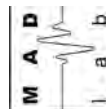


H-BI(M)ON

Heritage - Building Information Modelling/MONitoring

Dalla realtà al modello e ritorno

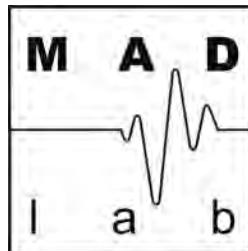


MADlab

Monitoraggio Analisi e Diagnosi del costruito

a cura di
Federica Ottoni e Nazarena Bruno

EDIZIONI
QUASAR



MADlab

Monitoraggio Analisi e Diagnosi del costruito

Direttore

Federica Ottoni
Università di Parma

Comitato scientifico

Gianni Bartoli
Università di Firenze

Carla Bartolomucci
Università dell'Aquila

Patrizia Bernardi
Università di Parma

Michele Betti
Università di Firenze

Carlo Blasi
già Università di Parma

Oronzo Brunetti
Università di Napoli Federico II

Jean-François Cabestan
Université Paris 1 - Panthéon-Sorbonne

Rosario Ceravolo
Politecnico di Torino

Eva Coisson
Università di Parma

Adalgisa Donatelli
Sapienza - Università di Roma

Daniele Ferretti
Università di Parma

Francesco Freddi
Università di Parma

Barbara Gherri
Università di Parma

Paolo Giandebiaggi
Università di Parma

Felice Giuliani
Università di Parma

Carlo Mambriani
Università di Parma

Maria Evelina Melley
Università di Parma

Elena Michellini
Università di Parma

Silvia Monchetti
Università di Firenze

Andrea Pane
Università di Napoli Federico II

Marco Pretelli
Alma Mater Studiorum - Università di Bologna

Mario Santana-Quintero
Carleton University

Andrea Segalini
Università di Parma

Emanuela Sorbo
Università IUAV Venezia

Andrea Spagnoli
Università di Parma

Cecilia Surace
Politecnico di Torino

Grazia Tucci
Università di Firenze

Chiara Vernizzi
Università di Parma

Andrea Zerbi
Università di Parma

Comitato di redazione

Sofia Celli
Politecnico di Milano

Lia Ferrari
Università di Parma

Sandra Mikolajewska
Università di Parma

Maria Parente
Università di Parma

Elena Zanazzi
Università di Parma



MADlab

Monitoraggio Analisi e Diagnosi del costruito

La collana raccoglie e diffonde i risultati di ricerche ottenuti attraverso metodi d'indagine empirico-sperimentali; metodi che, combinati a un corretto percorso di conoscenza e controllo degli edifici, garantiscono la conservazione del vasto patrimonio storico presente in Italia, in linea con la normativa per i beni culturali (DPCM 2011), allargandosi più in generale al costruito su scala architettonica.

L'approccio empirico-sperimentale per la conoscenza, il controllo e il consolidamento delle strutture storiche è basato sul contatto diretto e approfondito con la realtà fisica dell'oggetto di studio; esso, unito all'esperienza derivante dalla secolare osservazione di edifici storici simili per tecniche costruttive e manifestazioni di danno e dissesto e al moderno monitoraggio strutturale, permette di definire in modo esaustivo l'attuale livello di sicurezza del monumento e di individuare interventi di consolidamento adeguati. A fronte di un vastissimo e ricchissimo patrimonio storico-architettonico, quale è quello italiano, per lo più in precario stato di conservazione, recentemente è stata approvata la normativa sismica che chiarisce l'importanza di una "conservazione consapevole" che trova la sua massima espressione nei "limiti degli interventi di stabilità sui monumenti, in rapporto ai problemi di tutela".

H-BI(M)ON

Heritage - Building Information Modelling/MONitoring

Dalla realtà al modello e ritorno

a cura di

Federica Ottoni e Nazarena Bruno

Il presente volume raccoglie gli esiti delle Giornate di Studio “H-BI(M)ON - Heritage Building Information Modelling / Monitoring. Dalla realtà al modello, e ritorno”, svoltesi il 30 e 31 gennaio 2025 presso l’Università di Parma e organizzate dal MADLab (DIA, UniPr), con il Patrocinio di SIRA, CIPA e UID, e con la partecipazione di ingenio e degli Ordini professionali degli Architetti e degli Ingegneri della Provincia di Parma.

Comitato Scientifico:

Marcello Balzani, Gianni Bartoli, Michele Betti, Nazarena Bruno, Donatella Fiorani, Federica Ottoni, Renata Picone, Fulvio Rinaudo, Riccardo Roncella, Grazia Tucci, Chiara Vernizzi

Comitato Organizzativo:

Federica Ottoni, Nazarena Bruno e Maria Parente (coordinamento)

Rafaela Borsato Belo, Massimo Cotti, Francesca De Cola, Virginia Droghetti, Lia Ferrari, Yuxin Lei, Luca Leoni, Sandra Mikolajewska, Elena Zanazzi

Progetto grafico/editor: Maria Parente

ISBN 978-88-5491-737-8

Roma 2026

Edizioni Quasar di S. Tognon srl

via Ajaccio 41-43, I-00198 Roma

www.edizioniquasar.it

INDICE

PREMESSA

Federica Ottoni, Nazarena Bruno	13
Dalla realtà al modello, e ritorno.	
Una introduzione (e una spiegazione)	

INTRODUZIONE

Fulvio Rinaudo	17
La documentazione del patrimonio culturale	

SEZIONE I | QUESTIONI SEMANTICHE E OPEN BIM

Nazarena Bruno	31
Dalla realtà al modello. Il disegno ragionato della complessità	

CONTRIBUTI

Donatella Fiorani, Silvia Cutarelli, Marta Acierno	37
Dalla modellazione BIM alla formalizzazione del CPM	

Antonella di Luggo, Simona Scandurra, Emanuela Lanzara	55
Open BIM per la documentazione e la valorizzazione del patrimonio culturale	

Filippo Diara	75
HBIM <i>open source</i> e OpenAI: Revisioni e nuove analisi sull'integrazione dei <i>Large Language Models</i> (LLMs)	

SEZIONE II | GESTIONE DELLE INFORMAZIONI
PER LA CONSERVAZIONE PROGRAMMATA

Chiara Vernizzi	97
Modellazione informata e conservazione programmata. Nuovi approcci nella gestione integrata del progetto di salvaguardia del costruito	

CONTRIBUTI

Andrea Adami, Barbara Scala	103
L'Arco di Augusto ad Aosta. Dal progetto HBIM al cantiere	

Andrea Adami, Luigi Fregonese, Olga Rosignoli, Daniele Treccani	119
Modellazione e gestione integrata dei dati per la conservazione. Il modello HBIM federato e <i>multilayer</i> per il pavimento della Basilica del Santo Sepolcro	
Federica Maietti	139
Documentazione integrata e gestione informativa del patrimonio. Scenari di innovazione per un H-BIM adattivo	
Francesco Fassi, Cristiana Achille	159
Il Duomo di Milano: dal rilievo alla gestione innovativa dei dati e delle informazioni	
Rita Vecchiattini, Margherita Valentini	179
Sviluppo di un metodo per la stima e la valutazione dei fenomeni di degrado attraverso l'utilizzo dell'HBIM	
Giovanni Bruschi, Francesco Coschino, Antonio Fornaciari	199
Il modello informativo per la documentazione digitale delle attività di scavo archeologico. Applicazioni sul sito della Pieve di San Cassino in Galliciano	

SEZIONE III | QUESTIONI STRUTTURALI E MONITORAGGIO

Federica Ottoni	223
L'elefante e la sua proboscide, o anche dei gemelli (diversi) digitali.	
Sulla modellazione strutturale, l'astrazione e la 'somiglianza' alla realtà	

CONTRIBUTI

Luca Sbrogiò, Maria Rosa Valluzzi	229
Un approccio HBIM basato su IFC per la valutazione della vulnerabilità sismica degli edifici storici	

Grazia Tucci, Lidia Fiorini, Alessandro Conti, Michele Betti, Silvia Monchetti	247
Modellazione e gestione integrata dei dati per la conservazione	

Giovanni Castellazzi, Antonio Maria D'Altri, Stefano de Miranda, Francesco Ubertini	261
Dalla nuvola alla struttura: modelli FE e BIM per la conservazione degli edifici storici	

Maria Parente, Nazarena Bruno, Federica Ottoni	273
Della realtà e del suo doppio, attraverso il monitoraggio: per un possibile 'gemello digitale' della cupola di Santa Maria del Fiore	

Luigi Barazzetti, Mattia Previtali, Fabio Roncoroni 301
Visualizzazione ed elaborazione dei dati di monitoraggio strutturale
mediante *space-time cube*

Carlo Biagini 315
Approcci BIM-based per la gestione informativa dei ponti storici

Rosario Ceravolo, Valeria Cavanni, Stefania Coccimiglio, 335
Alessio Crocetti, Gaetano Miraglia
Modelli predittivi per il patrimonio architettonico.
Assimilazione dei dati di monitoraggio e *transfer learning*

CONCLUSIONI

Donatella Fiorani 359
Digitalizzazione e conoscenza per il restauro.
Per una rivoluzione nella continuità

IL DUOMO DI MILANO: dal rilievo alla gestione innovativa dei dati e delle informazioni

Francesco Fassi, Cristiana Achille

*Politecnico di Milano, Dipartimento di Architettura,
Ingegneria delle Costruzioni e Ambiente Costruito*

Introduzione

Il rilevamento architettonico è, da sempre, un'operazione complessa e comprende la fase di misurazione e la derivante rappresentazione grafica. Questo ha sempre significato dover condurre un'analisi, una selezione delle misure da effettuare, una sintesi delle stesse e una conseguente rappresentazione dei dati raccolti (tipicamente rappresentazioni 2D). Oggi fare riferimento a questo tipo di operazione significa riferirsi alle attività di digitalizzazione che si possono realizzare con la moderna strumentazione (*laser scanner* o fotogrammetrica) e in questo caso la fase di selezione delle misure è superata (si rileva tutto) e la fase di rappresentazione insieme ai tradizionali esiti 2D si rivolge a sistemi di rappresentazione e gestione di modelli tridimensionali. Il rilievo oggi fa riferimento a tutto il processo, dalla misura fino all'utilizzo dei dati, passando attraverso le fasi di selezione delle misure stesse, di elaborazione, di modellazione e di fruizione degli esiti.

