

RILIEVO, DOCUMENTAZIONE E RICOSTRUZIONE DI UN CENTRO MONUMENTALE CON FOTOGRAMMETRIA E MODELLAZIONE TRIDIMENSIONALI: IL CASO DELLA CITTÀ ROMANA DI SALA

1. INTRODUZIONE

1.1 *Il rilievo, l'analisi e la ricostruzione 3D di un centro monumentale nord africano*

Questo intervento descrive l'esperienza di rilievo e documentazione degli edifici che formano il centro monumentale della città romana di *Sala*, localizzata nei pressi di Rabat, capitale del Marocco, e anticamente parte della provincia romana di *Mauretania Tingitana*. La ricerca sul centro monumentale di *Sala* si è svolta nell'ambito di una tesi di Dottorato di Ricerca (Dottorato Regionale Toscano), ma si imposta su una tradizione di studi che vede l'Università di Siena impegnata da più di vent'anni nel territorio marocchino con ricerche a *Thamusida* (AKERRAZ *et al.* 2008, 2013; GLIOZZO *et al.* 2009), *Lixus* (MASCIONE *et al.* 2016), *Volubilis*, *Zilil* e *Sala*¹, e si pone l'obiettivo di contribuire alla conoscenza della città antica tramite l'analisi degli edifici che lo formano.

La città è stata scavata negli anni '30 e tra il 1959 e il 1987 da équipes di ricerca francesi, le cui attività hanno riportato alla luce tutto ciò che è oggi visibile. Gli scavi francesi non sono stati però corredati da pubblicazioni esaustive su stratigrafie e ritrovamenti e su di esse, oggi, abbiamo notizie incomplete, spesso riguardanti solo ben determinate tipologie di reperti. Data la mancanza di dati precisi su stratigrafie e materiali, si è deciso di tentare un'interpretazione tramite gli strumenti offerti dall'Archeologia dell'Architettura e dall'Archeologia della Costruzione per tracciare un quadro dell'evoluzione costruttiva delle strutture e di quella urbanistica del quartiere. Gli edifici sono stati analizzati nei loro rapporti stratigrafici per delinearne l'evoluzione e le peculiarità costruttive e proporre una ricostruzione.

I nuovi dati derivanti dall'analisi sul campo sono stati inseriti in una piattaforma GIS, analizzati e combinati a quelli desumibili dalle pubblicazioni e, in alcuni casi, anche da documenti fotografici inediti realizzati dagli scavatori, conservati a Rabat (Photothèque de la Division du Patrimoine Culturel) e ad Aix-En-Provence (Fototeca del Centre Camille Jullian). L'approccio metodologico adottato si è rivelato utile ed efficace per la riuscita di questa ricerca,

¹ Le ricerche, ancora in corso, sono parte di un programma di cooperazione internazionale promosso dall'Agenzia Italiana per la Cooperazione e lo Sviluppo Economico e il Ministero della Cultura del Marocco.

basata su missioni brevi e svolte in parte con un solo operatore e con risorse economiche limitate, dovute alla mancanza di una borsa di studio a sostenere le attività. Il lavoro di elaborazione, analisi e ricostruzione degli edifici ha potuto contare su una base topografica solida già impostata dall'equipe di Archeologia Classica dell'Università di Siena, grazie alla quale è stato possibile georeferenziare i prodotti del rilievo fotogrammetrico tridimensionale. Questi ultimi hanno costituito la base di tutte le analisi effettuate off-site, in particolare l'elaborazione di una o più ipotesi ricostruttive tridimensionali per le strutture di età romana e l'evoluzione urbanistica del quartiere.

1.2 *Il centro monumentale di Sala*

Sala sorge a ca. 3,5 km dall'estuario del fiume Bou Regreg, nei pressi della porta di Bab Zaer della cinta muraria almohade di Rabat, capitale del Marocco. L'insediamento si trova nei pressi del confine meridionale della provincia romana di *Mauretania Tingitana*, creata intorno al 42 d.C. dall'imperatore Claudio. L'abitato oggi visibile ha un'estensione di ca. 1,2 ha e si sviluppa lungo il pendio occidentale di una collina. All'interno della città convivono testimonianze risalenti a diverse epoche: la cinta muraria, datata all'età merinide, circonda sia i resti di una necropoli monumentale ad essa contemporanea, sia quelli del centro più antico, di età preromana, romana e tardoantica.

La conformazione del terreno ha influenzato l'organizzazione dell'abitato, che si articola su terrazzamenti digradanti verso la valle del fiume Bou Regreg, dove doveva trovarsi l'antico porto della città. I resti del centro antico (Fig. 1) comprendono soprattutto edifici di funzione pubblica, culturale e commerciale, organizzati intorno a una grande area lastricata, tradizionalmente ritenuta il decumano massimo della città. Su di essa affacciano gli edifici del centro monumentale, datati all'età preromana (edifici F e D e templi A, B e C), e all'età romana (*Capitolium*, arco a tre fornicati, un edificio con ninfeo monumentale, tradizionalmente noto come Basilica o *Curia Ulpia* e la piazza antistante il tempio A, considerata il foro). Un quartiere forse commerciale con ambienti a pianta rettangolare (complesso G) sorge immediatamente a N del *Capitolium*, lungo un decumano secondario, ed è affiancato a O da un distretto artigianale, con presse da olio e vasche mosaicate. A S del decumano massimo sorgono anche un impianto termale, costruito su strutture più antiche di non chiara identificazione, e a E di questo, a un livello inferiore rispetto alla piazza lastricata, una serie di ambienti giustapposti, interpretabili come botteghe. Il territorio circostante a *Sala* ospita anche delle necropoli, localizzate a N, S e O della cinta muraria. Il sito è stato indagato da gruppi di ricerca francesi, che hanno portato alla luce tutte le strutture che si possono vedere oggi. I primi scavi all'interno delle mura merinidi ebbero luogo nel 1929-30, sotto Jules Borély e Kadija Fouad Riaz Bey, su commissione del direttore del Service des Antiquités del Protettorato francese, Louis Chatelain.



Fig. 1 – Pianta del sito archeologico di *Sala* (in alto) e dettaglio con indicazione degli edifici che lo formano (in basso) (R. Pansini, UNISI).

