

Il Building Information Modeling per la documentazione e gestione del patrimonio costruito: il caso studio del polo universitario di Coppito

Stefano Brusaporci
Pamela Maiezza
Alessandra Tata
Giovanni Floris
Luca Vespasiano

Abstract

Alla luce delle normative in fatto di BIM e appalti pubblici e dell'importanza crescente assunta dalla modellazione informativa nella gestione dei processi edilizi, l'Università degli Studi dell'Aquila ha deciso di digitalizzare il proprio patrimonio immobiliare realizzando i modelli BIM dei propri edifici. Obiettivo di tale processo ad oggi in corso di sviluppo, è la possibilità di mantenere e gestire il proprio patrimonio in maniera più efficiente, grazie al supporto di modelli digitali nei quali archiviare, gestire e condividere le diverse informazioni riguardanti i fabbricati.

Il contributo mostra un primo esito di un'attività di ricerca che si inserisce in tale processo di digitalizzazione. In particolare, viene presentato il caso studio dell'edificio "Angelo Camillo De Meis" appartenente al polo universitario di Coppito, per il quale è stato realizzato il modello BIM da utilizzare per la sua gestione e manutenzione e, inoltre, come sperimentazione volta alla definizione di un protocollo per un fascicolo del fabbricato in ambiente BIM.

Parole chiave

HBIM, documentazione del costruito, facility management (FM).



Modellazione HBIM
per la documentazione
e gestione del polo
universitario di Coppito.
Elaborazione degli autori.

Introduzione

Alla luce delle cogenti normative in fatto di BIM e appalti pubblici e della centralità sempre maggiore assunta dalla modellazione informativa nella gestione dei processi edilizi, l'Università degli Studi dell'Aquila ha deciso di digitalizzare il proprio patrimonio immobiliare realizzando i modelli BIM dei propri edifici. Obiettivo di tale processo ad oggi in corso di sviluppo, è la possibilità di mantenere e gestire il proprio patrimonio in maniera più efficiente, grazie al supporto di modelli digitali nei quali archiviare, gestire e condividere le diverse informazioni riguardanti i fabbricati. Le Pubbliche Amministrazioni, oggi, devono confrontarsi con un quadro normativo nazionale che, con il D. M. n. 560 del 1° dicembre 2017 (cosiddetto Decreto BIM), il D. M. n. 312 del 02 agosto 2021 e, in ultimo, il D. lgs. n. 36 del 2023 (Nuovo Codice degli Appalti), sta introducendo gradualmente l'obbligatorietà dell'utilizzo del BIM negli appalti pubblici. Per far fronte alle nuove esigenze scaturite dagli indirizzi legislativi, dunque, gli uffici tecnici stanno avviando un percorso di adeguamento finalizzato a dotarsi degli strumenti necessari alla gestione dei processi edilizi in ambiente BIM. Alla ormai prossima obbligatorietà dell'uso del BIM si aggiungono, inoltre, i vantaggi offerti dall'uso di modelli informativi interoperabili in tutte le fasi del processo edilizio, compresa quella di uso e manutenzione dell'edificio.



Fig. 1. L'edificio "Angelo Camillo De Meis", appartenente al polo universitario di Coppito dell'Università degli Studi dell'Aquila. Elaborazione degli autori.

Il BIM, inteso come contenitore di informazioni concernenti tanto la geometria quanto i contenuti informativi non geometrici, all'interno del quale confluiscono tutti gli aspetti relativi al processo edilizio, rappresenta una base affidabile per prendere decisioni, offrendosi come valido strumento sia per pianificare che per gestire gli interventi manutentivi in tutte le diverse fasi (dall'appalto alla realizzazione). In quest'ottica di efficientamento della gestione del patrimonio immobiliare tramite strumenti digitali, sancito anche a livello normativo, si colloca la decisione dell'Università degli Studi dell'Aquila di dotarsi di modelli BIM dei propri edifici. Il contributo mostra un primo esito di un'attività di ricerca che si inserisce in tale processo di digitalizzazione del patrimonio edilizio dell'Università dell'Aquila. In particolare, viene presentato il caso studio dell'edificio "Angelo Camillo De Meis" appartenente al polo universitario di Coppito, per il quale è stato realizzato il modello BIM da utilizzare successivamente per la sua gestione e manutenzione (fig. 1). La presente sperimentazione, inoltre, ricade nell'ambito di una ricerca più ampia, volta alla definizione di un protocollo per la realizzazione di un fascicolo del fabbricato in ambiente BIM.

Stato dell'arte

Nell'ambito del *Facility Management* (FM), la conoscenza del fabbricato e la gestione dei dati e delle informazioni gioca un ruolo fondamentale: sapere quali sono le caratteristiche tecnico-costruttive dell'edificio, compresi i diversi interventi manutentivi effettuati nel tempo, e garantire la completa accessibilità a tali informazioni da parte di tutti i professionisti coinvolti,

è fondamentale per poter prendere consapevolmente le decisioni riguardanti la gestione e la conservazione dell'edificio [Acierno et al. 2017; Brusaporci et al. 2019; Raco et al. 2021]. Il *Building Information Modeling* (BIM), con la sua base informativa condivisa e collegata ad una rappresentazione tridimensionale che facilita l'accesso alle informazioni, si offre quale strumento di grande interesse.

Una documentazione completa dell'edificio relativa a tutti gli aspetti e una organizzazione delle informazioni in maniera strutturata costituiscono il fondamento di una efficace gestione del costruito, resa possibile dall'ambiente interoperabile BIM [Apollonio et al. 2017; Allegra et al. 2020; Parisi et al. 2017].

Nel caso di edifici esistenti, tuttavia, è importante considerare che potrebbe non essere possibile raggiungere una conoscenza completa del fabbricato, anzi, nella maggior parte dei casi si avranno Livelli di Sviluppo (LOD) eterogenei per i diversi componenti architettonici, a seconda della presenza o meno delle relative informazioni. Il contenuto informativo del modello HBIM (*Historic Building Information Modeling*), dunque, dipenderà anche dalla disponibilità delle informazioni e non solo dal livello prescelto per soddisfare le proprie necessità [Brusaporci et al. 2020].

Strettamente connesso al tema del facility management attraverso il modello BIM è quello del *digital twin*, ossia una replica digitale dell'edificio che, grazie a una rete sensorica di monitoraggio, simula in tempo reale il suo comportamento [Shishehgarckhaneh et al. 2022]. Nel settore della ricerca scientifica diversi sono gli approcci portati avanti sui *digital twin* sviluppati a partire da modelli BIM. Ciò che li accomuna è il combinare le potenzialità della modellazione informativa con i sensori e *Internet of Things* (IoT), per una manutenzione dell'edificio più efficiente e vantaggiosa.

