

Il laser scanner per il rilevamento dei siti archeologici fortificati medioevali: il castello di Serravalle

Linda Barnobi (*), Alessia Giuffrida (*)

(*) Università degli Studi di Catania, Facoltà di Ingegneria, DAU, Via A. Doria, 6, 95125 Catania,
lbarnobi@dau.unict.it, galessia74@libero.it

Abstract

Il rilevamento del castello di Serravalle ha mirato alla produzione di elaborati tradizionali, per la redazione del progetto di restauro e riuso, e lo studio delle diverse fasi costruttive, al fine della valorizzazione delle stesse. La natura articolata del Castello, ed in particolare della zona del recinto e dell'ingresso, ricavato all'interno del costone roccioso su cui sorge, avrebbe reso un rilievo metrico tradizionale estremamente difficoltoso. Le tavole di rilievo sono, così, state elaborate dal modello tridimensionale discreto completo del castello, realizzato con scansione laser 3d, con un livello di precisione inferiore al centimetro. Il modello tridimensionale, inoltre, ha consentito l'orientamento delle immagini fotografiche e la produzione di ortofoto, per lo studio della tessitura muraria e la ricostruzione delle epoche storiche di ricostruzione del maniero.

Abstract

The survey of the Serravalle Castle aimed at producing traditional drawings meant to work out the restoration and reusing project, as well as to study the different constructional steps making the most of them. The complex nature of the Castle, above all of the enclosure and the entrance area built into the rocky ridge where it stands on, would make a traditional metric survey extremely difficult. Then the survey drawings have been elaborated from the global three-dimensional model of the Castle, got by a 3d laser scanning, with a precision level below the centimetre. The three-dimensional model has also allowed the orientation of the photographic images and the orthophoto production meant to study the wall texture and analyse the Castle rebuilding historical ages.

L'oggetto del rilievo (L.B.)

Il castello di Serravalle, detto anche il *Castedduzzu*, è, tra i castelli di Sicilia, uno dei più intatti e meglio conservati nelle sue parti principali. Localizzato all'interno della Val di Noto, nel territorio del comune di Mineo, in provincia di Catania, è una costruzione di piccole dimensioni, che sorge in cima ad un rilievo isolato, poggio Pizzuto, ai margini della valle percorsa dal Margi, piccolo affluente del Fiume Gornalunga.



Figura 1 – Vista del Castello di Serravalle e della Vallata del Margi

La struttura è caratterizzata da un nucleo centrale, che sorge all'estremità più alta del monte, costituito da una torre merlata, a pianta rettangolare, a tre livelli, più uno interrato. In corrispondenza dell'accesso principale al mastio, sul fronte occidentale, una piccola corte, a due livelli, è delimitata da una cinta muraria, anch'essa merlata, che, seguendo l'andamento scosceso del terreno, prosegue, con andamento poligonale irregolare, circondando il lato nord della torre; sul fronte meridionale, affiancato, ma strutturalmente indipendente dal mastio, si colloca un corpo a due livelli, di cui uno seminterrato; sul fronte settentrionale, nel ripido pendio è scolpita una irta scalinata, che, costeggiando la cinta muraria, all'interno della quale sorgeva un altro piccolo ambiente, di cui oggi rimangono solo poche tracce di muri perimetrali, conduce all'ingresso principale dell'intero complesso, costituito da un passaggio scavato nella roccia viva, e chiuso solo su un lato da un possente paramento.



Figura 2 – Corte sul lato settentrionale

L'edificio si presenta con la struttura muraria completamente a vista: essa non è di particolare pregio, in quanto costituita da conci di pietra arenaria di forma irregolare e dimensioni estremamente variabili, legati con malta, solamente con i cantonali rafforzati da conci di grosse dimensioni, ben squadriati ed incastrati opportunamente.

Scarse le notizie relative alla data di edificazione: il mastio centrale dovrebbe essere di origine medievale ed alcuni studiosi lo attribuiscono al XIV secolo, quando il feudo apparteneva a Goffredo di Taranto. Notizie documentate riportano che nel 1513 il castello e il feudo passarono agli Scalambro, e quindi ai Grimaldi, che conservarono Serravalle fino all'abolizione della feudalità.