Questi lavori portarono alla luce i monumenti di epoca islamica e alcuni di quelli romani (un edificio con ninfeo, l'edificio F, un arco onorario e parte di un complesso termale), ma non esistono rapporti o diari di scavo che registrino dettagliatamente queste attività e i ritrovamenti ad esse collegati (brevi riferimenti si trovano solo in resoconti successivi: cfr. CHATELAIN 1930a, 1944, 81-101). La seconda grande fase di scavi archeologici fu realizzata da Jean Boube durante un lungo periodo di tempo, dal 1958 al 1986. Grazie a questi lavori, furono scoperti gli altri edifici esistenti all'interno dell'antico quartiere civico: il *Capitolium*, il complesso a tre terrazze del Tempio A, l'edificio D, e i Templi/Edifici B-C. Purtroppo, come i suoi predecessori, Boube non ha pubblicato una sintesi completa delle sue ricerche².

2. L'ANALISI DEGLI EDIFICI DEL CENTRO MONUMENTALE: LA METODOLOGIA D'INDAGINE

2.1 *La raccolta dei dati*

La raccolta dei dati per l'analisi degli edifici del centro monumentale di *Sala* si è svolta in tre missioni di circa 10 giorni ciascuna, avvenute tra il 2016 e il 2017. Occorre segnalare che i dati raccolti sul campo sono stati integrati con quelli già in possesso del Laboratorio di Archeologia Classica dell'Università degli Studi di Siena, comprendenti i rilievi topografici con DGPS e stazione totale e i rilievi fotogrammetrici degli edifici noti come Tempio A, Basilica/*Curia Ulpia*, Edificio D, Edificio F e arco a tre forni. Oltre a questo materiale, è stato possibile usufruire anche dei rilievi fotogrammetrici dei reperti statuari in marmo ritrovati durante gli scavi degli anni '30 e '60-'80 nell'area monumentale, custoditi al Museo Archeologico Nazionale di Rabat e nei magazzini del sito archeologico, e dei documenti della Phototheque de la Division du Patrimoine Culturel di Rabat. Questo materiale è stato raccolto durante una missione effettuata a *Sala* tra il 6 settembre e il 4 ottobre 2015, alla quale chi scrive ha partecipato attivamente insieme ai colleghi dell'equipe di Archeologia Classica dell'Università di Siena. Parte integrante di ognuna delle missioni è stata anche l'attività di schedatura delle strutture e delle Unità Stratigrafiche Murarie, registrate su apposite Schede di Archiviazione Veloce.

2.1.1 Il rilievo topografico e la fotogrammetria tridimensionale

Il rilievo topografico del centro monumentale è stato realizzato previo posizionamento di due punti notevoli, localizzati sulle aree lastricate, la cui posizione è stata registrata tramite DGPS e successivamente convertita secondo

² Le pubblicazioni di Boube riguardano principalmente i reperti archeologici, in particolare la ceramica. Solo gli scavi nell'area della necropoli sono pubblicati in due volumi (BOUBE 1977, 1999). Riferimenti alle sue scoperte all'interno del centro civico si trovano sparsi in alcuni articoli: cfr. specialmente BOUBE 1966, 1967, 1990.

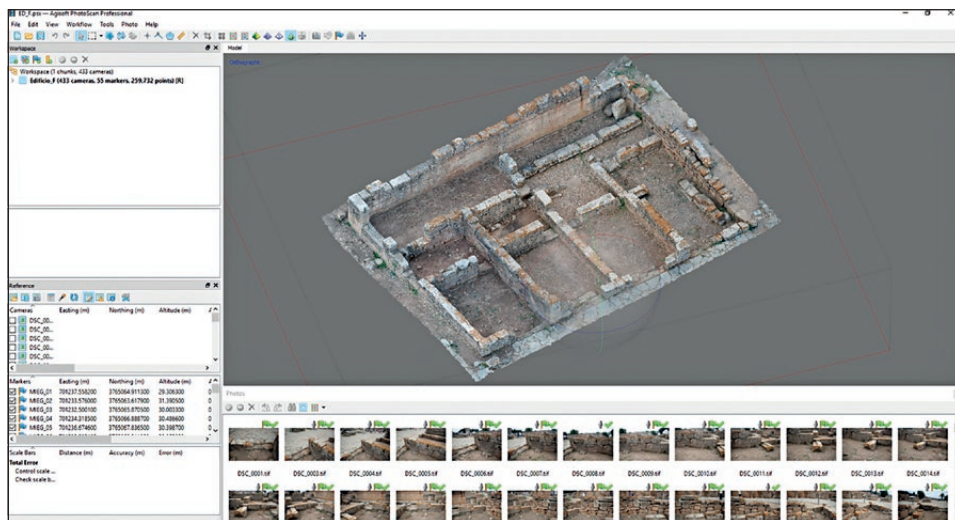


Fig. 2 – Esempio di elaborazione fotogrammetrica del modello 3D di un edificio (edificio F), realizzato in un'unica soluzione (R. Pansini, UNISI).

il sistema di riferimento WGS 84-UTM 29N (EPSG:32629). Il posizionamento dei due punti notevoli ha permesso di creare una base topografica georeferenziata su cui effettuare misurazioni tramite stazione totale. Il rilievo ha interessato tutti gli edifici del centro monumentale e ha previsto la registrazione di tutti i punti utili a ricostruirne la pianta e delle quote di conservazione delle strutture che li formano.

Al rilievo topografico è stato affiancato quello fotogrammetrico tridimensionale, che ha permesso di registrare la volumetria delle strutture e il loro aspetto materico tramite la realizzazione di numerose prese fotografiche, la cui elaborazione ha prodotto mesh tridimensionali texturizzate e georeferenziate. Esso è stato realizzato previo posizionamento sulle murature di marche topografiche, la cui posizione è stata misurata tramite stazione totale. Le prese fotografiche sono state realizzate da altezze e angolazioni differenti, con una successione di scatti che ha garantito che ciascuna immagine ritraesse almeno il 90% della superficie ritratta nello scatto precedente. La realizzazione dei modelli fotogrammetrici tridimensionali è avvenuta tramite il software apposito Agisoft Photoscan Professional, successivamente noto come Agisoft Metashape. A seconda dell'estensione e dell'articolazione dell'edificio, si è optato per la realizzazione di progetti fotogrammetrici unitari (per le strutture meno estese e articolate, che permettono di effettuare foto ben elaborabili e riconoscibili dal software, per esempio l'edificio F, Fig. 2) o in porzioni (per strutture più estese e articolate, divise in ambienti tra loro separati o con

salto di quota che non permettevano la realizzazione di un progetto unitario affidabile). Queste ultime, dopo l'elaborazione, sono state opportunamente allineate tramite i punti topografici e fuse tra loro, a formare una struttura unitaria.