Per avere una descrizione più completa di un edificio e, quindi, una base esaustiva ed affidabile per comprendere e gestire le sue prestazioni, sono stati studiati dei prototipi basati sul web che collegano i dati registrati dai sensori al modello BIM [Rogage et al. 2020].

Molte linee di ricerca hanno inoltre sfruttato le potenzialità della Visual Programming Language (VPL) e del linguaggio di programmazione Python per ottenere uno scambio di dati automatizzato e dinamico tra i sistemi IoT e il modello BIM [Desogus et al. 2021]. La VPL viene impiegata anche per ottenere l'interoperabilità tra BIM e GIS, sempre nell'ottica della realizzazione di un *digital twin* [Sammartano et al. 2021].

Infine, nel contesto della manutenzione degli edifici, è imprescindibile menzionare il fascicolo del fabbricato, quale strumento concepito per rispondere alla crescente richiesta di una maggior trasparenza nella conoscenza e nella documentazione dello stato di conservazione del patrimonio esistente.

Sebbene ad oggi non sia uno strumento pienamente operativo a causa delle difficoltà nella sua predisposizione, il BIM può offrire una importante opportunità per la realizzazione di un fascicolo del fabbricato digitale. In particolare, una carta d'identità BIM dell'edificio può amplificarne i vantaggi, offrendosi come strumento dinamico di documentazione e analisi dello stato di conservazione e, di conseguenza, come strumento per individuare e pianificare in maniera ottimale gli interventi necessari per mantenere l'edificio efficiente in tutte le sue componenti e sotto diversi aspetti: energetici, statici, prestazionali e di sicurezza [Brusaporci et al. 2023].

Documentazione e rilievo

Per la realizzazione del modello BIM del caso studio è stato necessario, innanzitutto, avviare una campagna conoscitiva che indagasse l'edificio in tutti i suoi aspetti, da quello geometrico-dimensionale a quello costruttivo, passando per quello tecnico - impiantistico e per lo storico degli interventi subiti nel corso del tempo.

L'edificio "Angelo Camillo De Meis" è stato oggetto di un rilievo digitale che ha visto l'integrazione di laser scanner terrestre (TLS) e fotogrammetria aerea da drone (UAV) (fig. 2).

I fronti e l'atrio dell'edificio sono stati rilevati con il laser scanner Faro S70 con il quale sono state effettuate 39 scansioni con una risoluzione di 1/5, corrispondente a una distanza tra i

Fig. 2. Viste della nuvola di punti del caso studio. Elaborazione degli autori.



punti di 7.7 mm a 10 m dallo strumento. Le scansioni raw sono state poi elaborate e registrate all'interno del software Scene. Per il rilievo fotogrammetrico è stato scelto un drone compatto ultraleggero (DJI Mini 2), anche in considerazione della presenza di strade trafficate attorno all'area e della vicinanza all'eliporto dell'ospedale regionale. Sono stati realizzati tre voli della durata di circa 20 minuti l'uno, durante i quali sono stati eseguiti complessivamente 270 scatti con risoluzione 4000x2250 px. Fatta eccezione per una trentina di scatti zenitali, i restanti sono stati realizzati a quadro inclinato per una migliore descrizione delle facciate. Per l'elaborazione delle immagini è stato impiegato il software Agisoft Metashape. La nuvola di punti fotogrammetrica è stata poi unita con quella acquisita da laser scanner, divenendo la base per la modellazione geometrica.

A fianco del rilievo geometrico-dimensionale è stata poi condotta un'analisi archivistico-documentale volta a studiare gli aspetti non direttamente indagabili, come il sistema costruttivo (fig. 3). I documenti consultati presso l'Archivio dell'Ufficio Tecnico dell'Università (perlopiù tavole di progetto ma anche relazioni tecniche) hanno dunque permesso di ricostruire l'apparecchiatura costruttiva dell'edificio e hanno aiutato nella definizione dei sistemi impiantistici. Inoltre, la ricerca archivistica è stata utile per dar conto anche delle modifiche subite dall'edificio in seguito agli interventi di manutenzione e adeguamento alle diverse esigenze.

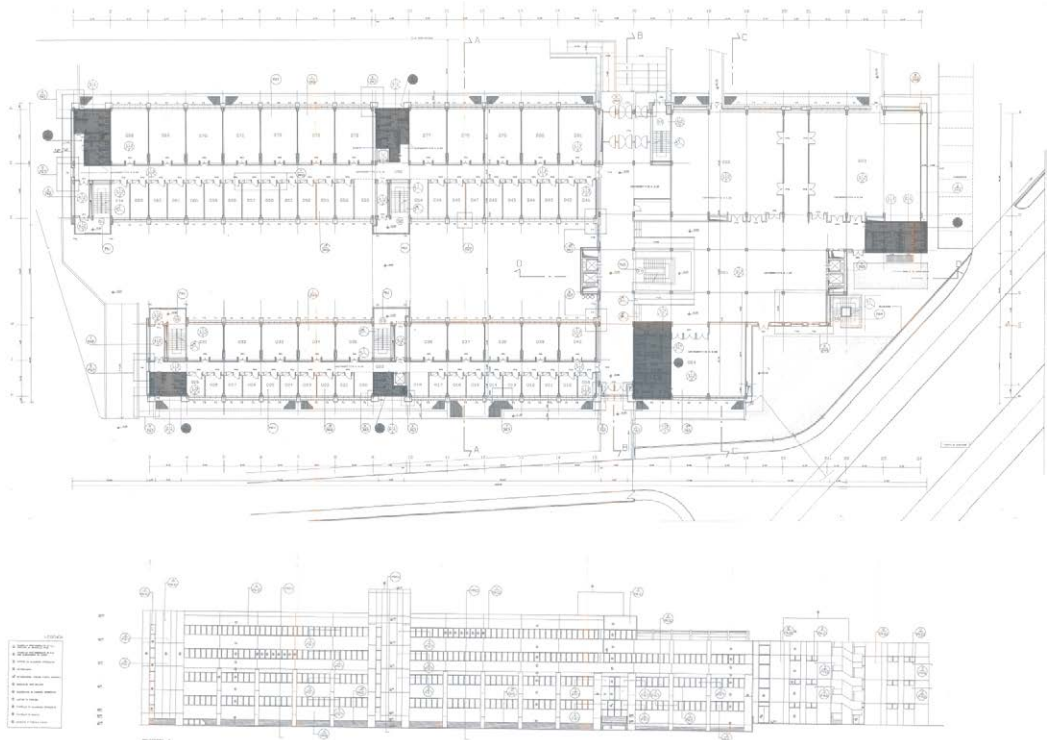


Fig. 3. Disegni di progetto dell'edificio (da: Archivio Ufficio Tecnico dell'Università degli Studi dell'Aquila). Elaborazione degli autori.

