



Processi conoscitivi a supporto di metodologie BIM

Adriana Rossi
Umberto Palmieri

Il caso studio si interroga, nell'ambito di metodologie BIM, se e con quali strumenti concettuali è possibile trattare sia opere standardizzate come quelle industriali, sia manufatti atipici e singolari come la fabbrica di ceramica Solimene. Richiamate le elaborazioni dei rilievi effettuati, prima, con stazione totale, poi, con laser scanner 3D, si discute il percorso da seguire per trascrivere il livello di conoscenza raggiunto su di un manufatto di eccezione a supporto efficace di quelle metodologie.

La fabbrica di ceramica Solimene
di Vietri sul Mare (SA), Italy

*The Solimene ceramic factory in
Vietri sul Mare (SA), Italy*



Prologo

L'occasione per un confronto sull'evoluzione di quanto oggi si configura, anche per l'edilizia, come metodo BIM [Historic England 2017] è stata offerta dalla necessità di rilevare la fabbrica di ceramica Solimene (1950-55, Vietri sul Mare, Salerno, Italy), un edificio d'eccezione, vincolato ai sensi del Codice dei Beni Culturali e del Paesaggio¹. L'opportunità di redigere un progetto di restauro o, più semplicemente, di manutenzione di questo bene architettonico [Montella 2009], richiede, come sempre, la documentazione di quanto esistente. Il potenziamento di strumenti e l'avanzamento di tecniche ha notevolmente trasformato le modalità di acquisizione, elaborazione e comunicazione delle fasi di analisi e di progetto. Il tradizionale plastico, che consentiva la percezione d'insieme e anche tattile del manufatto, è da tempo affiancato (se non già completamente sostituito) dalla modellazione digitale concepita non solo per la visualizzazione globale

Prospettiva di progetto ad opera dell'architetto Paolo Soleri.

Project perspective by architect Paolo Soleri.

e di dettaglio, ma anche per garantire un servizio efficace alle attività progettuali, dall'ideazione alla costruzione e gestione dell'opera. Il modello digitale è utilizzato, infatti, in modo sempre più diffuso, come 'porta di accesso' per un sistema informativo e, più recentemente, come base per le simulazioni a sostegno delle decisioni da assumere nelle fasi canoniche del progetto architettonico e dell'intero ciclo di vita del manufatto.

