

UN APPROCCIO MULTIDISCIPLINARE PER DOCUMENTARE E VISUALIZZARE UN SITO ARCHEOLOGICO: LA VILLA D'OTIUM DI MASSACIUCCOLI (MASSAROSA, LU)

1. INTRODUZIONE

Il presente contributo illustra la metodologia messa in atto durante la realizzazione del progetto di ricerca VisualVersilia 3D, condotto dal Centro interuniversitario e-Gea¹ e cofinanziato dalla Fondazione Cassa di Risparmio di Lucca grazie al bando Ricerca 2016/2017. Questo progetto vuole offrire un nuovo modo di guardare il territorio e la sua storia grazie all'incontro tra la lettura filologica del documento tradizionale – sia esso cartografico, iconografico o letterario – e le potenzialità delle moderne tecnologie multimediali. Esso intende, infatti, definire una metodologia in grado di ricostruire le trasformazioni dei siti culturali nel corso del tempo e restituire, tramite le modellazioni 3D della fase romana e attuale e la creazione di un tour virtuale, una nuova ed attenta lettura della cosiddetta villa d'*otium* dei Venulei di Massaciuccoli (Massarosa, LU) in Versilia (Figg. 1-2), risalente al I-II secolo d.C. (CASTAGNETTI, GIANNINI, RIVOLA 2017; GIANNINI, CASTAGNETTI, RIVOLA 2017); tale monumento è stato scelto come sito campione in virtù del fatto che si tratta del complesso archeologico più importante e meglio conservato della Versilia (CIAMPOLTRINI 1994; FABIANI 2006, 55-61; ANICHINI *et al.* 2012; GIANNINI 2015).

Il progetto di ricerca si inserisce nel filone delle più innovative e recenti esperienze relative alle applicazioni delle moderne tecnologie di rilievo, modellazione 3D e creazione di tour virtuali nell'ambito dei beni archeologici. I tour virtuali rendono fruibili ed accessibili anche da remoto le aree archeologiche esaminate, così da promuovere e incentivare la visita *in situ*. La ricostruzione 3D dell'aspetto originale dei luoghi è in grado di testimoniare e raccontare al visitatore le trasformazioni subite nel tempo in modalità empatica ed immersiva, sfruttando le potenzialità dell'ambiente digitale e della realtà aumentata. Tra gli esempi di questo tipo, in Italia si possono citare la ricostruzione di parte delle mura aureliane a Roma tramite rilievo 3D, visualizzabile da smartphone o tablet (CANCIANI *et al.* 2016); tecniche di realtà virtuale e ricostruzioni 3D per simulazioni di siti antichi come Pompei (MULLER *et al.* 2005;

¹ Costituito dall'Università di Bologna con il Dipartimento Storia Culture Civiltà e il Dipartimento di Scienze Biologiche, Geologiche ed Ambientali; l'Università degli Studi di Modena e Reggio Emilia con il Dipartimento di Ingegneria Enzo Ferrari e il Dipartimento di Scienze Chimiche e Geologiche; il Politecnico di Bari con il Dipartimento di Ingegneria Civile, Ambientale, del Territorio, Edile e di Chimica. Il team di ricerca è composto da Martina Giannini (coordinamento, analisi storico-archeologica e ipotesi ricostruttive), Cristina Castagnetti (rilievo 3D), Riccardo Rivola (rilievo 3D ed elaborazione grafica).



Fig. 1 – La Versilia, una sub regione della Toscana nord-occidentale, compresa tra il mare e la cornice delle Alpi Apuane.



Fig. 2 – Le strutture superstiti della villa d'otium di Massaciucoli (Massarosa, LU).



Fig. 3 – I livelli/temi del WebGIS, con i vari sottolivelli distinti cronologicamente.

MAGNENAT-THALMANN *et al.* 2007), le terme di Caracalla² visualizzabili tramite particolari visori e la villa tiburtina di Adriano³. Tali tecnologie, inoltre, sono utili per la valorizzazione e la divulgazione del patrimonio culturale, nonché per la sua tutela e salvaguardia, basandosi su rigorosi rilievi geometrici che permettono anche indagini dettagliate sullo stato di conservazione dei siti studiati (CAPRA *et al.* 2015; ADEMBRI *et al.* 2016; CASTAGNETTI *et al.* 2017).

Lo scopo ultimo del progetto VisualVersilia 3D, dunque, è creare una metodologia che in futuro possa essere applicata anche ad altre realtà archeologiche e culturali del territorio versiliese, così da arricchire i contenuti e completare le funzioni della guida digitale visualversilia.com basata su WebGIS, frutto del precedente progetto di ricerca VisualVersilia, vincitore del bando Ricerca 2014/2015 della Fondazione Cassa di Risparmio di Lucca. Tale guida è costituita da una mappa interattiva e da una serie di livelli di dialogo distinti per temi e caratterizzati da apposite icone, che attraverso l'utilizzo

² Il progetto è stato realizzato dalla Soprintendenza Speciale archeologia, belle arti e paesaggio di Roma, Coopculture e il CNR (<http://www.artribune.com/arti-visive/ archeologia-arte-antica/2017/12/terme-caracalla-3d-roma-sito-archeologico-realta-virtuale/>; ultimo accesso 05/02/2018).

³ Virtual World Heritage Laboratory della Scuola di Informatica dell'Università dell'Indiana, in collaborazione con l'Institute for Intermedia Arts della Ball State University (<http://www.capitolivm.it/speciali/villa-adriana-3d/>; ultimo accesso 05/02/2018).