La modellazione parametrica dell'edificio "Angelo Camillo De Meis"

La fase di modellazione è stata realizzata mediante l'utilizzo del software Autodesk Revit 2023, con l'obiettivo di ottenere un modello parametrico affidabile e ben strutturato, facilmente utilizzabile per la gestione, che potesse poi essere implementato agevolmente durante la fase di utilizzo, anche in caso di futuri interventi manutentivi (fig. 4).



Fig. 4. Rendering del modello BIM dell'edificio "Angelo Camillo De Meis". Elaborazione degli autori.

Il caso studio scelto è un edificio regolare costruito all'inizio degli anni Novanta, caratterizzato da una struttura di travi e pilastri in calcestruzzo armato e da un'architettura modulare, completamente compatibile con la logica BIM. Data la natura dell'edificio, quindi, per la realizzazione del modello BIM sono state implementate le librerie esistenti mediante la creazione di nuove famiglie tipizzate e parametriche (fig. 5).

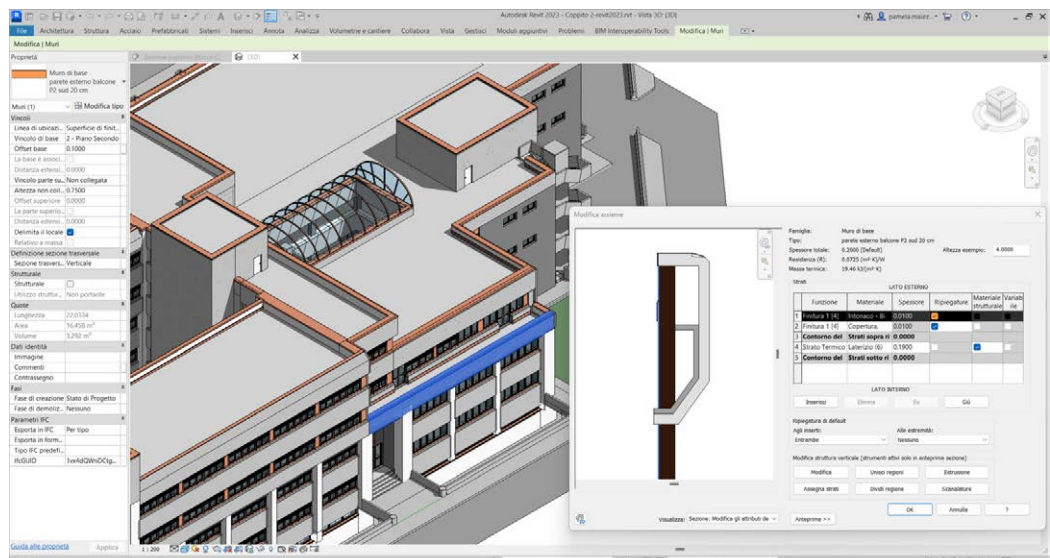


Fig. 5. La modellazione BIM del caso studio: particolare di una chiusura verticale. Elaborazione degli autori.

Le famiglie di sistema (chiusure verticali e orizzontali), sono state modellate con un livello di sviluppo geometrico elevato, sulla base delle informazioni, anche costruttive, raccolte durante la fase di ricerca archivistico documentale ed estrapolate dai progetti originali dell'immobile.

Per quanto riguarda le famiglie caricabili (per esempio le aperture), ogni elemento è stato modellato sulla base di piani di riferimento specifici, utilizzati come vincoli per la modifica dei parametri dimensionali, garantendo così l'adattabilità delle componenti. I parametri hanno riguardato gli attributi materici, dimensionali e relazionali dei singoli elementi.

Gli elementi sono stati parametrizzati sia in pianta che in alzato e tali parametri hanno riguardato: la larghezza, l'altezza e la profondità delle aperture, le dimensioni e gli spessori delle ante e degli infissi, la posizione di questi ultimi rispetto allo spessore del muro. Questo approccio ha consentito di creare delle nuove famiglie dettagliate e altamente parametrizzate, facilmente aggiornabili per rispondere alle esigenze future e riutilizzabili in vari contesti, soprattutto nell'ottica di modellare in BIM anche gli altri edifici del polo universitario di Coppito (figg. 6, 7).

Infine, per garantire una struttura chiara e organizzata delle informazioni, facilitandone la fruizione e l'aggiornamento futuro, il modello HBIM è stato predisposto per la successiva informatizzazione attraverso la creazione di nuovi parametri, suddivisi in parametri generali e parametri legati agli oggetti tridimensionali, distinti per tipologia e proprietà.



Fig. 6. Sezioni dell'edificio in ambiente BIM. Elaborazione degli autori.

Conclusioni

La creazione di modelli BIM per la gestione degli immobili rappresenta un passo significativo nell'evoluzione dell'intero processo edilizio. Uno degli aspetti fondamentali di tale procedura per la gestione degli immobili è la centralizzazione dei dati, che porta da un lato a una maggiore facilità e speditezza nell'accesso e interrogazione degli stessi e dall'altro a una riduzione delle incoerenze e a un incremento della loro affidabilità.

Infatti, ai fini decisionali e gestionali, vengono inserite all'interno dei modelli solo le informazioni aggiornate e derivanti da fonti affidabili, sfuggendo il rischio di incorrere in informazioni obsolete o poco attendibili. Sebbene l'applicazione del BIM agli edifici esistenti presenti tuttora delle difficoltà aggiuntive rispetto al suo utilizzo per la progettazione e costruzione del nuovo, riguardanti in particolar modo le tematiche relative alla conoscenza, il suo utilizzo è ormai imprescindibile anche per il patrimonio costruito, soprattutto se pubblico, sia per motivi normativi che gestionali. Superando le sfide legate alla raccolta e gestione dei dati,

infatti, questa metodologia consente di ottenere una visione completa e dettagliata delle condizioni degli edifici, facilitando la pianificazione delle attività di manutenzione, il rinnovo e miglioramento, nonché la gestione dei rischi e della sicurezza.

Il modello BIM dell'edificio universitario "Angelo Camillo De Meis", quale database interoperabile nel quale sono state fatte confluire tutte le informazioni ad oggi disponibili sull'edificio, costituisce una base affidabile e aggiornata sulla quale impostare tutte le diverse operazioni riguardanti il fabbricato: dalla manutenzione ordinaria agli interventi più significativi, passando per la fase di gestione dell'immobile che in futuro potrà essere ulteriormente sviluppata con l'integrazione del modello con una rete di monitoraggio ambientale, ad oggi in corso di montaggio.

