe a disposizione dell'amministrazione e costituiranno, lo auspichiamo, la base documentaria per la conservazione del sito; potranno venire facilmente sfruttate anche per una migliore fruizione museale, pensando alle possibilità di simulazione, anche a scopi didattici, di eventuali ricostruzioni virtuali o proposte di interventi di restauro e valorizzazione (BUA, PICCHIO 2013).

La possibilità della creazione di modelli digitali leggeri ma al contempo affidabili, affiancata alla rappresentazione convenzionale del rilievo archeologico e dell'architettura, permette di ottenere prodotti fruibili anche attraverso dispositivi informatici di utilizzo comune, come pc, smartphone e tablet, forniti di connessione online. Le tecnologie in grado di restituire visualizzazioni 3D in real-time danno nuove possibilità di raccolta dei dati in database facilmente consultabili da operatori più o meno esperti e ampliano il concetto di visita virtuale rendendo la fruizione delle ricostruzioni digitali più immediata e diretta, coinvolgendo gli utenti mediante interfacce web con livelli di complessità adeguati al livello dell'utenza. Le sperimentazioni effettuate in questo caso hanno fornito incoraggianti risultati che sono stati raccolti in una serie di video tutt'ora in corso di elaborazione.

### 3. IL PROGETTO PER IL RILIEVO DIGITALE DEL SITO ARCHEOLOGICO DI MASADA IN ISRAELE

Il progetto per il rilievo digitale del sito archeologico di Masada in Israele (BERTOCCI *et al.* 2013, 2014) nasce da un accordo di cooperazione culturale interuniversitaria fra Italia e Israele, sviluppato a partire dal 2011

per sperimentare metodologie di rilievo laser scanner 3D integrate con le applicazioni SfM sul sito della fortezza di Erode a Masada<sup>2</sup>.

Il programma per la documentazione del sito archeologico di Masada, conosciuto come la più estesa fra le fortezze e residenze realizzate durante l'ambizioso programma di Erode a partire dal 4 a.C., comprende una serie di campagne di indagine organizzate attraverso quattro anni a partire dal 2012. Ogni missione mirava a raggiungere una migliore comprensione del sito, caratterizzato da una grande complessità morfologica, che raccoglie una serie di grandi edifici di diverse epoche e funzioni. La programmazione di indagini che si occupano di grandi aree e complessi archeologici, anche a livello urbano, come il sito di Masada è quella di documentare le evidenze di tutti i periodi testimoniati dalla stratificazione archeologica: nessun tipo di monumento, nessuna attività e nessun periodo risulta prioritario, poiché l'indagine conoscitiva che si prevede di mettere in atto parte, in primo luogo, dalla conoscenza del territorio in tutte le sue forme e i suoi aspetti (GUIDI *et al.* 2009).

Il sito di Masada, individuato da un viaggiatore nel 1828 sugli aspri rilievi che si innalzano ad E del Mar Morto, nella Giudea sud-orientale, si trova attualmente in territorio israeliano a circa 100 km a SE di Gerusalemme e fu oggetto di studi da parte di A. Schülten nel 1933 (SCHULTEN *et al.* 1933; AVI-YONAH *et al.* 1957; YADIN 1965, 1966). La grande fortezza venne meglio identificata e studiata dopo i primi scavi, realizzati dal 1963 al 1965 sotto la guida di Nahal Hever, dalla missione guidata dall'archeologo israeliano Yigael Yadin che, insieme a William F. Albright, fu il principale rappresentante di quella che viene chiamata "Archeologia biblica". Dal 1966 Masada e il suo territorio divennero un'area protetta dal Ministero delle Antichità e dal 1998 parte dei National Parks, Nature Reserves, National Sites and Memorial Sites. Divenuta sito Patrimonio dell'UNESCO nel 2000, oggi è un grande parco archeologico aperto ai visitatori, uno dei più visitati di Israele, dotato di un ampio Visitors Center e di una funivia per il rapido collegamento con il sito principale dell'area, la fortezza, che occupa l'ampio pianoro sulla sommità della montagna.