L'approccio fotogrammetrico si è rivelato fondamentale per la buona riuscita del lavoro, basato su missioni brevi, durante le quali era necessario raccogliere il maggior numero possibile di informazioni. L'attività sul campo, una volta impostata la base topografica georeferenziata, non ha previsto l'utilizzo di attrezzature costose: una macchina fotografica e un monopiede estensibile fino a 3 m di altezza hanno, infatti, costituito gli strumenti di lavoro principali. Ciascuno degli edifici rilevati è stato ritratto in ogni sua angolazione, prevedendo delle prese che ritraessero le strutture in tutte le loro parti, sia verticali (elevati), sia orizzontali (creste). I modelli 3D ottenuti hanno un alto grado di qualità, sia in termini di precisione volumetrica (con un errore medio di circa 1,5 cm), sia per risoluzione fotografica. Questo ha permesso di verificare, anche off-site, le letture stratigrafiche realizzate sul campo, le misurazioni manuali degli spessori dei muri e degli elementi formanti la muratura, le osservazioni sulle tecniche edilizie utilizzate nelle costruzioni, e di produrre degli ortofotopiani geometricamente corretti sui quali digitalizzare le Unità Stratigrafiche Murarie individuate. I modelli fotogrammetrici in alta risoluzione costituiscono, così, delle rappresentazioni molto vicine alla realtà e allo stesso tempo dei contenitori di dati e informazioni, da utilizzare come veri e propri strumenti di lavoro e analisi e basi per l'attività di ricostruzione. Di contro, la realizzazione di modelli in alta risoluzione necessita di tempi di elaborazione piuttosto lunghi durante l'attività di laboratorio e di macchinari con elevata capacità di calcolo.

2.1.2 La registrazione delle informazioni

Come si è già anticipato, all'attività di rilievo si è affiancata quella di registrazione di tutte le caratteristiche delle murature. A questo scopo sono stati utilizzati dei modelli di scheda SAV (Scheda di Archiviazione Veloce), utili alla registrazione speditiva delle peculiarità dei paramenti. Ogni edificio è stato inoltre schedato nelle sue caratteristiche principali tramite un'altra scheda apposita (Scheda Edificio), che ne ha registrato: denominazione, stato di conservazione, forma, visibilità, limiti, numero di ambienti che formano la costruzione, numero dei corpi di fabbrica, funzione dell'edificio, tipologia, datazione, tecniche edilizie utilizzate nella costruzione.

2.2 *Lo studio degli archivi e dell'edito*

I dati raccolti durante le missioni sul campo sono stati combinati a quelli desumibili dalle pubblicazioni prodotte dai ricercatori che hanno lavorato a *Sala* e ai documenti d'archivio che è stato possibile reperire, costituiti da

album fotografici. Particolare attenzione è stata dedicata alla ricostruzione delle attività di scavo compiute da Jules Borély e Khadija Fouad e da Jean Boube. Come già accennato in precedenza, gli scavi Borély-Fouad non sono stati corredati da relazioni di scavo, né da pubblicazioni che descrivessero i lavori e i reperti individuati. La ricostruzione dell'estensione dell'area indagata, degli edifici scavati e di alcuni reperti rinvenuti è stata possibile grazie all'analisi dell'archivio fotografico della Division du Patrimoine Culturel di Rabat, che costituisce, ad oggi, la sola fonte di informazioni su queste attività. Per gli scavi di Jean Boube si dispone, invece, di alcune informazioni in più, desumibili dalle pubblicazioni redatte dall'archeologo nel corso del tempo. Queste, tuttavia, riguardano argomenti circoscritti (per esempio classi ceramiche, tecniche edilizie, monete) e contengono, a volte, solo fugaci riferimenti alle stratigrafie ritrovate. Solo in un caso, concernente gli scavi al di sotto della piazza del foro, abbiamo una descrizione più estesa della stratificazione rinvenuta (BOUBE 1962), mancante, tuttavia, di riferimenti puntuali ai reperti.

Le attività di restauro delle strutture, realizzate durante e subito dopo gli scavi di Boube, non sono state descritte dall'autore: di esse si hanno solo brevissimi riferimenti nelle *Chroniques* annuali pubblicate sul «Bulletin d'Archeologie Marocaine» (BEKKARI 1968-1972, 246-248). L'individuazione sul campo degli interventi di restauro si è rivelata particolarmente difficile in alcuni casi, nei quali le murature sono state completamente o parzialmente ricostruite secondo un principio imitativo, come avvenuto nel caso del Tempio A. A questa difficoltà hanno sopperito in parte i clichés della Photothèque del Centre Camille Jullian dell'Università di Aix-en-Provence e Marsiglia, costituiti da fotografie realizzate da Boube durante gli scavi della struttura. Le immagini, pur scattate spesso a grande distanza, ritraggono, infatti, le murature nel loro aspetto originario e permettono, quindi, di individuare gli elementi originali e distinguerli da quelli riferibili ai successivi interventi di conservazione. Pur costituendo un elemento importante, i dati desunti da pubblicazioni e archivi non sono sufficienti a risolvere tutte le criticità emerse durante l'analisi degli edifici. Per alcuni di essi, infatti, non si dispone di alcuna documentazione, né scritta, né fotografica, delle attività di scavo che le hanno messe in luce. La mancanza di informazioni sulle stratigrafie orizzontali impedisce inoltre di trovare conferme o smentite a ciò che sembra rivelare l'esame del costruito.

2.3 La gestione dei dati

2.3.1 La base di dati

Le informazioni raccolte durante le attività sul campo sono state immagazzinate in un database MS Access, strutturato secondo un modello già sperimentato in passato da chi scrive per l'analisi delle evidenze murarie del quartiere della pendice orientale della collina di *Lixus* (PANSINI 2012-2013). La base di dati è formata da quattro tabelle correlate: USM; Edificio; Fase

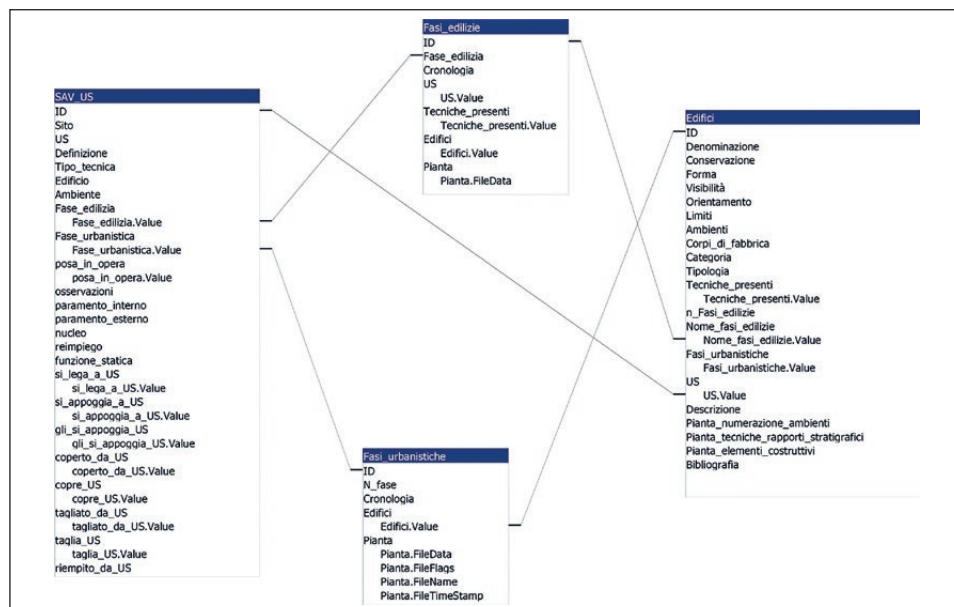


Fig. 3 – Schema delle relazioni dirette del DB MS Access realizzato per la registrazione dei dati (R. Pansini, UNISI).