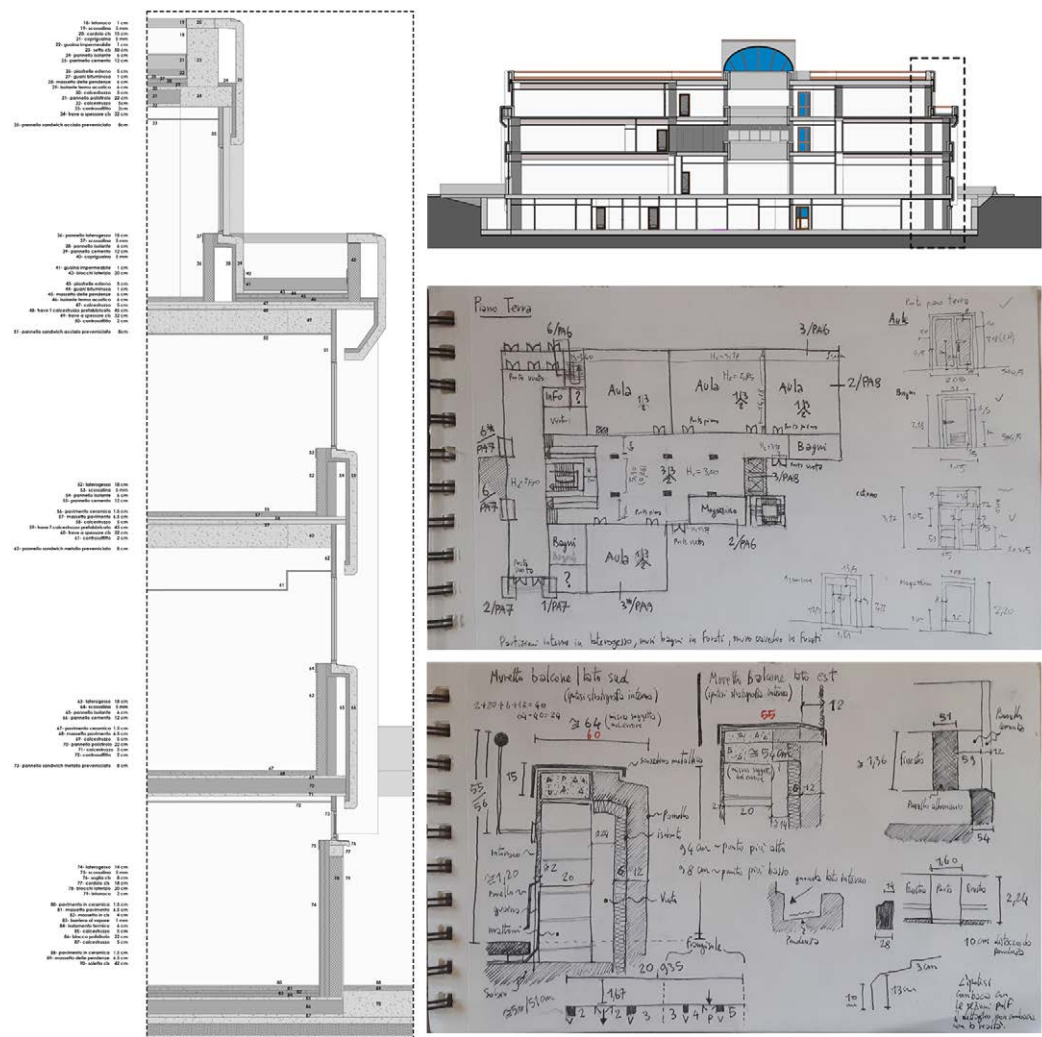


Fig. 7. L'Apparecchiatura costruttiva dell'edificio: particolare della sezione trasversale ed eidotipi di rilievo. Elaborazione degli autori.

Ringraziamenti e crediti

Il presente studio è stato realizzato nell'ambito del Progetto "SICURA - CASA INTELLIGENTE DELLE TECNOLOGIE PER LA SICUREZZA CUP C19C20000520004 - Piano di investimenti per la diffusione della banda ultra larga FSC 2014-2020", di cui si riconosce il parziale supporto finanziario. Questo lavoro è stato parzialmente sostenuto dal PNRR ICSC National Research Centre for High Performance Computing, Big Data and Quantum Computing (CN0000013), nell'ambito del programma NRRP MUR finanziato dalla NextGenerationEU.

Riferimenti bibliografici

- Acierno M., et al. (2017). Architectural heritage knowledge modelling: An ontology-based framework for conservation process. In *Journal of Cultural Heritage*, 24, pp. 124-133.
- Allegra V., et al. (2020). Scan-to-Bim for the Management of Heritage Buildings: the Case Study of the Castle of Maredolce (Palermo, Italy). In *Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci.*, XLIII-B2-2020, pp. 1355-1362.
- Apollonio F., Gaiani M., Sun Z. (2017). A reality integrated BIM for architectural heritage conservation. In Ippolito A. (a cura di). *Handbook of research on emerging technologies for architectural and archaeological heritage*, pp. 31-65. Hershey: IGI Global.
- Brusaporci S., Maiezza P., Tata A. (2023). The HBIM for the building dossier. In Balzani M., et al. (a cura di). *Research Innovation and Internationalisation*, pp. 43-51. Santarcangelo di Romagna: Maggioli.
- Brusaporci S., Tata A., Maiezza P. (2020). Toward a new point of view: the H-BIM procedure. In Trentin A. (a cura di). *CHANCES Practices, spaces and buildings in cities' transformation*. International Conference, 24th October 2019, pp. 403-413. Alma Mater Studiorum - Università di Bologna.
- Brusaporci S., et al. (2019). Per una riflessione teorico-metodologica sulla procedura HBIM di modellazione informativa dei beni architettonici. In Belardi P. (a cura di). *Riflessioni L'arte del disegno / Il disegno dell'arte*, pp. 449-456. Roma: Gangemi.
- Desogus G. et al. (2021). BIM and IoT Sensors Integration: A Framework for Consumption and Indoor Conditions Data Monitoring of Existing Buildings. In *Sustainability*, vol. 13, n. 8, 4496.
- Parisi P., Lo Turco M., Giovannini E.C. (2019). The value of knowledge through HBIM Models: Historic documentation with a semantic approach. In *Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci.*, XLII-2/W9, pp. 581-588.
- Raco F., Stefani M., Balzani M., Ferrari L. (2021). Toward effective project documentation, transparency and data-driven decision-making through bim-blockchain based applications. In *Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci.*, XLVI-4/W5-2021, pp. 437-444.
- Rogge K. et al. (2019). Assessing building performance in residential buildings using BIM and sensor data. In *International Journal of Building Pathology and Adaptation*, n. 38, pp. 176-191.
- Sammartano, G., et al. (2021). Hybrid GIS-BIM Approach for the Torino Digital-Twin: The Implementation of a Floor-Level 3d City Geodatabase. In *Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci.*, vol. XLIII-B4-2021, pp. 423-430.
- Shishegarkhaneh M. B., et al. (2022). Internet of Things (IoT), Building Information Modeling (BIM), and Digital Twin (DT) in construction industry: a review, bibliometric, and network analysis. In *Buildings*, vol. 12, n. 10, p. 1503.