Il caso del Duomo di Milano in questo senso è esemplificativo, il rilevamento ha seguito l'evolversi della strumentazione e dei *software* di elaborazione dei dati e, alla tradizionale restituzione in 2D (piante, sezioni, prospetti, profili), si affianca oggi un consolidato utilizzo dei modelli tridimensionali, con applicazioni e finalità diversificate.

I rilievi per il Duomo: un po' di storia

Si presenta qui il percorso di ricerca avviato nel 2009, quando le attività di rilievo seguivano di fatto la programmazione del cantiere sempre attivo sul Duomo di Milano, producendo gli elaborati necessari a sostenere le attività di manutenzione ordinaria e straordinaria che la Veneranda Fabbrica programmava e programma sul monumento. Questa attività ha visto il contributo sinergico di tutte le strategie di rilievo disponibili, rilievo topografico classico, *laser scanner*, fotogrammetrico e diretto.

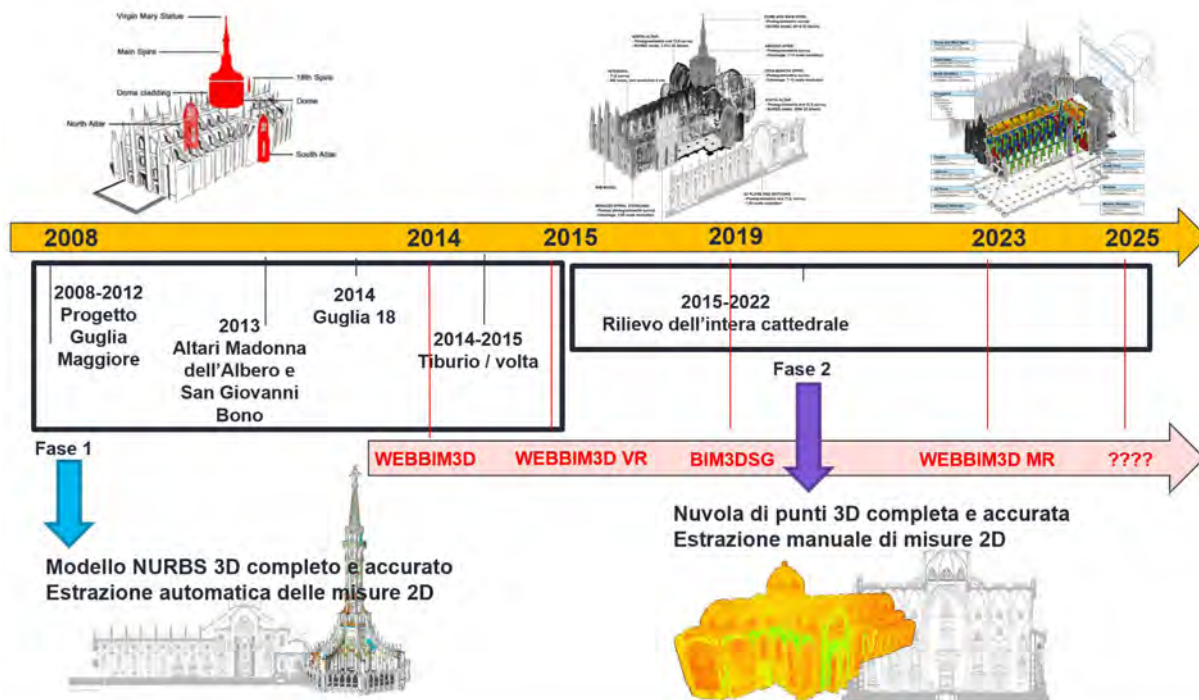
Con il procedere dei rilievi, il contestuale avanzamento delle potenzialità *hardware-software* e delle esigenze del cantiere della Fabbrica si è deciso di cambiare strategia, proponendo un'attività di digitalizzazione rivolta a tutto il Duomo così da realizzare un modello tridimensionale completo e accurato dal quale estrarre, in base alle esigenze, la documentazione necessaria.

Sono state diverse le ragioni che hanno portato a questo 'radicale' cambiamento nel processo di rilievo. Il rilievo risultava in qualche caso 'lento' rispetto alle aspettative. La necessità di integrare diverse tecniche e la conseguente lunga fase di elaborazione e restituzione degli elaborati, la difficoltà di fare i rilievi in condizioni molto spesso non facili per la presenza di cantieri sempre attivi, l'estrema complessità stessa delle forme del Monumento facevano sì che il rilievo, per quanto condotto al meglio, rischiasse di non rispettare le tempistiche del cantiere (anni 2008-2014).

L'urgenza di mappare superfici sempre più estese e in tempi sempre più contenuti ha coinciso con l'avvento di strumentazione di rilievo sempre più performante e corrispondente possibilità di elaborazione da parte dei *software*

Figura 1

L'immagine con la time line schematizza l'evoluzione delle attività di rilievo ed elaborazione dei dati dal 2008 al 2025. Dai rilievi per la produzione di disegni 2D CAD alla realizzazione di un modello nurbs, per poi passare nella Fase 2 alla realizzazione di un modello (nuvola di punti) completo del monumento, la conseguente estrazione delle informazioni 2D dove necessario e la contemporanea progettazione di un sistema informativo online per la visualizzazione e utilizzo dei modelli e delle informazioni.



di gestione ed elaborazione, in particolare riferendosi al dato di rilievo 'nuvola di punti'. Necessità concrete del Cantiere e migliorata potenzialità *hardware-software* hanno spostato l'obiettivo del rilievo. Non più un rilievo di tipo 'a chiamata', legato al cantiere già attivo o in fase di attivazione ma una sorta di 'rilievo preventivo' di tutta la struttura in modo da avere già disponibile la descrizione tridimensionale del Monumento e poter estrarre di volta in volta le informazioni dimensionali necessarie (Fig. 1).

Un cambiamento di questa portata aveva richiesto modifiche sostanziali sia nelle fasi di rilievo ed elaborazione che -soprattutto- di *mentalità*, da parte degli operatori dell'ufficio tecnico, abili nella gestione dei rilievi in formato 2D ma non ancora abituati a gestire rappresentazioni tridimensionali. Il passaggio dal rilievo per la produzione di rappresentazioni 2D al rilievo per la realizzazione di modelli 3D ha attivato due fronti della ricerca:

1) trovare strategie per utilizzare il modello tridimensionale come base per la referenziazione dei dati relativi alle attività della Fabbrica e 'imparare' a restituire dal dato tridimensionale (NURBS e poi nuvola di punti) cioè fornire gli strumenti conoscitivi (formazione) al fine di valorizzare al massimo le potenzialità di questo tipo di dati;

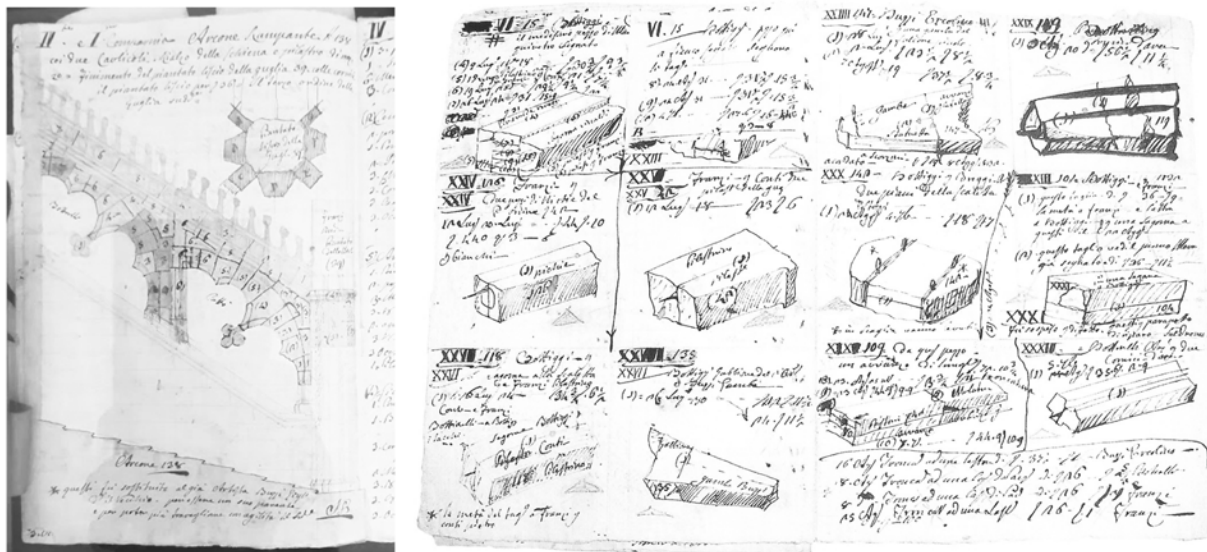
2) parallelamente progettare un sistema che rendesse accessibile/consultabile il dato 3D anche al personale diverso da quello dell'ufficio tecnico (cantiere, uffici di direzione, archivio, comunicazione, ...).