edilizia; Fase urbanistica (Fig. 3). Le prime due tabelle ricalcano le schede SAV ed Edificio utilizzate sul campo, con l’aggiunta di alcuni campi utili a creare una relazione con le altre tabelle.

2.3.2 La piattaforma GIS

Successivamente all’immissione dei dati nel database si è proceduto alla costruzione di un Sistema Informativo Geografico dell’area di indagine tramite il software ArcGIS Pro. I fotopiani e i modelli 3D ottenuti dall’elaborazione fotogrammetrica sono stati utilizzati come base per la digitalizzazione delle USM dell’area. In particolare ciascuna delle unità è stata digitalizzata come poligono e associata al corrispettivo record nel database tramite una connessione OLE DB. L’alta risoluzione necessaria per le analisi di archeologia della costruzione determina che i file generati siano molto pesanti e quindi poco gestibili, sia dai software GIS, sia da quelli dedicati alla modellazione tridimensionale. L’inserimento dei modelli georeferenziati su GIS (Fig. 4), in particolare, ha richiesto l’attuazione di accorgimenti, che hanno previsto l’iniziale inserimento del modello in coordinate assolute e la sua sostituzione con uno in coordinate relative per ottimizzare la topologia e risolvere il problema di visualizzazione dei dati tridimensionali (DELL’UNTO *et al.* 2016; DELL’UNTO, LANDESCI 2022).

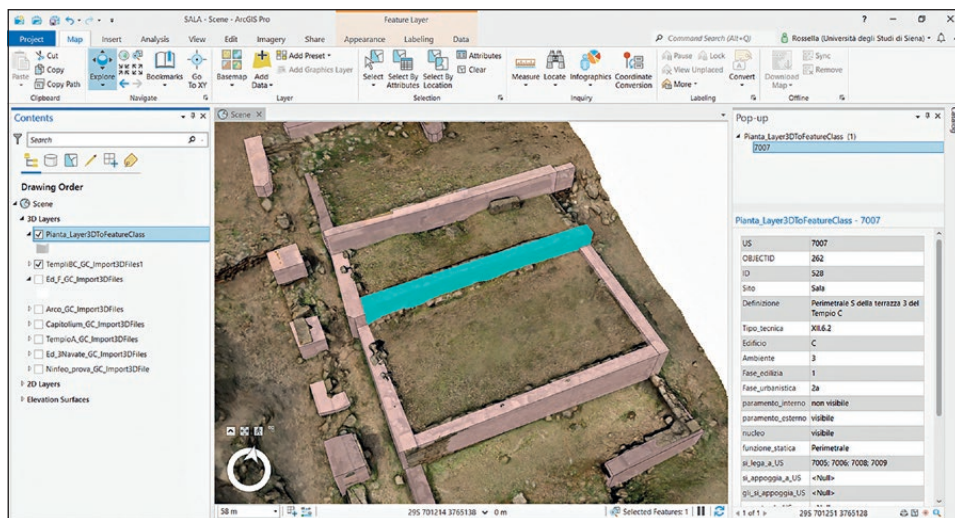


Fig. 4 – Esempio di visualizzazione dei dati digitalizzati all’interno del software ArcGIS Pro: la digitalizzazione delle US avviene direttamente sul modello fotogrammetrico; gli attributi immagazzinati nel DB MS Access sono visibili grazie alla connessione OLE DB (R. Pansini, UNISI).

2.4 La ricostruzione degli edifici

I rilievi topografici e fotogrammetrici, l’analisi stratigrafica degli elevati e la successiva fase d’interpretazione hanno portato a formulare delle ipotesi ricostruttive per gli edifici del centro monumentale di *Sala*, costituite da disegni bidimensionali e modelli tridimensionali delle strutture, realizzati con i software Autodesk Autocad (in 2D) e Blender (in 3D). Il grado di affidabilità di tali ipotesi (MASCHEK *et al.* 2009) dipende dallo stato di conservazione degli elevati e dalla disponibilità di materiali di archivio o di notizie di scavo che ne attestino le fattezze prima delle operazioni di restauro, oltre che dalle informazioni deducibili dall’analisi sul campo. Per ciascuno di questi edifici si è tentata una ricostruzione della pianta, degli elevati, degli apparati decorativi e delle coperture, tramite l’utilizzo di confronti con altre strutture di carattere pubblico e religioso del panorama africano in età preromana e romana. Oltre ai confronti, si è inoltre optato per l’utilizzo di testi specialistici e tecnici sull’architettura romana e delle fonti antiche, come il *De Architectura* di M. Vitruvio Pollione. L’analisi dei moduli costruttivi ha portato anche alla formulazione di alcune ipotesi sui progetti architettonici.

Queste considerazioni sono state possibili solo per gli edifici che presentano uno stato di conservazione tale da permettere la formulazione di ipotesi ricostruttive, o che siano corredati da informazioni sul loro aspetto al momento del ritrovamento. Come già detto, alcune strutture non sono associate

ad alcun dato, sono conservate solo a livello di rasatura o hanno subito dei restauri imitativi non documentati e non ben individuabili. In questi casi si è optato per una restituzione che ne definisce solo la dimensione planimetrica: una ricostruzione dettagliata di edifici non conservati e senza dati di scavo non troverebbe, infatti, alcun supporto scientifico.

In questo caso la modellazione 3D è stata utilizzata sia come strumento di verifica delle ipotesi ricostruttive realizzate in due dimensioni, sia come strumento di studio e analisi delle soluzioni costruttive adottate e del loro ruolo nella statica degli edifici. La commistione di tecniche edilizie differenti, ma riferibili allo stesso orizzonte cronologico, all'interno di uno stesso edificio è stato interpretato come una scelta costruttiva legata alla statica delle strutture e alla necessità di scaricare il peso in punti della muratura ben determinati, in modo da garantire la solidità della costruzione e la sua sopravvivenza nel tempo.