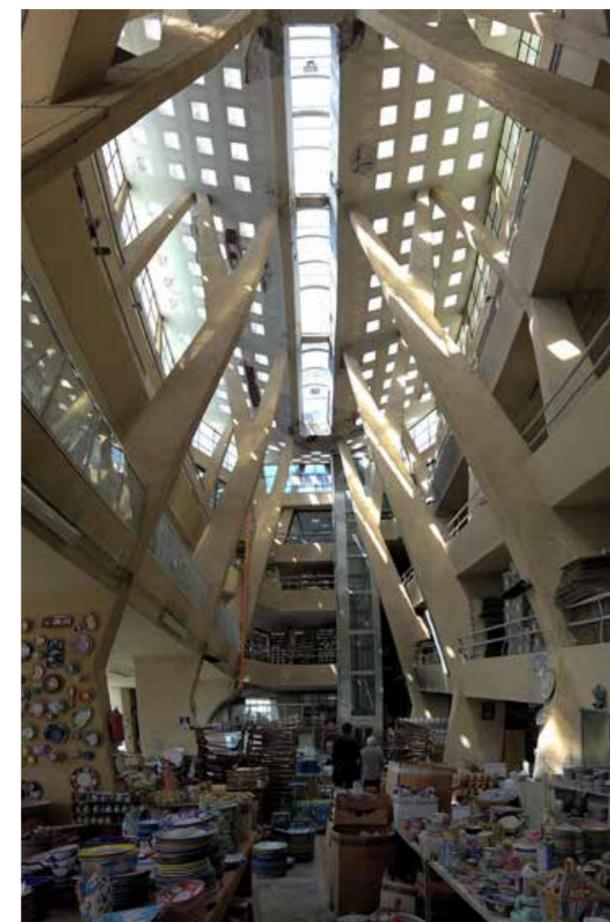
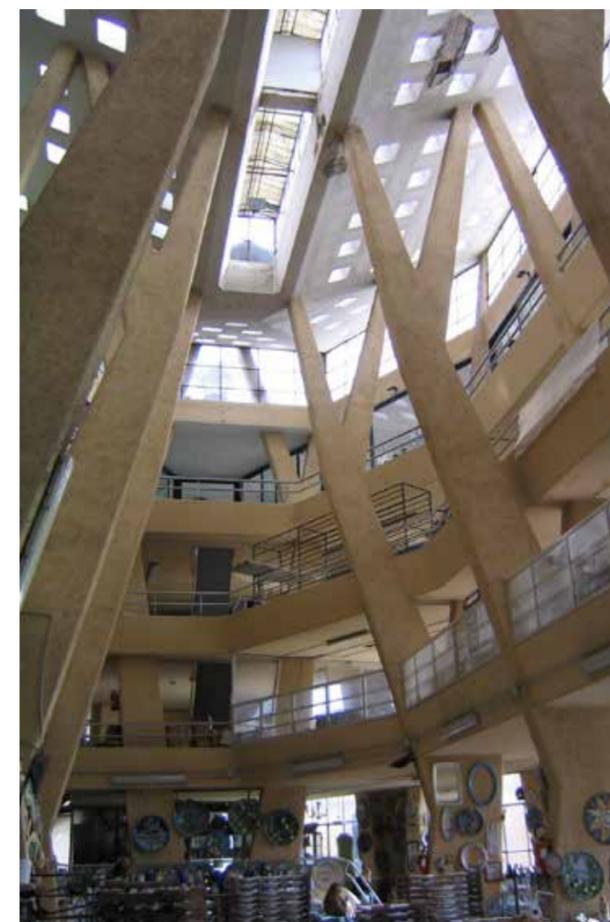
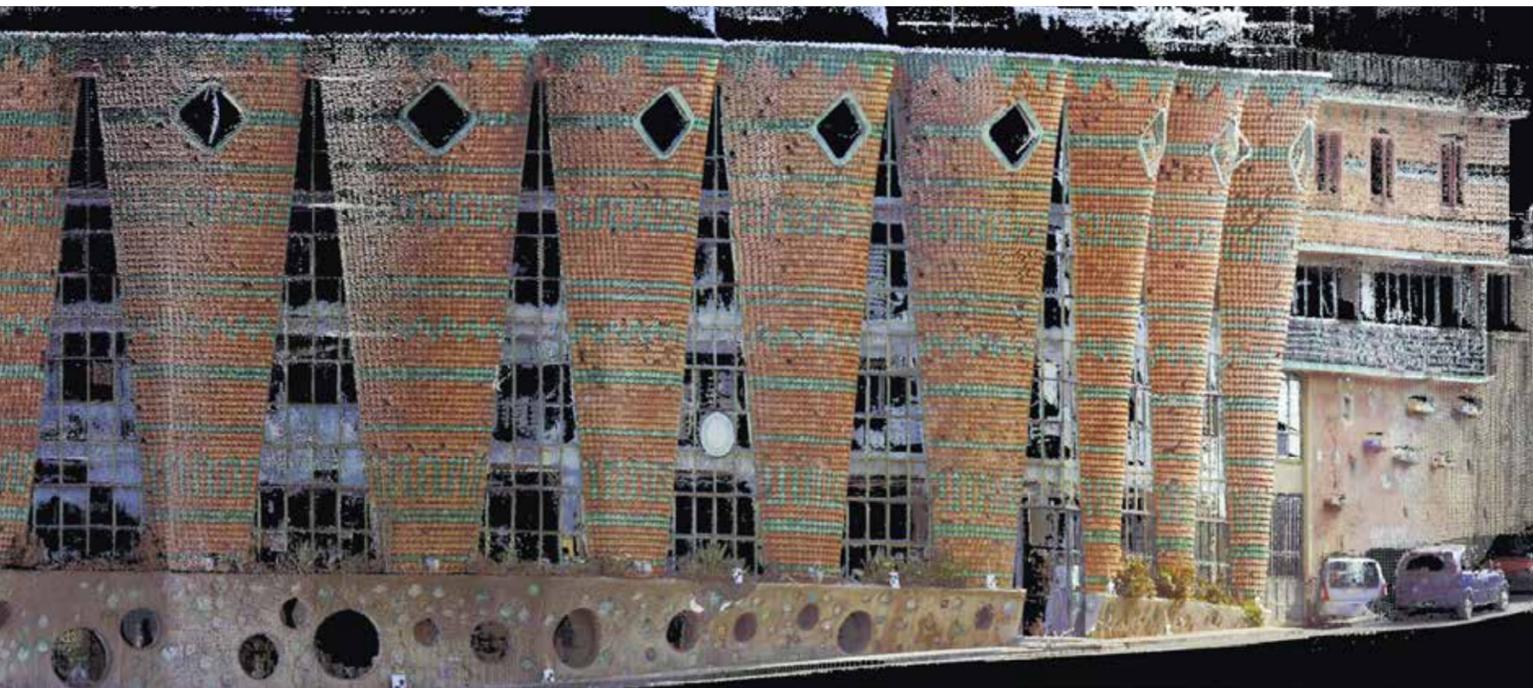
In questa prospettiva i vantaggi riscontrati nel prevenire e risolvere alcune delle criticità di cantiere, organizzando flussi di lavoro condivisi e per quanto possibile interoperabili, si sono definitivamente affermati [Eastman et al. 2008]. Con l'acronimo HBIM (Heritage Building Information Modelling) viene suggerito di allargare il metodo felicemente applicato nel campo della componentistica industrializzata, modulare e standardizzata, anche all'architettura di manufatti tipici [Dore et al. 2018] e null'affatto normati. L'assunto impone di trovare una connessione tra due peculiarità apparentemente inconciliabili:

l'unicità atipica del soggetto di studio e la regolarità di un approccio sistematico di controllo.