Autori

Stefano Brusaporci, Università degli Studi dell'Aquila, stefano.brusaporci@univaq.it
Pamela Maiezza, Università degli Studi dell'Aquila, pamela.maiezza@univaq.it
Alessandra Tata, Università degli Studi dell'Aquila, alessandra.tata@univaq.it
Giovanni Floris, Università degli Studi dell'Aquila, giovanni.floris@student.univaq.it
Luca Vespasiano, Università degli Studi dell'Aquila, luca.vespasiano@univaq.it

Per citare questo capitolo: Stefano Brusaporci, Pamela Maiezza, Alessandra Tata, Giovanni Floris, Luca Vespasiano (2024). CII Building Information Modeling per la documentazione e gestione del patrimonio costruito: il caso studio del polo universitario di Coppito/Building Information Modeling for the documentation and management of the built heritage: the case study of the Coppito university campus. In Bergamo F., Calandriello A., Ciammaichella M., Friso I., Gay F., Liva G., Monteleone C. (a cura di). *Misura / Dismisura. Atti del 45° Convegno Internazionale dei Docenti delle Discipline della Rappresentazione/Measure / Out of Measure. Transitions. Proceedings of the 45th International Conference of Representation Disciplines Teachers*. Milano: FrancoAngeli, pp. 957-972.

Building Information Modeling for the documentation and management of the built heritage: the case study of the Coppito university campus

Stefano Brusaporci
Pamela Maiezza
Alessandra Tata
Giovanni Floris
Luca Vespasiano

Abstract

In consideration of the BIM and public procurement regulations and the increasing importance of information modelling in the management of building processes, the University of L'Aquila decided to digitize its real estate assets by producing BIM models of its buildings. The objective of this process, which is currently under development, is the possibility to maintain and manage its heritage more efficiently, thanks to the support of digital models in which to store, manage and share the different information regarding the buildings.

The paper presents a first result of a research activity that is part of this digitisation process. In particular, it presents the case study of the 'Angelo Camillo De Meis' building, part of the Coppito University campus, for which the BIM model was created to be used for its management and maintenance, and also as an experiment aimed at defining a protocol for a building dossier in a BIM environment.

Keywords

HBIM, building documentation, facility management (FM).



HBIM modelling for the documentation and management of the Coppito University campus. Elaboration by the authors.

Introduction

In consideration of the compulsory regulations on BIM and public procurement and the increasing centrality assumed by information modelling in the management of building processes, the University of L'Aquila has decided to digitise its real estate assets by realising BIM models of its buildings. The objective of this process, which is currently under development, is the possibility to maintain and manage its assets more efficiently, thanks to the support of digital models in which to store, manage and share the various information concerning the buildings. Public Administrations, nowadays, have to deal with a national regulatory framework that, with Ministerial Decree no. 560 of 1 December 2017 (the so-called BIM Decree), Ministerial Decree no. 312 of 02 August 2021 and, lastly, Legislative Decree no. 36 of 2023 (the New Procurement Code), is gradually introducing the compulsory use of BIM in public tenders. In order to meet the new requirements arising from the legislative guidelines, therefore, the technical offices are embarking on a process of adaptation aimed at equipping themselves with the necessary tools to manage building processes in a BIM environment. In addition to the now imminent compulsory adoption of BIM, there are also the advantages offered by the use of interoperable information models at all stages of the building process, including the use and maintenance of the building. The BIM, understood as a container of information concerning both geometry and non-geometrical information content, within



Fig. 1. The 'Angelo Camillo De Meis' building of the Coppito University Campus of the University of L'Aquila. Elaboration by the authors.

which all aspects of the building process converge, represents a reliable basis for decision-making, offering itself as a valid tool for both planning and management of maintenance interventions in all the different phases (from procurement to realisation).

The University of L'Aquila's decision to equip itself with BIM models of its buildings is part of this drive to improve the efficiency of its real estate management through digital tools, which is also enshrined in legislation.

The paper presents the first results of a research activity that is part of the digitisation process of the building heritage of the University of L'Aquila. In particular, it presents the case study of the 'Angelo Camillo De Meis' building, part of the Coppito University Campus, for which the BIM model was created to be used subsequently for its management and maintenance (fig. 1). Furthermore, this experiment is part of a broader research aimed at defining a protocol for the realisation of a building dossier in a BIM environment.

State of the art

In the context of Facility Management (FM), the knowledge of the building and the management of data and information play a fundamental role: knowing the technical-constructive characteristics of the building, including the different maintenance interventions carried out over time, and ensuring the full accessibility of this information by all the professionals involved, is fundamental in order to be able to make informed decisions regarding the man-

agement and conservation of the building [Acierno et al. 2017; Brusaporci et al. 2019; Raco et al. 2021]. Building Information Modeling (BIM), with its shared information base linked to a three-dimensional representation that facilitates access to information, offers itself as a very interesting tool. A complete documentation of the building related to all aspects and an organisation of the information in a structured manner are the foundation of an efficient building management, made possible by the interoperable BIM environment [Apollonio et al. 2017; Allegra et al. 2020; Parisi et al. 2017].

In the case of existing buildings, however, it is important to consider that it may not be possible to achieve a complete understanding of the building; indeed, in most cases there will be heterogeneous Levels of Development (LOD) for the different architectural components, depending on the presence or absence of the relative information. The information content of the HBIM (Historic Building Information Modeling) model, therefore, will also depend on the availability of information and not only on the level chosen to meet its needs [Brusaporci et al. 2020].

Closely related to the issue of facility management through the BIM model is that of the digital twin, i.e. a digital replica of the building that simulates its behaviour in real time thanks to a network of sensors [Shishehgarkhaneh et al. 2022].

In the area of scientific research, different approaches to digital twins developed from BIM models are being pursued. What they have in common is that they combine the potential of information modelling with sensors and the Internet of Things (IoT) for more efficient and beneficial building maintenance.

In order to have a more complete description of a building and, thus, a comprehensive and reliable basis for understanding and managing its performance, web-based prototypes have been studied that link data collected by sensors to the BIM model [Rogage et al. 2020].

Many lines of research have also exploited the potential of the Visual Programming Language (VPL) and the Python programming language to achieve automated and dynamic data exchange between IoT systems and the BIM model [Desogus et al. 2021]. VPL is also used to achieve interoperability between BIM and GIS, again with the aim of achieving a digital twin [Sammartano et al. 2021].