La parte principale del sito si trova sul pianoro ad una altezza di circa 400 m al di sopra della depressione del Mar Morto e si estende su una superficie di circa una decina di ettari. Il pianoro sommitale appare recinto dai

<sup>2</sup> L'Università di Firenze e l'Università di Pavia, con Shenkar College ed il sostegno del Masada National Park per la parte israeliana, hanno realizzato il rilevamento digitale del sito archeologico UNESCO di Masada. La partnership del progetto è la seguente: Dipartimento di Architettura dell'Università di Firenze; Dipartimento di Architettura e Ingegneria Civile dell'Università degli Studi di Pavia; Dipartimento di Interni Costruzione e Environment Design del Shenkar College of Engineering and Design di Ramat Gan, Israele, Israel Nature and Parks Authority. Partenariato per il supporto tecnologico: Autodesk, Leica Geosystems, Mabat 3D Technologies Ltd.

resti di una cortina muraria che si sviluppa per un perimetro di circa 1300 m ed è costituita dai resti di strutture composte dalla cinta esterna con torri di rinforzo e da un muro interno; fra le due mura, collegate da murature trasversali disposte in maniera tale da formare una serie di vani comunicanti (sistema definito casamatta), erano ospitati depositi, arsenali e anche abitazioni. Fra questi vani si distingue anche una sinagoga (ritenuta una delle più antiche della Palestina) e alcune costruzioni destinate a colombari. All'interno del recinto fortificato appare ben evidente, nella zona settentrionale, un articolato complesso di costruzioni: i complessi dei magazzini, costituiti da due serie di fabbricati composti da lunghi vani (lunghi dai 20 ai 27 m) articolati secondo una semplice viabilità interna, completati da grandi residenze realizzate attorno a cortili, fra i quali emerge il palazzo residenziale di Erode, risalente al I secolo a.C.<sup>3</sup>, un singolare complesso monumentale composta da tre terrazze del banco roccioso, sospese sul deserto con una incomparabile veduta del Mar Morto.

All'interno del grande complesso vi è anche un edificio termale articolato in vari ambienti (oggi in buona parte restaurati) aperti su di una corte, con piscina e cisterne. Un ulteriore complesso palaziale suddiviso in varie zone residenziali occupa la parte SO del recinto fortificato e appare composto da vari ambienti articolati attorno a cortili con lunghi atrii di ingresso. Appartengono alla prima fase (35 a.C. ca.) il nucleo principale del Western Palace, tre strutture palaziali più piccole, uno dei cosiddetti edifici amministrativi, le colombaie e le grandi cisterne. Nella parte centrale dell'area vi sono i resti di un edificio di epoca bizantina con una chiesa che testimonia l'occupazione del sito perlomeno fino a tale periodo<sup>4</sup>. Molto interessanti e sufficientemente ben conservati appaiono anche i resti del grandioso apparato di assedio realizzato dai Romani fra il 72 e il 73 d.C.: quello che possiamo vedere è un muro (circonvallazione) che circonda alla base tutto il rilievo di Masada per uno sviluppo di circa 7 km, rafforzato dalla presenza di otto campi militari fortificati con il tradizionale impianto quadrilatero. Fra le opere di assedio il resto più impressionante è costituito dalla rampa artificiale, realizzata in terra e armata con strutture lignee (delle quali ancora rimangono tracce), che funzionava da piano inclinato per raggiungere le mura sulla cima del rilievo roccioso con una gigantesca torre d'assedio, resa famosa dagli scritti di Giuseppe Flavio.

<sup>3</sup> La storia di Masada è conosciuta principalmente dal lavoro di Flavio Giuseppe. Per la descrizione della fortezza e degli apprestamenti di assedio dei Romani cfr. *Ios., bell. Iud.* 7, 8.

<sup>4</sup> All'inizio della rivolta ebraica nel 66 d.C. un gruppo di zeloti, guidato da Menahem, occupò la fortezza di Masada e molti ebrei si rifugiarono lì dopo la caduta di Gerusalemme e la distruzione del Tempio da parte di Tito nel 70 d.C. Due anni dopo Flavio Silva, il governatore romano, decise di conquistare questo ultimo centro della resistenza ebraica. Cfr. *Ios., bell. Iud.* 7, 8.