Attorno alla torre centrale, nei secoli successivi, sorsero le successive costruzioni, che ampliarono nel tempo la fortificazione originaria, di cui l'ultimo intervento risale al XIX secolo ad opera dei Grimaldi. Attualmente è di proprietà delle signore Francesca Millo Sedati ed Orsola Sedati.

Obiettivi, problematiche ed operazioni in situ (L. B.)

Il rilievo del castello è stato commissionato ai fini del recupero delle strutture murarie, la messa in sicurezza delle stesse, per giungere ad una rivalutazione, valorizzazione e riuso del bene.

I professionisti incaricati del progetto (Ing. Tony Randazzo ed Arch. Emilio Randazzo), come, purtroppo, avviene raramente, hanno avuto la serietà e la lungimiranza di volersi avvalere di un rilevamento ad alta definizione, effettuato con metodo scientifico, che fornisse dati completi, di alta precisione, utili per tutte le analisi e le elaborazioni necessarie al progetto ed allo stesso tempo producesse una documentazione valida delle caratteristiche e dello stato di fatto dell'edificio, indispensabile per la memoria storica dello stesso.

La richiesta dei progettisti, dovendo prevedere opere che avrebbero coinvolto gli aspetti sia strutturali, che architettonici del fortilizio, era quella di ottenere dati precisi e misure riscontrabili, riguardo i rapporti geometrico-spaziali e volumetrici tra i vari ambienti e tra i pieni ed i vuoti, ed inoltre una documentazione di dettaglio delle tessiture murarie e del loro stato di conservazione, quindi con l'individuazione dell'eventuale presenza di lesioni, discontinuità o variazioni della tecnologia costruttiva.

L'impianto planimetrico della fortezza copre un'area di estensione non superiore ai 400 m², ma la forte pendenza del massiccio nell'area in cui sorge il castello ha fatto sì che esso assumesse una morfologia complessa, dai notevoli dislivelli, entro una sì piccola estensione, soprattutto nel suo svilupparsi in epoche e fasi costruttive differenti, adattandosi alle asperità del luogo.

Si è così stabilito di effettuare il rilevamento dell'oggetto architettonico mediante l'utilizzo di un *laser scanner*, la cui capacità di registrare una grandissima quantità di punti, misurarli con estrema precisione, prelevando dati numerici, materici e cromatici, permette la creazione di un modello integrato tridimensionale, strumento essenziale ed efficace per uno studio dell'architettura esaustivo, analitico, nonché suscettibile di continue integrazioni ed approfondimenti, e per una documentazione digitale durevole ed efficace.

Tuttavia, si è reso necessario lo studio e l'elaborazione di un approfondito e dettagliato progetto di rilievo, in quanto la morfologia aspra ed accidentata del massiccio roccioso avrebbe costretto a lavorare in condizioni limite, per quanto riguarda la sensibilità e le garanzie di accuratezza dello strumento, soprattutto nel rilevamento dei volumi perimetrali del complesso.

La cima del monte, infatti, si raggiunge tramite una strada sterrata dall'andamento sinuoso che, si inerpica sull'altura, mediante 4 tornanti, prima di raggiungere il pianoro alla base del forte, da cui esso ha accesso, ma mantenendosi sempre a notevole distanza da esso.

A tali problematiche, in fase di progetto di rilievo, si è rimediato con diverse precauzioni: innanzitutto l'effettuazione di un rapido e scarso rilevamento topografico, che permettesse di delimitare in maniera certa l'estensione ed il posizionamento della fortezza e delle dei riferimenti validi per l'orientamento del rilievo *hds*; quindi, con la realizzazione di un gran numero di scansioni, tutte ad elevata precisione, con notevoli aree di sovrapposizione, il cui collegamento e registrazione potessero avvenire mediante un elevato, e ridondante, numero di punti omologhi di controllo.

