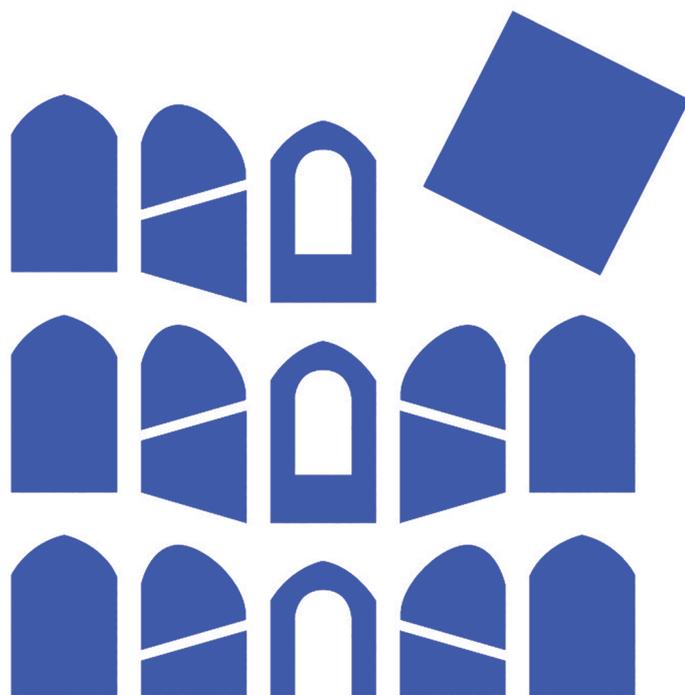


Restauro dell'architettura  
Per un progetto di qualità

coordinamento di Stefano Della Torre e Valentina Russo

7. Metodologie digitali per la gestione degli interventi  
a cura di Stefano Della Torre



Restauro dell'architettura. Per un progetto di qualità

Coordinamento di Stefano Della Torre e Valentina Russo

## 7. Metodologie digitali per la gestione degli interventi

a cura di Stefano Della Torre

# Restauro dell'architettura. Per un progetto di qualità

Coordinamento di Stefano Della Torre e Valentina Russo

*Apparati e Documento di indirizzo per la qualità dei progetti di restauro dell'architettura*, ad esito del III Convegno della SIRA Società Italiana per il Restauro dell'Architettura "Restauro dell'architettura. Per un progetto di qualità", Napoli, 15-16 Giugno 2023

1. *Finalità e ambito di applicazione*, a cura di Maria Teresa Campisi e Sara Di Resta
2. *Il concetto di qualità e il tema della programmazione*, a cura di Stefano Della Torre
3. *Conoscenza per il progetto*, a cura di Pietro Matracchi e Antonio Pugliano
4. *Indirizzi di metodo*, a cura di Marina Docci
5. *Conservazione, prevenzione e fruizione*, a cura di Eva Coisson
6. *Integrazione, accessibilità e valorizzazione*, a cura di Caterina Giannattasio
7. *Metodologie digitali per la gestione degli interventi*, a cura di Stefano Della Torre

Comitato scientifico:

Consiglio direttivo 2021-2023 della SIRA Società Italiana per il Restauro dell'Architettura

Stefano Della Torre, Presidente

Valentina Russo, Vicepresidente

Maria Teresa Campisi, Segretario

Eva Coisson

Sara Di Resta

Marina Docci

Caterina Giannattasio

Pietro Matracchi

Antonio Pugliano

Coordinamento redazionale: Stefania Pollone, Lia Romano, Luigi Veronese, Mariarosaria Villani

Redazione: Luigi Cappelli, Antonio Festa, Stefano Guadagno, Sara Iaccarino, Damiana Treccozi, Giuliana Vinciguerra, Elena Vitagliano

Elaborazione grafica del logo e della copertina: Luigi Cappelli

© SIRA Società Italiana per il Restauro dell'Architettura

Il presente lavoro è liberamente accessibile, può essere consultato e riprodotto su supporto cartaceo o elettronico con la riserva che l'uso sia strettamente personale, sia scientifico che didattico, escludendo qualsiasi uso di tipo commerciale.

ISBN 979-88-5491-462-8

eISBN 979-88-5491-463-5

Roma 2023, Edizioni Quasar di S. Tognon srl

via Ajaccio 43, I-00198 Roma

tel. 0685358444, fax. 0685833591

www.edizioniquasar.it – e-mail: [qn@edizioniquasar.it](mailto:qn@edizioniquasar.it)