La sperimentazione da noi condotta sulla fabbrica Solimene, entrando operativamente nel vivo della questione, prende in esame lo stato dell'arte per valutare l'adozione di un efficace percorso da seguire. A cominciare dal livello di conoscenza dei caratteri materiali e immateriali dell'opera, finalizzati alla trascrizione delle analisi e dei modelli a supporto di metodologie BIM, per finire con una disamina di pregi e criticità. L'adozione di un medesimo filtro conoscitivo e operativo, di fatto, può risultare utile a districarsi tra due poli opposti di azioni e decisioni, unico/seriale, imposto dalla vigente normativa per gli appalti pubblici.

Il caso studio

Esito del legame indissolubile e reciproco che lega fini e mezzi, forma e funzione, figura e materia, la fabbrica Solimene progettata da Paolo Soleri (Torino 1919 – Cosanti 2013), organizza attività produttive consecutive e cicliche all'interno di un grande cavo risonante: dal piano di campagna dove si forgia il vasellame in terracotta grezza, si possono raggiungere i vari livelli del manufatto percorrendo comode rampe di collegamento; l'ultimo ospita la sala espositiva delle ceramiche. A ciascun piano, lo spazio per ospitare comodamente artigiani-artisti coi loro strumenti-macchine è ricavato nelle concavità aggettanti dalla facciata. Così, il perimetro curvo disegna in facciata undici corpi torreggianti. Quelli centrali appaiono rastremati verso il basso e, dunque, progressivamente allargati verso l'alto, generando un'immagine piena e conclusa (*eikon*, in greco). Per chi osserva la facciata da lontano i volumi che la articolano appaiono come giganteschi



vasi troncoconici a sostegno del tetto giardino. La decorazione in cotto naturale e verde smaltato deriva da fondi di piccoli vasi sovrapposti orizzontalmente e incassati nel tamponamento esterno; lungi dall'essere solo un vezzo ornamentale, si tratta, spiegherà lo stesso Paolo Soleri [McCullough, 2012], di una scelta "sostenibile" e "frugale" per declinare le potenzialità inesprese contenute nella tradizione dell'arte fittile vissuta nel luogo e tramandata a questa latitudine [Ryan, 2002].

Realizzando una perfetta armonia tra forma, struttura e funzione [Benvenuto, 1981], mostrando di includere in sé il proprio fine, questa architettura riesce a materializzare l'armonia che il più piccolo gasteropode dimostra nel costruire, "a misura" del proprio corpo, le spire della sua casa [Valery, 1992]. Anche per questo, è considerata una delle migliori espressioni dell'architettura organica [Zevi, 1960].

Nuvola di punti processata della fabbrica Solimene.

Processed point cloud of the Solimene factory.

Il Rilievo

La configurazione geometrica degli undici corpi variamente sporgenti sul fronte stradale ha catturato la curiosità disciplinare. Quello iniziale e quello finale sono entrambi di apparente forma cilindrica, mentre i nove centrali rassomigliano a tronchi di cono rovesciato, impressione confermata, tra l'altro, guardando l'artistica prospettiva di progetto disegnata dallo stesso Soleri a matita e inchiostro su pergamena colorata². Quale, dunque, la vera forma e grandezza di questi elementi, ovvero le ragioni dell'apparente inganno visivo? Quali le differenze (come sempre esistenti) tra disegno di rilievo e disegno di progetto? Quali le caratteristiche del comportamento statico dell'edificio ricadute sullo stato di tamponamento?

La risposta al primo quesito è derivata dalla verifica matematica effettuata alla luce dei dati acquisiti con stazione totale Trimble S6 Vision [Rossi & Palmieri, 2018]. L'analisi in ambiente CAD delle coordi-