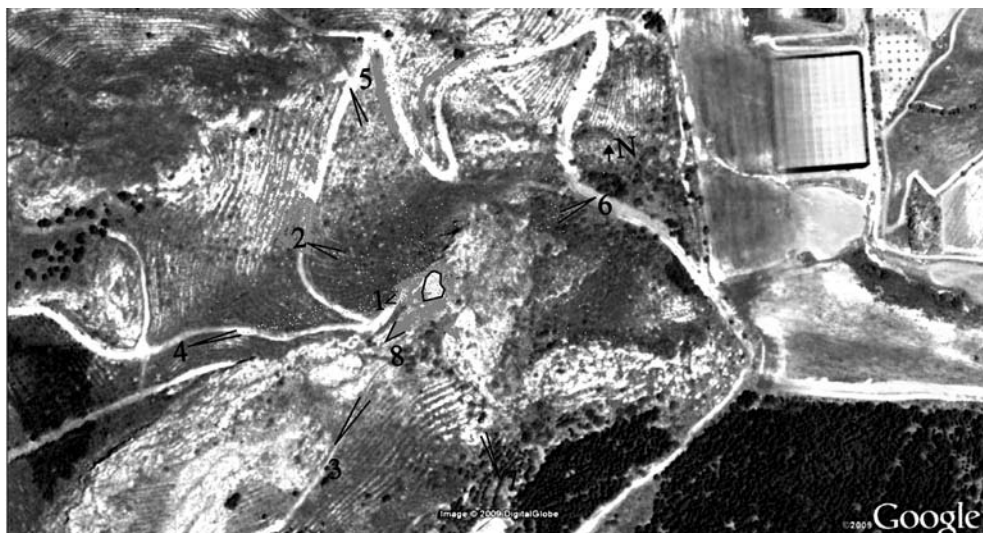


Figura 3 –Foto aerea con collocazione dei punti stazione delle scansioni esterne e sovrapposizione della nuvola di punti completa

In realtà, non si sapeva, a priori, quale precisione si sarebbe potuta raggiungere, in quanto la precisione dello strumento è garantita in 4-6 mm, fino alla distanza di 50 m, mentre ci si sarebbe trovati ad effettuare le misurazioni con distanze anche superiori ai 200 m, ed in condizioni climatiche sfavorevoli, ovvero sotto una notevole insolazione. Per tale ragione, si è stabilito, a scapito della velocità delle procedure *in situ*, di operare sempre con una densità di scansione non inferiore ai 3 cm, in modo che la sovrapposizione delle diverse *points clouds* garantisse, poi, sul modello orientato, un'adeguata densità di dati. L'obiettivo di poter leggere la tessitura muraria poneva, infatti, forti vincoli alla precisione, in quanto essa non poteva scendere al di sotto della dimensione minima del singolo elemento in pietra.

Si è quindi portato avanti il lavoro, seguendo quanto stabilito, ma consapevoli che ciò fosse suscettibile di notevoli aggiustamenti in fase operativa, qualora ci si fosse trovati dinanzi a problematiche non prevedibili.

Il lavoro complessivo di scansione dell'intero complesso ha, alla fine, richiesto al realizzazione di 12 scansioni, di cui 8 sull'esterno del complesso e le rimanenti distribuite all'interno degli ambienti racchiusi nella cinta muraria. I dettagli dei dati prelevati sono leggibili nella tabella sintetica seguente.

Scansione	Localizzazione	Dist. media (m)	Densità (mm)	Punti (mln)
SCAN 1	Esterno-NE	40	30	10,56
SCAN 2	Esterno-E	128	30	5,98
SCAN 3	Esterno-SE	200	30	2,72
SCAN 4	Esterno S	180	30	3,75
SCAN 5	Esterno-SO	220	30	3,66
SCAN 6	Esterno-NO	215	30	2,81
SCAN 7	Esterno-N	40	30	10,62
SCAN 8	Interno-galleria	2,5	30	0,85
SCAN 9	Corte accesso basso	20	30	7,65
SCAN 10	Corte dall'alto	10	30	5,22
SCAN 11	Corte superiore	9	30	3,68
SCAN 12	Corte accesso basso	6,5	30	3,02

Figura 4 – Sintesi delle modalità e dei dati di scansione

Per quanto riguarda l'interno, per collegare in maniera rapida il notevole numero di piccole scansioni, fatte a breve distanza l'una dall'altra per documentare integralmente la morfologia complessa dell'edificio e del picco roccioso, si sono distribuite in maniera adeguata circa 15 *targets* riflettenti bifrontali, che fungessero da punti di controllo automaticamente riconosciuti dal *software*, per l'orientamento e la registrazione.