3. IL MONUMENTO CON NINFEO DI SALA: RACCOLTA, ELABORAZIONE E INTERPRETAZIONE DEI DATI

3.1 *Descrizione e storia delle ricerche*

Il monumento con ninfeo (Figg. 5-6) sorge sul lato S del decumano massimo, nei pressi della *Khalwa* islamica, ha una pianta rettangolare e si articola su due livelli: il primo si sviluppa ad una quota corrispondente a quella del decumano massimo, mentre il secondo comprende ambienti il cui piano di calpestio si sviluppa ca. m 5,60 più in basso, in corrispondenza del terrazzamento posto immediatamente più a S, lungo il versante della collina. Gli elevati del livello superiore sono quasi del tutto scomparsi, mentre quelli del piano inferiore, costruiti contro il taglio del terrazzamento, presentano un buon grado di conservazione. La struttura ha come fulcro un corpo centrale (ambiente 3), disposto al livello inferiore, che a sua volta si sviluppa in elevato su tre livelli sovrapposti. Nella parte bassa dell'ambiente si trova una vasca circolare di diametro m 5,54, altezza variabile tra m 0,72 e 0,74 e fondo degradante da O verso E. La porzione intermedia ha pianta ottagonale e dimensione più ampia rispetto alla vasca sottostante (diametro della circonferenza circoscritta di m 6,80 e altezza media di m 0,77); è edificata in *opus caementicium* con rivestimento in laterizi di forma triangolare.

In corrispondenza degli spigoli interni dell'ottagono si trovavano dei pilastri sporgenti in laterizi rettangolari con frammenti di rivestimento marmoreo, solo alcuni dei quali sono ancora conservati, mentre di altri è visibile la traccia della loro asportazione. Il livello più alto dell'ottagono, anch'esso in *opus caementicium* rivestito in laterizi, ha un'altezza compresa tra m 2,74 e 2,78, un'ampiezza maggiore rispetto al precedente (diametro della circonferenza circoscritta di m 7,02) e ospita su ciascuno dei suoi lati una nicchia semicircolare,



Fig. 5 – L'edificio con ninfeo di *Sala*: a sinistra, vista dal decumano (L. Passalacqua, UNISI) e, a destra, pianta con posizionamento rispetto agli altri edifici del centro monumentale (R. Pansini, UNISI).

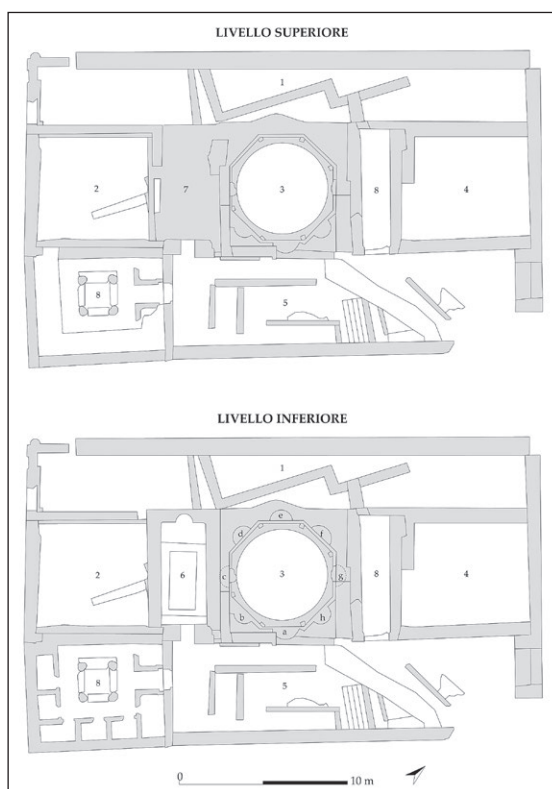


Fig. 6 – Edificio con ninfeo di *Sala*: pianta degli ambienti del livello superiore e inferiore (R. Pansini, UNISI).

con diametro medio di m 1,25. Delle otto nicchie, cinque, disposte sui lati E, N e O, sono conservate in elevato (nicchie c, d, e, f, g, altezza media di m 2,5) e presentano una volta a semicupola, mentre delle tre sul lato S rimangono solo le murature rasate (nicchie a, b, h). In corrispondenza della nicchia a si osservano dei fori per cardini, che dovevano inquadrare un'apertura (ampiezza: m 0,93) realizzata in una fase successiva a quella originaria.

La nicchia è sormontata da un architrave in marmo, che doveva costituire parte dell'apparato decorativo. La stessa nicchia, insieme a quella ad essa affrontata (nicchia g), è stata in parte asportata e successivamente obliterata da elementi in muratura, costituiti da blocchi in pietra sagomati a formare il fusto di una colonna, da ascrivere ad una fase successiva a quella originaria. I paramenti del terzo livello dell'ottagono presentano un rivestimento bianco, aggiunto in una fase più tarda rispetto alla costruzione.

Sulla terrazza superiore si trovano un corridoio rettangolare (ambiente 1) orientato SO-NE, lungo il lato del decumano massimo, e due aule laterali a pianta quasi quadrata, localizzate ai lati NE (ambiente 4) e SO (ambiente 2) del corpo centrale. Al di sotto del piano di calpestio dell'ambiente 1 sono presenti strutture in blocchi squadrati rivestiti da malta idraulica, pertinenti alla prima fase di vita dell'edificio. Una delle aule laterali (ambiente 2) è preceduta da un ingresso con tracce di rivestimento pavimentale in marmo (ambiente 7). L'ambiente 2 ospita sul fondo, a livello della terrazza inferiore, un canale alimentato da una vicina sorgente, che porta l'acqua in un bacino voltato (ambiente 6), localizzato al di sotto dell'ambiente 7, e successivamente all'interno del bacino ottagonale. Specularmente agli ambienti 6 e 7, sul lato NE, si trova un corridoio (ambiente 8), creato in una fase successiva a quella originaria. Lungo il lato SE l'edificio si affaccia su uno spazio aperto (ambiente 5) che ospita strutture molto degradate, forse identificabili come vasche di fontane, impostate su una pavimentazione in *opus spicatum* in quota con il fondo dell'ambiente 3, e i resti di una scalinata in pietra che ne permetteva l'accesso dal lato E.

