

BIM-based information management processes for cultural heritage and digital maturity in Public Administration: a case history

Carlo Biagini^{1,*}, Andrea Bongini²

¹ Department of Architecture (DIDA), University of Florence, via della Mattonaia 8, 50121 Florence, Italy; carlo.biagini@unifi.it

² Department of Civil and Environmental Engineering (DICEA), University of Florence, via di Santa Marta 3, 50139 Florence, Italy; andrea.bongini@unifi.it

* corresponding author

Keywords

H-BIM, restoration, digital maturity, public administration, information management

Abstract

The introduction of Building Information Modelling (BIM) in public contracts in Italy has been a key driver of digitalisation in the construction sector in recent years. The new Public Contracts Code (Legislative Decree 36/2023) outlines a regulatory framework that makes the adoption of digital methods and tools mandatory in the design, construction and management of public works. In this context, the use of information modelling applied to cultural heritage (Heritage-BIM) is one of the most complex challenges for all those involved in the conservation, restoration and maintenance of historical and architectural heritage, as it often requires overcoming established practices for collecting and processing data and information, characterised by limited levels of computability and interoperability, which are poorly compatible with the more efficient BIM-based information exchange flows. This paper analyses the link between BIM-based information management of cultural heritage and the digital maturity of public administration, highlighting current critical issues and possible lines of development for a more aware clientele capable of effectively guiding digital processes while respecting the complexity and value of historical architecture. A case history is presented, concerning the multidisciplinary as-built information modelling of the Vasari Corridor in Florence, during the restoration of the monumental complex, as part of a third mission commissioned to the Department of Architecture of the University of Florence by the contractor. The BIM-based information management developed in the case study was then investigated through a SWOT analysis based on the scenarios proposed in the technical report UNI/TR 11337-2 (2021), concerning the efficiency of information flows in client processes.

1. Introduction

The introduction of Building Information Modelling (BIM) methodologies and tools in public procurement in Italy has been a key driver of modernisation in design and construction processes in the AECO (Architecture, Engineering, Construction, and Operations) sector in recent years. In particular, the principles of digital information management, as set out in the recent '*Codice dei Contratti Pubblici*' (D.Lgs 36/2023), now outline a regulatory framework that can no longer be

circumvented in public works contracts, especially in relations between the contracting public administration (PA) and the economic operators involved (architecture and engineering firms, construction companies, etc.).

In this context, the use of information modelling for cultural heritage (Heritage-BIM or H-BIM) is undoubtedly one of the most complex challenges for all those involved in the processes of conservation, restoration and maintenance of historical and architectural heritage, as it often requires overcoming established practices of data and information collection and processing, characterised by limited levels of computability and interoperability, which are poorly compatible with the more efficient BIM-based information exchange flows (Murphy et al., 2013).

On the other hand, the peculiarity of certain types of contracts in the cultural heritage sector¹ (public-private partnerships, sponsorship contracts, etc.) introduced to facilitate the participation of a variety of entities not classified as traditional economic operators in the management and enhancement of historical heritage in its countless forms, draws attention to the processes of etc.) introduced to facilitate the participation of a multitude of entities, not classifiable as traditional economic operators, in the management and enhancement of historical heritage in its countless forms, draws attention to the commissioning processes, which must now be able to configure each contract in digital terms. The public administration, therefore, plays a central role in ensuring their correct implementation. As the client/proposing entity, it is responsible for defining the framework of information requirements that must permeate the entire information delivery cycle, both during the contract execution phase (design and implementation of the intervention) and during the management and maintenance phase of the cultural heritage asset itself. However, the practical application of BIM-based information management processes, not only in the field of cultural heritage, frequently comes up against a low level of digital maturity on the part of public clients, which concerns not only the use of tools or platforms, but above all the ability to govern the information life cycle through formalised processes and appropriate skills.