Il modello complessivo generato dalla registrazione di tutte le scansioni è formato da 51.461.300 punti e la sovrapposizione delle numerose *points clouds* ha infittito la densità del modello complessivo, in maniera pressochè uniforme, fino a valori inferiori ai 2 cm, assolutamente sufficienti per i fini che ci si era posti; l'eliminazione del rumore e di aree esterne a quella di interesse ha ridotto la nuvola di punti ad un totale 50.116.469 punti.

Per quanto riguarda il rilevamento dei livelli interni della torre, i solai esistenti non sono praticabili e tantomeno in grado di sorreggere lo *scanner* durante le operazioni di scansione, per cui, dopo aver prelevato tutti i dati possibili, realizzando misurazioni con il *laser scanner* in corrispondenza degli accessi ai diversi ambienti, è stata necessaria l'integrazione dei dati con misure dirette, effettuate con l'ausilio di un distanziometro *laser*, per definire esattamente: gli interpiani, l'esatta collocazione e le dimensioni delle aperture che non fossero comunicanti con l'esterno, così come le misure degli sguinci interni di tutte le porte e finestre.

L'intero lavoro è stato supportato da un'ampia documentazione fotografica, necessaria sia in fase di studio del progetto del rilevamento, che in fase operativa di verifica dei dati acquisiti, nonché per l'arricchimento del modello tridimensionale con i dati qualitativi dell'immagine fotografica.

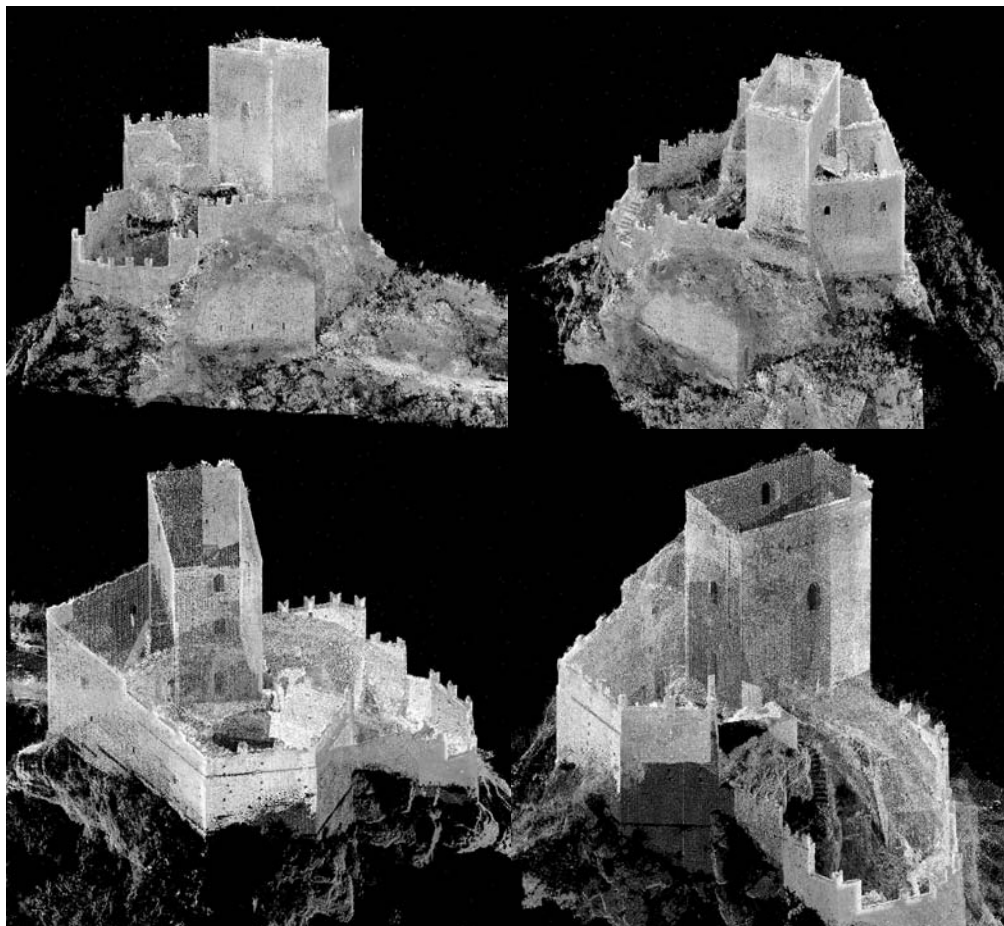


Figura 5 – Viste del modello numerico complessivo

Elaborazione storico-critica delle fasi costruttive (A. G.)