## Indice

Stefano Della Torre <i>Metodologie digitali per la gestione degli interventi</i> .....	1217
Riccardo Florio, Raffaele Catuogno, Teresa Della Corte, Caterina Borrelli <i>Rilievo integrato e rappresentazione digitale nei percorsi di conoscenza per la valorizzazione dell'architettura storica. Il caso della Palazzina dei Principi nel Real Bosco di Capodimonte</i> .....	1221
Antonella Versaci, Alessio Cardaci, Luca Renato Fauzià <i>Per un utilizzo 'attivo e cosciente' dei sistemi di acquisizione digitale nel progetto di restauro</i> .....	1230
Silvia Cutarelli <i>Tipo e tipologia: prospettive di ricerca a scala urbana per i sistemi HBIM</i> .....	1239
Simonetta Acacia, Laura Davite <i>Un sistema informativo per la conoscenza del patrimonio architettonico del centro storico di Chiavari (GE)</i> .....	1248
Roberto Di Giulio, Giulia Favaretto, Danila Longo, Marco Medici, Marco Pretelli, Andrea Ugolini <i>Villa Muggia a Imola: modellazione e digitalizzazione delle informazioni di "una rovina del moderno"</i> .....	1254
Alessandra Pili <i>Ontologie e strumenti per un Processo BIM integrato per il Patrimonio Culturale</i> .....	1263
Maria Parente, Federica Ottoni <i>HBIM tra aspettative e realtà: limiti e frontiere dell'utilizzo dei modelli informativi per la conoscenza e il restauro (anche strutturale)</i> .....	1269
Luca Sbrogiò, Tatiana Zanni, Maria Rosa Valluzzi <i>La modellazione informativa (HBIM) e il percorso di conoscenza degli edifici storici ed esistenti: applicazione e problemi in una villa veneta</i> .....	1276
Barbara Scala <i>Gli Enti di tutela nel passaggio della gestione dei beni con il digitale per una maggiore qualità</i> .....	1284
Maria Grazia Orecchio <i>Possibili applicazioni delle tecnologie e dei processi BIM e dell'ACDat (Ambiente di Condivisione Dati) per la gestione digitale e innovativa di siti archeologici in ottemperanza anche ai nuovi obblighi normativi del Codice Appalti</i> .....	1291
Anna Maria Pentimalli Biscaretti di Ruffia <i>Progetto di restauro e nuovi modelli e strategie di organizzazione dei flussi di dati: il ruolo delle piattaforme digitali nel percorso di conoscenza</i> .....	1299

Antonella Versaci, Alessio Cardaci, Luca Renato Fauzià

## ***Per un utilizzo ‘attivo e cosciente’ dei sistemi di acquisizione digitale nel progetto di restauro***

### ***Abstract***

The purpose of this paper is to discuss the significant role that digital acquisition systems play in establishing a quality conservation project today. To be truly effective, it must be based on a genuine dialogue and not just a mere act of transferring data. The use by the architect of models detected and returned without his participation, without his contextual planning, without a complete knowledge of methodologies and practices, and their respective limits and advantages is not acceptable. On the contrary, a ‘conscious, sensitive and controlled’ employment of reality-based technologies can prove to be especially useful for the purposes of documentation, conservation, and valorisation, if they are rigorously integrated and combined with that intimate and direct contact with the architectural object, which however remains an indispensable and not ancillary condition. Founded on a consolidated experience in this context, the result of a multidisciplinary approach governed by a great cohesion of intent and sharing of objectives, the essay intends to underline the convenience deriving from an integration and proactive use of these precious instruments. To this end, it presents a case study of great interest – the recent restoration of the Aragonese castle of Piazza Armerina, Enna – with the aim of exposing the survey process adopted and the advantages that emerged from an integrated survey programme followed in the phase relating to the process of knowledge and continued during the subsequent construction site. The information obtained, which will continue to be integrated with new investigations and as-built checks, constitutes a particularly detailed database, serving both the documentation of the asset and new studies and restoration projects.

### Parole chiave

cantiere di restauro, rilievo integrato, monumento storico, protocollo metodologico, banca dati  
*restoration work, integrated survey, historic monument, methodology protocol, database*

### ***Introduzione***

La disciplina del Restauro dispone, ormai da decenni, di un approccio metodologico consolidato che trova le sue premesse in un accurato processo di conoscenza. Il rilievo si pone, quindi, come base imprescindibile per ogni analisi successiva, sia essa volta a riconoscere gli aspetti materici e tecnologici posti alla base del costruito, sia a supportare valutazioni di natura diagnostica finalizzate ad individuare le eventuali problematiche di degrado e dissesto presenti.

Un progetto di restauro ‘di qualità’ non può, dunque, prescindere da valutazioni preliminari che si perfezioneranno, certo, nel corso del cantiere, ma che hanno inizio con la comprensione del processo costruttivo ed evolutivo degli edifici, sulla base di una raccolta di dati documentali atta a delineare la loro ‘storia analitica’, per poi proseguire sinergicamente con lo studio ‘diretto’ operato tramite l’osservazione e il rilievo. Un rilievo che già Piero Sanpaolesi, ponendosi in continuità con il pensiero di Camillo Boito e Gustavo Giovannoni, voleva “affidabile, soprattutto non limitato alle forme ma esteso alla sostanza tecnica e strutturale della fabbrica anzi ricercando la correlazione dei vari elementi citati”<sup>1</sup>.