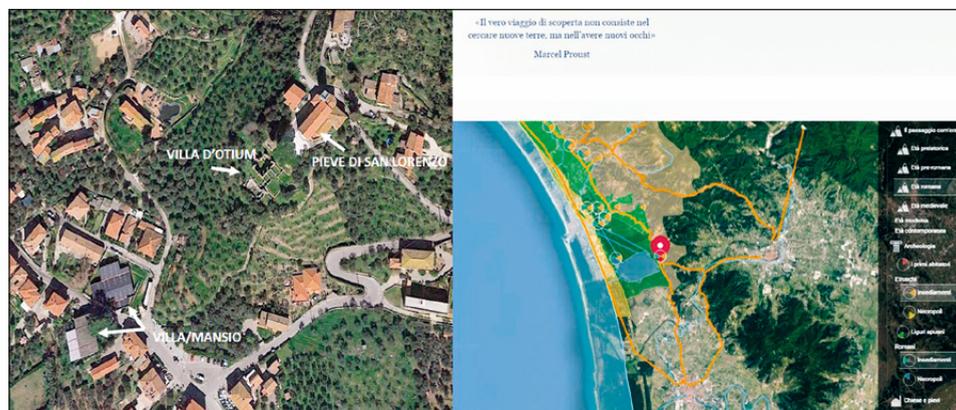


Fig. 4 – Il contesto dell'area archeologica di Massaciuccoli (Massarosa, LU).

di differenti colorazioni sono in grado di esprimere le varie fasi storiche dei sottolivelli distinti secondo un criterio cronologico (Fig. 3).

Durante la realizzazione di questo primo progetto sono stati mappati e descritti tutti i beni culturali della Versilia attraverso le varie fasi temporali; è stato inoltre creato il particolare livello “Il paesaggio com'era”, caratterizzato da ricostruzioni territoriali diacroniche, che consentono di documentare le trasformazioni del territorio avvenute nel tempo e di inserire i siti culturali esaminati nei contesti geografici dei diversi periodi storici di appartenenza (DUBBINI, GIANNINI, PICONE 2016; GIANNINI 2016). Le ricostruzioni sono state rese con aree di colori differenti sovrapposte in trasparenza alla cartografia attuale di base di Google Earth versione satellitare: il marrone indica i rilievi, il verde chiaro la pianura, il verde oliva le aree paludose, il celeste i fiumi, laghi e mare, il beige i cordoni dunali e la spiaggia, l'arancione la viabilità, il nero la ferrovia ed il grigio i fenomeni di urbanizzazione (Fig. 4, a destra).

Il WebGIS risultante consente perciò di affrontare molti argomenti, offrendo agli utenti l'opportunità di muoversi attraverso uno spazio/mappa e di immergersi in periodi diversi. I siti georiferiti, una volta selezionati, rimandano a schede informative sintetiche ma dettagliate, redatte rispondendo alle cinque “W” del giornalismo anglosassone (Who? What? When? Where? Why?) e corredate da una ricca galleria iconografica con fotografie, disegni ricostruttivi, pitture di autori che hanno frequentato la Versilia, carte storiche e filmati (GIANNINI 2016).

La realizzazione del progetto VisualVersilia 3D consente dunque di arricchire il WebGIS visualversilia.com a partire dalla villa d'otium dei Venulei, inserendo nella relativa scheda le ricostruzioni tridimensionali della fase romana e attuale e il tour virtuale del sito.

2. CONTESTO STORICO-ARCHEOLOGICO DEL SITO

La zona circostante il lago di Massaciuccoli, che in antico doveva presentarsi come un'ampia laguna costiera, ha restituito testimonianze della presenza umana sin dall'epoca preistorica (MENOZZI *et al.* 2002; GIANNINI 2013, 157-158). In un periodo compreso tra l'età arcaica e quella ellenistica, la laguna fu occupata da insediamenti etruschi con funzioni commerciali (GIANNINI 2013, 161-173). Tale funzione non cessò neppure in epoca romana, quando la zona, interessata da opere di bonifica, costituì uno dei punti di approdo che segnavano la costa versiliese (GIANNINI 2015, 2016).

Sui primi declivi del monte Aquilata e quasi sulla riva della sponda orientale del lago di Massaciuccoli rimangono le rovine di due importanti complessi di età romana imperiale, il primo riferibile ad una lussuosa villa di villeggiatura (CIAMPOLTRINI 1994) e il secondo posto lungo il percorso viario pedecollinare che metteva in comunicazione i tre grandi centri di Pisa, Lucca e Luni (Fig. 4). Con una successione di interventi iniziati intorno alla metà del I secolo d.C. e conclusi entro la prima metà del II secolo d.C., questa seconda struttura venne profondamente trasformata passando da impianto agricolo a villa/*mansio*, o entrambe, in quanto gli ampi spazi rustici preesistenti rimasero e se ne affiancarono altri per rispondere alle esigenze di accoglienza, soggiorno e ristoro dei viaggiatori (PARIBENI 2012, 13-14).

Le prime notizie relative alla villa d'*otium* risalgono all'anno 874 quando, in occasione di una permuta di beni, venne redatto un documento in cui era citato un «*muro que dicitur antiquus*» (REPETTI 1839, 124). Durante gli scavi del 1770 fu recuperata una tubatura in piombo siglata da *L. Venuleius Montanus et L. Venuleius Apronianus* (*Corpus Inscriptionum Latinarum* XI, 1433a; TARGIONI TOZZETTI 1768-1779, 452-457; MINTO 1921, 405; ARRIGHI 1963, 43-46; FABIANI 2006, 55-61), che permise di attribuire la villa alla famiglia dei Venulei, senatori e proprietari terrieri e di fabbriche di ceramica nel territorio pisano (CIAMPOLTRINI 1994, 127; FABIANI 2006, 59; CIAMPOLTRINI 2009, 20-22; PARIBENI 2012, 11-12).