La nuvola di punti ottenuta dall'unione complessiva delle diverse scansioni effettuate all'interno e all'esterno del complesso fortilizio ha consentito di individuare e collocare volumetricamente tutti i corpi e leggerne le caratteristiche costruttive, permettendo di ipotizzare, sulla base di una lettura critica della diversa tessitura muraria e dei materiali, le fasi costruttive successive.

I progettisti, infatti, al fine della redazione del progetto, avevano innanzitutto necessità di operare su grafici digitali tradizionali, che documentassero lo stato di fatto. I diversi grafici, inoltre, sarebbero stati via via integrati, sia nel numero, che nel livello di dettaglio, man mano che i professionisti avessero esposto nuove richieste, in seguito alla nascita di nuovi interrogativi, o all'esigenza di verifica di ipotesi progettuali; tutto ciò senza alcuna necessità di tornare sui luoghi, ma semplicemente estraendo ulteriori informazioni dalla nuvola di punti, che risulta essere un archivio di dati pressoché inesauribile.

La prima operazione effettuata sul modello numerico complessivo è stata l'individuazione di piani di sezione orizzontali, al fine dell'estrazione di profili corrispondenti, collocati in modo da ottenere informazioni planimetriche il più possibile significative, scelta resa quantomeno elaborata dalla morfologia naturale del sito, che determina la presenza di elevati dislivelli e quindi l'esigenza di un gran numero di grafici per documentarne tutti gli sviluppi planimetrici.

Sono risultate così indispensabili, anche ai fini della individuazione dello spessore delle murature e della loro datazione, sei planimetrie, che individuano perfettamente: la zona di ingresso alla fortezza, ricavata all'interno del costone roccioso; la corte settentrionale e la rampa di accesso al cortile superiore; i tre livelli fuori terra della torre e i due del corpo adiacente; il livello interrato e collegato, tramite una feritoia, ad un ambiente del corpo di fabbrica adiacente.

Una delle esigenze primarie dei progettisti era quella di verificare i rapporti altimetrici e planimetrici tra i diversi interpiani della torre e i livelli dei solai degli ambienti dei corpi adiacenti, con i quali non esiste alcun elemento diretto di comunicazione, in modo da poter prevedere, in fase progettuale, la creazione di collegamenti verticali ed orizzontali, nonché verificare la possibilità di creare un collegamento orizzontale tra i corpi di fabbrica.

Sono state così realizzate 5 sezioni verticali, longitudinali, trasversali e oblique, che hanno consentito di individuare l'altezza degli interpiani, il collegamento orizzontale tra il secondo livello fuori terra della torre e la terrazza del corpo di fabbrica adiacente ed i rapporti altimetrici tra i due livelli interrati, quello della torre e quello del corpo laterale. I profili estratti dalla nuvola di punti hanno, inoltre, consentito di effettuare importanti misurazioni sugli spessori degli elementi costruttivi, a supporto delle diverse ipotesi di datazione dei corpi di fabbrica. In particolare, dall'analisi del tipo di muratura e dalle dimensioni dello spessore murario, si evince come il corpo meridionale sia stato certamente realizzato in epoca successiva, suggerendone una datazione, forse fine ottocento; invece, lo spessore della volta a crociera di copertura dell'ambiente interrato dello stesso corpo, nonché la tecnologia costruttiva, in pomice e gesso, fa pensare che essa sia stata realizzata nei primi del novecento.

I grafici di prospetto, invece, sono stati oggetto di lunghe dissertazioni con i progettisti a causa della articolata morfologia del fortilizio; si poneva, infatti, il dilemma di quali e quanti piani di proiezione scegliere, al fine di ottenere un'immagine completa della conformazione del castello, visto da più punti di vista. Il modello tridimensionale della nuvola di punti, infatti, consente di produrre innumerevoli immagini piane, privilegiando una vista piuttosto che un'altra, e conferisce ai progettisti la possibilità di osservare l'oggetto di interesse in tutte le sue sfaccettature.