È necessario specificare che nel caso del Duomo tutte le operazioni rivolte alla salvaguardia del Monumento partono dal riconoscimento sui disegni e sugli elaborati di quello che è considerata 'l'unità minima' di descrizione del Monumento: cioè il concio di marmo; marmo che nel caso del Duomo è quello estratto dalle cave di Candoglia¹. Questo significa che la produzione di modelli 3D deve rendere conto del livello di risoluzione e descrizione della forma compatibile con la lettura senza ambiguità di questo elemento². Questa necessità è ben attestata anche negli archivi del Duomo dove è possibile trovare tutta la documentazione che contiene la descrizione dei passaggi per la sostituzione delle parti ammalorate, descrizione accompagnata da rappresentazioni accurate, sia disegni a mano libera che rappresentazioni bidimensionali (proiezioni ortogonali) che viste 3D (Fig. 2).

Ieri come oggi la modalità di salvaguardia del Monumento si perpetua nel processo (Fig. 3) con il quale si mette in pratica la cura, oggi utilizzando strumentazione e rappresentazioni digitali. Il concio è l'elemento minimo, l'unità di misura delle attività, ma il cantiere nella sua interezza è complesso e la sostituzione degli elementi ammalorati prevede necessariamente anche un intervento alle sotto-strutture di ancoraggio degli stessi. Per fare questo tipo

¹ In Piemonte, in Val d'Ossola, nel comune di Mergozzo nella frazione di Candoglia, si trovano le cave di marmo impiegate per la costruzione del Duomo. «Fu Gian Galeazzo Visconti a decidere di sostituire il matroneo, originariamente pensato per la costruzione del Duomo nel progetto iniziale, con il marmo. A questo scopo, il 24 ottobre 1387, cedette in uso alla Veneranda Fabbrica la Cava di Candoglia e concesse il trasporto gratuito dei marmi fino a Milano attraverso le strade d'acqua [...] la Veneranda Fabbrica cura la coltivazione e la manutenzione della Cava grazie all'impiego di personale altamente qualificato e con il supporto delle tecnologie». Fonte: <https://www.duomomilano.it/scopri-chi-siamo/la-cava-di-candoglia/> accesso ottobre 2025.

² ACHILLE *et al.* 2012; FASSI *et al.* 2018.



di intervento è necessario progettare ponteggi e sistemi di accesso *ad hoc*, che richiedono una concezione dedicata.

Conoscere la forma dei concii significa anche fare una stima dei tempi e dei costi necessari per le opere, dalla pulitura fino alla sostituzione integrale. Il rilievo in questo senso deve seguire le attività e restituire un modello dello stato di fatto (e dopo della situazione a modifiche avvenute): quello che in passato si documentava con disegni e annotazioni, oggi può essere fatto a partire dalla rappresentazione tridimensionale degli elementi che compongono la struttura del Duomo. I concii hanno dimensioni variabili, da pochi centimetri a diverse decine; quindi, la descrizione della loro forma e posizione deve tradursi in una scala di restituzione grande, 1:50 e 1:20 con casi particolari che arrivano fino alla scala 1:5 o 1:1. Quindi, per le prime due scale, le attività di digitalizzazione devono garantire accuratezze inferiori al centimetro, risoluzione dei modelli sempre inferiori al centimetro e tolleranze nell'ordine del centimetro, parametri che si riducono ulteriormente se la scala della rappresentazione diventa più grande. Questo, a lato pratico, significa produrre modelli digitali con risoluzione media garantita non superiore a 5 mm.

Figura 2

Un esempio della modalità con la quale in passato venivano documentate le attività di intervento sulla struttura. I conci sono rappresentati sia in vista piana (prospetto) che come elementi tridimensionali, così da trasmettere nel dettaglio la forma 'vera' del conco. Le note descrivono 'come' operare sul conco indicando nel dettaglio il tipo di lavorazione necessario.



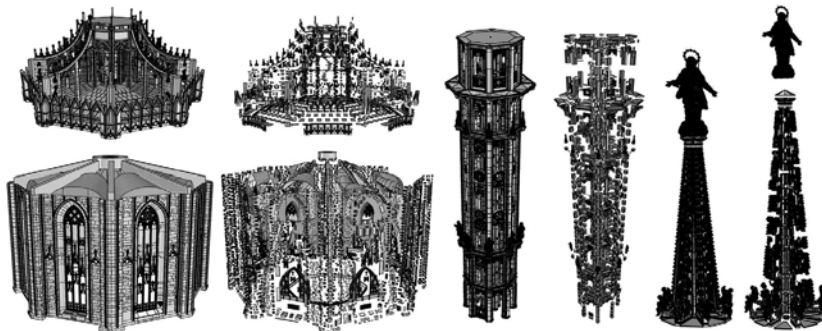
Figura 3

La sequenza di immagini sintetizza l'iter di lavorazione sui conci di marmo. Le principali operazioni di intervento consistono nella sostituzione, totale o parziale, dei blocchi di marmo degradati, degli ornati e della statuaria, ma anche degli ancoraggi e delle strutture di rinforzo.

Verso un rilievo tridimensionale

Ripercorrendo la storia del rilevamento in Duomo degli ultimi anni, in particolare dal 2008 ad oggi il momento spartiacque è stato a cavallo degli anni 2018/2019³, momento in cui si decise di modificare la strategia di rilievo in favore della realizzazione di un modello 3D completo del Monumento.

L'idea originale era stata quella di partire da un rilievo digitale, di tipo fotogrammetrico o *laser scanner*, e utilizzando la nuvola di punti esito del rilievo modellare la forma della struttura sempre secondo la logica del riconoscimento dei conci. L'attività aveva avuto origine sull'area della Guglia Maggiore, interessata negli anni 2009-2015, da un cantiere di lavorazione straordinario che ha previsto interventi sia di carattere strutturale che di

**Figura 4**

I modelli del Tiburio e della Guglia Maggiore. Sono stati modellati i quasi 16.000 blocchi, oltre a tutte le strutture visibili di ancoraggio degli stessi (catene, sostegni, ...).

manutenzione sui conci. Il modello ad altissima accuratezza realizzato permetteva l'estrazione di una serie di viste bidimensionali che dovevano essere utilizzate sia per la progettazione (ponteggi, catene, ...) ma anche in cantiere (pulitura, tassellazione, sostituzione conci).

La scelta su come realizzare questo modello era allora (2009-2013) ricaduta sul *software* Rhinoceros, perché rispetto ad altre strategie di modellazione (BIM) i *tools* disponibili permettevano di fissare e raggiungere delle tolleranze più stringenti nella descrizione delle forme, in linea con le aspettative e le necessità del cantiere (Fig. 4). La realizzazione di modelli 3D con caratteristiche di accuratezza idonee all'estrazione di rappresentazioni alla scala 1:50 e 1:20 ha richiesto un tempo lungo di modellazione e la realizzazione di modelli che, per quanto soddisfacenti (in termini di accuratezza), risultavano di difficile gestione. Il modello della zona del Tiburio-Madonnina è composto da circa 16.000 blocchi. La modellazione 'concio per concio' ha richiesto uno sforzo importante, e da questo modello sono poi state estratte comunque le rappresentazioni 2D, con le ulteriori fasi di pulizia e rifinitura necessarie, operazione più semplice se confrontata con le modalità classiche di rilievo ma comunque troppo in termini di tempi, e quindi di costi.

Riferendosi a quegli anni l'impiego (testato) di *software* di tipo parametrico introduceva nella rappresentazione della struttura troppe semplificazioni o richiedeva la gestione tramite *link* esterni o altri sistemi dei modelli tridimensionali di dettaglio di ornati e apparati decorativi.

