

Metodo e procedure per il rilievo e la documentazione nel progetto di restauro della Cittadella di Gozo a Malta

Marcello Balzani, Federico Ferrari, Guido Galvani,
Federica Maietti, Gabriele Tonelli

Università degli Studi di Ferrara, Centro di Ricerca D.I.A.P.Re.M. c/o Dipartimento di Architettura, Via Quartieri, 8
44100 FERRARA, tel. 0532 293601, fax 0532 293630, email marcello.balzani@unife.it

Riassunto

Il progetto di rilievo e documentazione della Cittadella di Gozo, Malta, attivato dalla *Restoration Unit del Ministry for Resources and Rural Affairs* e sviluppato attraverso l'*European Regional Development Fund Malta 2007-2013*, ha perseguito il principale scopo del rilievo tridimensionale di dettaglio delle superfici esterne e interne della cinta muraria di fortificazione e della mappatura dell'attuale stato di conservazione di strutture e superfici. L'obiettivo del rilievo tridimensionale ad alta densità informativa, oltre a quello primario di documentazione, è connesso all'esigenza di disporre di un modello in grado di identificare la geometria e la morfologia di ogni singolo elemento costituente le fortificazioni al fine di poter ottenere accurate rappresentazioni bidimensionali in grado di costituire una base tecnico-scientifica sulla quale poter redigere il progetto di restauro. Oltre alla Cittadella, di impianto trecentesco ampliato nel XVI secolo, è stato rilevato anche il tessuto di connessione, al fine di operare un'analisi multiscala metrica, morfologica e diagnostica del complesso architettonico e le relazioni di quest'ultimo con il territorio immediatamente circostante. Si è posto dunque il problema di progettare la realizzazione di una banca dati geometrica che costituisca il fulcro di un insieme di informazioni integrate, in grado di affrontare molteplici problematiche. La descrizione del contesto ambientale è stata condotta al fine di estrarre la cartografia a scala territoriale e le sezioni morfologiche quotate sul livello del mare, che mettessero in evidenza tutti gli elementi naturali e antropici presenti.

Il gruppo di società italiane che hanno realizzato il progetto di documentazione per il restauro, capeggiato dal Consorzio Ferrara Ricerche, ha visto all'opera rilevatori, esperti di diagnostica e conservazione dei materiali lapidei e di modellazione 3D, in un integrato processo di analisi e di restituzione documentale.

Abstract

The project of survey and documentation of the Citadel of Gozo, Malta has been called by the *Restoration Unit del Ministry for Resources and Rural Affairs* and it's been developed by the *European Regional Development Fund Malta 2007-2013*. The aim of the project was the detailed 3D survey of the outer and inner surfaces and the documentation of the state of conservation both of structure and surfaces of the fortification walls of the Citadel. The main purpose of high-density three-dimensional information, in addition to the primary one of documentation, is related to the need for a model able to identify the geometry and morphology of each constituent element of the fortifications in order to obtain accurate two-dimensional representations to be used as technical-scientific basis on which to draw up the restoration project. In addition to the Citadel, all the connection areas have been surveyed in order to operate metric multi-scale analyses and diagnostic and morphological reports concerning the architectural complex and its immediately surroundings areas. The description of the environmental context was conducted in order to extract the mapping at territorial scale and morphological sections above sea level to point out all the natural and

artificial elements. The project has been realized by a team of surveyors, experts of diagnostic and conservation of stone' materials and experts of 3D-modelling in order to achieve an integrated process of data analysis and documentation' drawings.

Il rilievo tridimensionale integrato della Cittadella di Gozo

Il progetto ha avuto come scopo il rilievo tridimensionale della Cittadella e delle porzioni di territorio correlate ad essa, al fine di operare un'analisi multiscala metrica, morfologica e diagnostica del complesso architettonico e le relazioni di quest'ultimo con il territorio immediatamente circostante. Si è posto dunque il problema di progettare la realizzazione di una banca dati geometrica che costituisca il fulcro di un insieme di informazioni integrate, in grado di affrontare molteplici problematiche.