I saggi archeologici e gli studi condotti durante gli anni Novanta del '900 consentirono di riconoscere nel nucleo di ambienti visibili sulla collina della Pieve di San Lorenzo alcuni spazi di una ricca villa extraurbana d'*otium*, sorta durante i primi decenni del I secolo d.C. e successivamente ristrutturata più volte nel corso dei primi due secoli dell'impero. Gli ambienti residenziali con pavimenti in *opus sectile*, simili secondo Ciampoltrini a una villa tiberiana di Capri (CIAMPOLTRINI 1994, 120), e a mosaico, rintracciati nella zona sottostante la tribuna del coro della pieve di San Lorenzo, dovevano occupare l'ampia terrazza su cui poi sorgerà la pieve paleocristiana; sul terrazzamento inferiore, invece, inizialmente si trovava un giardino delimitato da un muro con torrette (Fig. 5), che sembra richiamare un modello architettonico presente



Fig. 5 – Ipotesi ricostruttiva tridimensionale della villa d'*otium* durante i primi decenni del I secolo d.C. (R. Rivola).

nel territorio di Cosa (CIAMPOLTRINI 1994, 120). Il primo impianto della villa potrebbe far parte di un tipo di edificio d'*otium* che il complesso presso la Pieve Vecchia di Casale Marittimo, nella fascia costiera dell'agro volterrano, ben documenta (CIAMPOLTRINI 1994, 120).

Successivamente, durante la prima ristrutturazione di età neroniana e flavia, verso la seconda metà del I secolo d.C., il giardino fu sacrificato per costruirvi ambienti termali e di soggiorno, che nel II secolo d.C. vennero uniti in un'unica ed articolata zona termale (CIAMPOLTRINI 1994, 2009).

M.G.

3. LA METODOLOGIA DELLA RICERCA

Il complesso archeologico scelto come oggetto di studio è stato ricostruito e narrato grazie a un'accurata ricerca storica, all'attività di rilievo topografico tridimensionale mediante tecnologia laser scanner, all'elaborazione dei dati, alla modellazione 3D della fase attuale e dell'ipotetico complesso di età romana e alla creazione del tour virtuale dell'area esaminata.

3.1 *Ricerca storica*

Inizialmente sono state analizzate e confrontate tra loro tutte le fonti documentarie e iconografiche disponibili, tra cui: la bibliografia pregressa, gli itinerari tardo antichi⁴, le carte storiche, le fonti antiche scritte, la documentazione archeologica, le rappresentazioni pittoriche, le descrizioni letterarie, i fotogrammi dei voli aerei e dei relativi dati caricati sul portale Geografico Regionale della Toscana⁵. Tale analisi ha consentito una profonda conoscenza del sito propedeutica alla modellazione della fase romana.

3.2 *Rilievi topografici tridimensionali*

Il rilievo topografico tridimensionale è stato realizzato sull'area termale del complesso di Massaciuccoli ed è avvenuto mediante tecnologia a scansione laser, in grado di fornire una nuvola di punti completa per descrivere la geometria e lo stato attuale di conservazione delle strutture e dell'ambiente circostante. L'indagine è avvenuta nel settembre del 2016 con un laser scanner terrestre distanziometrico a tempo di volo, modello ScanStation C10 di Leica Geosystems⁶, particolarmente adatto per le applicazioni di natura architettonica, grazie alla presenza di un compensatore biassiale interno, che garantisce la coerenza tra l'asse verticale dello strumento e la verticale geodetica. Sono state dunque individuate 30 posizioni di scansione, da cui sono state effettuate altrettante acquisizioni di dati nell'arco di due giorni lavorativi. La scelta della risoluzione spaziale è avvenuta valutando lo scopo del rilievo e il rischio di ricavare un numero eccessivo di punti con un conseguente elevato onere computazionale. La risoluzione delle scansioni è stata impostata tra 5 e 8 mm a seconda della distanza dalla porzione esaminata in modo da ottenere una nuvola di punti completa e per quanto possibile uniforme.

3.3 *Elaborazione dei dati*

L'elaborazione dei dati di scansione laser, che consiste nel loro filtraggio al fine di rimuovere le parti di non interesse e nell'allineamento di ogni scansione, è avvenuta utilizzando il software Cyclone v.9.1 di Leica Geosystems. Il processo di allineamento ha permesso di combinare tutte le nuvole di punti nello stesso sistema di coordinate, fornendo così il modello complessivo tridimensionale a nuvola di punti del sito (Fig. 6). L'allineamento dei dati,

⁴ *L'Itinerarium Antonini, l'Itinerarium Hierosolymitanum, la Ravennatis Anonymi Cosmographia* e in particolare la *Tabula Peutingeriana*.

⁵ Cfr. il portale web Geoscopio (<http://www502.regione.toscana.it/geoscopio/fototeca.html>; ultimo accesso 05/02/2018).

⁶ <http://hds.leica-geosystems.com/> (ultimo accesso 05/02/2018).

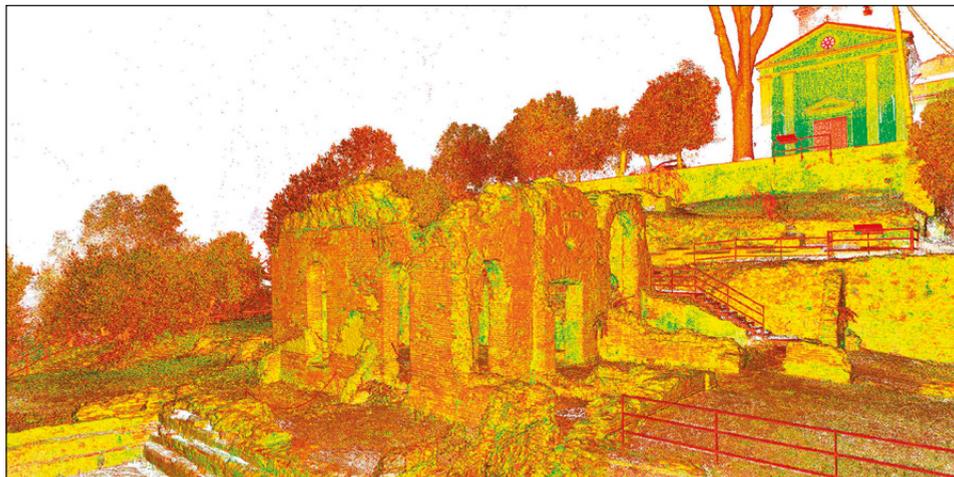


Fig. 6 – Nuvola di punti 3D in scala di falsi colori (R. Rivola).