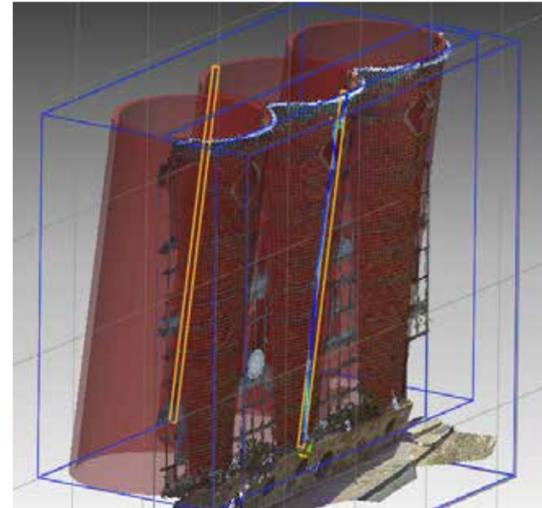
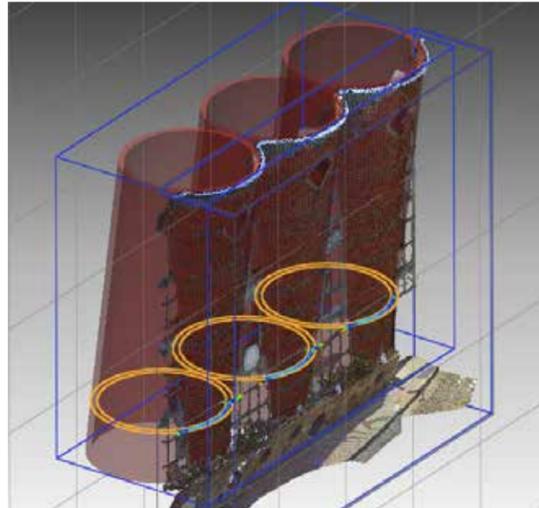
nate rilevate a tre quote di altezza dal piano di riferimento, ha guidato l'interpretazione del modello geometrico – per sua natura perfetto e ideale. Il procedimento condotto interpolando i dati numerici, la cui esattezza è certificata con lo strumento impiegato, ha permesso di ricavare la funzione della linea-intersezione fra il piano di riferimento verticale (ove giacciono le vetrate) e il corpo estroflesso in facciata. Per scendere nel dettaglio delle irregolarità dei profili è stato necessario integrare i dati precedentemente acquisiti con laser scanner 3D e dataset di scatti fotografici ad alta risoluzione³. Le scansioni di nuvole di punti-immagine, epurate e decimate non solamente con il software di sistema⁴, sono state interpretate in ambiente vettoriale [Arayici, 2009] dove programmi di ingegneria inversa permettono di calcolare lo scarto tra il modello numerico (oggettivo, anche se discontinuo e imperfetto) e quello geometrico idealmente continuo e perfetto [Migliari, 2004: 63-65]. L'istogramma mostra i valori ottenuti dalla media delle misure

Viste dell'interno della fabbrica Solimene.

Views of the interior of the Solimene factory.

derivate dal confronto tra la superficie reale e quella ideale eseguito sia nel campo tridimensionale che nel campo bidimensionale per ottenere le mappature degli scostamenti e delle deviazioni per ogni singola anomalia esaminata (Formal Deviation Mapping). Tra le ipotesi formulate (tronco di cono o cilindro), si conferma – per la coincidenza del numero dei punti immagine (99.52087 % e 99.95087 %) e non solo – l'attendibilità di una configurazione cilindrica: il cilindro retto ad asse inclinato di 5-7° disvela la ragione dell'apparente *tromp d'oeil* [Rossi & Palmieri, 2019]⁵.

La questione emersa, lungi dall'essere una curiosità o una necessità indirizzata a ottenere lo sviluppo piano di superfici per derivare elaborati grafici, pone in luce interrogativi che solo un'analisi interdisciplinare può in qualche modo inquadrare correttamente. Ecco la necessità di organizzare un flusso di lavoro interoperabile alla cui origine inserire il rilievo certificato.



Verso la ri-costruzione in digitale

Presupposto dell'HBIM è l'esistenza del manufatto non standardizzato, sia nella concezione che nelle componenti costruttive: il rilievo è dunque un dato imprescindibile, univoco e non solo potenziale, giacché riveste un'importanza dirimente per le informazioni che caratterizzeranno la struttura di coordinamento generale. Per ridurre costi e tempi è dunque auspicabile che un archivio massivo di dati certificati sia posto ad origine del flusso di lavoro. La condivisione su piattaforma permette l'interazione di chiunque sia coinvolto nel processo, in ogni momento, con i dati oggettivi o il sistema di analisi e previsioni che la natura sincretica della trascrizione elettronica permette di tenere distinti.

Per gli edifici non standardizzati nella concezione e aggiornamento non esistono librerie fruibili da piattaforma BIM, pertanto le componenti non possono essere direttamente assemblate e contraddistinte inserendo parametri di istanza. Si rende dunque necessario creare un database unico e particolare per il caso in esame. L'applicazione ha portato a concentrare l'analisi per estrarre componenti simboliche adeguate al dettaglio delle scelte grafiche, quindi alla corretta semplificazione descrittiva dei modelli. Da affrontare prioritariamente la scelta del criterio più idoneo a scomporre la morfologia del manufatto rilevato nella sua interezza per derivare gerarchie di parti tassonomicamente classificate. A questo fine caratteristiche formali costruttive, fasi diacroniche o razionalizzazioni strutturali possono guidare la scelta di macro-componenti vincolate.