La scelta definitiva è stata concretizzata atenzionando la torre, piuttosto che la cinta poligonale, scegliendo quattro piani di proiezione rispettivamente paralleli ai quattro lati della torre, essendo essa il nucleo fondamentale oggetto di progettazione.

I prospetti sono stati ricavati con una procedura da noi messa a punto, che garantisce elevata precisione, unita ad estrema semplicità di esecuzione: stabiliti i piani di proiezione, opportunamente scelti in base agli elaborati richiesti, e proiettando ortogonalmente, su di essi, il modello numerico, si sono ottenute immagini bidimensionali ad altissima risoluzione che, inserite in ambiente CAD, nel rispetto della precisione metrica, hanno permesso di estrarre tutte le informazioni grafiche necessarie, a qualsiasi livello di dettaglio.

I prospetti, al di là del loro significato di elaborati grafici tradizionali, sono serviti quindi a dare una vista d'insieme dell'articolazione esterna della fortezza e del suo aspetto materico, reso grazie alla restituzione grafica dei conci di pietra e di alcune parti della muratura.

Quest'ultima infatti è stata oggetto di studio approfondito, in quanto in corrispondenza dei prospetti nord ed est della torre si può osservare, sulla parte sommitale, una linea di crollo della muratura antica.

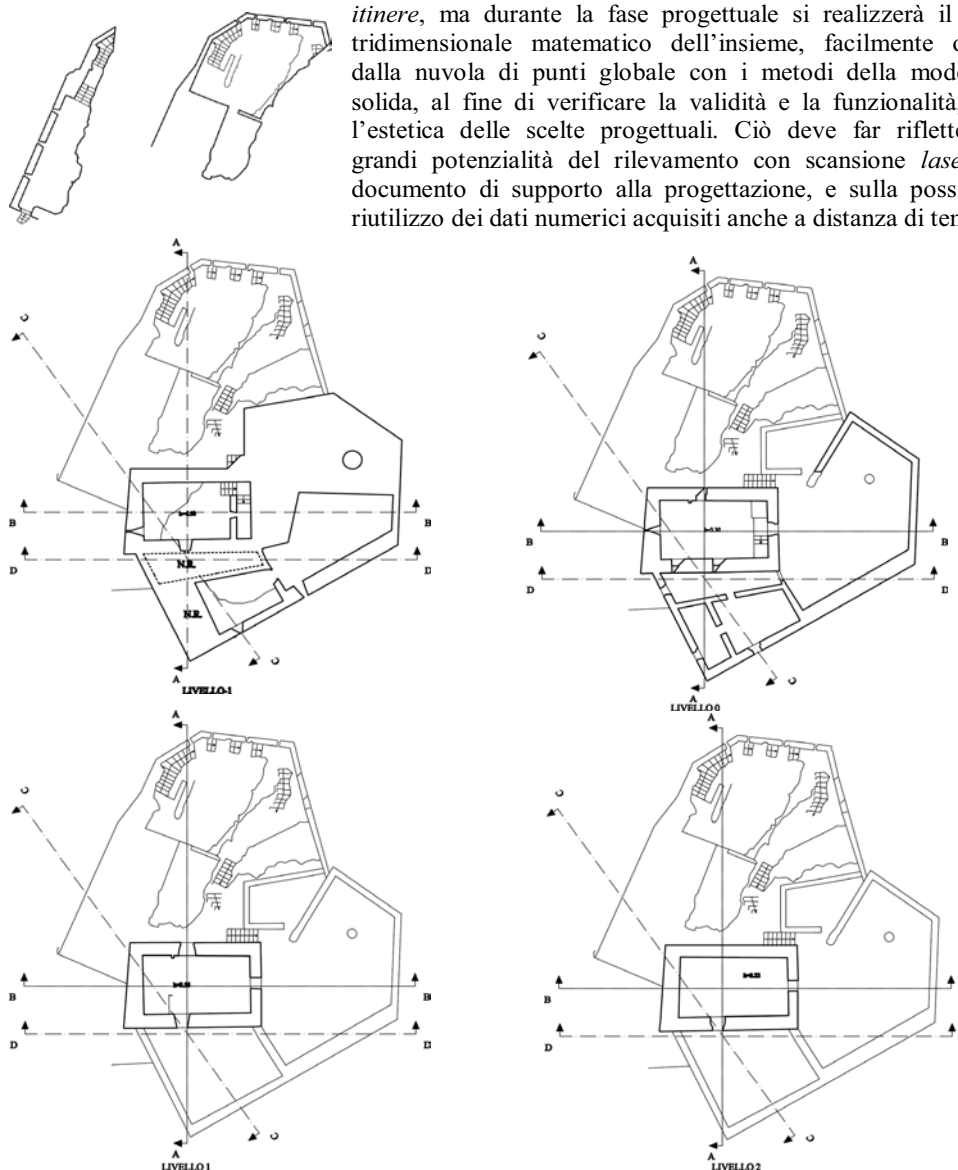
A tale scopo, sono stati effettuati dei fotopiani di entrambi i prospetti, realizzati con uno specifico *software* di fotogrammetria da immagine singola, utilizzando come punti di controllo i dati forniti dalle stesse scansioni, mediante i quali è stato possibile disegnare direttamente sulla fotografia raddrizzata l'andamento del crollo della muratura trecentesca, ed individuare l'innesto della nuova muratura.