Fig. 7 – Modello 3D della parte residenziale e termale della villa d'otium relativa ai primi decenni del II secolo d.C. (R. Rivola).

condotto con punti omologhi e algoritmi di surface matching, è stato ottenuto con un errore medio di 7 mm.

3.4 Modellazione 3D

Per quanto riguarda la realizzazione di un modello tridimensionale a superfici, geometricamente accurato, georiferito nello spazio e navigabile, le nuvole di punti sono state elaborate attraverso il software Geomagic Studio per la creazione e la gestione delle mesh, ovvero delle superfici. Successivamente, il software Rhinoceros v.5 è stato utilizzato per procedere alla modellazione geometrica dello stato attuale di conservazione del sito e per realizzare le ricostruzioni 3D realistiche del complesso risalente all'epoca romana (Fig. 7).

3.5 Tour virtuale

Terminata l'acquisizione dei dati tramite laser scanner, sono state eseguite fotografie con modalità HDR (High Dynamic Range) da ciascuna posizione di scansione, tramite una fotocamera esterna Canon EOS 5D mark II con lente calibrata da 35 mm, al fine di costruire panorami sferici a 360°. L'alta qualità delle immagini panoramiche ottenute ha consentito di associarle alla nuvola di punti creata dalla stessa posizione – in modo da arricchire il modello dell'aspetto foto realistico – e di utilizzare tali immagini per produrre il tour virtuale del sito. Per ogni posizione di scansione è avvenuta l'acquisizione di 60 fotografie in tre diverse esposizioni, per un totale di 180 fotografie per stazione. Le immagini sono poi state combinate ed elaborate col software PT Gui v.10.0 al fine di creare i panorami sferici, necessari a generare il percorso virtuale interattivo.

Il tour virtuale è stato realizzato col software Easypano Tourweaver v.7.98, che consente di importare i panorami, di creare un percorso consigliato permettendo comunque una navigazione libera, di inserire hotspot e aggiungere link per accedere ai vari contenuti multimediali quali video, file audio, immagini, schede descrittive, rendering relativi alla fase antica e collegamenti esterni. Questi strumenti, dunque, fanno sì che l'utente possa visualizzare in modo virtuale e interattivo lo stato dell'area durante l'età romana, immergersi nel passato e allo stesso tempo visitare da remoto il sito come se fosse sul luogo per apprezzarne lo stato di conservazione. L'aspetto grafico del tour virtuale è completamente personalizzabile e, tramite un collegamento, può essere incluso in qualsiasi sito web esistente. In questo progetto di ricerca il tour sarà integrato nel WebGIS visualversilia.com (Fig. 8).

C.C.

4. IPOTESI RICOSTRUTTIVE DEL SETTORE TERMALE

Le ipotesi ricostruttive circa l'articolazione degli spazi del complesso termale in età romana sono il risultato di una ricerca multidisciplinare,

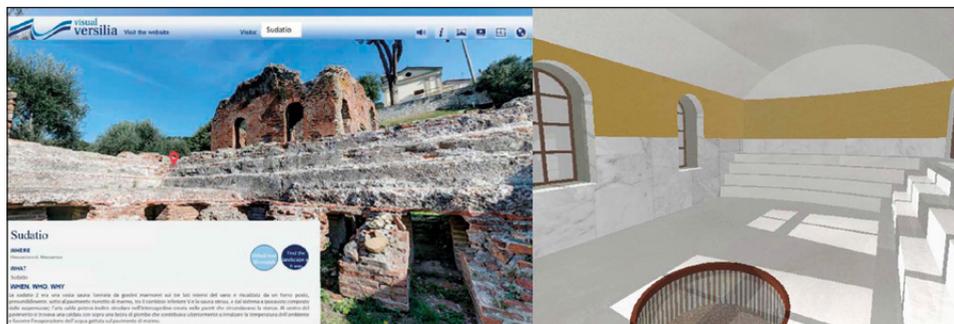


Fig. 8 – Vista web del tour virtuale. A sinistra: *sudatio* dell'area termale, le icone in alto a destra consentono di attivare specifici comandi, quali file audio, sintetiche schede descrittive, ricostruzioni 3D della stanza, un video con un tour guidato, la pianta del complesso e una mappa satellitare con un'icona georeferenziata su dove l'utente si trova. A destra: il modello 3D di epoca romana.

caratterizzata dal continuo confronto dei dati metricamente precisi dei rilievi con le fonti storiche disponibili e con la precedente bibliografia; la precisione metrica dei rilievi ha dunque imposto un'altrettanto accurata revisione degli studi pregressi e una rigorosa interpretazione architettonica dei luoghi analizzati e delle loro funzioni, tale da giustificare i dati rilevati. Le competenze tecniche nel campo della modellazione tridimensionale, unitamente alla conoscenza storica e archeologica relativa alle tecniche costruttive e alle forme abitative proprie dei Romani, hanno perciò reso possibile la realizzazione di una coerente ricostruzione tridimensionale del complesso durante il periodo antico.