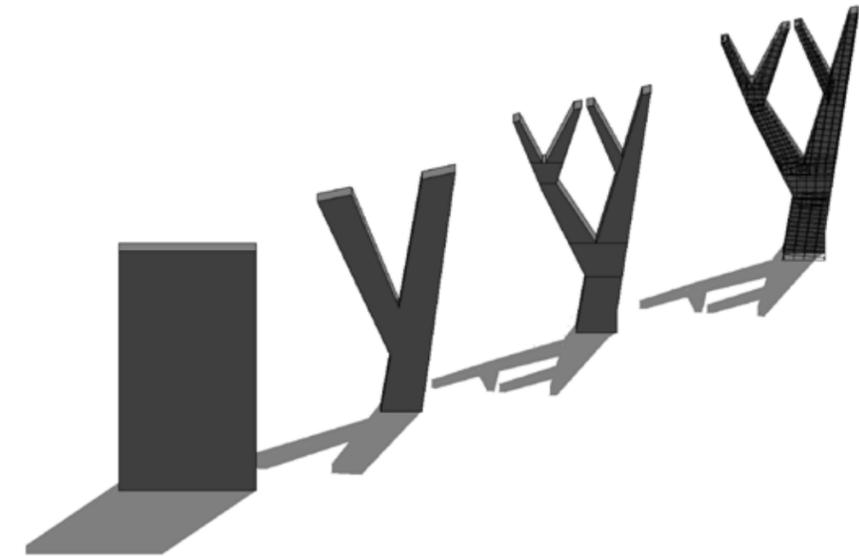
Nello specifico del caso, estratte le giaciture orizzontali e verticali, si è proseguito individuando

Formal Deviation Mapping del cilindro ideale sovrapposto alla nuvola di punti.

Formal Deviation Mapping of the ideal cylinder superimposed on the point cloud.

"famiglie" di componenti quali: pilastri strutturali; solai strutturali; vetrate; pareti di tamponamento. Le fasi di modellazione sono state allineate alle logiche costruttive, a partire dalla definizione dei riferimenti geometrici come la quota di ogni piano, la giacitura delle pareti vetrate¹ e delle l'intersezione dei cilindri obliqui con i solai a ciascun livello (ellissi poco pronunciate). La superficie dei cilindri in-clinati è stata poi utilizzata per modellare l'intradosso delle pareti dettagliate progressivamente grazie al sistema implementabile e modificabile dinamicamente. I software di *BIM authoring* possiedono oggi strumenti per agganciare nel loro interno la selezione dei punti coordinate e dunque modellarne elementi multiformi stabilendone a priori i livelli di complessità. Tuttavia, l'articolazione di alcuni oggetti consiglia di modellare il volume con l'ausilio di NURBS da importare poi nello spazio virtuale BIM [Bruzic et al., 2002]. Quando, infatti, si definisce una "famiglia" non basta descriverne l'ingombro spaziale ma occorre mostrare e calcolare parametricamente la configurazione geometrico-costruttiva di ciascun componente così da renderla "intelligente", ovvero modificabile nelle proporzioni ma anche nella forma legata ai vincoli stabiliti [Chevrier & Perrin, 2009]. Stabilire il livello di precisione geometrica del modello (LOG) è un requisito di fondamentale importanza per caratterizzare l'affidabilità di aspetti informativi (LOI) che garantiscono e convalidano la qualità del prodotto finale in riferimento a standard stabiliti per rendere il LOD richiesto dal progetto BIM-oriented affidabile.

Per il caso in esame, ad esempio, la forma organica dei pilastri interni alla fabbrica è stata decostruita in solidi elementari (primitive solide) dalle dimensioni