La messa in luce dell'edificio risale agli anni '30 del XX secolo e si deve a Jules Borély e a Kadija Fouad Riaz Bey. Il ritrovamento durante gli scavi della base onoraria per *M. Sulpicius Felix*, datata al 144 d.C. e recante il testo di un decreto dei decurioni salensi riuniti nella *Curia Ulpia*, ne ha determinato l'identificazione con la *Curia* cittadina (CHATELAIN 1930, 1930-1931a, 1930-1931b, 1944, 94-99; GSELL *et al.* 1931; CARCOPINO 1943, 201-230; IAM Lat 307; IAM Lat Suppl. 307). La presenza dell'aggettivo *Ulpia* aveva inoltre spinto i ricercatori ad ipotizzare che *Sala* avesse acquisito lo statuto di *municipium* sotto l'imperatore Traiano (GSELL, CARCOPINO 1931). In realtà, come sottolinea Jacques Gascoy (1991, 152), l'aggettivo è da considerarsi come proprio dell'edificio e non della città e potrebbe testimoniare che la *Curia* sia stata edificata, ingrandita o abbellita grazie all'aiuto pecuniario dell'imperatore. Anche l'interpretazione stessa dell'edificio come *Curia* non

trova il favore generale della comunità scientifica: secondo Jean Charles Balty (1991, 125-126) la sua posizione topografica e la sua organizzazione interna non sarebbero compatibili con questa tipologia di struttura.

Lo scavo delle strutture localizzate al di sotto del corridoio di ingresso (ambiente 1) si deve, invece, all'attività di Jean Boube, da collocarsi tra il 1973 e il 1975 (HASSAR-BENSLIMANE 1976, 249-250). A Boube si deve anche l'ipotesi che il piano superiore dell'edificio sia da identificare come basilica (BOUBE 1997), ma non conosciamo le motivazioni di tale interpretazione. Recentemente l'edificio è stato oggetto di studio da parte di A. Ammar, che lo considera come un sistema di depurazione e distribuzione delle acque di carattere monumentale, composto da *castellum aquae*, bacino ottagonale, considerato un ninfeo monumentale con funzione di *piscina limaria* e fontane sul lato SE (AMMAR 2008). La stessa interpretazione è stata ripresa anche da altri studiosi, come Eliane LENOIR (2009, 64-65) e Nicolas LAMARE (2019, 296-298). L'edificio ha una continuità di utilizzo molto lunga, che si estende dall'età pre-romana fino a quella islamica e ha subito numerosi rimaneggiamenti finalizzati al cambiamento della sua destinazione d'uso. Oltre alle modifiche subite in età antica, esso è stata anche oggetto di interventi di restauro non documentati, che hanno compromesso la leggibilità di alcune sue parti o ne hanno eliminate altre.

3.2 Il rilievo fotogrammetrico e la base GIS

La struttura del monumento con ninfeo si presenta particolarmente articolata, con numerosi ambienti che si sviluppano su differenti quote assolute e con elevati conservati fino a 5 m di altezza. Questa articolazione non ha permesso la realizzazione di un rilievo unitario. Si è scelto, invece, di dividere la struttura in blocchi e di procedere successivamente all'allineamento delle singole parti tramite i punti topografici. Ciascuno dei blocchi è stato rilevato in tutte le sue dimensioni, con prese fotografiche a distanza, che ritraevano il blocco nella sua interezza e il suo rapporto con gli altri, facilitando la successiva fase di allineamento, e particolari, in modo da ritrarre tutte le peculiarità delle murature. Il modello fotogrammetrico è stato poi inserito all'interno di una piattaforma GIS, attraverso opportune operazioni che ne hanno ottimizzato la visualizzazione e la gestione. Una volta inserito all'interno della piattaforma, si è proceduto alla digitalizzazione delle unità stratigrafiche murarie come PolygonZ, e tra gli attributi è stato inserito il numero di US, utile per la successiva fase di collegamento alla base di dati già realizzata in MS Access tramite collegamento OLE DB.

3.3 Le ricostruzioni tridimensionali

I poligoni ottenuti dalla digitalizzazione delle USM sono stati poi tematizzati in modo da ottenere la rappresentazione delle fasi costruttive dell'edificio.

Quelle relative alla fase romana imperiale sono state poi esportate in formato shapefile e utilizzate nel programma Blender come base della ricostruzione 3D della struttura, insieme al modello fotogrammetrico dell'edificio. La ricostruzione degli elevati si è basata sugli elementi architettonici conservati lungo la facciata che affaccia sul decumano, ossia due basi, una di lesena e una di semicolonna, e un capitello angolare, riferibile allo spigolo nord-orientale del complesso, che presenta sia il capitello di semicolonna, sia il capitello di lesena, intagliati nello stesso blocco. Le proporzioni utilizzate per la determinazione dell'altezza dei fusti hanno seguito i principi classici di Vitruvio e i più recenti studi di Mark WILSON JONES (2006; 2009, 135-156; 221-225), che ha individuato come, a Roma e nelle province, vi siano particolarità regionali che rendono il canone classico molto più elastico di quanto non si sia pensato finora.

A partire dall'ampiezza della base del fusto di lesena, di m 0,596, è stata quindi elaborata una colonna di m 6,12, equivalente a 21 piedi o 12 cubiti, e quindi a 3 moduli costruttivi. Così facendo, ci si discosta dall'applicazione del canone vitruviano, che indica un rapporto di 1:10 tra la base del fusto e l'altezza dell'intera colonna, optando per un rapporto di 1:10.4. Applicando i principi vitruviani per la ricostruzione della trabeazione, di cui non esistono resti, essa risulta alta 3,5 piedi, ossia di $\frac{1}{2}$ del modulo costruttivo utilizzato per la determinazione della pianta, ma equivale anche a 3 piedi punici di m 0,344.

A partire da questi dati sono state elaborate quattro ipotesi ricostruttive, influenzate dall'interpretazione funzionale dell'edificio, che rimane ancora materia di dibattito. Le prime tre ipotesi vedono il complesso come edificio di carattere culturale o come struttura polifunzionale religiosa e civile. Il ruolo del bacino centrale, in esse, sarebbe stato puramente estetico, oppure legato ad una forma di culto delle acque, data la presenza di una vicina sorgente. Sulla base delle tracce archeologiche rinvenute, che indicano la mancanza di un ingresso diretto, si può desumere che esso fosse fruibile dagli avventori solo tramite l'osservazione dall'alto.

La prima proposta ricostruttiva (Fig. 7, A) prevede una copertura del corridoio lungo il decumano con una terrazza, una a doppio spiovente per le aule laterali e uno spazio scoperto intorno al bacino ottagonale, delimitato da un parapetto utile all'affaccio da parte degli avventori. La seconda versione (Fig. 7, B) è una variante della prima e prevede un portico coperto a terrazza sviluppato su tre lati (SO, NO e NE) intorno al bacino, con pilastri a garantire la stabilità strutturale della copertura. La decorazione dei pilastri ricalca quella dell'esterno, con lesene e capitelli corinzi a foglie lisce. La terza ipotesi (Fig. 7, C) differisce dalla prima per la copertura a spiovente del corridoio lungo il decumano, che determina un'elevazione superiore delle due aule e quindi delle loro coperture.