4.1 *Prima ristrutturazione*

Verso la seconda metà del I secolo d.C. sul terrazzamento sottostante la parte abitativa della villa, dove inizialmente è ipotizzabile che si trovasse un giardino circondato da un muro con torrette, furono costruiti ambienti termali e di soggiorno, probabilmente secondo «l'applicazione dello schema di villa che nasce intorno alla metà del I secolo d.C., per giungere a compiutezza nella villa tiburtina di Adriano: blocchi funzionali, topograficamente distinti, tendenzialmente indipendenti» (CIAMPOLTRINI 1994, 123-124). L'impianto termale era probabilmente composto da un complesso sistema di stanze per il banchetto ed il riposo, in analogia con la villa di Domiziano a Sabaudia (JACOPI 1936, 29; CIAMPOLTRINI 1994, 125-126), e doveva essere così articolato (Fig. 9, a): i due vani A e B, forse con pavimenti marmorei e/o a mosaico bianco e nero (MINTO 1921, 415-416; CIAMPOLTRINI 1994, 119-121), dovevano svolgere funzione di accoglienza o rappresentanza e di ingressi autonomi alla zona.

Il cuore del complesso era verosimilmente costituito da una stanza quadrangolare (H) con funzione di triclinio, con pavimenti in *opus sectile*

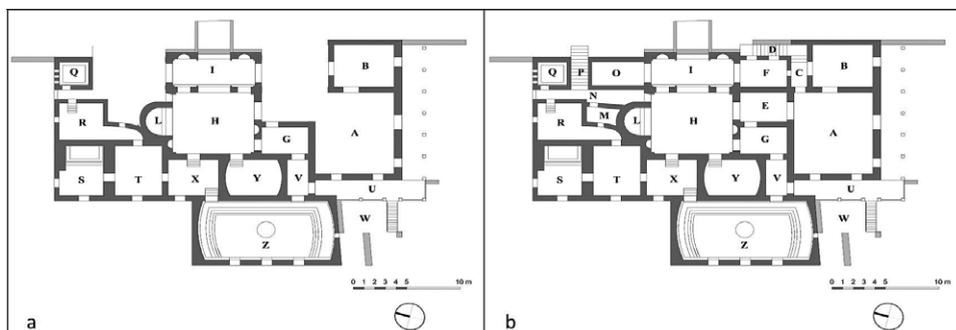


Fig. 9 – Planimetrie dell'area termale della villa d'otium di Massaciuccoli (Massarosa, LU) (R. Rivola): a) prima ristrutturazione, seconda metà del I secolo d.C. circa; b) seconda ristrutturazione, primi decenni del II secolo d.C. circa.

formato da rombi e triangoli di marmo giallo antico; le pareti dovevano essere decorate da sottili lastre di marmo e da mosaici a pasta vitrea nella parte superiore delle murature o nella volta (MINTO 1921, 417-418). Il triclinio era dotato di una vasca all'interno di un'edra (L) e di un'altra ampia vasca su cui scendeva acqua a cascata (I), il ninfeo, entrambe con rivestimento a lastre marmoree. A completare la decorazione delle pareti vi erano delle nicchie con ogni probabilità ricoperte da marmo bianco e contenenti statue del medesimo materiale. I vani H-I-L erano caratterizzati da ampie aperture che dovevano creare giochi di luci e ombre combinati anche con l'acqua che scendeva nella vasca I, secondo le caratteristiche architettoniche presenti nei triclini-ninfei delle residenze imperiali di epoca neroniana e flavia, come nella Sala Ottagona della Domus Aurea (CIAMPOLTRINI 1994, 124) o nelle contemporanee terme pubbliche di Nerone a Pisa, con cui il complesso termale di Massaciuccoli ha forti analogie (CAMPUS 2015, 2016).

Dietro l'edra (L) del *triclinium* dovevano trovarsi diversi ambienti di servizio raggiungibili anche dal terrazzo superiore tramite la scala P formata da gradini in marmo: una latrina (Q) con cloaca per lo smaltimento dei liquami e il vano R, forse sede di una caldaia e di un forno (CIAMPOLTRINI 2009, 18). Dal triclinio-ninfeo era possibile accedere al presunto impianto termale originario tramite il vano X, che doveva consentire di raggiungere il *tepidarium* (T), probabilmente utilizzato anche come stanza per unzioni e come spogliatoio (*apodyterium*); il vano T permetteva dunque di accedere al *calidarium* S forse dotato di un catino o vasca con acqua calda. La presenza di un calidario in questo luogo sembrerebbe giustificata dall'adiacente ambiente R, che in un primo momento doveva ospitare una caldaia e un forno, e dal rilievo settecentesco pubblicato da Ridolfi nel 1878 (RIDOLFI 1878, 227-229), in cui sono riportate proprio in corrispondenza di tale zona delle *suspensurae*

sotto il pavimento, ossia gli elementi architettonici che consentivano all'aria calda di circolare e dunque di riscaldare l'ambiente.

Altro vano significativo del complesso è una vasta sauna, la *sudatio* Z (Fig. 8, a destra), che presenta forti analogie con il cosiddetto *heliocaminus* di una delle terme di Villa Adriana a Tivoli (VERDUCHI 1975, 55-69; CIAMPOLTRINI 1994, 125). L'ambiente Z era formato da gradini marmorei sui tre lati interni ed era riscaldato da un forno posto, presumibilmente, sotto al pavimento rivestito di marmo, tra il corridoio inferiore V e la sauna stessa, e dal sistema a ipocausto composto dalle *suspensurae*; l'aria calda poteva inoltre circolare nell'intercapedine creata nelle pareti che circondavano la stanza. Al centro del pavimento si trovava una caldaia con sopra una lastra di piombo, che forse contribuiva ulteriormente a innalzare la temperatura dell'ambiente e a favorire l'evaporazione dell'acqua gettata sul pavimento di marmo, come avveniva anche nel già citato *heliocaminus* di Villa Adriana (CIAMPOLTRINI 1994, 126) e in impianti termali relativi al periodo compreso fra il I e il II secolo d.C. (VERDUCHI 1975, 70).