Erano stati condotti diversi test di modellazione (Figg. 5-6) utilizzando sia *software* di tipo BIM⁴, che sfruttando gli algoritmi di modellazione parametrica⁵ e in ultimo testando anche la piattaforma 3DExperience, Dassault Systèmes (Fig. 7), progettata per la gestione del processo di produzione di un prodotto industriale⁶. Alla fine, con nessuna di queste soluzioni si era trovato un buon equilibrio fra tempo di elaborazione-modellazione, facilità di gestione dei dati,

Figura 5

*A destra, in alto. Test di modellazione con *software* BIM (Revit). La fase di modellazione risulta essere dipendente sia dai *tools* disponibili che dalla sensibilità dell'operatore. Dal punto di vista della descrizione della geometria il modello non è del tutto soddisfacente, in relazione al tipo di attività di cui necessita della Fabbrica.*

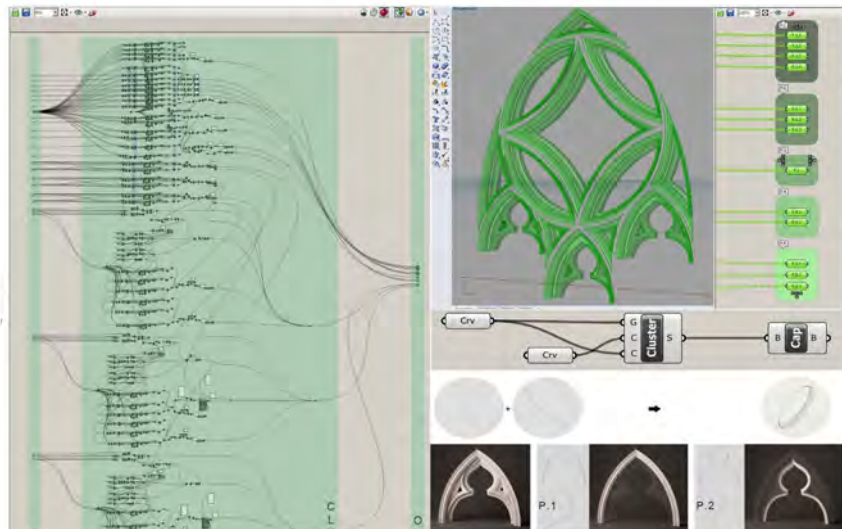
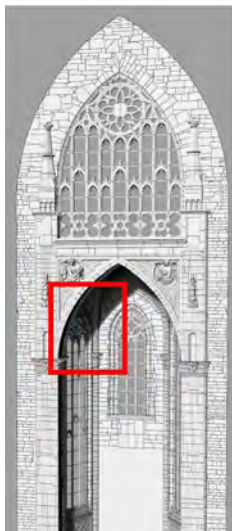
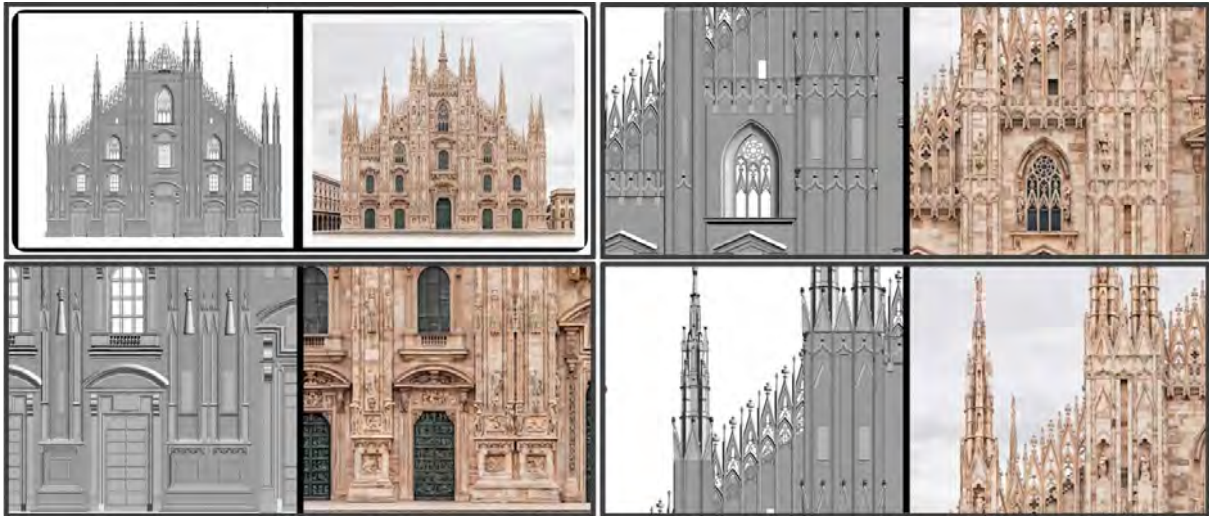
Figura 6

A destra, in basso. Test di modellazione parametrica in Rhinoceros. Sfruttando il plug-in Grasshopper si possono creare modelli in cui la geometria è definita da parametri e relazioni logiche. Gli algoritmi visivi in Grasshopper definiscono come gli oggetti devono essere creati e come i loro parametri sono collegati. Modificando questi parametri, è possibile aggiornare automaticamente l'intero modello. Sono stati condotti test sulla geometria delle finestre gotiche, le cornici e i rosoni.

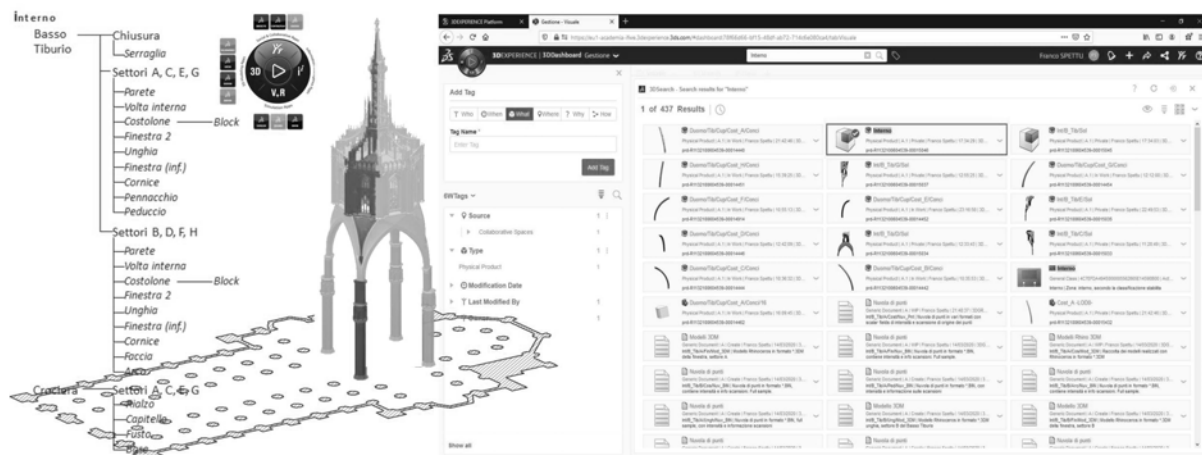
4 NEDELEV 2019; ACHILLE, FASSI 2016; TOMMASI, ACHILLE, FASSI 2016.

5 LAGOSTINA 2013.

6 SPETTU et al. 2021.



estrazione dati 2D, e - non ultimo - costi di gestione e manutenzione. Negli anni 2008-2012 la costruzione di un modello ad alto livello di accuratezza che permettesse di estrarre automaticamente le misure 2D alla scala richiesta aveva indirizzato e reso obbligatoria la scelta verso un modello NURBS e l'uso



del software Rhinoceros, a causa del livello tecnologico dell'epoca. Per quanto il modello risultasse soddisfacente, la fase di modellazione non era sostenibile in termine di tempo. Troppo difficile e laborioso costruire un modello che rispettasse l'accuratezza prevista alla grande scala di rappresentazione e la corretta topologia tra gli elementi. Le altre tecniche di modellazione testate avevano dato risultati non affidabili in senso metrologico e poco o nessun guadagno in termini di tempo. Il modello allora realizzato aveva rappresentato comunque un esito importante e permesso di fare valutazioni concrete su qualità, tempi e modi di amministrazione di dati che diventano sempre più complessi nella loro gestione. Inoltre, l'ufficio tecnico del Duomo ha seguito l'evolversi delle strategie e imparato a gestire e restituire le rappresentazioni 2D dal modello NURBS (Fig. 8). Restava evidente però il fatto che un modello così complesso rimanesse di fatto accessibile solo per i rilevatori e per l'ufficio tecnico. Per questa ragione, insieme ai test di modellazione sono stati condotti parallelamente test e ricerche per trovare un modo per 'condividere' i dati, così da rendere il modello disponibile e realmente collaborativo in una logica di tipo BIM.

Il primo sistema⁷ realizzato per la visualizzazione e utilizzo via web dei modelli è risultato promettente se lo stesso veniva impiegato presso l'ufficio tecnico della Veneranda Fabbrica, meno efficace e pratico in cantiere. Il sistema permetteva l'esportazione (da Rhinoceros) del modello e delle informazioni aggregate verso il web, così che si potesse visualizzare, consultare, modificare o aggiornare disponendo della sola connessione a Internet. Questo rendeva

Figura 7

Il sistema di gestione del ciclo di vita del prodotto è basato sul web e sul cloud CATIA, un motore di modellazione ad altissime prestazioni. La modellazione avviene su piattaforma, è permessa la gestione di più formati di oggetti e il supporto completo per le nuvole di punti, il motore di gestione dei dati (ENOVIA) ne permette l'organizzazione, l'aggregazione ed è possibile creare un'interfaccia web personalizzata. Questa piattaforma offre supporto software a lungo termine.

⁷ Fassi et al. 2015.

la struttura modello-informazioni accessibile a tutti quelli che a vario titolo dovevano accedervi, per elaborare dati o controllare lo stato di avanzamento dei lavori. Questo sistema (Fig. 9) premonitore in un certo senso degli attuali HBIM⁸, si è evoluto e si sta evolvendo, e oggi (2025) la ricerca si sta concentrando sull'utilizzo di dati, modelli e informazioni mediante dispositivi *Mixed Reality*⁹.