La quarta ipotesi (Fig. 7, D), sicuramente più elaborata e problematica, prende le mosse da precedenti interpretazioni della struttura come sistema di

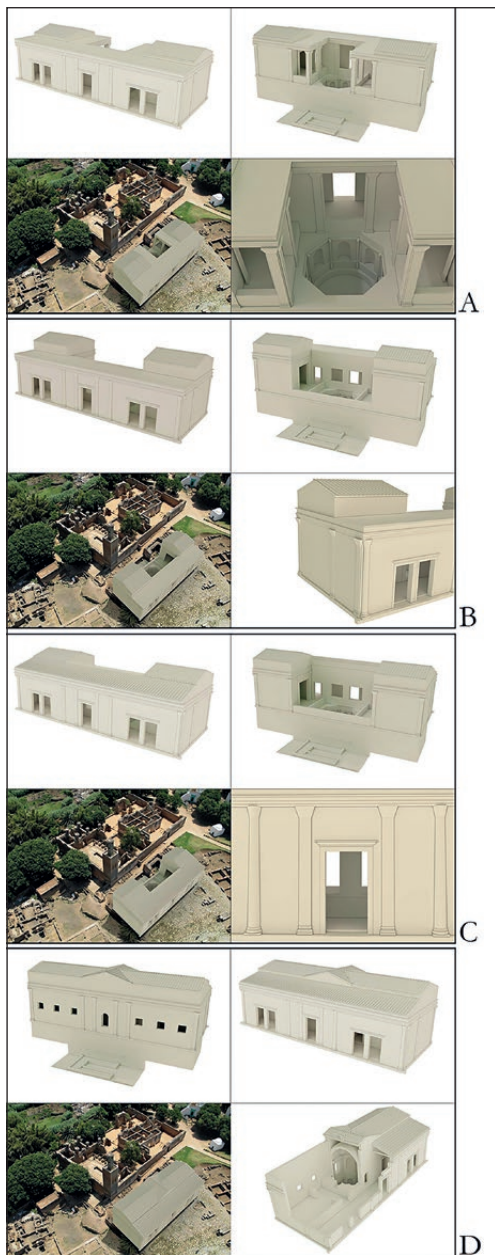


Fig. 7 – Edificio con ninfeo di *Sala*: le quattro proposte ricostruttive realizzate sulla base dei dati stratigrafici, strutturali e bibliografici (R. Pansini, UNISI).

depurazione e distribuzione delle acque di carattere monumentale, composto da *castellum aquae*, bacino ottagonale, considerato un ninfeo monumentale con funzione di *piscina limaria*, e fontane sul lato SE. Nel bacino, in particolare, l'acqua proveniente dalla sorgente doveva subire un ulteriore processo di depurazione, per poi passare tramite un sistema di troppo pieno nelle vasche all'esterno dell'edificio nell'area a S. Lungo la facciata SE dell'edificio, in effetti, sono presenti dei segni di asportazione di tubature che, forse, dovevano servire al rifornimento delle vasche. Le cavità sono oggi obliterate dai restauri della vasca circolare e non è possibile verificare se esse fossero davvero parte di questo sistema. Un foro per il troppo pieno obliterato si trova lungo il perimetro della vasca circolare, nei pressi della nicchia h, e potrebbe essere stato collegato ai tre fori localizzati lungo la facciata SE tramite *fistulae*, o ancora a una canalizzazione che da esso portava l'acqua ai quartieri circostanti.

Questa ipotesi prevede dunque che il bacino fosse completamente coperto, in modo da assicurare la protezione da possibili inquinamenti esterni dell'acqua di sorgente, che doveva essere utilizzata nelle fontane. Nel nostro caso la necessità di protezione dell'acqua determina che le murature dell'ottagono abbiano un'elevazione ben maggiore rispetto a quella oggi conservata e, di conseguenza, è possibile prevedere all'interno del bacino non uno, ma due ordini di nicchie sovrapposte, osservabili dagli avventori dall'alto tramite finestre. La copertura dell'area ottagonale, non priva di criticità, potrebbe essere stata con tetto a doppio spiovente. Sulla base dei confronti citati è anche possibile ipotizzare che essa fosse coperta con una volta ottagonale in laterizi, il cui sostegno sarebbe stato assicurato dalle quattro poderose angolate in cementizio del bacino.

L'analisi del costruito porta a considerare la quarta ipotesi come la meno verosimile, poiché prevede un impianto estremamente poderoso e articolato dal punto di vista strutturale e funzionale, che non trova alcuna conferma nei resti rinvenuti sul campo³. L'ipotesi più plausibile è quella che prevede che il bacino ottagonale fosse scoperto e che il suo rifornimento tramite il *castellum aquae* fosse indipendente da quello delle fontane della parte S. Il *castellum*, profondamente modificato durante l'età islamica, in età antica doveva probabilmente rifornire sia l'ottagono, sia le fontane tramite due sistemi di tubature separate, che garantivano che entrambi ricevessero acqua pulita.

ROSSELLA PANSINI

Dipartimento di Scienze Storiche e dei Beni Culturali
Università degli Studi di Siena
rossella.pansini@unisi.it

³ Anche LAMARE 2019, 297-298 sottolinea che la copertura del bacino non è sicura.

Ringraziamenti

Il permesso alla ricerca nei siti del Marocco è stato accordato dall'ex Direttore della divisione Patrimonio Culturale del Ministero della Cultura del Marocco, A. Alaoui, che desidero ringraziare. L'accesso ai singoli siti archeologici è stato possibile grazie alla grande disponibilità e alle autorizzazioni concesse dai Conservatori M. Ramdani (*Sala*), R. Arharbi (*Banasa*), M. Atki (*Volubilis*), M. Benhaddou (*Zilil*) e H. Hassini (*Lixus*), ai quali va il mio ringraziamento. Questa ricerca non sarebbe stata possibile senza la supervisione del Prof. Stefano Camporeale, l'aiuto dei colleghi del Laboratorio di Archeologia Classica dell'Università degli Studi di Siena L. Passalacqua, G. Carpentiero, C. Felici e L. Bigi e l'autorizzazione del Direttore Scientifico, Prof. Emanuele Papi.