L'esposizione della *sudatio* a occidente consentiva probabilmente di sfruttare il calore dei raggi del sole nel pomeriggio. La sauna doveva essere accessibile dal vano di passaggio X che conduceva al settore termale vero proprio e da un corridoio (V superiore) in comunicazione con la stanza di passaggio G. L'ambiente G aveva con ogni probabilità un pavimento di fondazione, all'incirca corrispondente alla quota attuale, ed uno posto a 75/80 cm in più rispetto al precedente; questa stanza doveva perciò essere riscaldata tramite un'apertura circolare alta 60 cm e larga 110 cm circa (Fig. 10), compresa tra i due piani pavimentali, da cui entrava l'aria calda prodotta dal forno creato per il riscaldamento della sauna. Anche il vano Y doveva esser riscaldato grazie alla vicinanza con la sauna (Z) e all'aria calda prodotta dal medesimo forno, tramite un'apertura posta nella parte inferiore della parete meridionale e forse completa di una griglia ormai scomparsa; tale ambiente perciò era probabilmente utilizzato per il riposo o ristoro durante i mesi più freddi (CIAMPOLTRINI 1994, 126).

A un livello inferiore si trovavano i corridoi V e U, con un'altezza di 170 cm circa dal piano di calpestio attuale alla copertura a volta. Questi corridoi di servizio potevano consentire ai servi di alimentare e controllare il forno della sauna, di accedere e uscire dal complesso senza essere visti, di ispezionare il sistema a ipocausto e la caldaia posti sotto il pavimento della sauna, attraverso un varco di circa 190 cm di altezza posizionato sulla parete occidentale della *sudatio* e chiuso da una probabile porta in legno ormai scomparsa; V ed U permettevano inoltre di raggiungere un ipotetico magazzino (W) della legna necessaria per la produzione di calore, coperto da un tetto in legno e per questo andato perduto. Il piano in cui si trovava il presunto magazzino W poteva anche essere raggiunto da una scala in legno che lo collegava al



Fig. 10 – Apertura circolare posta tra il vano G ed il corridoio V inferiore (Massaciuccoli, LU).

portico corrispondente allo spazio U superiore, con un pavimento composto da mattonelle quadrangolari in laterizio e prospiciente il lato di mezzogiorno dell'ambiente A, dove era l'entrata principale al complesso termale (Fig. 7). La presenza di una scala sembra giustificata dal dislivello tra il terrazzo della parte principale del complesso termale e quello dove si trovano le strutture murarie superstiti del presunto magazzino, nonché dalla disposizione e conformazione delle emergenze visibili.

4.2 *Seconda ristrutturazione*

Successivamente, durante la ristrutturazione riferibile al II secolo d.C., con ogni probabilità fu costruita la scala D per collegare la zona residenziale, sul terrazzo superiore, con l'area di accoglienza e rappresentanza del quartiere termale, composta dai vani A e B (Fig. 9, b) (CIAMPOLTRINI 2009, 20). Furono inoltre ricavati gli ambienti F ed O con al loro interno delle vasche in cocciopesto, forse riempite d'acqua tramite condotti provenienti da cisterne poste al livello superiore, vasche che probabilmente rifornivano la più ampia vasca

I, creando giochi d'acqua ed un effetto a sfioro. La presenza di tubature fittili in uscita da esse sembrerebbe però attestare anche la loro possibile funzione di vasche di compenso della più ampia vasca I. Il rinvenimento di piccole tessere di pasta vitrea di vari colori (MINTO 1921, 416) induce a ipotizzare che le pareti o la volta di questi due ambienti fossero decorate con mosaici. A tale fase sembra inoltre risalire la realizzazione del vestibolo E, rivestito alle pareti da sottili lastre di marmo fior di persico e decorato da pavimenti in tessere bianche e nere (MINTO 1921, 415-416), vano che conduceva alla stanza G, con possibile funzione di spogliatoio, e direttamente all'ambiente H ormai trasformato in *frigidarium* con una vasca d'acqua fredda (I), già ninfeo. La trasformazione del triclinio H in frigidario avvenne anche attraverso una maggiore chiusura e oscuramento di questo spazio con la costruzione dei due vani adiacenti O e F e il tamponamento della grande finestra dell'edera L (CIAMPOLTRINI 1994, 128). L'edera diventò forse una vasca con acqua calda per la *calida lavatio*, come pare suggerire una probabile fornace (M), su cui doveva essere alloggiata una caldaia in rame per riscaldare l'acqua.

Le strutture H-I-L furono così inserite in un circuito termale obbligato, probabilmente di tipo anulare. Dietro l'edera L venne creato anche un corridoio (N) (CIAMPOLTRINI 1994, 128). Gli ambienti del primitivo impianto termale (T e S) forse cambiarono la loro destinazione, diventando luoghi per massaggi o per momenti di convivialità; i vani X e Y assunsero verosimilmente la funzione di tepidari trattandosi di stanze scaldate dal vicino forno della *sudatio* Z. Queste modifiche hanno forti risposdenze con le terme di Nerone a Pisa, ristrutturata verso la metà del II secolo d.C. grazie al contributo economico di *L. Venuleius Apronianus Octavius Priscus* (*Corpus Inscriptionum Latinarum* XI, 1433), console ordinario per la seconda volta nel 168 d.C., nonché proprietario della villa di Massaciuccoli; è pertanto altamente probabile che il complesso termale pisano e quello versiliese siano stati rinnovati durante lo stesso periodo e secondo le medesime logiche. La tecnica edilizia utilizzata per entrambe le strutture, gli apparati decorativi e determinate soluzioni architettoniche, come il grande frigidario e il percorso anulare, rimandano infatti a impianti termali risalenti ai primi decenni del II secolo d.C., di cui le terme del Foro a Ostia sono un esempio significativo (ROMANO 2004; CAMPUS 2016, 210-230).