Inoltre, la costante evoluzione di strumenti e metodi ha modificato l'approccio sia in sito, durante le attività di rilievo, che in fase di elaborazione e condivisione di modelli e dati. Gli impressionanti sviluppi della tecnica fotogrammetrica, la potenziata gestione dei dati in formato nuvola di punti e contestualmente una migliorata attitudine al lavoro con dati di questo tipo hanno indirizzato la ricerca verso lo studio di soluzioni che fossero migliori in termini di tempo (rilievo in sito ed elaborazione) e confermato che un sistema informativo da usare sia in cantiere che presso l'ufficio tecnico era la strada giusta per garantire il migliore utilizzo dei dati, la migliore fruizione dei modelli e delle informazioni da parte di tutti gli utenti (cantiere, ufficio tecnico, direzione, archivi, comunicazione, ...).

Un cambio di prospettiva

A partire da un'attenta valutazione dell'intero *iter* di lavoro e con il procedere delle attività il primo punto messo in discussione è stato quello riguardante l'opportunità o meno di continuare con la realizzazione di modelli NURBS, per poi estrarre al bisogno piante, sezioni e profili. Se la necessità era ed è ancora quella, forse il passaggio diretto nuvola di punti-CAD (Fig. 10) risolve il problema delle rappresentazioni 2D, e la modellazione viene dedicata solo a quegli elementi che lo richiedono.

Quindi provare ad 'usare' direttamente la nuvola di punti per descrivere in maniera completa tutto il Duomo, per estrarre 2D e 3D 'al bisogno', per fare aggiornamenti più speditivi sempre realizzando nuovi modelli in formato nuvola di punti (e ortofoto), così da evitare del tutto la fase, sempre molto onerosa, della modellazione.

Le nuvole di punti sono il prodotto grezzo di tutti i metodi di rilievo odierni (*laser scanner* statico o mobile, fotogrammetria), risultano complete e dense quanto necessario in base alla scala di dettaglio fissata, contengono tutte le informazioni geometriche e quelle metrologiche. Ogni punto rilevato ha un'accuratezza nominale contenuta in uno specifico intervallo, nel caso di nuvole di punti da *laser scanner*, o un'accuratezza misurabile punto per punto nel caso di nuvola fotogrammetrica. La nuvola di punti non è un vero e proprio modello 3D, come di solito inteso. È un modello che possiede una sua

⁸ FASSI, PARRI 2012.

⁹ TERUGGI, FASSI 2021a.

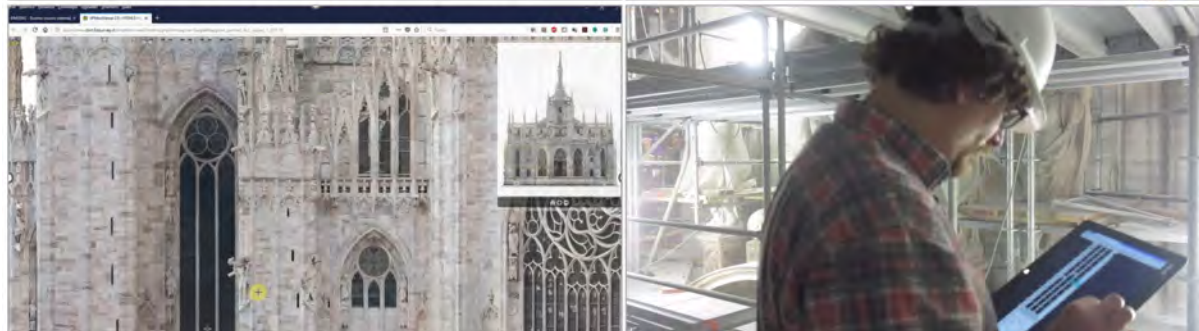
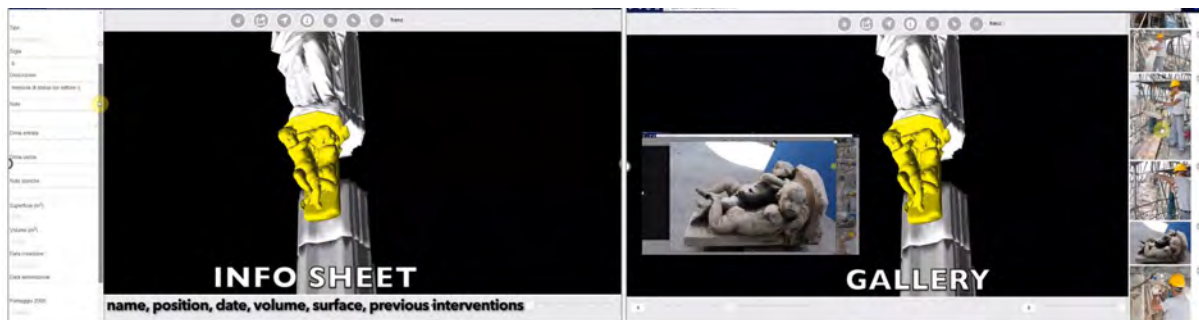
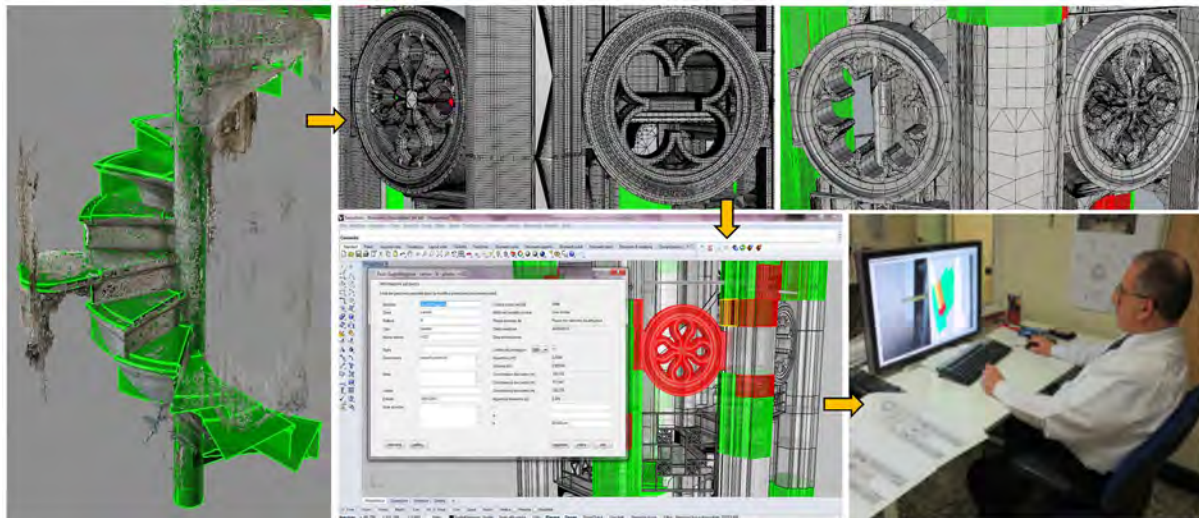
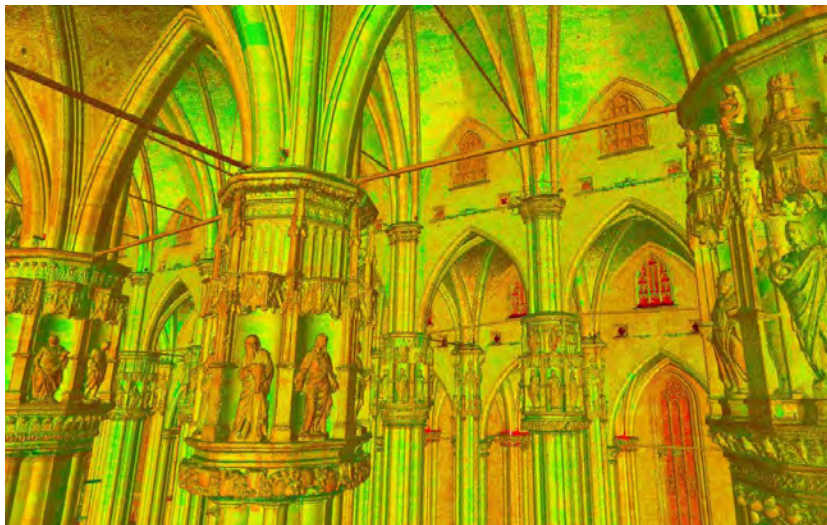
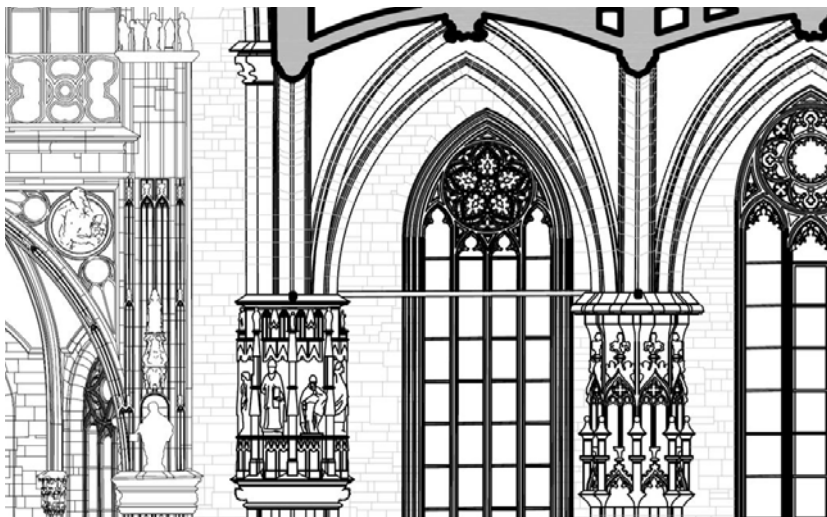