This contribution aims to explore the link between BIM-based information management of cultural heritage and the digital maturity of the public administration, highlighting current critical issues and possible lines of development for a more aware clientele capable of effectively guiding digital processes while respecting the complexity and value of historical architecture. A case history will be presented, concerning the multidisciplinary as-built information modelling of the Vasari Corridor in Florence, during the restoration of the monumental complex, as part of a third mission commissioned to the Department of Architecture of the University of Florence by the contractor. At the end of the research, a SWOT analysis was carried out based on the scenarios proposed in the technical report UNI/TR 11337-2, 2021, which led to reflection on the “lessons learned” and how it is possible to effectively promote BIM-based information management processes even in complex projects in the field of cultural heritage in relation to the different levels of digital maturity of the public and private entities involved.

2. Digital maturity and regulatory framework

The coordinated production and management of design and construction information for a specific objective is a process based on the planning of work activities governed by particular implementation times, regardless of the contractual form adopted. Those involved must be able to carry out their activities in a precise order and in a manner defined as “collaborative work”. In this context, it is necessary for the production of information to follow unified processes, agreed-upon methods, and standards, ensuring uniformity in the form and quality of the data, allowing for its use and reuse without the need for modifications or interpretations (PAS 1192-2, 2013). From this perspective, the information model serves as the essential vehicle for the virtualisation of the project, enabling the implementation of digitalisation within the different disciplinary domains through a Common Data Environment (UNI 11337-1, 2017).

¹ Cfr. Codice dei Contratti (D.Lgs 36/2023) Titolo III: Contracts in the cultural heritage sector; in particular, Article 134 – Free contracts and special forms of partnership.

Although BIM is an IT technology that has been mature since the early 2000s and there has been significant industrial investment by leading international software companies in this market segment, it was only with the global financial crisis of 2009 that some northern European countries and the United States identified digital transition and the adoption of BIM-based processes as the fundamental tool for reviving the construction sector, which had been among the most brutal hit. The leader of all regulatory measures, which were then followed in the European Union and from there in Italy, is undoubtedly the 2011 *UK Government Construction Strategy* (GOV.UK, 2011), which set as one of its strategic objectives, through the Construction Digitalisation Plan and within a five-year timeframe, the achievement by the public administration of a digital maturity level of 2, according to a metric that assessed the digital skills of organisations and the computability of projects, also setting itself as a benchmark for private contracts. Digital maturity was essentially described as the ability of an organisation, a work group, or an entire supply chain to manage and utilise digital data effectively in the design, construction, and management of built assets from a technological, organisational, and cultural perspective. In particular, digital maturity level 2 was characterised by the following aspects: use of 3D parametric models, divided by discipline but shared in a common data environment (CDE); exchange of data and information in an open and interoperable format (e.g. IFC); coordination between participants through structured work processes and information exchange flows².

With the 2014 EU directives³, Italy also began the digital transition of public procurement in the construction sector, which, however, only became a regulatory requirement in 2017 with the implementation of decree of the Public Contracts Code⁴. The regulatory framework underwent a further significant change in 2023 about BIM with the new Public Contracts Code (D.Lgs. 36 of 31/03/2023), which extends the “principle of digitisation” and establishes it as the foundation of the “contract life cycle”, within which BIM becomes an integral part of the digital management of the contract itself and not just a design tool. Contracting authorities are assigned very stringent obligations and tasks, such as having their own Common Data Environment (CDE); having staff trained in the management of procurement processes; defining the information requirements for the organisation and management of their asset portfolio; and orienting information management towards the life cycle of the work, according to an approach aimed at digital twins.

Regarding the minimum thresholds for the mandatory application of BIM-based information management to public procurement⁵, the estimated value of the work has been raised to €2

² The definition of ‘digital maturity level’, already present in PAS 1192-2:2013, has recently been reformulated by the UNI EN ISO 19650-1:2019 standard, introducing a more articulated and complex concept of ‘digital maturity stage’, whereby Stage 2 maturity is also identified as ‘BIM according to the ISO 19650 series’ and is achieved through ‘a combination of manual and automated information management processes to generate a federated or aggregated information model’. Previously, in the UNI 11337-1:2017 standard, a level of digital maturity of the construction process was defined in relation to the methods of transferring information content, divided into five levels: non-digital, basic, elementary, advanced and optimal.