Lo straordinario stato di conservazione dell'intero complesso costituito dalla fortezza e dal territorio circostante con i resti delle opere di assedio ha fatto sì che tutta l'area venisse ritenuta di grande interesse e venisse dichiarata Patrimonio dell'umanità dall'UNESCO<sup>5</sup>. La fortezza erodiana e tutta l'area di rispetto che include i resti degli otto campi d'assedio romani sono di proprietà dello Stato di Israele e, come siti archeologici, sono protetti dalla legge del 1978 relativa alle Antichità. Dal 1966 l'intero sito di Masada è divenuto un Parco Nazionale ed è protetto dalle norme della Legge sui Parchi Nazionali, Riserve naturali, Siti nazionali e siti della Memoria del 1998. Il Parco Nazionale è inoltre ricompreso nella Riserva Naturale del Deserto di Giudea, istituita sempre con la legge del 1998. Un nuovo centro visitatori è stato aperto nel 2000 nella pianura, prossima al Mar Morto, sotto il lato orientale di Masada. La funivia, originariamente installata nel 1970, è stata sostituita da un nuovo impianto che costituisce il collegamento con l'ingresso del parco e il centro visitatori, anche se è ancora possibile intraprendere l'ardua salita alla vetta attraverso i due percorsi storici di accesso alla fortezza.

Il Parco di Masada è gestito oggi dall'Israel Nature and Parks Authority, in cooperazione con la Israel Antiquities Authority. Un aspetto importante del piano di gestione vigente è la decisione di procedere senza ulteriori scavi di ricerca sul sito principale, limitando soltanto questo tipo di attività alla finalizzazione di progetti di conservazione, manutenzione o restauro. Il sito appare oggi soggetto a rischi di vario tipo: rischio sismico (il sito si trova sulla linea di faglia dei continenti afro-eurasiatico); rischio idraulico (il terreno è molto asciutto tutto l'anno e le tempeste occasionali sono in grado di creare forti correnti di acque piovane); pressione turistica (il sito, dal 2000, ha la previsione di 1,25 milioni di visitatori all'anno ed è fruito da migliaia di turisti ogni giorno nella bella stagione); esposizione solare (la maggior parte del sito è esposta al sole diretto e alle alte temperature); guerra/terrorismo (l'instabilità della situazione politica in Medio Oriente espone il sito a episodi di terrorismo o di guerra). Il progetto è stato pertanto finalizzato alla creazione della documentazione digitale completa del sito archeologico di Masada in funzione della normale gestione del parco archeologico (geolocalizzazione e interpretazione dei dati di scavo esistenti, attività di restauro conservativo e aspetti gestionali) e alla conservazione della memoria e dell'immagine del sito, visto l'elevato grado di rischio, quale base per ulteriori attività di studio e interpretazione.

<sup>5</sup> UNESCO Declaration of Authenticity (2010): «This is a site that remained untouched for more than thirteen centuries. The buildings and other evidence of human settlement gradually collapsed and were covered over until they were revealed in the 1960s. There have been no additions or reconstruction, beyond an acceptable level of anastylosis, and inappropriate materials used in early conservation projects are being replaced. Limited restoration works have been carried out to aid visitor interpretation with original archaeological levels being clearly defined by a prominent black line set in the new mortar joints. Certain significant archaeological elements, such as the Roman camps and siegeworks, remain virtually untouched. The authenticity is therefore of a very high level».