Figura 8

A sinistra, in alto. Dal dato di rilievo (nuvola di punti) alla realizzazione del modello 3D nurbs, modello al quale, sempre all'interno del software Rhinoceros, è possibile riferire le informazioni sulle lavorazioni previste o in corso. I diversi colori rappresentano le diverse fasi di lavoro. Il modello 3D viene aggiornato sia dal punto di vista geometrico quando l'intervento modifica la forma che per quanto riguarda le informazioni allegate, in questo modo è possibile seguire il cantiere nel tempo. Dalo stesso modello vengono estratte le rappresentazioni bidimensionali necessarie direttamente dall'ufficio tecnico.

**Figura 9**

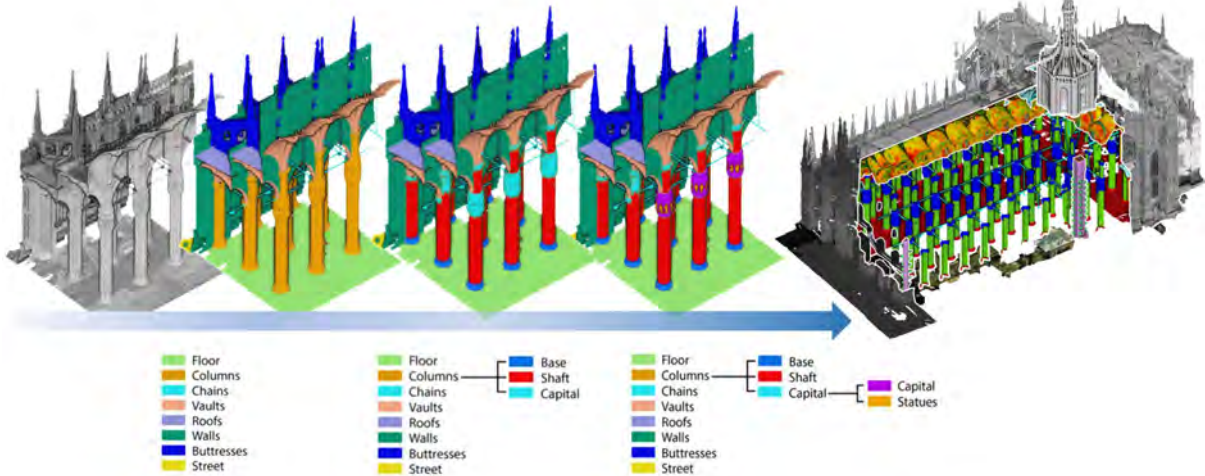
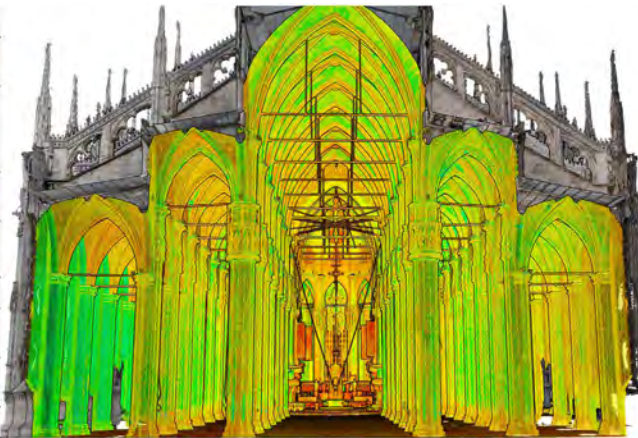
A sinistra, in basso. Il sistema di accesso e condivisione di modelli 3D e dati via web, realizzato nel 2014. Completata la fase di modellazione (software Rhinoceros) l'elemento realizzato viene trasferito sul web (modelli, ortofoto e informazioni). Dopo l'accesso tutto può essere visualizzato, modificato, aggiornato sia in cantiere che presso l'ufficio tecnico.

**Figura 10**

A destra, un dettaglio della nuvola di punti delle navate (in alto) e un dettaglio estratto dalla sezione mediana Nord, ottenuta dalla restituzione in CAD della nuvola di punti (in basso).

accuratezza generale, e la conserva a prescindere dal tipo di elaborazioni che vengono fatte; quindi, stabilito lo scopo del rilievo si opera di conseguenza, garantendo il contenuto metrico che è l'aspetto decisivo che la distingue da un modello meramente dedicato alla visualizzazione 3D.

Nuvola di punti globale del Duomo di Milano				
Zone	Metodo rilievo	N°	Punti (mill.)	Risoluzione media
Esterno	Fotogrammetria	20	1'505	5mm
	Laser scanner	scansioni 16'080 immagini		
Interno	Laser scanner	301 scansioni	2'258	5mm
Passaggi	Fotogrammetria Laser scanner		157	5mm
Interrati	Laser scanner		359	5mm
Sordine	Laser scanner	511 scansioni	623	5mm
Guglia maggiore	Fotogrammetria		215	3D Model, 5mm
			5116	5mm



Sono modelli tridimensionali che possono essere facilmente ridotti di risoluzione (in una logica di tipo HBIM è la modifica del *Level of Details*), senza compromettere l'accuratezza complessiva del rilievo, aspetto questo che permette di adattare facilmente il rilievo a scopi diversi per diverse scale di rappresentazione.

E allora è possibile utilizzare direttamente la nuvola di punti per rispondere alle esigenze della Fabbrica? Cioè rappresentazioni 2D di tutte le strutture

Figura 11

A sinistra, in alto. Dal rilievo combinato laser scanner e fotogrammetria è derivata la nuvola di punti che descrive nella sua interezza il monumento. Il rilievo laser scanner si è concentrato nelle zone interne (da FASSI, ACHILLE, FREGONESE 2011) mentre quello fotogrammetrico ha permesso di mappare tutte le parti esterne. Una rete topografica è stata progettata, realizzata e misurata in modo da garantire la corretta messa in scala (fotogrammetria) e referenziazione di tutti i modelli.

Figura 12

A sinistra, in basso. L'immagine riassume il processo applicato alla nuvola di punti. Gli algoritmi di segmentazione e classificazione hanno portato al riconoscimento delle parti significative in cui è composto il Duomo, parte che viene poi etichettata così che possa diventare un elemento riconoscibile all'interno del modello generale. Classificare significa suddividere il modello in sotto-modelli appartenenti a diverse Classi/aree/zone/elementi. Assegnata una classe di appartenenza ad ogni punto, è possibile agganciare informazioni a 'oggetti' o a 'gruppi di oggetti'.

in scala di rappresentazione 1:20-1:50 (tolleranza da 10 mm a 30 mm) e una suddivisione completa blocco per blocco, per progettare la sostituzione o la tassellatura degli stessi, progettare le nuove strutture e gli ancoraggi, progettare le impalcature, comprendere il comportamento strutturale, consentire la stima dei costi (effettuata sulla base della misurazione del volume e della superficie di ogni singolo blocco) e per tenere traccia di tutte le modifiche. La risposta è: sì, è possibile con alcune necessarie elaborazioni affinché al contenuto geometrico risulti aggregato anche quello semantico.

Da qui la decisione di procedere con le attività di rilievo, scegliendo di volta in volta la strategia più idonea (*scanner* o fotogrammetria), per realizzare una nuvola di punti che descrivesse in tutte le sue parti il Duomo. Il risultato è un modello con risoluzione omogenea (5 mm) dal quale è possibile estrarre qualsivoglia rappresentazione 2D, se e dove necessario (Fig. 11).

Se il contenuto geometrico-metrico della nuvola di punti è evidente è altrettanto chiaro che la differenza tra nuvola e modello (NURBS o BIM) risiede nel fatto che la nuvola di punti descrive senza soluzione di continuità tutte le parti, e nella restituzione 2D è l'operatore che riconosce, e assegna una categoria (tipicamente i *layer*) agli elementi riconosciuti, man mano che il disegno si compone.

Quando si esplora e si lavora direttamente in 3D sulla nuvola di punti si riconoscono gli elementi ma questi non risultano in nessun modo divisi o organizzati in categorie. Quindi l'attività di indagine si è orientata nella ricerca dei criteri e modi per trasformare questa nuvola di punti in un modello 3D all'interno del quale si potessero distinguere gli elementi costituenti l'architettura. La modellazione 3D *reality based* manca ancora di una completa automazione, l'intelligenza artificiale (AI) ha assunto un ruolo significativo, e attività come la classificazione delle immagini e il riconoscimento degli oggetti nei modelli 3D potrebbero essere utili per completare il processo che va dalla digitalizzazione in sito al successivo utilizzo del modello segmentato e classificato. L'operazione è piuttosto complessa, per ottenere una classificazione soddisfacente è necessario sfruttare sistemi di intelligenza artificiale 'trainata', quindi non del tutto automatica, applicati all'intero modello puntuale¹⁰.