Finally, in the context of building maintenance, it is essential to mention the building dossier as a tool to meet the growing demand for greater transparency in the knowledge and documentation of the state of conservation of the existing heritage. Although it is not yet a fully operational tool due to difficulties in its preparation, BIM can offer an important opportunity for the realisation of a digital building dossier.

In particular, a BIM identity card of the building can enhance its advantages, offering itself as a dynamic tool for documenting and analysing the state of conservation and, consequently, as a tool for optimally identifying and planning the interventions needed to maintain the building's efficiency in all its components and from different aspects: energy, static, performance and safety [Brusaporci et al. 2023].

Documentation and survey

In order to create the BIM model of the case study, it was first necessary to launch a cognitive campaign to study the building in all its aspects, from the geometric-dimensional to the constructive, from the technical-planting to the history of the interventions carried out over time. The 'Angelo Camillo De Meis' building has been the subject of a digital survey integrating terrestrial laser scanner (TLS) and aerial photogrammetry from a drone (UAV) (fig. 2). The facades and the atrium of the building were surveyed using the Faro S70 laser scanner, which took 39 scans with a resolution of 1/5, corresponding to a point spacing of 7.7 mm at a distance of 10 m from the instrument. The raw scans were then processed and recorded using Scene software. An ultra-light compact drone (DJI Mini 2) was chosen for the photogrammetric survey, also due to the presence of busy roads in the area and the proximity of the regional hospital heliport. Three flights of about 20 minutes each were made, taking a total of 270 photos at a resolution of 4000x2250 px. With the exception of about thirty



Fig. 2. Point cloud views of the case study. Elaboration by the authors.

zenith shots, the rest were taken at an oblique angle to better describe the facades. Agisoft Metashape software was used for image processing. The photogrammetric point cloud was then combined with that from the laser scanner to form the basis of the geometric modelling. In addition to the geometric-dimensional survey, an archival-documentary analysis was then carried out to study aspects that could not be studied directly, such as the construction system (fig. 3). The documents consulted in the archives of the University's Technical Office (mainly project drawings, but also technical reports) made it possible to reconstruct the building's structural equipment and helped to define the plant systems. The archival research was also useful in providing an account of the changes the building has undergone as a result of maintenance and adaptation work.

Parametric modelling of the 'Angelo Camillo De Meis' building

The modelling phase was carried out using the Autodesk Revit 2023 software, with the aim of obtaining a reliable and well-structured parametric model that could be easily used by the management, and which could then be easily implemented during the use phase, also

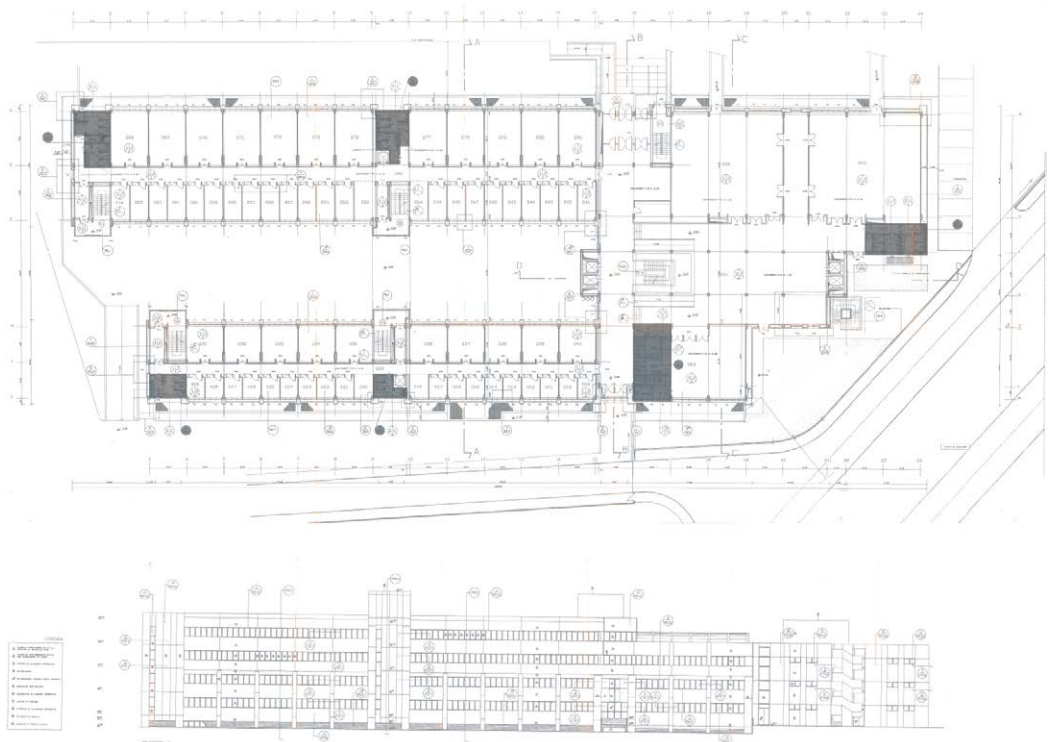


Fig. 3. Project drawings of the building (from: Technical Office Archive of the University of L'Aquila). Elaboration by the authors.

in the case of future maintenance work (fig. 4). The chosen case study is a regular building constructed in the early 1990s, characterised by a structure of reinforced concrete beams and pillars and a modular architecture, which is fully compatible with BIM logic. Therefore, given the nature of the building, existing libraries were implemented for the realisation of the BIM model by creating new typed and parametric families (fig. 5).



Fig. 4. Rendering of the BIM model of the 'Angelo Camillo De Meis' building. Elaboration by the authors.