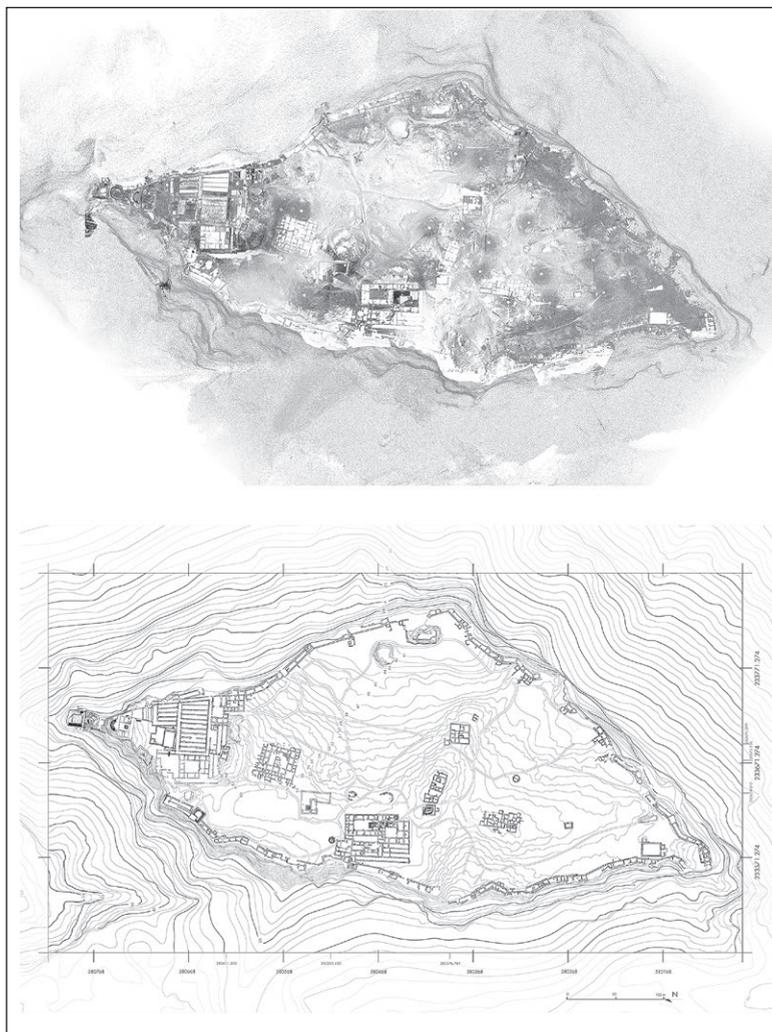


Fig. 6 – Masada, vista ortografica della nuvola dei punti complessiva della fortezza e la relativa restituzione topografica (dott. F. Picchio, dott. M. Bercigli).

La documentazione del territorio, sia come ricerca preliminare per individuare la presenza di resti archeologici, sia per acquisire dati metrici generali e dati sulla caratterizzazione dei reperti storici del territorio e del sito stesso, ha reso necessaria una metodologia di rilevamento basata su un rilievo laser scanner 3D con strumentazioni dotate di elevata affidabilità anche alla scala urbana e territoriale, integrato con le applicazioni SfM oltre che



Fig. 7 – Masada, veduta aerea e planimetria con interpretazione delle principali fasi di sviluppo del sito della fortezza (dott. F. Picchio, dott. M. Bercigli).



Fig. 8 – Masada, restituzione della planimetria dell'area del palazzo occidentale (arch. A. Scalbrelli).

dalle tradizionali metodologie di indagine topografica e GPS per costruire una adeguata rete di dati in collegamento con la cartografia nazionale dello stato di Israele. La nuvola di punti che è stata prodotta dal montaggio delle singole scansioni del rilievo costituisce la parte fondamentale del database della documentazione digitale del sito (Figg. 6, 7). Le nuvole di punti prodotte nelle varie fasi di acquisizione durante le annuali campagne di studio sono state integrate e successivamente elaborate sulla base di nostri protocolli metodologici per l'estrazione di elaborati 2D, disegni CAD di piante, sezioni e prospetti (Fig. 8) e modelli 3D, con vari tipi di visualizzazioni di dettagli e di elementi costruttivi e con letture di interesse archeologico.