Una delle principali finalità era connessa alla descrizione ad alta definizione del contesto ambientale, per l'estrazione, a scala territoriale, di cartografia e sezioni morfologiche quotate sul livello del mare, che mettersero in evidenza tutti gli elementi naturali ed antropici presenti, ovvero una serie di muretti a secco a "contenimento" del terreno digradante circostante la Cittadella. Un tema importante in quanto varie ipotesi formulate individuano nelle trasformazioni e nella mancanza di manutenzione di quest'ultimi una delle cause fondanti di un insieme di dissesti idrogeologici in atto e responsabili, se non monitorati e valutati, di forti mutamenti di assestamento alla struttura fortificata.

Un altro presupposto essenziale del progetto ha riguardato il rilievo di dettaglio delle superfici esterne e interne della cinta muraria di fortificazione della Cittadella e la documentazione dell'attuale stato di conservazione di strutture e superfici. Il principale obiettivo del rilievo tridimensionale ad alta definizione, oltre a quello primario di documentazione, è connesso all'esigenza di disporre di un modello in grado di identificare la geometria e la morfologia di ogni singolo elemento costituente le fortificazioni al fine di poter ottenere accurate rappresentazioni bidimensionali in grado di definire una base tecnico-scientifica sulla quale poter redigere il progetto di restauro.



Figura 1 – A sinistra, vista planimetrica della Cittadella e dell'area ad essa circostante ottenuta dalla nuvola di punti del modello tridimensionale; a destra, planimetria della Cittadella e dell'area ad essa circostante ottenuta dal rilievo integrato. L'elaborato vettoriale mostra la griglia del sistema cartografico nazionale UTM.

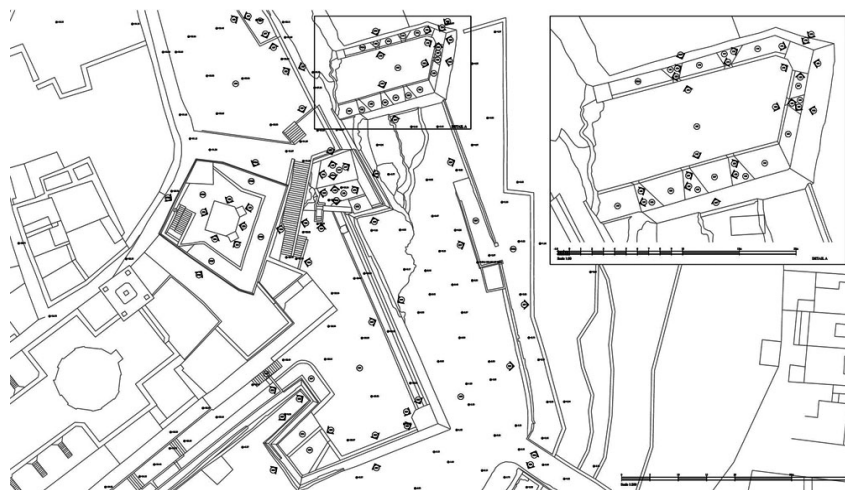


Figura 2 – Dettaglio della planimetria della Cittadella con evidenziazione del sistema di codifica adottato al fine di definire univocamente ciascuna superficie oggetto del rilievo.

La banca dati può, inoltre, fornire un modello tridimensionale, accurato e ad alta definizione, delle strutture di fortificazione della Cittadella e del territorio dal quale poter estrarre nel tempo rappresentazioni bidimensionali (piane, sezioni, prospetti, ecc.), a supporto delle successive fasi di elaborazione del progetto di restauro e a più scale di dettaglio. Tale rilievo ha richiesto, viste le dimensioni e l'articolazione dell'oggetto, un progetto approfondito e costantemente monitorato nel suo sviluppo, che tenesse conto di molteplici aspetti quali la geometria, la logistica (strettamente connessi fra loro), la produzione di materiale standardizzato in post processing, il controllo del flusso delle informazioni verso e da quei segmenti della filiera produttiva addetti all'editing CAD per il completamento descrittivo del materiale, la formulazione di quest'ultimo in elaborati conformi agli standard UNI-ISO ed in ultima analisi il vincolo temporale, che spesso stabilisce la sostenibilità o meno (non solo finanziaria) di operazione che prevedono un certo grado di complessità. L'acquisizione è stata sviluppata integrando la tecnologia laser scanner con il rilievo topografico. In particolare il rilievo plano-altimetrico realizzato con la stazione totale ha avuto il compito di generare una struttura geometrica che risolvesse le problematiche riguardanti la generazione del modello tridimensionale e l'istituzione di un sistema di coordinate che permettesse di mettere in relazione tra loro tutte o solo alcune parti del complesso rilevato. In tal modo è stato inoltre costituito il sistema di riferimento necessario per l'estrazione e la restituzione dei dati.