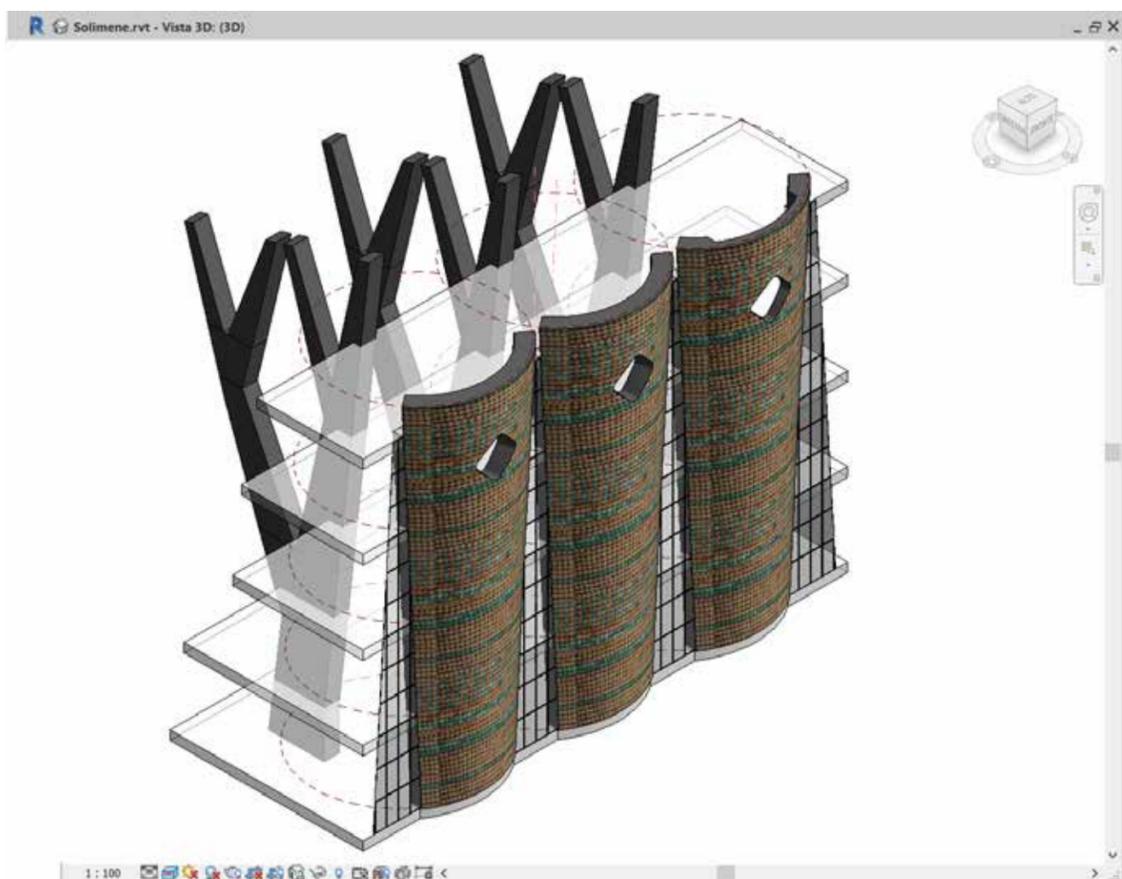
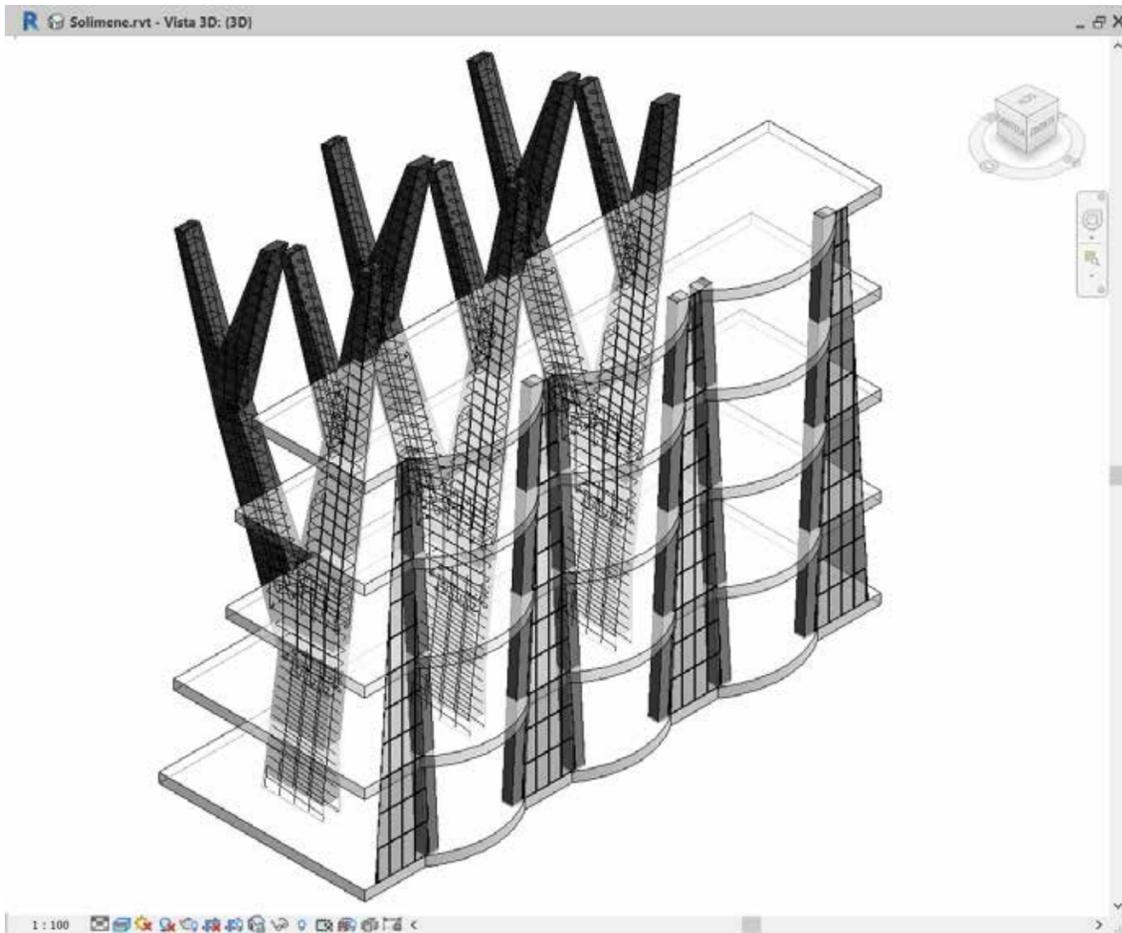
Livelli di Sviluppo (LOD) del tipo "pilastro strutturale" interno.
Level of Development for the internal "structural column" type.