The families of system (vertical and horizontal closures) were modelled with a high degree of geometric development, based on information gathered during the archival documentary research phase, including construction information extrapolated from the original plans of the building. In the case of loadable families (e.g. openings), each element was modelled on the basis of specific reference planes, which were used as constraints for the modification of dimensional parameters, thus ensuring the adaptability of the components. The parameters

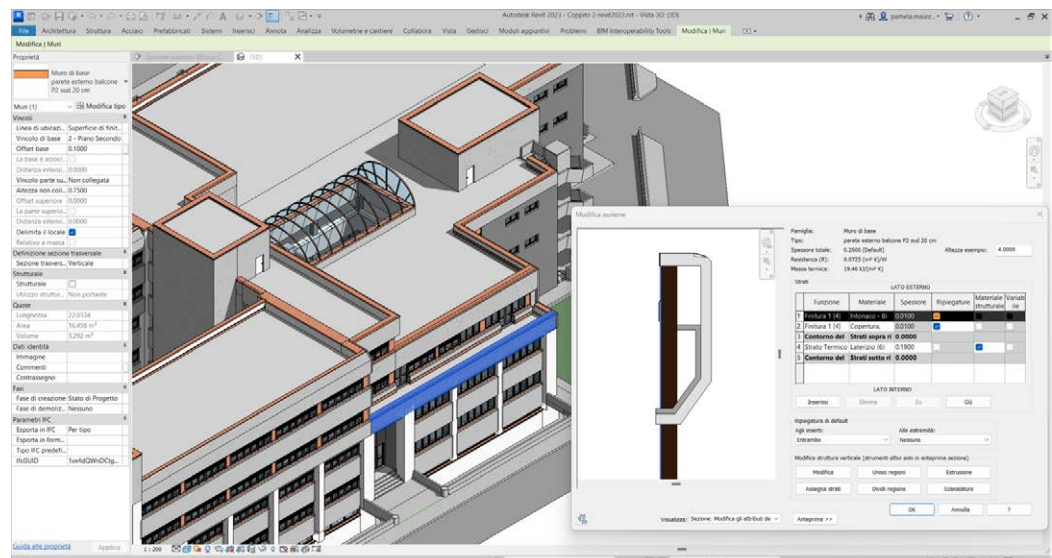


Fig. 5. BIM modelling of the case study: detail of a vertical closure. Elaboration by the authors.

included the material, dimensional and relational attributes of each element. The elements were parameterised both in plan and in elevation, and these parameters included the width, height and depth of the openings, the dimensions and thicknesses of the sashes and frames, and the position of the latter in relation to the thickness of the wall.

This approach made it possible to create new detailed and highly parameterised families that could be easily updated to meet future needs and reused in different contexts, especially with a view to modelling the other buildings of the Coppito University campus in BIM (figs. 6, 7). Finally, in order to ensure a clear and organised structure of the information, facilitating its use and future updating, the HBIM model has been prepared for subsequent information enrichment through the creation of new parameters, divided into general parameters and parameters related to three-dimensional objects, distinguished by type and characteristics.

Conclusion

The creation of BIM models for building management represents a significant step in the evolution of the entire building process. One of the fundamental aspects of such a building management procedure is the centralisation of data, which leads to easier and faster access and querying of data, as well as a reduction in inconsistencies and an increase in their reli-

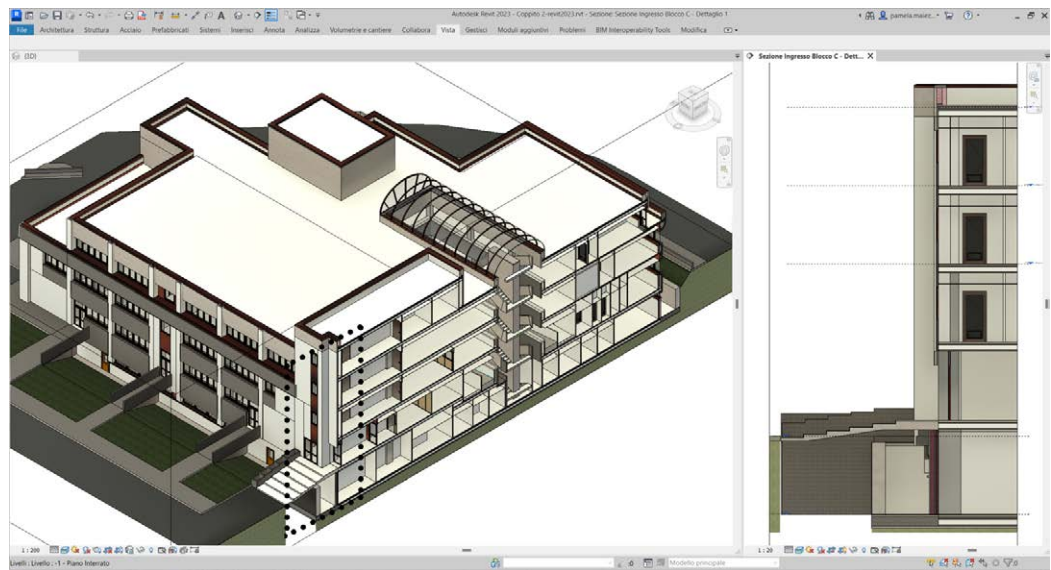


Fig. 6. Sections of the building in the BIM environment. Elaboration by the authors.

ability. In fact, only updated information from reliable sources is included in the models for decision-making and management purposes, thus avoiding the risk of outdated or unreliable information.

Although the application of BIM to existing buildings still presents additional difficulties compared to its use in the design and construction of new buildings, particularly in terms of knowledge, its use is now indispensable also for the built heritage, especially when it is public, for both regulatory and management reasons.

By overcoming the challenges of data collection and management, this methodology provides a comprehensive and detailed view of the condition of buildings, facilitating the planning of maintenance, renovation and improvement activities, as well as risk and safety management. The BIM model of the 'Angelo Camillo De Meis' University building, as an interoperable database in which all the information currently available about the building has been incorporated, represents a reliable and up-to-date basis for all the different operations concerning the building: from ordinary maintenance to the most significant interventions,

passing through the building management phase, which can be further developed in the future by integrating the model with an environmental monitoring network that is currently being set up.