Caratteristiche del contesto fortificato	
Superficie complessiva (proiezione piana in mq)	95.000 circa
Superficie lorda urbana (proiezione piana in mq)	20.000 circa
Superficie lorda ambientale (proiezione piana in mq)	75.000
Superficie complessiva mura (sviluppo in mq; perimetro in ml)	22.500; 742
Rilievo topografico	
Unità di personale impiegato (n.)	2
Strumento (n., modello)	1, Leica TCR 1202
Tempo di esecuzione (giorni.)	15
Poligoni principali chiuse (n.)	2
Poligoni di dettaglio aperte (n.)	12
Vertici di poligoni (n.)	104
Punti di dettaglio (n.)	795
Compensazione ai minimi quadrati (sqm in mm)	3

Rilievo laser scanner 3D	
Unità di personale impiegato (n.)	4
Strumento (n., modello)	2, Leica HDS Scanstation 2
Tempo di esecuzione (giorni)	40
Stazioni laser scanner 3D (n.)	672
Target acquisiti (n.)	277
Coordinate spaziali acquisite (n.)	4.010.262.849
Valore medio di registrazione (mm)	3

Figura 3 – Tabella riassuntiva dei dati riguardanti l’oggetto del rilievo, la campagna di rilievo topografico e quella di rilievo tridimensionale.

Documentazione dello stato materico e conservativo della Cittadella e rilievo diagnostico

L’obiettivo principale del progetto di rilievo della Cittadella di Gozo era fortemente connesso alle esigenze di documentazione della consistenza materica e dello stato di conservazione del complesso, al fine di poter disporre di un supporto di elaborati grafici ad alta precisione metrico-morfologica e di una mappatura delle principali morfologie di degrado che interessano sia l’affioramento roccioso sul quale la Cittadella sorge che la totalità delle superfici architettoniche indicate da bando e comprendenti le superfici verticali, inclinate e orizzontali interne ed esterne all’anello della cinta muraria.

La cinta muraria della Cittadella è costruita, per la maggior parte del suo sviluppo, sui margini di un affioramento roccioso calcareo che digrada in strati più friabili e argillosi. L’inclinazione degli strati è tale da dare luogo a una inclinazione a strapiombo nella direzione nord/nord-ovest e ad una lieve pendenza nella direzione opposta. Le morfologie di degrado principali che interessano gli affioramenti rocciosi sono di natura geologico-strutturale: nella gerarchia di indagine a vista finalizzata alla mappatura del degrado, il quadro fessurativo ha costituito il primo livello di indagine: le fratture, a seconda delle diverse zone dell’affioramento, tagliano la roccia in modo verticale, obliquo e spesso anche orizzontale, ponendo porzioni di roccia a rischio di caduta a causa dei diversi fenomeni fessurativi, erosivi, e disgregativi, oltre che della naturale inclinazione cui è soggetto il lato nord-ovest.



Figura 4 – Viste dello sviluppo della cinta muraria della Cittadella di Gozo sull’affioramento roccioso calcareo.

Le superfici murarie della Cittadella sono costituite da conci di calcare ricavato dalle cave presenti a Gozo. Rarissime sono superfici con presenza di intonaco, peraltro in lacerti in cattivo stato di conservazione, ad eccezione del fronte interno dell’ingresso alla Cittadella. I conci sono posti in opera a secco o attraverso l’uso di diverse tipologie di malte di allettamento, stilate in giunti da fini a grossolani.