In tal senso, le operazioni di misura ‘qualitativa’, di interpretazione critica e di restituzione grafica costituiscono già una prima ed essenziale fase di analisi che deve essere condotta simultaneamente sia dai disegnatori-rilevatori (per la disamina delle proporzioni, la decodificazione del linguaggio degli ordini, lo studio dei volumi), sia dai restauratori (che dovranno leggere la materia, individuarne le fasi

---

1 TAMPONE 2001, p. 34.

stratigrafiche, valutare criticità strutturali), sia dagli strutturisti (per l'esame delle vulnerabilità statiche e dinamiche esistenti o che potrebbero insorgere, della meccanica delle strutture e della modellazione degli scenari di danno).

In questo programma, l'utilizzo delle moderne tecniche di rilevamento digitale basate su sensori passivi (*image-based*) e attivi (*range-based*) può rivelarsi cruciale, ma perché possa essere davvero efficace deve fondarsi su un reale dialogo e non su una mera azione di 'trasmissione di dati': "la qualità è infatti nel metodo, si tratta di un comportamento, più che di una serie di prestazioni"<sup>2</sup>. Appare, in effetti, limitante un 'impiego' da parte dell'architetto conservatore di modelli rilevati e restituiti senza la sua partecipazione, senza una sua contestuale programmazione, senza una completa cognizione di metodologie e prassi, e dei loro rispettivi limiti e vantaggi.

Oggi, la crescente disponibilità e la relativa facilità d'uso di strumentazioni di acquisizione tridimensionale (decisamente *user-friendly*, quantomeno nell'interfaccia) permettono di ottenere dei risultati in apparenza rapidi e di grande effetto ma che, in realtà, nascondono spesso una consistenza dell'informazione estremamente limitata, quando non ingannevole, del tutto inefficace ed inappropriata per il progetto di restauro. L'ormai imperante dilagare dell'uso dei 'droni' – termine usato in maniera generica per indicare i ben più complessi sistemi aeromobili a pilotaggio remoto (SAPR), denunciando già di per sé la superficialità della conoscenza in materia – e la conseguente democratizzazione del loro utilizzo da parte di operatori non particolarmente qualificati in tale ambito, permette sì, di restituire modelli virtuali, ma con bassissime precisioni e tolleranze. Modelli approssimativi, in genere non georeferenziati e privi di reti di validazione topografica – cioè, di quel robusto telaio nel quale si intrecciano tutte le informazioni<sup>3</sup> – nonché di messa in scala e controllo di verticalità. Strumenti, pertanto, ancora una volta, inadatti per pervenire a quella completa conoscenza delle fabbriche che costituisce l'irrinunciabile premessa per un corretto intervento progettuale<sup>4</sup>.

Al contrario, un impiego 'consapevole, sensibile e controllato' delle tecnologie *reality-based*, può rivelarsi di grande utilità per le finalità proprie della documentazione, conservazione e valorizzazione, purché rigorosamente tra loro integrate e combinate con quel contatto intimo e diretto con l'opera architettonica che rimane comunque "condizione indispensabile e non solo accessoria perché si faccia storiografia architettonica nel pieno senso del termine"<sup>5</sup>.

Sulla base dell'esperienza maturata in tale contesto, frutto di una multidisciplinarietà governata da una grande coesione di intenti e condivisione degli obiettivi, questo lavoro intende sottolineare la convenienza derivante da una integrazione e da un utilizzo proattivo nel restauro di tali preziosi strumenti.

### ***La necessità di un'attività di rilievo rigorosa e accurata***

Il compito del Rilievo è di operare una sintesi critica per trasformare la complessità del reale in relazioni ordinate di segni e simboli; l'osservazione traspone le informazioni in figurazioni virtuali costituite da punti, superfici e oggetti tridimensionali. Non si tratta solo di uno strumento di documentazione del patrimonio costruito ma è piuttosto l'espressione più alta del pensiero critico del 'disegnatore-rilevatore-conservatore' nonché la testimonianza della sua personale riflessione sul mondo che lo circonda.

Il rilievo è spesso lettura di un passato perduto di cui permangono solo lievi tracce. Nello spazio fisico, infatti, tutto è registrato sotto forma di sovrapposizione di segni che possono essere evidenti, sepolti,

---

2 COPPO, LA FRANCA 1993, p. 226.

3 BERTOCCHI, PANCANI, COTTINI 2020.

4 MARINO 1981.

5 CARBONARA 1997, p. 469.

consunti o così tenui da risultare quasi invisibili oppure nascosti, alterati e perfino falsificati<sup>6</sup>. Questi tratti sono comunque sempre presenti e solo se si è in grado di scoprirli, decodificarli e comprenderli, si riuscirà a penetrare l'essenza dello spazio fisico per poi operarvi coscientemente.