La metodologia generale del progetto sulla quale si fonda la documentazione digitale completa del sito si basa sull'acquisizione di dati metricamente

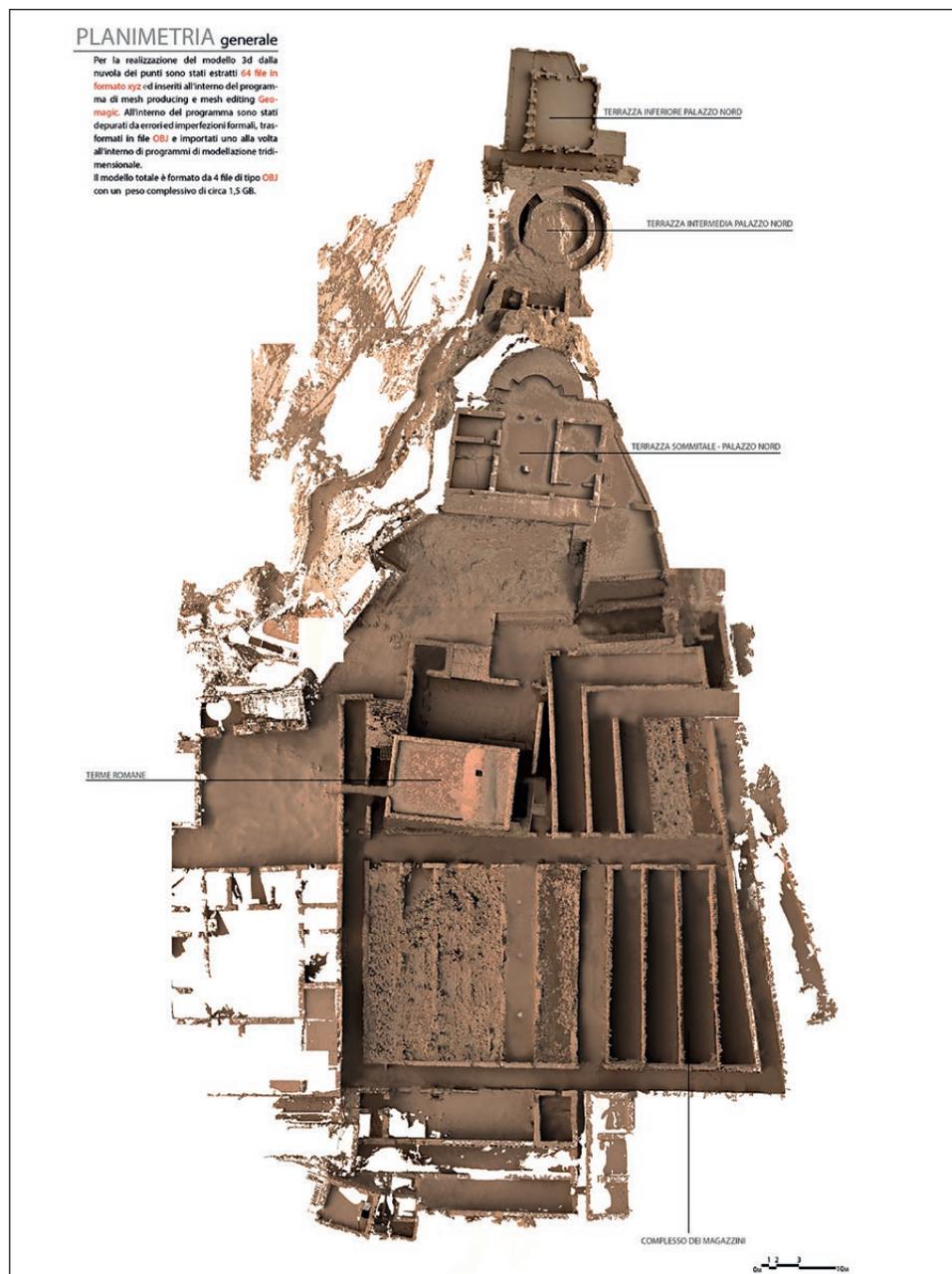


Fig. 9 – Masada, vista ortografica del modello elaborato dal rilievo dell'area del palazzo orientale o Palazzo di Erode (arch. M. Benedetti).