Le operazioni di indagini a vista e di mappatura dello stato conservativo sono state eseguite in concomitanza alle operazioni di rilievo metrico-morfologico, e sono state svolte in situ per la durata di circa trenta giorni. Tutte le operazioni di rilievo diagnostico sono state accompagnate da un

rilievo e catalogazione fotografica ad alta definizione di tutte le superfici da documentare, creando una banca dati fotografica che, attraverso viste generali e di dettaglio, fino alla realizzazione di immagini “macro” utili alla caratterizzazione delle diverse morfologie di degrado, ha costituito la base per la prosecuzione del lavoro in laboratorio. La fase di rilievo diagnostico è stata preceduta da una ricognizione complessiva della Cittadella al fine di individuare le tipologie e le caratteristiche dei materiali che costituiscono le superfici e di individuare le morfologie di degrado che interessano tali superfici. A tal proposito, assumendo come riferimento di base il documento Uni Normal 1/88, è stato redatto un vero e proprio abaco costituito dall’elenco delle morfologie di degrado individuate, concordate con la committenza dopo diversi passaggi utili alla chiarificazione e all’accordo circa le situazioni di degrado attribuite a ciascuna nomenclatura.

Le morfologie di degrado sono state suddivise in cinque categorie: degrado di natura fisico-chimica, degrado di natura chimica e dovuto alle condizioni ambientali, degrado biologico, degrado antropico e degrado strutturale. Le morfologie di degrado rilevate in situ sono state restituite, superficie per superficie, in forma di mappature in falso colore sugli ortofotopiani di ciascun fronte e delle pavimentazioni: a ciascun degrado è stato associato, oltre al codice di attribuzione corrispondente ai layer dei file CAD, un falso colore utile alla rappresentazione delle macroaree di degrado mappate.

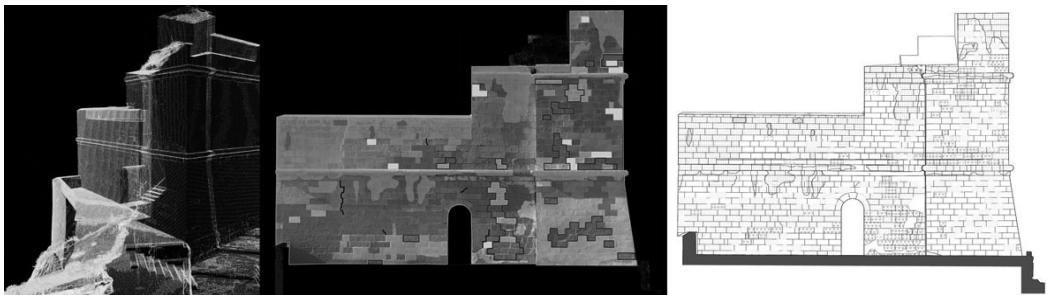


Figura 5 – Da sinistra, vista della nuvola di punti della superficie, mappatura del degrado eseguita su ortofotopiano ed elaborato grafico di restituzione in formato CAD.

Conclusioni

L'esperienza sviluppata nel progetto di rilievo e documentazione del sistema fortificato della Cittadella di Gozo pone alcune problematiche che saranno oggetto, nei prossimi mesi, di opportuni approfondimenti di ricerca. Infatti, se da un lato le metodologie e le tecnologie utilizzate hanno consentito di raggiungere l'obbiettivo d'interesse, soprattutto temporale, per attivare il restauro (con bando europeo, gara, ecc.), dall'altro è opportuno prendere coscienza che l'ottimizzazione di un processo così complesso (per la quantità dei dati morfologici e critico-qualitativi distribuiti dalla dimensione d'impianto fino a quella del singolo concio) ha bisogno di risolvere ancora molti gap che sono venuti alla luce (aspetti metrici, restituivi, organizzativi in fase di acquisizione del degrado e dello stato-conservativo, di struttura e gestione del data-base, ecc.). Un impegno che l'esperienza di Gozo permette di affrontare.

Crediti

Restoration Unit - Construction and Maintenance Department - Work Division, Ministry for Resources and Rural Affairs, Malta. Director General: R. Farrugia; Chief Architects: N. Gatt, H. Bonnici; Sen. Architect: I. Farrugia (MGOZ); Architect: T. Dreyfuss; Supt. of fortifications: S. C. Spiteri.

Consorzio Ferrara Ricerche. Responsabile amministrativo: S. Corsi (Direttore CFR); M. Balboni (Responsabile Ufficio Progetti CFR), Key Expert 1, Team Leader: M. Balzani (Direttore del DIAPReM – Università di Ferrara); Key Expert 2 Responsabile della documentazione tecnica: G.