La rappresentazione grafica (tradizionale o digitale, statica o dinamica) restituisce, in ultimo, la geometria, la cromia, la struttura e le condizioni di alterazione di un luogo; è anche in grado di facilitarne e interpretarne le stratificazioni, di individuarne le anomalie e le dissonanze. Nel processo di elaborazione – dalla cattura all'interpretazione dei dati – è sempre possibile effettuare riflessioni e ragionamenti volti alla conoscenza e consapevolezza del sito, oggetto di approfondimento<sup>7</sup>.

La misura e la rappresentazione sono, in quest'ottica, mezzi di studio e di sintesi per l'intendimento della complessità di una fabbrica<sup>8</sup>. La distinzione tra 'acquisizione', 'restituzione' ed 'interpretazione' diviene quindi fondamentale anche in ragione dell'attuazione del processo in tre distinte fasi: la prima è da svolgersi in stato di neutralità e di vuoto di valori, la seconda è intesa come l'elaborazione e la restituzione grafica delle informazioni, mentre la terza è lo studio critico, frutto di un giudizio che implica ingegno e impegno di idee.

La rivoluzione digitale ha trasformato in modo significativo la concezione e le modalità operative dell'atto del rilevamento; il semplice rilievo 'dal vero' si è integrato con quello strumentale grazie al sempre più semplificato uso di dispositivi elettronici. Il rilievo con strumenti digitali è obiettivo e neutrale ma in grado di disvelare particolari nascosti all'occhio e alla mente umana. A differenza di quello diretto in cui l'interpretazione ha inizio durante la fase di acquisizione (e quindi in grado di influenzare l'oggettività delle fasi successive), esso consegna un dato finale privo di artefatti o errori logico-deduttivi.

I progressi tecnologici hanno, dunque, aperto a nuove opportunità di indagine – permettendo, ad esempio, di modellare virtualmente il nostro ambiente e di visualizzarlo con l'illusione della terza dimensione – il cui impatto sui protocolli di gestione e valorizzazione del patrimonio e del paesaggio è indubbiamente significativo<sup>9</sup>.

Oggi, il rilevatore ha a disposizione una vasta gamma di dispositivi e di tecnologie, sia terrestri che aerei, ciascuno di essi aventi specifiche caratteristiche. Per trasporre in *bit* numerici la complessità di un'architettura occorre un'approfondita valutazione delle strategie da attuare e una pianificazione preliminare che consenta di intraprendere le giuste scelte metodologiche e strumentali – evitando di trovarsi poi nella dannosa condizione di ridondanza dei dati – in relazione all'elemento che si vuole esplorare, ai tempi di intervento ed alla finalità del processo di archiviazione.

Il processo di rilevamento terrestre (*Terrestrial Laser Scanner* e *Photogrammetry Close Range*) impone un tempo mediamente lungo per la fase di raccolta delle informazioni perché si avvale di un protocollo di tipo statico che si esplica a partire da stazioni fisse sul terreno durante le catture fotografiche o le scansioni laser. I nuovi sistemi aerei (*Remotely Piloted Aircraft Systems*) ottengono, invece, le informazioni in modo dinamico, in genere da bassa quota (anche a pochi metri di altezza dal suolo come surrogati delle tradizionali camere), garantendo sia una discreta precisione metrica (generalmente dell'ordine del centimetro), sia un'elevata risoluzione (la ridotta altezza di volo consente immagini nadirali particolarmente nitide e dettagliate non ottenibili con altri sistemi). I SAPR hanno rivoluzionato l'ambito dell'osservazione aerea, sia perché molto più economici, versatili e precisi rispetto ai voli tradizionali con elicotteri e/o aeromobili, sia perché hanno ridotto in modo significativo i costi e i tempi operativi delle attività *in situ*.

Con il recente sviluppo del sistema di posizionamento con rilevazione *Real Time Kinematic* (RTK) – molto più affidabile del normale GNSS – sono stati introdotti ulteriori benefici attraverso la

---

6 CAMPANELLA 2017.

7 CHIAVONI, FILIPPA 2007.

8 BERTOCCHI, BINI 2012.

9 CARDACI, VERSACI 2018.

possibilità di collocare in *real time* i sensori nel sistema di riferimento cartesiano. Tuttavia, il tema della verifica e della validazione della qualità geometrica della nuvola di punti ricavata per mezzo di un ‘drone’ è ancora oggetto di forti dibattiti. Molti studiosi non lo ritengono, in effetti, uno strumento sostitutivo dei sistemi terrestri anche se recenti sperimentazioni dimostrano un continuo avanzamento in termini di accuratezza, affidabilità e qualità delle restituzioni. Le elaborazioni di dati da SAPR progrediscono in modo rapido verso l’ottenimento di nuvole di punti complete e metricamente affidabili, dalle quali strutturare analisi multi-scalari; tutto questo grazie al miglioramento di velivoli e sensori ma anche di nuovi algoritmi di gestione dei piani di volo sempre più automatici e ‘intelligenti’<sup>10</sup>.