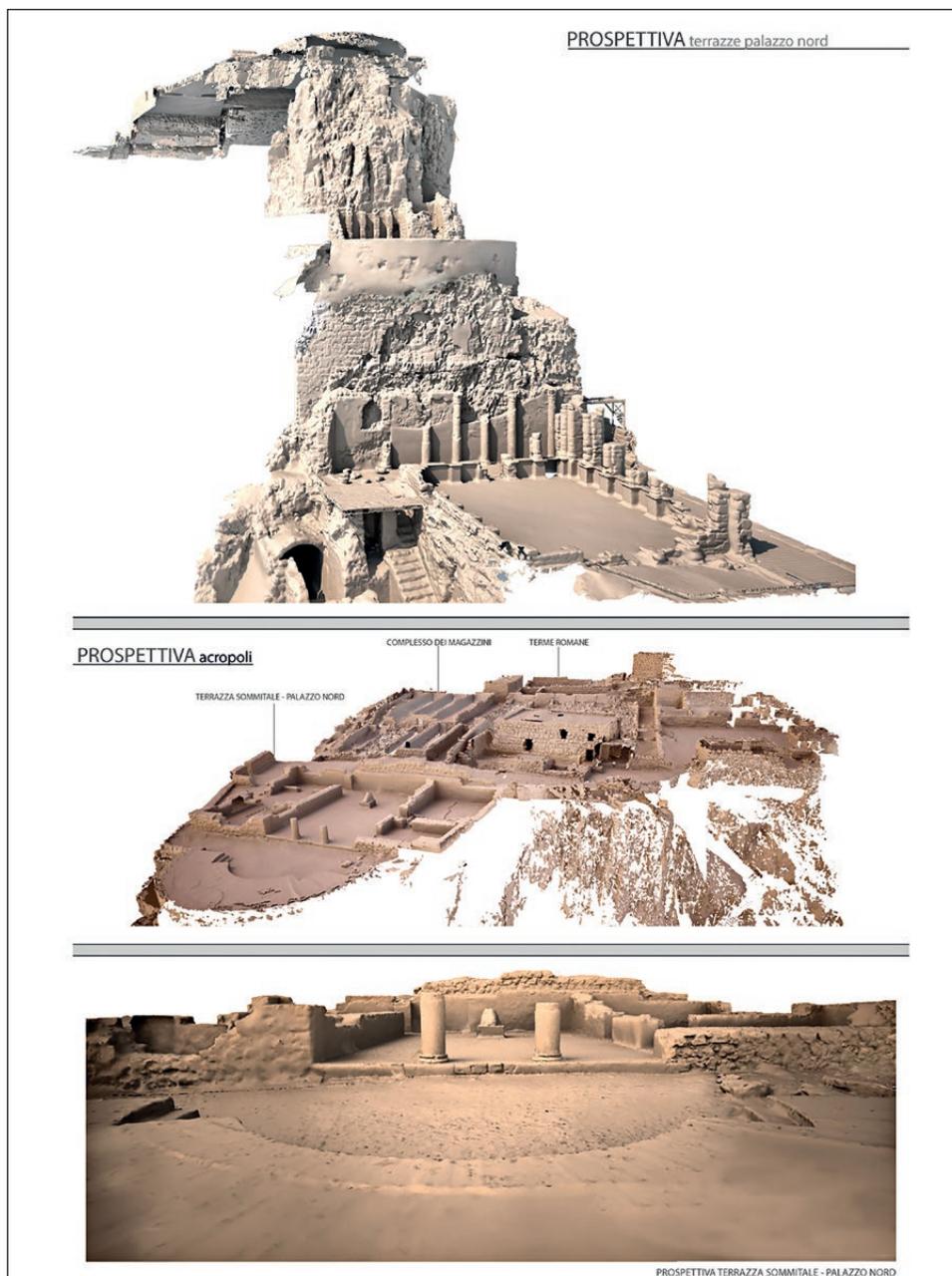


Fig. 10 – Masada, viste del modello elaborato dal rilievo dell'area del palazzo orientale o Palazzo di Erode (arch. M. Benedetti).