5. CONCLUSIONI E NUOVE PROSPETTIVE

Il rilievo completo di questa struttura ha consentito, dunque, la realizzazione di una fedele ricostruzione tridimensionale dell'attuale stato di conservazione dei luoghi e degli edifici a scopi documentativi e conservativi, rendendo possibile la formulazione di ipotesi circa l'articolazione degli spazi termali e le strutture di epoca romana.

L'utilizzo di dati geometrici reali acquisiti con tecnologia laser scanner ha permesso, infatti, di conoscere le strutture del complesso attuale; le esatte geometrie ottenute hanno pertanto consentito di formulare interpretazioni e teorie ricostruttive su basi oggettive.

Il prototipo risultante dal caso di studio descritto permette, quindi, di navigare all'interno dei vari ambienti anche da remoto, di visualizzare rendering capaci di trasportare l'utente in una realtà virtuale immersiva e di inserire il complesso archeologico nel contesto temporale e territoriale di riferimento, utilizzando le ricostruzioni geografiche divise per epoche già realizzate durante il lavoro precedente. In questo modo, la visita può diventare un'esperienza diversa rispetto a quella possibile con le sole guide cartacee, adeguando le informazioni ai desideri e ai bisogni dei visitatori, fornendo notizie personalizzate, in tempo reale e geolocalizzate.

L'interlocutore di un progetto come VisualVersilia 3D è dunque un pubblico ampio e variegato composto da cittadini, studenti, turisti e tecnici del territorio. La conoscenza multilivello è in grado, perciò, di favorire una maggiore consapevolezza del patrimonio culturale che si può trasformare in salvaguardia e valorizzazione delle testimonianze della storia del territorio, grazie anche al contributo attivo che le più moderne tecnologie di rilievo e modellazione 3D possono fornire nella fase interpretativa, nella comunicazione e nell'archiviazione dei dati relativi al bene rilevato. Infine, la presente ricerca potrà essere il punto di partenza per studi e sviluppi di realtà aumentata da dispositivi mobili, tema sicuramente all'avanguardia e che presenta però ancora alcuni problemi aperti.

L'ultima fase del progetto prevede che le modellazioni 3D e il tour virtuale siano importati e pubblicati all'interno del WebGIS visualversilia.com e di un totem installato presso l'area archeologica, per renderli fruibili sia da remoto, tramite l'utilizzo di computer o dispositivi mobili, sia in loco per tutti coloro che non hanno la possibilità di connettersi o utilizzare strumenti propri per la fruizione.

VisualVersilia 3D è pertanto un progetto di ricerca che accetta la sfida di impiegare le moderne tecnologie di rilevamento e modellazione 3D, per stimolare il turismo e rendere nota l'eredità di un territorio attraverso uno strumento utile anche da un punto di vista didattico.

M.G.

MARTINA GIANNINI

Centro Interuniversitario per gli Studi del Territorio e-GEA
martina.giannini@unibo.it

CRISTINA CASTAGNETTI

Dipartimento di Ingegneria "Enzo Ferrari"
Università degli Studi di Modena e Reggio Emilia
cristina.castagnetti@unimore.it