Il rilievo deve essere comunque sempre integrato al fine di ottenere una banca-dati completa e coerente alle diverse scale. Le misurazioni tradotte in *point clouds* sono un materiale grezzo che necessita di essere elaborato per giungere ad un prodotto finale sul quale sviluppare analisi metrico-dimensionali e diagnostiche di ingente dettaglio. Un unico registro con troppe informazioni sarebbe infatti di difficile gestione; è, pertanto, necessario discretizzarlo, segmentarlo e scomporlo (eventualmente duplicarlo e decimarlo) al fine di creare dei sottoprodotti parziali indirizzati a limitati e specifici scopi.

Il progetto di conservazione esige, oggi più che mai, di una banca dati multi-scalare e parametrica (il protocollo BIM), a cui accedere per operare scelte graduali del *Level of Detail* (LoD), di volta in volta conformi alle necessità del caso: maggiore estensione e minor definizione, minor estensione e maggior definizione.

### ***Applicazione al caso studio del castello aragonese di Piazza Armerina***

Un percorso di documentazione del costruito metodologicamente attento e scrupoloso è l’essenziale supporto alla progettazione di un adeguato intervento di restauro. Il *workflow* sopra descritto è stato applicato ad un caso studio di grande interesse – l’intervento di restauro conservativo del castello aragonese di Piazza Armerina – che viene qui presentato con l’intento di esporre il processo di rilevamento adottato e i vantaggi emersi da una prassi di acquisizione integrata, avviata nella fase relativa al processo di conoscenza e proseguita durante la successiva cantierizzazione.

L’antico maniero, costruito sul finire del XIV secolo, versava da tempo in pessime condizioni conservative; alcune porzioni, a causa del prolungato stato di abbandono, erano ormai ridotte allo stato di rovina. La fabbrica, appartenente ad una nobildonna napoletana che l’aveva ricevuta in eredità, era stata acquistata negli anni Settanta del secolo scorso da un collezionista siciliano e rivenduta nel 2017 all’attuale proprietario.

Un primo intervento di restauro, ormai divenuto improrogabile, è stato reso possibile grazie alle agevolazioni fiscali derivanti dal Bonus Facciate, istituito con la Legge di Bilancio 2020, n. 160 del 27 dicembre 2019, art. 1, commi 219-224.

La campagna di misura ha avuto inizio nel 2019 combinando tecniche *Terrestrial Laser Scanner* e *Photogrammetry Close Range* (Fig. 1). I dati acquisiti e le ispezioni tramite osservazioni dirette e saggi hanno permesso di indagare la complessità costruttiva del castello, consentendo una lettura critica dei paramenti e delle creste murarie, delle volte e delle strutture di copertura ancora presenti.

Il rilievo terrestre ha previsto l’esecuzione di un anello di scansioni e catture fotografiche intorno al castello e nella corte interna; successivamente sono state aggiunte le immagini aeree ottenute con sistemi SAPR. La ricostruzione della nuvola ‘a punti’ elaborata dall’unione dei differenti dati registrati, ha costituito il riferimento metrico con il quale è stato possibile documentare e valutare con attenzione i dissesti presenti: deformazioni fuori piano, porzioni murarie parzialmente crollate, quadri fessurativi e cinematismi in atto. Il rilevamento fotogrammetrico terrestre è stato completato con catture di immagini termografiche su alcune porzioni murarie da cui è stato possibile ricavare ortofotopiani