affidabili, attraverso la scansione laser 3D e la fotogrammetria digitale terrestre e aerea a bassa quota, riferiti sulle locali reti geografiche mediante strumentazione GPS, per la realizzazione di un apparato documentario, fruibile anche attraverso web dedicato, con vari livelli di interfaccia profilati sui vari tipi di utenze, dalla turistica alla scientifica. I modelli tridimensionali realizzati possono rappresentare il sito “così come è”, ma possono anche servire come base per una ricostruzione digitale in grado di illustrare lo stato delle conoscenze del sito e le diverse trasformazioni cui è stato sottoposto nel corso della storia (Figg. 9, 10). Le elaborazioni relative a Masada sono ancora a livello sperimentale. In particolare è stata realizzata una tesi di Dottorato, discussa nel 2018, da Monica Bercigli, con relatore il Prof. Stefano Bertocci (BERCIGLI 2018, cfr. anche PARRINELLO *et al.* 2017).

#### 4. CONCLUSIONI

Le tecnologie e gli strumenti per la conoscenza, la documentazione e la comunicazione del patrimonio rivestono oggi un importante aspetto del nostro lavoro per comunicare, con ogni mezzo e con ogni tecnica disponibile, il valore della ricerca non solo al pubblico degli specialisti, ma anche e soprattutto alla società contemporanea. Alla luce delle recenti acquisizioni del mondo digitale sembra che le barriere della comunicazione siano effettivamente superate e questo pone nuovi problemi e anche ulteriori interrogativi. Questa è la realtà con la quale dobbiamo confrontarci o quantomeno a cui dobbiamo tendere quando si parla di sviluppo della ricerca e del valore della comunicazione e divulgazione dei contenuti scientifici. La scommessa più intrigante è proprio questa: utilizzare le più aggiornate tecniche digitali per la gestione delle banche dati della conoscenza e per la comunicazione impiegando al meglio gli strumenti offerti dal mondo digitale per costruire una nuova percezione e una rinnovata attenzione per la fruizione intelligente del bene di interesse patrimoniale.

È così che nascono importanti progetti di comunicazione, dove con l’ausilio delle più avvincenti tecnologie informatiche si costruiscono percorsi di visita ed esperienze culturali in grado di attrarre anche il visitatore e il turista, consentendo un tuffo nel passato che rende accessibile la comprensione del valore del bene, ma anche interessanti e innovativi archivi della conoscenza digitale utilissimi per lo specialista nella gestione della complessità della ricerca e del cantiere. Il nostro lavoro deve avere importanti punti di forza: la conoscenza come momento imprescindibile di acquisizione dei dati da utilizzare per un avanzamento della cultura stessa; la valorizzazione come sistema strutturato in grado di elaborare e diffondere messaggi appropriati al livello scientifico della ricerca; l’innovazione, come modello “mentale” capace di generare sviluppo, prassi operative, metodologie e approcci nuovi

nei confronti del patrimonio culturale e della sua fruibilità. Una terna di elementi che, insieme a molti altri, possono costituire strumenti necessari per alimentare e sostenere quel vitale rapporto tra ricerca scientifica, sviluppo tecnologico, sostenibilità e divulgazione delle conoscenze.

STEFANO BERTOCCI

Dipartimento di Architettura DIDA  
Università degli Studi di Firenze  
stefano.bertocci@unifi.it