BIBLIOGRAFIA

- AKERRAZ A., CAMPOREALE S., PAPI E. (eds.) 2013, *Sidi Ali ben Ahmed - Thamusida, 3. I materiali*, Roma, Quasar.
- AKERRAZ A., PAPI E. (eds.) 2008, *Sidi Ali ben Ahmed - Thamusida, 1. I contesti*, Roma, Quasar.
- AMMAR H. 2008, *A propos du nymphée de Sala*, in J. GONZÁLEZ, P. RUGGERI, C. VISMARA, R. ZUCCA (eds.), *L'Africa romana. Le ricchezze dell'Africa. Risorse, produzioni, scambi. Atti del XVII Convegno di studio (Sevilla 2006)*, Roma, Carocci, 559-569.
- BALTY J.C. 1991, *Curia Ordinis. Recherches d'architecture et d'urbanisme antiques sur les curies provinciales du monde romain*, Bruxelles, Académie Royale de Belgique.
- BEKKARI M. 1968-1972, *L'archéologie marocaine en 1968 et 1969*, «Bulletin d'Archéologie Marocaine», 8, 241-248.
- BOUBE J. 1962, *Découvertes récentes à Sala Colonia (Chellah)*, «Bulletin archéologique du Comité des travaux historiques et scientifiques», 141-145.
- BOUBE J. 1966, *Fouilles archéologiques à Sala*, «Hespéris-Tamuda», 7, 23-32.
- BOUBE J. 1967, *Documents d'architecture Maurétanienne au Maroc*, «Bulletin d'Archéologie Marocaine», 7, 263-367.
- BOUBE J. 1977, *Sala III, Les nécropoles, planches.*, Villes et sites archéologiques du Maroc (VESAM), ed. 1, Rabat, Musée des Antiquités.
- BOUBE J. 1990, *La dédicace du Capitole de Sala (Maroc) et la base honorifique de C. Hosidius Severus*, «Mélanges de l'École Française de Rome. Antiquité», 102, 213-246.
- BOUBE J. 1997, *Sala*, in *Enciclopedia dell'Arte Antica*, II Suppl. (1971-1994), Roma, Istituto dell'Enciclopedia Italiana, 62-64.
- BOUBE J. 1999, *Les nécropoles de Sala*, Paris, Éditions Recherche sur les Civilisations.
- CARCOPINO J. 1943, *Le Maroc antique*, Paris, Librairie Gallimard.
- CHATELAIN L. 1930a, *Le forum de Sala*, «Comptes rendus des séances de l'Académie des Inscriptions et Belles-Lettres», 74, 336-340.
- CHATELAIN L. 1930b, *La Ville romaine de Sala*, «Maroc», 22, 23-24.
- CHATELAIN L. 1930-1931a, *Inscriptions de Sala*, «Bulletin archéologique du Comité des travaux historiques et scientifiques», 225-228.
- CHATELAIN L. 1930-1931b, *Inscriptions latines de Sala*, «Bulletin archéologique du Comité des travaux historiques et scientifiques», 171-15.
- CHATELAIN L. 1944, *Le Maroc des Romains*, Paris, De Boccard.
- DELL'UNTO N., LANDESCHI G. 2022, *Archaeological 3D GIS*. London-New York, Routledge (<https://doi.org/10.4324/9781003034131>).

- DELL'UNTO N., LANDESCI G., LEANDER TOUATI A.-M., DELLEPIANE M., CALLIERI M., FERRANDI D. 2016, *Experiencing ancient buildings from a 3D GIS perspective: A case drawn from the Swedish Pompeii Project*, «Journal of Archaeological Method and Theory», 23, 73-94 (<https://doi.org/10.1007/s10816-014-9226-7>).
- GASCOU J. 1991, *Hypothèse sur la création du municipe de Sala*, «Antiquités africaines», 27, 151-156.
- GLIOZZO E., TURBANTI MEMMI I., AKERRAZ A., PAPI E. (eds.) 2009, *Sidi Ali ben Ahmed - Thamusida, 2. L'archéometria*, Roma, Quasar.
- GSELL S., CARCOPINO J. 1931, *La base de M. Sulpicius Félix et le décret des décurions de Sala*, «Mélanges d'archéologie et d'histoire», 48, 1-39.
- HASSAR-BENSLIMANE J. 1976, *L'archéologie marocaine de 1973 à 1975*, «Bulletin d'Archéologie Marocaine», 10, 243-252.
- LAMARE N. 2019, *Les fontaines monumentales en Afrique romaine*, Collection de l'École française de Rome 557, Roma, École Française de Rome.
- LENOIR E. 2009, *Documents sur le contrôle et la distribution de l'eau dans le Maroc antique*, in V. BRIDOUX (ed.), *Contrôle et distribution de l'eau dans le Maghreb antique et médiéval. Actes du Colloque organisé par l'Institut National du Patrimoine de Tunisie et l'École Française de Rome (Tunis 2002)*, Roma, École Française de Rome, 41-83.
- MASCHEK D., SCHNEYDER M., TSCHANNERL M. 2009, *Virtual 3D reconstructions. Benefit or danger for modern archaeology?*, in *Proceedings of the 14th International Congress Cultural Heritage and New Technologies (Vienna 2009)*, Wien, Museen der Stadt Wien, Stadtarchäologie, 447-460.
- MASCIONE C., PANSINI R., PASSALACQUA L. 2016, *Integrated methodologies for the reconstruction of the ancient city of Lixus (Morocco)*, in S. CAMPANA, R. SCOPIGNO, M. CIRILLO, G. CARPENTIERO (eds.), *CAA2015. Keep the Revolution Going. Proceedings of the 43rd Annual Conference on Computer Applications and Quantitative Methods in Archaeology (Siena 2015)*, Oxford, Archaeopress, 157-166.
- PANSINI R. 2012-2013, *Lixus (Morocco) – il quartiere della pendice orientale: tecniche edilizie e impianto urbanistico tra età maura e islamica*, Tesi Magistrale, Università degli Studi di Siena, Dipartimento di Scienze Storiche e dei Beni Culturali.
- WILSON JONES M. 2006, *Ancient architecture and mathematics: Methodology and the doric temple*, «Nexus - Architecture and Mathematics», 6, 149-170.
- WILSON JONES M. 2009, *Principles of Roman Architecture*, 3rd ed., New Haven-London, Yale University Press.

ABSTRACT

The paper analyses the practise of surveying and reconstruction of the buildings in a Roman North Africa monumental centre by means of photogrammetry and three-dimensional modeling. Photogrammetry, in particular, proves to be an efficient and economic method for field analysis, although it has limitations in terms of processing time and the need for very powerful computers. Photogrammetric models, characterized by a high volumetric and colorimetric quality, constitute an ideal basis for reconstruction by means of 3D modeling, particularly in the case of research, such as this one, related to the Archaeology of Construction.