---

10 CARDACI, VERSACI, AZZOLA 2023.

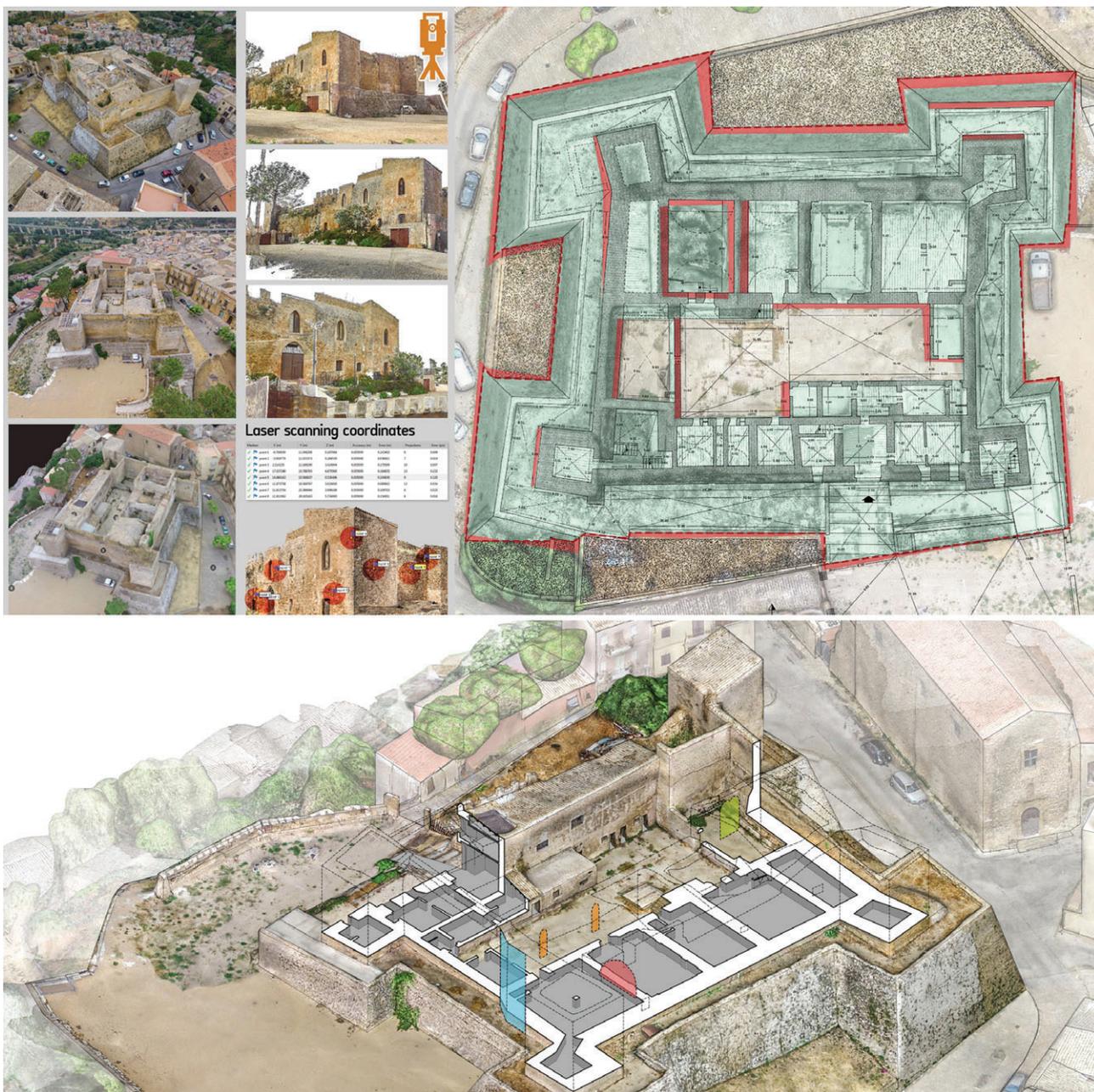


Fig. 1. Piazza Armerina, castello aragonese. Dal rilievo integrato alla modellazione HBIM (elab. Autori 2022).

ad elevata definizione (Fig. 2) sia nello spettro del visibile (RGB) che infrarosso (IR). Tale fase ha avuto un duplice scopo: da una parte ha permesso di documentare i fenomeni di degrado in corso legati alla presenza di ruscellamenti delle acque meteoriche e ad infiltrazioni d'acqua all'interno delle superfici sommitali rimaste scoperte a causa dei crolli di alcune coperture e, dall'altra, di evidenziare alcune stratificazioni murarie difficilmente osservabili con il semplice rilevamento macroscopico, in particolare, alcune aperture, in seguito tamponate, la cui presenza era ipotizzata in restituzioni o disegni risalenti agli inizi degli anni Ottanta del secolo scorso (Fig. 3), ma soprattutto testimoniata da relazioni rivenute in seguito a nuove ricerche archivistiche<sup>11</sup>.

Il processo di documentazione del monumento è ancora *in fieri*, poiché sono in previsione ulteriori investigazioni con sistema georadar, in particolare nella corte interna e lungo i camminamenti perimetrali. È, inoltre, in corso una sperimentazione finalizzata alla creazione di un modello HBIM a supporto della rappresentazione tridimensionale dei fenomeni di dissesto e di degrado, delle tipologie