BIBLIOGRAFIA

- ADEMBRI B., ALONSO-DURÁ A., JUAN-VIDAL F., BERTACCHI G., BERTACCHI S., CIPRIANI L., FANTINI F., SORIANO-ESTEVALIS B. 2016, *Modelli digitali 3D per documentare, conoscere ed analizzare l'architettura e la costruzione nel mondo antico: l'esempio della Sala Ottagonale delle Piccole Terme di Villa Adriana*, «Archeologia e Calcolatori», 27, 291-316.
- ANICHINI F., BERTELLI E., GHIZZANI MARCÌA F., GIANNOTTI S., MENCHINI M., PARIBENI E., PARODI L. 2012 (eds.), *Chiedilo all'archeologo. Massaciuccoli romana. Visita guidata a fine scavo*, Roma, Edizioni Nuova Cultura.
- ARRIGHI L. 1963, *Le terme romane di Massaciuccoli*, «Giornale Storico della Lunigiana», 14, 43-46.
- BÖHLER W., HEIN G., MARBS A. 2001, *The potential of non-contact close range laser scanners for cultural heritage recording*, «The International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences», XXXIV-5/C7.
- CAMPUS A. 2015, *Le 'Terme di Nerone' a Pisa: restituzione volumetrica e ricostruzione tridimensionale*, «Ricerche di Storia dell'Arte», 116-117, 120-130.
- CAMPUS A. 2016, *Il complesso delle terme di 'Nerone' a Pisa*, «Studi Classici e Orientali», 62, 205-235.
- CANCIANI M., CONIGLIARO E., GRASSO M.D., PAPALINI P., SACCONI M. 2016, *3D survey and augmented reality for cultural heritage. The case study of Aurelian wall at castra praetorian in Rome*, «The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences», XLI/B5, 931-937.
- CAPRA A., BERTACCHINI E., CASTAGNETTI C., RIVOLA R., DUBBINI M. 2015, *Recent approaches in geodesy and geomatics for structures monitoring*, «Rendiconti dell'Accademia Nazionale dei Lincei», 26, 1, 53-61.
- CASTAGNETTI C., DUBBINI M., RICCI P.C., RIVOLA R., GIANNINI M., CAPRA A. 2017, *Critical issues and key points from the survey to the creation of the historical building information model: The case of Santo Stefano Basilica*, «The International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences», XLII-5/W1, 467-474.
- CASTAGNETTI C., GIANNINI M., RIVOLA R. 2017, *Image-based virtual tours and 3D modeling of past and current ages for the enhancement of archaeological parks: The VisualVersilia 3D project*, «The International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences», XLII-5/W1, 639-645.
- CIAMPOLTRINI G. 1994, *Gli ozi dei Venulei. Considerazioni sulle terme di Massaciuccoli*, «Prospettiva», 73-74, 119-130.
- CIAMPOLTRINI G. 2009, *The villa: The Venulei's uncomfortable idleness's*, in F. ANICHINI, M. PARIBENI (eds.), *Massaciuccoli romana*, Ghezzano (PI), Felici Editore, 16-23.
- DUBBINI M., GIANNINI M., PICONE S. 2016, *La cartografia storica della Versilia come strumento di ricostruzione del passato*, in M. GIANNINI, V. GRECO (eds.), *Visualizzare il paesaggio. Nuove forme di narrazione e rappresentazione dello spazio geografico*, Bologna, BraDypUS, 117-154.
- FABIANI F. 2006, «...stratam antiquam quae est per paludes et boscos ...». *Viabilità romana tra Pisa e Luni*, Pisa, Edizioni Plus - Pisa University Press.
- GIANNINI M. 2013, *Versilia: genesi di un territorio. Dall'età preistorica all'arrivo dei Romani*, «Journal of Ancient Topography», 23, 155-178.
- GIANNINI M. 2015, *I Romani in Versilia: dinamiche di popolamento e organizzazione del territorio*, «Orizzonti», 16, 81-91.
- GIANNINI M. 2016, *Visualizzare un territorio: il progetto VisualVersilia*, in M. GIANNINI, V. GRECO (eds.), *Visualizzare il paesaggio. Nuove forme di narrazione e rappresentazione dello spazio geografico*, Bologna, BraDypUS Communicating Cultural Heritage, 55-81.
- GIANNINI M., CASTAGNETTI C., RIVOLA R. 2017, *WebGIS, 3D modeling and virtual tours to map, record and visualize the cultural, archaeological and landscape heritage: The*

- VisualVersilia project*, in *Proceedings of 3rd IMEKO International Conference on Metrology for Archaeology and Cultural Heritage (Lecce 2017)*, Lecce, Imeko, 166-171.
- JACOPI G. 1936, *Sabaudia. Scavi nella villa di Domiziano in località Palazzo sul lago di Paola*, «Notizie degli Scavi di Antichità», 21-50.
- MAGNENAT-THALMANN N., FONI A.E., PAPAGIANNAKIS G., CADI-YAZLI N. 2007, *Real Time Animation and Illumination in Ancient Roman Sites*, «International Journal of Virtual Reality», 6, 1, 11-24.
- MENOZZI B.I., FICHERA A., GUIDO M.A., MARIOTTI LIPPI M., MONTANARI C., ZANCHETTA G., BONADONNA F.P., GARBARI F. 2002, *Lineamenti paleoambientali del bacino del lago di Massaciuccoli (Toscana nord-occidentale Italia)*, «Atti Società Toscana Scienze Naturali», 109, 177-187.
- MINTO A. 1921, *Le terme romane di Massaciuccoli*, «Monumenti antichi dell'Accademia dei Lincei», 27, 405-448.
- MULLER P., VEREENOOGHE T., ULMER A., VAN GOOL L. 2005, *Automatic reconstruction of Roman housing architecture*, in *Proceedings of the International Workshop on Recording, Modeling and Visualization of Cultural Heritage (Ascona 2005)*, London, Taylor & Francis/Balkema, 287-297.
- PARIBENI E. 2012, *Il sito di Massaciuccoli*, in ANICHINI *et al.* 2012, 11-15.
- REPETTI E. 1839, *Dizionario Geografico Fisico Storico della Toscana*, 3, Firenze, Allegrini e Mazzoni Editori.
- RIDOLFI E. 1878, *Lucca*, «Notizie degli Scavi di Antichità», 227-230.
- ROMANO G. 2004, *Le terme del Foro di Ostia Antica*, «Forma Urbis», 9, 18-25.
- TARGIONI TOZZETTI G. 1768-1779, *Relazioni di diversi viaggi fatti in diverse parti della Toscana*, I, Firenze, Stamperia Granducale per Gaetano Cambiagi.
- VERDUCHI P. 1975, *Le terme con cosiddetto Heliocaminus*, «Quaderni dell'Istituto di Topografia Antica», 8, 55-95.

ABSTRACT

The research project VisualVersilia 3D aims at offering a new method to record and visualize the territory and its heritage by matching the traditional reading of documents and the potential use of modern communication technologies. The purpose of the project is to define a methodology that can be applied to material culture, as well as to other types of contents and contexts, to enhance the characteristic features of the territory and its heritage. The innovation of the project consists in the development of a procedure for documenting current and past historical times and integrating their 3D visualizations with rendering, capable of returning an immersive virtual reality for a successful enhancement of the heritage. The research implements the methodology in the archaeological complex of Massaciuccoli (Massarosa, LU), one of the best preserved roman site of the Versilia area (Tuscany, Italy). The activities briefly consist in: 1) analysis of all types of available sources; 2) metric three-dimensional survey by laser scanning technology addressed to the structures and buildings of the complex; 3) laser scanning data processing; 4) realization of virtual 3D rendering related to Roman and current condition for documentation and conservation purposes; 5) creation of virtual tour of the site in its current form, on the basis of spherical images then enhanced by texts, and 3D models of the Roman age.