## BIBLIOGRAFIA

- ADEMBRI B., CINQUE G.E. (eds.) 2006, *Villa Adriana: la pianta del centenario 1906-2006*, Firenze, Centro Di.
- ADEMBRI B., DI TONDO S., FANTINI F. 2012, *New advancing of the research on the architecture with concave and convex rhythms at Hadrian's Villa: Reconstruction hypothesis on the southern nymphaeum of the Piazza d'Oro*, in *Proceedings of the 16<sup>th</sup> International Conference on Cultural Heritage and New Technologies (Vienna 2011)*, Wien, Museen der Stadt Wien-Stadtarchäologie, 125-139.
- AVI-YONAH M., AVIGAD N., AHARONI Y., DUNAYEVKY I., GUTMAN S. 1957, *The archaeological survey of Masada, 1955-1956*, «Israel Exploration Journal», 7, 1-60.
- BENEDETTI B., GAIANI M., REMONDINO F. 2010, *Modelli digitali 3D in archeologia: il caso di Pompei*, Pisa, Edizioni della Normale.
- BERCIGLI M. 2018, *Sistemi di fruizione virtuale e serious game per la valorizzazione e la divulgazione del Patrimonio. Masada: la fortezza del deserto*, PhD Thesis, Università degli Studi di Firenze.
- BERTOCCI S., PARRINELLO S. 2015, *Digital Survey and Documentation of the Archaeological and Architectural Sites: UNESCO World Heritage List*, Firenze, Edifir.
- BERTOCCI S., PARRINELLO S., VITAL R. (eds.), 2013, *Masada Notebooks. Report of the Research Project 2013*, Digital Survey in Archaeology 1, Firenze, Edifir.
- BERTOCCI S., PARRINELLO S., VITAL R. (eds.) 2014, *Masada Notebooks. Report of the Research Project 2014*, Digital Survey in Archaeology 2, Firenze, Edifir.
- BUA S., PICCHIO F. 2013, *Esperienze di rilievo integrato per la documentazione del Ninfeo di Palazzo a Villa Adriana mediante laser scanner e fotogrammetria*, «Forma Urbis», 8, 50-51.
- FANTINI F., RODRIGUEZ-NAVARRO P., DI TONDO S. 2012, *Il problema della mappatura del colore nei modelli digitali 3D a displaced subdivision surface da rilevamento laser scanner in ambito archeologico*, in M. ROSSI, A. SINISCALCO (eds.), *Colore e Colorimetria. Contributi Multidisciplinari. Atti della VIII Conferenza del colore (Bologna 2012)*, VIII A, Santarcangelo di Romagna, Maggioli, 31-38.
- GUIDI G., RUSSO M., ERCOLI S., REMONDINO F., RIZZI A., MENNA F. 2009, *A multi-resolution methodology for the 3D modeling of large and complex archeological areas*, «International Journal of Architectural Computing», 7, 39-55 (<https://doi.org/10.1260/147807709788549439>).
- NANETTI A. 2018, *Transcultural endeavors an imperative of research internationalization for twenty-first century universities*, in S. BERTOCCI (ed.), *Programmi multidisciplinari per l'internazionalizzazione della ricerca. Patrimonio Culturale, Architettura, Paesaggio. Conference Proceedings of Symposium of Representation Scientific Area for Development of Multidisciplinary International Programs*, Firenze, Didapress, 23-28.
- PARRINELLO S., BERCIGLI M., BURSICH D. 2017, *From survey to 3D model and from 3D model to "videogame". The virtual reconstruction of a Roman Camp in Masada, Israel*, «DISEGNARECON», 10, 1-19.

SCHULTEN A., LAMMERER A., PAULSEN R., REGLING K., SCHRAMM E. 1933, *Masada die Burg des Herodes und die römischen Lager mit einem Anhang: Beth-Ter*, «Zeitschrift des Deutschen Palästina-Vereins (1878-1945)», 56, 1-185.

YADIN Y. 1965, *The excavation of Masada - 1963/64: Preliminary Report*, «Israel Exploration Journal», 15, 1-120.

YADIN Y. 1966, *Masada: Herod's Fortress and the Zealot's Last Stand*, New York, Random House.

#### ABSTRACT

Today we are able to produce a considerable amount of information in relation to heritage documentation thanks to the opportunities offered by remote sensing in all its aspects, from 3D laser scanner survey to the latest generation of photogrammetry. However, the remarkable ability to acquire data is not matched by methods of management, conservation and the possibility of using the generated databases at various levels. In the scientific area, not only visual techniques are experimented but also multisensory applications aimed at creating 'intelligent' digital models. In this work, some recent experiences carried out in the specific field of 3D digital survey documentation on sites of great archaeological interest are presented, such as Hadrian's Villa in Tivoli, near Rome, and the Masada fortress in Israel.