11 LA MORELLA, OLIVA 1980; PAPPALARDO 1882.



MATERIALI LAPIDEI NATURALI				MATERIALI LAPIDEI ARTIFICIALI				ALTRI MATERIALI										
COLORE	FOTO	DISEGNO	DESCRIZIONE	COLORE	FOTO	DISEGNO	DESCRIZIONE	COLORE	FOTO	DISEGNO	DESCRIZIONE	COLORE	FOTO	DISEGNO	DESCRIZIONE			
P1	[Foto]	[Disegno]	MURATURA IN CANTO DI PIETRA ANZIANA DI TERRE REGGINE, DI DIMENSIONI PARTICOLARI, DISPOSTI IN FILE QUOTE REGGIE. DIMENSIONI DEI CANTO VARIABILI DA MEDIO PICCOLO (20x30cm) A GRANDE (30x40cm). Note: Presenza di mattoni e argilline in traspunti in tegole.	P6	[Foto]	[Disegno]	MURATURA IN CANTO DI PIETRA ANZIANA DI TERRE REGGINE, DI DIMENSIONI PARTICOLARI, DISPOSTI IN FILE QUOTE REGGIE. DIMENSIONI DEI CANTO VARIABILI DA MEDIO PICCOLO (20x30cm) A GRANDE (30x40cm). Note: Presenza di mattoni e argilline in traspunti in tegole.	C1	[Foto]	[Disegno]	CALCESTRUZZO Copertura a parete realizzata in calcestruzzo. Note: Sulle coperture si presenta un tipo di gradino fessato con 10cm di altezza.	A1	[Foto]	[Disegno]	ALL'INDIETRO Lattino grande utilizzato per la copertura.			
P2	[Foto]	[Disegno]	MURATURA IN CANTO DI PIETRA ANZIANA DI TERRE REGGINE, DI DIMENSIONI PARTICOLARI, DISPOSTI IN FILE QUOTE REGGIE. DIMENSIONI DEI CANTO VARIABILI DA MEDIO PICCOLO (20x30cm) A GRANDE (30x40cm). Note: Presenza di mattoni e argilline in traspunti in tegole.	P7	[Foto]	[Disegno]	MURATURA IN CANTO DI PIETRA ANZIANA DI TERRE REGGINE, DI DIMENSIONI PARTICOLARI, DISPOSTI IN FILE QUOTE REGGIE. DIMENSIONI DEI CANTO VARIABILI DA MEDIO PICCOLO (20x30cm) A GRANDE (30x40cm). Note: Presenza di mattoni e argilline in traspunti in tegole.	C2	[Foto]	[Disegno]	CERAMICA Integrazione ceramica.	L2	[Foto]	[Disegno]	LATITUDO Mattoni quasi squadrati, disposti in modo quasi regolare, tagliati da diagonale quando il mattone è grande (15x10cm).	LE1	[Foto]	LEGNO Architrave realizzata in materiale legno.
P3	[Foto]	[Disegno]	MURATURA IN CANTO DI PIETRA ANZIANA DI TERRE REGGINE, DI DIMENSIONI PARTICOLARI, DISPOSTI IN FILE QUOTE REGGIE. DIMENSIONI DEI CANTO VARIABILI DA MEDIO PICCOLO (20x30cm) A GRANDE (30x40cm). Note: Presenza di argilline in traspunti in tegole.	P8	[Foto]	[Disegno]	MURATURA IN CANTO DI PIETRA ANZIANA DI TERRE REGGINE, DI DIMENSIONI PARTICOLARI, DISPOSTI IN FILE QUOTE REGGIE. DIMENSIONI DEI CANTO VARIABILI DA MEDIO PICCOLO (20x30cm) A GRANDE (30x40cm). Note: Presenza di mattoni e argilline in traspunti in tegole.	M1	[Foto]	[Disegno]	MALTA Stucco applicato di malta.	L3	[Foto]	[Disegno]	LATITUDO Cappi in laterizi.	F1	[Foto]	FERRIO Grate in ferro battuto.
P4	[Foto]	[Disegno]	MURATURA IN CANTO DI PIETRA ANZIANA DI TERRE REGGINE, DI DIMENSIONI PARTICOLARI, DISPOSTI IN FILE QUOTE REGGIE. DIMENSIONI DEI CANTO VARIABILI DA MEDIO PICCOLO (20x30cm) A GRANDE (30x40cm). Note: Presenza di mattoni e argilline in traspunti in tegole.	P9	[Foto]	[Disegno]	Architrave realizzata in pietra arenaria.	I1	[Foto]	[Disegno]	INTONACO Lattino applicato di intonaco.	L4	[Foto]	[Disegno]	LATITUDO Muratura in laterizi di laterizi forati di forme squadrati, disposti in modo regolare. Dimensione dei laterizi (20x30cm). Note: Presenza di intonaco squadrato.			
P5	[Foto]	[Disegno]	MURATURA IN CANTO DI PIETRA ANZIANA DI TERRE REGGINE, DI DIMENSIONI PARTICOLARI, DISPOSTI IN FILE QUOTE REGGIE. DIMENSIONI DEI CANTO VARIABILI DA MEDIO PICCOLO (20x30cm) A GRANDE (30x40cm). Note: Presenza di argilline in traspunti in tegole.	P10	[Foto]	[Disegno]	MURATURA IN CANTO DI PIETRA ANZIANA DI TERRE REGGINE, DI DIMENSIONI PARTICOLARI, DISPOSTI IN FILE QUOTE REGGIE. DIMENSIONI DEI CANTO VARIABILI DA MEDIO PICCOLO (20x30cm) A GRANDE (30x40cm). Note: Presenza di mattoni e argilline in traspunti in tegole.	I2	[Foto]	[Disegno]	INTONACO Stucco intonaco di laterizi.	G1	[Foto]	[Disegno]	GRANIGLIA SU MORTARO Lattino di forme irregolari, di varie taglie, disposti in modo regolare. Dimensione dei laterizi (20x30cm).			