corrispondenti ai volumi rilevati (LOD300) fino ad incrementarne il dettaglio informativo (non puramente grafico) per renderli univocamente identificabili. Dall'ingombro, una primitiva solida in generale, si deriva la sagoma per restituire il dettaglio grafico restituito nello spazio e quindi nel piano; trasferita in Revit (il software utilizzato), la struttura formale diventa progressivamente vera e propria struttura verticale aggiungendo le armature ai pilastri ramificati e a seguire altri dettagli tecnici. La possibilità di sviluppare sul medesimo modello multidimensionale informazioni aggiuntive ha favorito l'utilizzo di funzionalità in grado di indirizzare le indagini verso le cause dei dissesti del paramento murario. Le virtualizzazioni, prima sviluppate solo per una porzione della fabbrica, sono state successivamente estese a tutta spazialità della struttura.

Conclusioni

La raccolta di dati, con laser scanner terrestre a differenza di fase, ha permesso di porre ad origine della catena di lavoro un vero e proprio strumento per la comprensione, il controllo e la comunicazione del bene architettonico esaminato. Nel medesimo spazio di lavoro virtuale la modellazione parametrica ha consentito di popolare il database con un linguaggio specifico, adatto alla creazione di componenti tipici e originali. La relazione che ogni dato acquisito ha con l'intero edificio e le sue parti rende il dato stesso informativo [Logothetis et al., 2017]. Il caso studio ha offerto l'occasione per testare forze e debolezze del metodo di lavoro organizzato per:

- condividere i dati del rilievo per integrare una pluralità di sguardi a supporto dell'indagine analitica: il modello 3D diviene descrittore esaustivo dell'articolato database soggiacente, superando il carattere di mero strumento di interpretazione;
- sottoporre a verifica induttiva le ipotesi conformative con la necessaria attenzione a quelle costruttive;
- avvalersi del sistema informativo e dei modelli interoperativi per consentire apporti inter e trans disciplinari per presentare i risultati in modo imparziale, logico e critico;
- organizzare un processo che converge verso l'idea di progetto garantendo a futura memoria la documentazione dettagliata e veritiera dello stato di fatto;
- interrogarsi sulle ragioni intervenute nei conflitti in corso d'opera.