Galvani (Agave Srl); *Key Expert 3* Consulente alla geologia-petrografia: G.C. Grillini (CFR); *Key Expert 4* Restauro e conservazione dei materiali lapidei: G. Croci (Studio Croci & Associati); *Key Expert 5* Consulente alla documentazione: S. Bertocci (Università di Firenze); *Rilievo 3D, coordinamento tecnico*: F. Casarini, M. Guzzinati (Agave Srl); *Documentazione dello stato conservativo e rilievo diagnostico*: F. Maietti (CFR-DIAPReM); *Collaborazione alla restituzione del rilievo diagnostico*: A. Alvisi, A. Gola.

Società coinvolte: Agave Srl di Forlì (Pier Francesco Ricci), Digitarca Snc di Bari (Leonardo Chiechi), Berenice I.G. Srl di Padova (Lapo Cozzutto).

Restituzione 2D del rilievo morfometrico - Unità di Firenze. Responsabile scientifico: S. Bertocci (Dipartimento di Progettazione dell'Architettura, Università di Firenze); *Coordinamento scientifico*: G. Pancani (Dipartimento di Progettazione dell'Architettura, Università di Firenze); *Coordinamento tecnico*: C. Raffaelli; *Restituzioni a cura di*: S. Barducci, G. Del Duca, G. Falugiani, E. Gaggini, C. Nespoli, S. Pirisino, V. Roggi, T. Rossini, N. Secci, G. Valentini, N. Zuccherini.

Restituzione 2D del rilievo morfometrico - Unità di Ferrara. Coordinamento scientifico: G. Galvani (Agave srl); *Restituzioni a cura di*: F. Vecchiattini, F. Zecchi, I. Pasello, *Elaborazioni grafiche*: C. Vanucci.

Integrazione rilievo tridimensionale con laser scanner 3D, realizzazione di fotopiani ad alta definizione, realizzazione del modello tridimensionale ibrido, modellazione solida e integrazione con modellazione in superfici triangolate da dato laser scanner 3D: Digitarca Snc di Bari: L. Chiechi (responsabile), G. del Medico, E. Gassi, L. Ceo, G. Bianco, D. Campanile, S. Macchitella. *Elaborazione ed ottimizzazione del modello tridimensionale per scopi multimediali, web browsing e creazione mappa tridimensionale degli elementi di rilievo e degrado*: Federico Ferrari (Agave srl) e Lapo Cozzutto (Berenice I.G. Srl di Padova).

Bibliografia

Balzani M., Galvani G., Maietti F. (2010), "La Cittadella di Gozo a Malta. Il rilievo tridimensionale integrato nel progetto di documentazione per il restauro", *Paesaggio Urbano 2*, Maggioli Editore, Rimini, I-XXX.

Balzani M., (2007), "Il rilievo morfometrico tridimensionale delle architetture albertiane", in AA.VV. *Leon Battista Alberti e l'architettura*, Catalogo della Mostra, Casa del Mantegna, Mantova 16 settembre 2006 - 14 gennaio 2007, Milano, Silvana Editore, 178-201.

Balzani M., "Laser Scanner Technologies for the Surveying of Monuments and for the Prototyping of Architectural Elements", Bertocci S., Parrinello S. (a cura di), *From the Survey to the Project: the Identity of the Towns. The Contribution of New Technology in Remote Data Management*, Firenze, Edifir, 50-63.

Balzani M., Maietti F. (2008), "Development of integrated procedures for diagnosis of architectural surfaces. Dimensional data and surface aspects", *Proceedings of the International Workshop SMW08 "In situ monitoring of monumental surfaces"*, 27-29 October 2008, Florence, Edited by P. Tiano and C. Pardini (ICVBC-CNR, Florence, Italy), Edifir Edizioni, Firenze 2008, 131-140.

Balzani M., Maietti F., Santopuoli N. (2008), "Innovative technologies for restoration in Pompeii. The 3D morphometric survey in via dell'Abbondanza", *Proceedings of the "International Conference Heritage 2008 – World Heritage and Sustainable Development"*, edited by Rogerio Amoeda, Sergio Lira, Cristina Pinheiro, Filipe Pinheiro, Joao Pinheiro, Vila Nova de Foz Coa, Portugal, 7-9 may 2008, Edited by Green Lines Institute for Sustainable Development, Barcelos, Portugal, Volume II, 549 - 559.