Ad oggi (2025) il Duomo di Milano è classificato in tutte le sue parti (Fig. 12). Da questo modello si continuano ad estrarre le restituzioni bidimensionali (piante, sezioni, profili) che unite alle ortofoto costituiscono la base alla quale riferire le attività del cantiere.

Contemporaneamente proseguono test e confronti per trovare una soluzione per 'usare' questa nuvola di punti all'interno di diverse piattaforme *on line*¹¹

¹⁰ ZHANG et al. 2022.

¹¹ SPETTU, ACHILLE, FASSI 2024.

così da permettere di visualizzare il dato nuvola di punti classificato, allegare documenti, immagini, di garantire l'accesso a diversi livelli di utenza. Tanti modelli, tante informazioni: come consultarli, elaborarli, aggiornarli? Con quali competenze? Anche nel settore dei Beni Culturali si evidenzia la necessità di modalità efficienti per accedere, archiviare e condividere dati 3D e informazioni correlate tra gli utenti.

Il settore della digitalizzazione produce modelli accurati e affidabili in grado di supportare la gestione degli interventi e della manutenzione, al costo di dati pesanti e dispendiosi in termini di risorse (*hardware* e *software*). Una soluzione a questo problema sembra venire dall'utilizzo di piattaforme web, che promettono di sollevare gli utenti dai costi di archiviazione e *hardware*, fornendo strumenti efficaci di visualizzazione, accesso e condivisione. Le prospettive future del settore delle piattaforme web sono promettenti poiché, secondo l'attuale percorso di sviluppo, potrebbero essere in grado di potenziare gli ambienti costruiti e il settore dei Beni Culturali con un utilizzo diffuso, sistematico e consapevole dei dati 3D¹².

Le piattaforme web oggi trovano già impiego nel mondo delle costruzioni, soprattutto il mondo della gestione del cantiere. Quasi tutte funzionano su *cloud*, offrendo uno spazio di lavoro condivisibile, collaborativo e sempre aggiornato. Sono accessibili via web, quindi potenzialmente da tutti e consentono la visualizzazione di dati estesi anche con *hardware* non specifico. Si possono inserire *hotspot* con note e immagini al *cloud*. Alcune piattaforme offrono anche strumenti per la manipolazione e l'elaborazione della nuvola di punti e l'esportazione dei dati. Alcune consentono operazioni di classificazione della nuvola di punti (non al livello necessario per i Beni Culturali).

Quello che manca alle piattaforme oggi sul mercato, che ancora non è possibile fare è la gestione e personalizzazione un 'ecosistema informativo complesso', dedicato alle 'esigenze specifiche', come in questo caso quelle del Duomo di Milano. Un sistema efficace deve essere personalizzabile, con informazioni strutturate riferite ai diversi elementi, deve permettere il controllo della qualità dei dati, deve essere di facile accesso (non solo utenti specializzati) e garantire un alto livello di collaborazione.

Riferendosi al caso del Duomo, fin dall'inizio delle attività di rilievo nel 2008 si era manifestata l'esigenza di avere un 'sistema modello di tipo BIM', ma i problemi legati alla modellazione (elementi standard, non raggiungimento delle tolleranze) ha progressivamente allontanato dalla logica strettamente BIM in favore di una più vicina alla struttura dei sistemi informativi.

L'attività di ricerca prosegue in questo senso, far evolvere la struttura del sistema informativo (avviata nel 2014) riferendolo direttamente alla nuvola

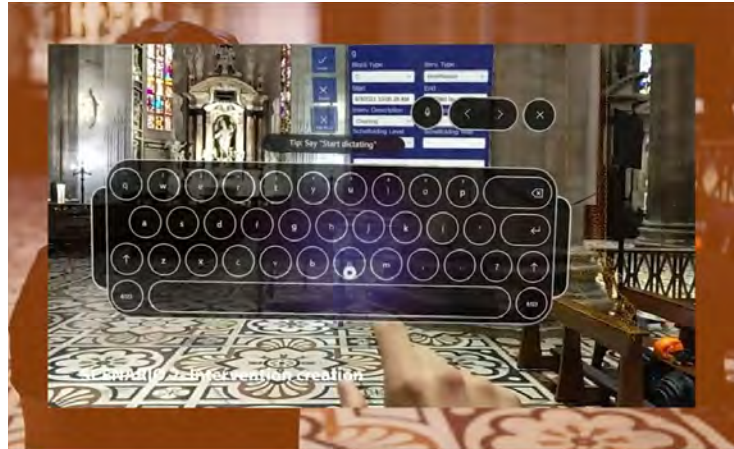


Figura 13

Il sistema MR sviluppato per l'utilizzo e la gestione in cantiere dei modelli e delle informazioni. L'operatore richiama il modello nuvola di punti necessario e lo vede sovrapposto all'oggetto reale, può richiamare l'interfaccia di inserimento dati e inserire i dati relativi alla lavorazione prevista o in corso. Completata la scrittura le informazioni vengono salvate direttamente nel sistema informativo.

di punti classificata¹³. L'obiettivo è quello di avere disponibile un Data Base realizzato *ad hoc* (ma facilmente adattabile alle esigenze dei BC) referenziato ai modelli 3D che viene consultato e aggiornato non solo dall'ufficio tecnico ma anche e soprattutto dal cantiere.

Rispetto ai primi tentativi fatti con applicazioni di *Virtual Reality* si è potuto verificare che il sistema gestito con tablet o altri dispositivi risultava in cantiere poco 'pratico' per il semplice fatto che per essere utilizzato l'operatore deve tenere in mano il dispositivo stesso, cosa non sempre possibile. La ricerca ha spostato l'impiego dei modelli 3D dalla *Virtual Reality* alla *Mixed Reality*¹⁴, così mediante occhiali e visori è possibile sovra-imporre il modello nuvola di punti classificato all'oggetto reale, localizzare e referenziare le informazioni sfruttando la simultanea visione di realtà e modello (Fig. 13).

Conclusioni e osservazioni

Il campo della digitalizzazione ha subito una significativa evoluzione in termini di automazione e usabilità di strumenti di rilevamento, *software*, algoritmi di elaborazione e metodi di gestione e condivisione dei dati. Rispetto al processo tradizionale che vedeva l'impiego della strumentazione di rilievo con finalità 'specifiche', di solito la realizzazione di rappresentazioni 2D, oggi è possibile digitalizzare nella sua interezza l'oggetto ed elaborare poi, anche in momenti diversi, quanto necessario.

Il dato di rilievo 3D nuvola di punti potrebbe diventare esso stesso la base alla quale riferire tutte le informazioni, bypassando in questo modo la fase di

¹³ SPETTU 2025.

¹⁴ TERUGGI, FASSI 2021b.

Figura 14

A sinistra, in alto. L'immagine sintetizza l'evoluzione introdotta dai prodotti del rilievo tridimensionali. Oggi alla restituzione bidimensionale (piane, sezioni, profili, prospetti) si affianca la possibilità di utilizzare il modello 3D come fonte diretta per l'estrazione di informazioni dimensionali e lo stesso modello organizzato gerarchicamente (classificazione) diventa la base naturale per la costruzione di un sistema informativo.

Figura 15

A sinistra, in basso. Una sintesi del lungo processo che dal 2008 ha portato alla realizzazione di un sistema MR per la gestione delle attività del cantiere. Al modello nuvola di punti strutturata gerarchicamente e semanticamente si appoggiano tutte le informazioni relative alle attività del cantiere, il sistema informativo in cloud è accessibile via web sia presso gli uffici che mediante dispositivi MR in sito.

modellazione. Perché risulti efficace l'utilizzo diretto di questo tipo di modelli è indispensabile elaborare la nuvola di punti classificandola negli elementi architettonici caratteristici, andando ad individuare quelli che sono funzionali alle attività di manutenzione e conservazione (Fig. 14), ovvero, nel caso del Duomo, tutti quelli che la Fabbrica riconosce come necessari.

Le piattaforme web ora disponibili rappresentano un modo efficiente per gestire, archiviare e condividere dati 3D e informazioni correlate. Da un lato, questi strumenti basati sul web sollevano gli utenti dai costi di fornitura di *hardware* e manutenzione di sistema potenti, facilitando l'accesso ai dati e riducendo potenzialmente l'investimento iniziale richiesto. Dall'altro, le problematiche relative alla proprietà dei dati, all'archiviazione e all'accessibilità a lungo termine, alla migrazione dei sistemi e a qualsiasi altro aspetto correlato al ciclo di vita dei dati devono essere affrontate attentamente, stabilendo politiche di gestione dei dati condivise e solide. I significativi progressi nell'accessibilità ai dati 3D stanno facilitando l'uso degli stessi e abituando i professionisti di diversi settori ai vantaggi che l'acquisizione tridimensionale offre, a partire proprio dalla qualità/affidabilità geometrica che la stessa può garantire.