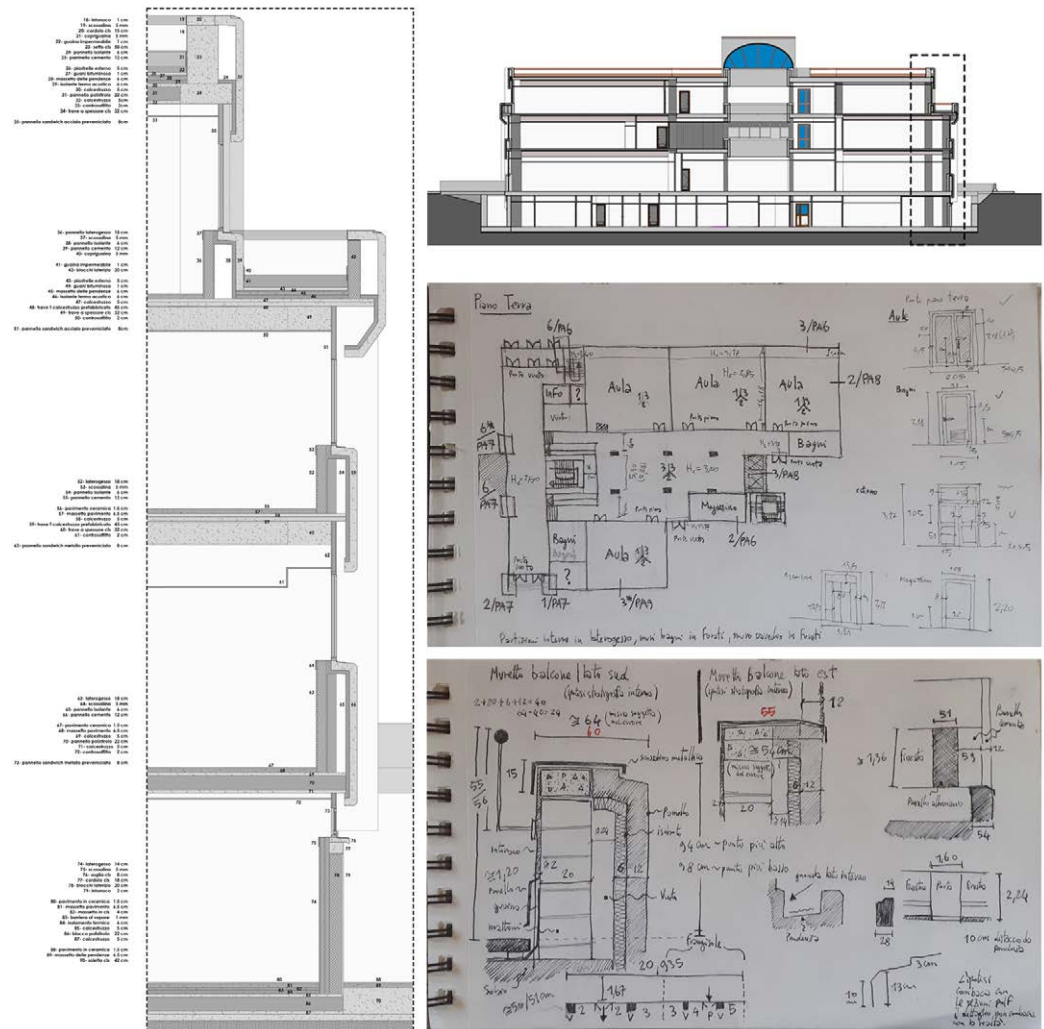


Fig. 7. Construction equipment of the building: section detail and survey eidotypes. Elaboration by the authors.

Acknowledgements and credits

The present study has been carried out in the framework of the Project "SICURA – CASA INTELLIGENTE DELLE TECNOLOGIE PER LA SICUREZZA CUP C19C20000520004 – Piano di investimenti per la diffusione della banda ultra larga FSC 2014-2020", whose partial financial support is acknowledged. This work has been partially supported by the Italian PNRR ICSC National Research Centre for High Performance Computing, Big Data and Quantum Computing (CN0000013), under the NRRP MUR program funded by the NextGenerationEU.

References

Acierno M., et al. (2017). Architectural heritage knowledge modelling: An ontology-based framework for conservation process. In *Journal of Cultural Heritage*, 24, pp. 124-133.

Allegra V., et al. (2020). Scan-to-Bim for the Management of Heritage Buildings: the Case Study of the Castle of Maredolce (Palermo, Italy). In *Int.Arch. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci.*, XLIII-B2-2020, pp. 1355-1362.

Apollonio F., Gaiani M., Sun Z. (2017). A reality integrated BIM for architectural heritage conservation. In Ippolito A. (Ed.). *Handbook of research on emerging technologies for architectural and archaeological heritage*, pp. 31-65. Hershey: IGI Global.

Brusaporci S., Maiezza P., Tata A. (2023). The HBIM for the building dossier. In Balzani M., et al. (Eds.). *Research Innovation and Internationalisation*, pp. 43-51. Santarcangelo di Romagna: Maggioli.

Brusaporci S., Tata A., Maiezza P. (2020). Toward a new point of view: the H-BIM procedure. In Trentin A. (Ed.). *CHANCES Practices, spaces and buildings in cities' transformation*. International Conference, 24th October 2019, pp. 403-413. Alma Mater Studiorum - Università di Bologna.

Brusaporci S., et al. (2019). Per una riflessione teorico-metodologica sulla procedura HBIM di modellazione informativa dei beni architettonici. In Belardi P. (Ed.). *Riflessioni L'arte del disegno / Il disegno dell'arte*, pp. 449-456. Roma: Gangemi.

Desogus G. et al. (2021). BIM and IoT Sensors Integration: A Framework for Consumption and Indoor Conditions Data Monitoring of Existing Buildings. In *Sustainability*, vol. 13, n. 8, 4496.

Parisi P., Lo Turco M., Giovannini E.C. (2019). The value of knowledge through HBIM Models: Historic documentation with a semantic approach. In *Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci.*, XLII-2/W9, pp. 581-588.

Raco F., Stefani M., Balzani M., Ferrari L. (2021). Toward effective project documentation, transparency and data-driven decision-making through bim-blockchain based applications. In *Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci.*, XLVI-4/W5-2021, pp. 437-444.

Rogage K. et al. (2019). Assessing building performance in residential buildings using BIM and sensor data. In *International Journal of Building Pathology and Adaptation*, n. 38, pp. 176-191.

Sammartano, G., et al. (2021). Hybrid GIS-BIM Approach for the Torino Digital-Twin: The Implementation of a Floor-Level 3d City Geodatabase. In *Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci.*, vol. XLIII-B4-2021, pp. 423-430.

Shishegarkhaneh M. B., et al. (2022). Internet of Things (IoT), Building Information Modeling (BIM), and Digital Twin (DT) in construction industry: a review, bibliometric, and network analysis. In *Buildings*, vol. 12, n. 10, p. 1503.

Authors

Stefano Brusaporci, University of L'Aquila, stefano.brusaporci@univaq.it

Pamela Maiezza, University of L'Aquila, pamela.maiezza@univaq.it

Alessandra Tata, University of L'Aquila, alessandra.tata@univaq.it

Giovanni Floris, University of L'Aquila, giovanni.floris@student.univaq.it

Luca Vespasiano, University of L'Aquila, luca.vespasiano@univaq.it

To cite this chapter: Stefano Brusaporci, Pamela Maiezza, Alessandra Tata, Giovanni Floris, Luca Vespasiano (2024). CII Building Information Modeling per la documentazione e gestione del patrimonio costruito: il caso studio del polo universitario di Coppito/Building Information Modeling for the documentation and management of the built heritage: the case study of the Coppito university campus. In Bergamo F., Calandriello A., Ciamaichella M., Friso I., Gay F., Liva G., Monteleone C. (Eds.). *Misura / Dismisura. Atti del 45° Convegno Internazionale dei Docenti delle Discipline della Rappresentazione/Measure / Out of Measure. Transitions. Proceedings of the 45th International Conference of Representation Disciplines Teachers*. Milano: FrancoAngeli, pp. 957-972.