Bibliografia

- Arayici, Yusuf. 2009. Towards building information modelling for existing structures. In *Structural Survey*, vol. 26(3), pp. 210-222.
- Benvenuto, Edoardo. 1981. *La scienza delle costruzioni e il suo sviluppo storico*. Roma: Edizioni di storia e letteratura, 2010, p. 918.
- Brujic, Djordje, Mihailo Ristic, and Iain Ainsworth. 2002. Measurement-based modification of NURBS surfaces. In *Computer-Aided Design*, n. 24, pp. 173-183.
- Chevrier, Christine, and Jean-Pierre Perrin. 2009. Generation of architectural parametric components Cultural Heritage 3D modeling. In *Tidafi, Temy, and Tomas Dorta (editing). 2009. CRAI Cahiers de Recherche en Architecture et Ingénierie*, n. 694. Nancy: École Nationale Supérieure d'Architecture de Nancy Centre de Recherche en Architecture et Ingénierie, UMR MAP.
- Dore, Conor, Maurice Murphy, Sean Mchycar, Florin Berechet, Conor Casidy, and Evelin Dirix. 2015. Structural Simulations and Conservation Analysis -Historic Building Information Model (HBIM). *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, vol. XL-5/W4, pp. 351357.
- Eastman, Chuck, Paul Teicholz, Rafael Sacks, and Kathleen Liston. 2008. *BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers and Contractors*. New York: John Wiley & Sons.
- Historic England. 2017. *BIM for Heritage: Developing a Historic Building Information Model*. Swindon: Historic England.
- Logothetis, Sotirios, Eleni Karachaliou, and Estratos Stylianidis. 2017. From OSS CAD to BIM for Cultural Heritage Digital Representation. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, vol. 1(3), pp. 439-445.
- McCullough, Lissa (editing). 2012. *Conversations with Paolo Soleri*. New York: Princeton Architectural Press, 2012, ISBN 1-61689-055-X.
- Migliari, Riccardo. (editing). 2004. *Disegno come Modello*. Roma: Edizioni Kappa, 2004.
- Montella, Massimo. 2009. *Valore e valorizzazione del patrimonio culturale storico*. Milano: Mondadori Electa, 2009. ISBN 10: 8837068107.
- Rossi, Adriana, and Umberto Palmieri. 2018. (In)tangibili caratteristiche: ripresentazioni integrate di un compagno in terracotta. In *Salerno, Rossella (editing). Rappresentazione materiale/immateriale/ Drawings as (In)tangible. 40° Convegno Internazionale dei Docenti delle Discipline della Rappresentazione / XV Congresso UID, Milano, 13-15 settembre 2018*. Roma: Gangemi editore, pp. 1553-1560.
- Rossi, Adriana, and Umberto Palmieri. 2019. LOD per il patrimonio architettonico: la modellazione BIM per la fabbrica Solimene. In *Disegno*, vol. 4, 2019, pp. 213-224. ISSN 2533 2899.
- Rossi, Adriana, and Umberto Palmieri. 2019. Experimentation of An Information Model. In *SCIRES-IT - SCientific REsearch and Information Technology*, vol. 9(2), 2019. IN REVIEW.
- Ryan, Kathleen (editing). 2002. *Paolo Soleri. Itinerario di architettura. Antologia degli scritti 1969-1985*. Milano: Jaca Book. ISBN:88-16-40630-5 EAN: 9788816406308.
- Valery, Paul. 1922. L'uomo e la conghiglia. In *Valery, Paul. 1988. All'inizio era la favola*. Milano: Guerini e Associati, 1988.
- Zevi, Bruno. 1960. *Storia dell'architettura moderna*. Torino: Einaudi, 2010, vol. 2. ISBN: 8806206052.

Campione del modello BIM sviluppato secondo il LOD 400.

Specimen of the BIM model developed according to the LOD 400.

Campione del modello BIM sviluppato secondo il LOD 350.

Specimen of the BIM model developed according to the LOD 350.

Note

- 1- Decreto Legislativo n. 42 del 22 gennaio 2004, Codice dei Beni Culturali e del Paesaggio, ai sensi dell'art. 10 della Legge n. 137 del 6 luglio 2002 (G.U. n. 45 del 24 febbraio 2004, s.o. n. 48).
- 2 - Arizona Archivio-Museo dedicato all'autore. Presso il Comune di Vietri sono custodite le copie autografate, sottoscritte con l'ing. I. Immormino che ne verificò il calcolo statico, necessario per ottenere la licenza edilizia, rilasciata nel 1954, come variante al progetto già approvato in precedenza.
- 3 - Lo sviluppo della ricerca sarebbe stato impossibile senza il rilevamento e le analisi della testata di straordinario impegno Halyna Karmazyn, oggi, ingegnere civile ambientale.
- 4 - Faro Laser Scanner Focus 3D 130 HDR. Phase shift laser scanner; precision +/- 2 mm; range: 0-130 m; integrated metric photo-camera (> 6 MP); integrated GPS antenna; acquisition speed: min. 976.000 ptl/sec; scan angles: 360° horizontal - 300° vertical.
- 5 - Articolo sottoposto a revisione SCIRES-IT, vol. 9(2), 2019.

Ringraziamenti

L'autore U. Palmieri è stato sostenuto con fondi dell'Università Luigi Vanvitelli nell'ambito del programma Valere Plus, annuncio D.R. 102 del 01/02/2019.

Nota finale

Le autocitazioni sono menzionate al solo scopo di dare corpo alle questioni qui riportate, richiamando le fasi propedeutiche alla disamina che qui si è presentata.

Adriana Rossi

Professore Ordinario presso il Dipartimento di Ingegneria dell'Università degli Studi della Campania Luigi Vanvitelli – Aversa (CE), Italia.

- Full Professor at the Department of Engineering of Università degli Studi della Campania Luigi Vanvitelli – Aversa (CE), Italy. adriana.rossi@unicampania.it

Umberto Palmieri

Assegnista di ricerca presso il Dipartimento di Ingegneria dell'Università degli Studi della Campania Luigi Vanvitelli – Aversa (CE), Italia.

- Postdoctoral researcher at the Department of Engineering of Università degli Studi della Campania Luigi Vanvitelli – Aversa (CE), Italy.

umberto.palmieri@unicampania.it