Ulteriore oggetto di studio è stata la monofora ad arco acuto con ghiera piatta a conci di pietra radiali, visibile al secondo livello del prospetto est, che, ad una prima analisi, pare essere unica testimonianza del periodo medioevale.

Come si può osservare nel disegno del prospetto, essa presenta una frattura in corrispondenza del davanzale, del quale tuttavia resta ancora qualche traccia visibile all'interno. L'arco acuto fu sicuramente usato in tutta l'epoca medioevale nelle sue molteplici varianti, pertanto, data la presenza in tutto il territorio siciliano di tipologie simili, per caratteristiche tecniche e formali, in epoche diverse, che spaziano dal XIII al XVI secolo, non vogliamo attribuire la monofora e quindi la torre ad una data precisa, anche se riconosciamo che lo stile essenziale e austero che la caratterizza è più tipico del periodo federiciano e dei secoli immediatamente successivi.

In effetti, una analisi storica dettagliata delle murature non è ancora stata eseguita, ma si può prevedere una esame termografico di alcune pareti interne che, già ad occhio nudo, mostrano l'utilizzo di un diverso tipo di malta ed una differente tessitura del paramento.

Attualmente, il progetto di recupero del castello di Serravalle è *in itinere*, ma durante la fase progettuale si realizzerà il modello tridimensionale matematico dell'insieme, facilmente ottenibile dalla nuvola di punti globale con i metodi della modellazione solida, al fine di verificare la validità e la funzionalità, nonché l'estetica delle scelte progettuali. Ciò deve far riflettere sulle grandi potenzialità del rilevamento con scansione *laser*, come documento di supporto alla progettazione, e sulla possibilità di riutilizzo dei dati numerici acquisiti anche a distanza di tempo.





Bibliografia

Marco Bini (2003), *Il rilievo del Battistero di San Giovanni in Piazza dei Miracoli a Pisa. Prime considerazioni a seguito delle operazioni di acquisizione dei dati con laser scanner 3d*, in Restauro, Ferrara.

Luigi Andreozzi (2001), *Lo scanner laser 3d nel rilievo dei beni architettonici e ambientali*, in Quaderno DAU n. 20, Gangemi Editore, Roma, 15-20

Castelli medievali di Sicilia. Guida agli itinerari castellani dell'isola (2001), a cura della Regione Siciliana, Centro regionale per l'inventario e la catalogazione dei Beni Culturali e Ambientali, Palermo, 180

Marco Gaiani (2001), *Traduzioni dal reale a virtuale in architettura*, in Frontiere del Rilievo: dalla matita alle scansioni 3d. Gangemi Editore, Roma.

Riccardo Migliari (2000), *Fondamenti della rappresentazione geometrica e informatica dell'architettura*, Ed. Kappa, Roma.

Marco Gaiani (1998), *Conservazione e rappresentazione. Modelli virtuali d'architettura*, in Dossier n.4, allegato alla rivista Paesaggio Urbano.

Salvo Nibali (1990), *Alcune Sicilie*, Trincale Editore, Catania, 88

Vito Amico (1855), *Dizionario Topografico della Sicilia*, tradotto dal latino ed annotato dal Gioacchino Di Marzo, Arnaldo Forni Editore, Palermo, Vol. II, 497.