La ricerca fin qui condotta ha dimostrato che il corretto impiego delle attuali tecnologie per la digitalizzazione permette di arrivare alla costruzione di modelli *reality based* soddisfacenti. La fase di modellazione è sempre onerosa, in termini di tempo e risorse, e spesso non necessaria. Il modello nuvola di punti è accurato in termini di descrizione dell'oggetto, ma incompleto riguardo il riconoscimento delle parti, degli elementi architettonici. L'AI in questo senso può accelerare significativamente i processi di elaborazione e ricostruzione 3D, intesa come segmentazione e classificazione semantica. Il modello semantico può essere gestito in una logica di sistema informativo attraverso una piattaforma web, così da garantire una facile navigazione e consultazione, e un facile accesso/uso/aggiornamento contemporaneo da più utenti.

La tecnica AR/MR permette l'utilizzo di questo sistema direttamente in cantiere sia in lettura che scrittura¹⁵. In questo modo si completa l'intero processo che a partire dall'oggetto reale, digitalizzato, segmentato e classificato, tramite un sistema *cloud* e un sistema di *mixed reality* permette di vedere il modello digitale su quello reale e quindi utilizzarlo per programmare e gestire gli interventi e le attività.

Ringraziamenti

Gli autori desiderano ringraziare tutti i colleghi, tesisti, tirocinanti che negli anni hanno contribuito alla riuscita di queste attività. Un ringraziamento particolare al personale tutto della Veneranda Fabbrica del Duomo, in particolare all'Architetto della Fabbrica Ing. Francesco Canali, al geometra Francesco Aquilano 'il cantiere' e al geometra Massimiliano Regis 'l'ufficio tecnico'.

Riferimenti bibliografici

ACHILLE *et al.* 2012: C. Achille, F. Fassi, L. Fregonese, *4 Years history: From 2D to BIM for CH: the main spire on Milan Cathedral*, in proceedings of 18th International Conference on Virtual Systems and Multimedia, 2012, pp. 377-382.

ACHILLE *et al.* 2020: C. Achille, F. Fassi, A. Mandelli, L. Perfetti, F. Rechichi, S. Teruggi, *From a Traditional to a Digital Site: 2008-2019. The History of Milan Cathedral Surveys*, in B. Daniotti, M. Gianinetto, S. Della Torre (a cura di), *Digital Transformation of the Design, Construction and Management Processes of the Built Environment*, Springer, Cham 2020, pp. 331-341.

ACHILLE, FASSI 2016: C. Achille, F. Fassi, *Rilievo, modellazione e gestione BIM dei cantieri del Duomo di Milano*, in C. Eastman *et al.* (a cura di), *Il BIM: Guida completa al building information*, Hoepli, Milano 2016.

FASSI *et al.* 2012: F. Fassi, C. Achille, A. Mandelli, L. Perfetti, C. Polari, *Recording the marble blocks of the Milan Cathedral: synergy between advanced survey techniques*, in proceeding of 10th International Masonry Conference, IMC 2018.

FASSI *et al.* 2015: F. Fassi, C. Achille, A. Mandelli, F. Rechichi, S. Parri, *A new idea of BIM system for visualization, web sharing and using huge complex 3D models for facility management*, in «The International Archives of the Photogrammetry Remote Sensing and Spatial Information Sciences», XL-5/W4, 2015, pp. 359-366.

FASSI *et al.* 2018: F. Fassi, C. Achille, A. Mandelli, L. Perfetti, C. Polari, *Recording the marble blocks of the Milan Cathedral: synergy between advanced survey techniques*, in 10th International Masonry Conference, IMC 2018.

FASSI, ACHILLE, FREGONESE 2011: F. Fassi, C. Achille, L. Fregonese, *Surveying and modelling the main spire of Milan Cathedral using multiple data sources*, in «The Photogrammetric Record», 26(136), 2011, pp. 462-487.

FASSI, PARRI 2012: F. Fassi, S. Parri, *Complex Architecture in 3D: From Survey to Web*, in «International Journal of Heritage in the Digital Era», 1, 2012, pp. 379-398.

LAGOSTINA 2013: A. Lagostina, *Modellazione parametrica real based di oggetti architettonici complessi*, Tesi di laurea, Politecnico di Milano Scuola di Architettura e Società, relatore Prof. F. Fassi, a.a. 2013-2014.

NEDELEV 2019: V. P. Nedelev, *Building information modelling for large scale Cultural Heritage Buildings (HBIM)*, Tesi magistrale, Politecnico di Milano, relatore Prof.ssa C. Achille, Luglio 2019.

SPETTU 2025: F. Spettu, *Web platforms for Cultural Heritage: solutions and perspectives for information management into the Cloud*, Tesi di dottorato, Politecnico di Milano Dipartimento ABC, XXXVII ciclo, Supervisor Prof. Francesco Fassi, 2025.

SPETTU et al. 2021: F. Spettu, S. Teruggi, F. Canali, C. Achille, F. Fassi, *A hybrid model for the reverse engineering of the Milan Cathedral. Challenges and lesson learnt*, in proceedings of the ARQUEOLÓGICA 2.0 - 9th International Congress & 3rd GEORES - GEomatics and pREServation, Valencia, 2021, pp. 281-291.

SPETTU, ACHILLE, FASSI 2024: F. Spettu, C. Achille, F. Fassi, *State-of-the-Art Web Platforms for the Management and Sharing of Data: Applications, Uses, and Potentialities*, in «Heritage», 7(11), 2024, pp. 6008-6035.

TERUGGI, FASSI 2021a: S. Teruggi, F. Fassi, *Mixed Reality for the monumental Heritage. A first test*, in proceedings of the ARQUEOLÓGICA 2.0 - 9th International Congress & 3rd GEORES - GEomatics and pREServation, Valencia, 2021, pp. 538-541.

TERUGGI, FASSI 2021b: S. Teruggi, F. Fassi, *Machines Learning for Mixed Reality*, in A. Del Bimbo et al. (a cura di), *Pattern Recognition. ICPR International Workshops and Challenges*, Springer, Cham, 2021, pp. 613-627.

TERUGGI, FASSI 2022: S. Teruggi, F. Fassi, *Hololens 2 Spatial Mapping Capabilities in Vast Monumental Heritage Environments*, in «The International Archives of the Photogrammetry Remote Sensing and Spatial Information Sciences», XLVI-2-W1, 2022, pp. 489-496.

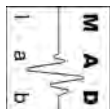
TOMMASI, ACHILLE, FASSI 2016: C. Tommasi, C. Achille, F. Fassi, *From point cloud to BIM: a modeling challenge in the Cultural Heritage field*, in «The International Archives of the Photogrammetry Remote Sensing and Spatial Information Sciences», XLI-B5, 2016, pp. 429-436.

ZHANG *et al.* 2022: K. Zhang, S. Teruggi, Y. Ding, F. Fassi, *A Multilevel Multiresolution Machine Learning Classification Approach: A Generalization Test on Chinese Heritage Architecture*, in «Heritage», 5(4), pp. 3970-3992.

H-BI(M)ON

Heritage - Building Information Modelling/MONitoring

Dalla realtà al modello e ritorno



MADLab



**UNIVERSITÀ
DI PARMA**

Il volume, a carattere collettaneo, riporta gli esiti delle Giornate di studio H-BI(M)ON, organizzate a Parma nel gennaio 2025, che hanno visto i tanti studiosi coinvolti confrontarsi sul difficile tema della modellazione degli edifici storici, mirata alla loro conoscenza, documentazione e interpretazione. Unendo i linguaggi.

Il volume raccoglie i contributi di:

Cristiana Achille, Marta Acierno, Andrea Adami, Luigi Barazzetti, Michele Betti, Carlo Biagini, Nazarena Bruno, Giovanni Bruschi, Giovanni Castellazzi, Valeria Cavanni, Rosario Ceravolo, Stefania Coccimiglio, Alessandro Conti, Francesco Coschino, Alessio Crocetti, Silvia Cutarelli, Antonio Maria D'Altri, Stefano de Miranda, Filippo Diara, Antonella di Luggo, Francesco Fassi, Donatella Fiorani, Lidia Fiorini, Antonio Fornaciari, Luigi Fregonese, Emanuela Lanzara, Federica Maietti, Gaetano Miraglia, Silvia Monchetti, Federica Ottoni, Maria Parente, Mattia Previtali, Fulvio Rinaudo, Fabio Roncoroni, Olga Rosignoli, Luca Sbrogiò, Barbara Scala, Simona Scandurra, Daniele Treccani, Grazia Tucci, Francesco Ubertini, Margherita Valentini, Maria Rosa Valluzzi, Rita Vecchiattini, Chiara Vernizzi.

Federica Ottoni, Professore Associato di Restauro (Università di Parma), Responsabile Scientifico MADLab (DIA). Il suo principale interesse di ricerca è lo studio dei dissesti degli edifici storici, in relazione ai principi dimensionali, e il monitoraggio statico strutturale.

Nazarena Bruno, Ricercatrice in Tenure Track (RTT) in Geomatica (Università di Parma), membro del MADLab (DIA). Tra le principali tematiche di ricerca figurano l'Historic Building Information Modelling (HBIM), con particolare attenzione alla gestione informativa, e le tecniche avanzate di rilievo applicate al patrimonio culturale.

38,00 euro

ISBN 978-88-5491-737-8