Fig. 2. Piazza Armerina, castello aragonese. Ortorectato del prospetto sud della corte interna e caratterizzazione delle tipologie murarie (elab. Autori 2022).

murarie (Fig. 4), ma anche della computazione rapida delle superfici a beneficio di nuovi necessari interventi conservativi<sup>12</sup>. Il costruito storico è, infatti, il risultato di modificazioni avvenute nei secoli che difficilmente possono essere registrate in un semplice modello geometrico e senza un alto rischio di perdita di dati importanti e necessari nelle successive fasi di intervento. La gestione BIM consente di conservare tutte le informazioni all'interno di un grande *database* permettendo la consultazione e la gestione della documentazione riguardante la diagnostica, le analisi del degrado, gli interventi pregressi e molto altro ancora. Diversamente dal modello virtuale un processo HBIM è finalizzato non solo alla consultazione del modello tridimensionale ma, soprattutto, alla creazione di un sistema di relazioni tra le informazioni geometriche, storiche, diagnostiche, dello stato di alterazione: un archivio digitale grafico e parametrico dove sono contenuti tutti i dati riguardanti la fabbrica, un catalogo interrogabile costituito dalla documentazione antica e recente, da elaborazioni grafiche/digitali, da abachi e tabelle

12 TRYFONOS *et al.* 2021.





## Bibliografia

BERTOCCI, BINI 2012

S. BERTOCCI, M. BINI, *Manuale di rilievo architettonico e urbano*, CittàStudi, Torino 2012.

BERTOCCI, PANCANI, COTTINI 2020

S. BERTOCCI, G. PANCANI, A. COTTINI, *La cinta muraria di Lastra a Signa: metodologie di rilievo digitale integrato*, in J. Navarro Palazón, L.J. García-Pulido (a cura di), *Defensive Architecture of the Mediterranean Coast*, Editorial Universitat Politècnica de València, Granada 2020, pp. 255-262.

CAMPANELLA 2017

C. CAMPANELLA, *Il rilievo degli edifici: metodologie e tecniche per il progetto di intervento*, Flaccovio, Palermo 2017.

CARBONARA 1997

G. CARBONARA, *Avvicinamento al restauro. Teoria, storia, monumenti*, Liguori, Napoli 1997.

CARDACI, VERSACI 2018

A. CARDACI, A. VERSACI, *Rilievo e restauro: un binomio imprescindibile: approcci metodologici e applicazioni operative finalizzate alla conoscenza e alla conservazione del patrimonio culturale del territorio di Enna*, Aracne, Roma 2018.

CARDACI, VERSACI, AZZOLA 2023

A. CARDACI, A. VERSACI, P. AZZOLA, *The Astino Valley in Bergamo: multispectral aerial photogrammetry for the survey and conservation of the cultural landscape and biodiversity*, in S. Barba, M. Limongiello, S. Parrinello, A. Dell'Amico (a cura di), *D-SITE: Drones systems of information on Cultural Heritage for a spatial and social investigation*, Egea, Milano 2022, pp. 432-442.

CHIAVONI, FILIPPA 2011

E. CHIAVONI, M. FILIPPA, *Metodologie integrate per il rilievo, il disegno, la modellazione dell'architettura e della città*, Gangemi Editore, Roma 2011.

COPPO, LA FRANCA *et al.* 1993

D. COPPO, R. LA FRANCA, A. PRATELLI, F. PURINI, A. BACULO, *Rappresentazione e misura della qualità*, in *Il disegno di architettura come misura della qualità*, atti del Quinto Seminario di Primavera (Palermo, 16-18 maggio 1991), Flaccovio, Palermo 1993, pp. 213-232.

LA MORELLA, OLIVA 1980

F. LA MORELLA, R. OLIVA, *Progetto di Restauro. Castello Aragonese di Piazza Armerina*, Soprintendenza ai Monumenti, Palermo 1980.

MARINO 1981

L. MARINO, *Il progetto di restauro - ricerche e studi preliminari*, Alinea, Firenze 1981.

MOYANO *et al.* 2022

J. MOYANO, E. CARREÑO, J.E. NIETO-JULIÁN, I. GIL-ARIZÓN, S. BRUNO, *Systematic approach to generate Historical Building Information Modelling (HBIM) in architectural restoration project*, in «Automation in Construction», 143, 2022, pp. 1-21.

PAPPALARDO 1882

L. PAPPALARDO, *I monumenti di Piazza Armerina per l'Ingegnere Luigi Pappalardo*, Tipografia Pansini, Piazza Armerina 1882.

TAMPONE 2001

G. TAMPONE, *Piero Sanpaolesi. Ricerca storiografica e analisi diretta dei monumenti*, in *Dos estudiosos, una cultura de la restauración arquitectónica: Piero Sanpaolesi y Leopoldo Torres Balbás*, Seminario Torres Balbás Granada 2000, Granada 2001.

TRYFONOS *et al.* 2021

G. TRYFONOS, M. IOANNIDES, A.G. ANASTASI, V.A. APOSTOLOU, P.P. PIERI, M.A. KOUNDOURIS, F.G. SAVVA, *Cultural heritage monument documentation through adaptive parametric design process*, in «Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci.», XLVI-M-1, 2021, pp. 769-776.