³ European Union Directives 23, 24 and 25 of 2014 introduce the concept of Building Information Modelling into public procurement procedures for the first time, with the aim of improving the efficiency, transparency and sustainability of projects.

⁴ D.lgs. n. 50 of 18/04/2016 introduced the new public procurement code, which, in line with previous European directives on the rationalisation of design activities, in Article 23, paragraph 13) opens up to the ‘progressive use of specific electronic methods and tools such as those used in modelling for construction and infrastructure’. However, it was not until Decree No. 560 of 1 December 2017 (Baratono Decree) of the Ministry of Infrastructure and Transport that the methods and timing of the gradual introduction by contracting authorities of “the mandatory use of specific electronic methods and tools in the design, construction and management phases of works and related checks” were regulated.

⁵ Art. 43 - From 1 January 2025, contracting authorities and granting bodies shall adopt digital construction information management methods and tools for the design and construction of new buildings and for work on existing buildings with an estimated cost of more than €2 million or the threshold set out in Article 14, paragraph 1, letter a), in the case of works on buildings referred to in Article 10, paragraph 1, of the Cultural Heritage Code, referred to in Legislative Decree No. 42 of 22 January 2004. The provision referred to in the first sentence does not apply to ordinary and extraordinary maintenance works, unless they concern works previously carried out using the aforementioned digital information management methods and tools.

million. In contrast, for work on historic buildings and buildings notified under the Cultural Heritage Code, the threshold is the EU threshold, currently set at over €5 million. Furthermore, routine and extraordinary maintenance work, which is very common in the cultural heritage sector, is expressly excluded from the obligation. While this approach implicitly recognises the complexity and specificity of historic buildings, leaving room for the gradual and voluntary adoption of BIM, especially in cases where the client's level of digital maturity is not yet adequate, it may also represent a significant brake on the digital transition in the field of cultural heritage.

An important feature is the explicit reference in the current contract code (absent in the previous one) to the international standards adopted by the European Union, namely ISO EN UNI 19650 and UNI 11337, which therefore become the primary sources for drafting information specifications in tenders. This is not insignificant, as the digitisation of built environment management processes has found a solid regulatory framework in the ISO 19650 series, which defines an information management system throughout the asset lifecycle, based on principles of collaboration and data structuring. One of the central aspects of this standard is the distinction between different levels of information requirements: OIR (Organisational Information Requirements), requirements related to the client's strategic objectives; AIR (Asset Information Requirements), requirements related to the management and maintenance of existing assets; PIR (Project Information Requirements), requirements associated with the development of a generic contract; EIR (Exchange Information Requirements), requirements for information exchange during a specific contract. This hierarchy allows the client's needs to be articulated in a coherent and traceable manner, translating them into operational specifications for the parties involved and ensuring continuity of information between the design, implementation and management phases.

The UNI technical report on 'information flows and decision-making processes in information management by clients' (UNI/TR 11337-2, 2021) provides a comprehensive discussion and in-depth reflection on the fundamental relationship between Information Management and Project Management in the context of BIM-based information management in public procurement, highlighting the need for an active, competent and informed role on the part of the PA in defining its information requirements and managing collaborative processes for the proper conduct of client processes. Four reference scenarios are proposed, in which different capacities of the proposing entity (client) to conduct a digital contract are hypothesised, also in relation to the characteristics of the entity appointed in various contexts: from scenario A, which proposes weakly structured digital information management, through intermediate but increasingly advanced scenarios, to scenario D, which envisages highly computational and collaborative management, characterised by data sharing environments (CDE), format interoperability and a proactive role in process management.

The technical report also highlights the need for clients to be able to define and manage the information requirements relevant to them within a contract, by drawing up specific Exchange Information Requirements (EIR) and subsequently carrying out all the control and verification actions on the information models produced by the parties responsible within the procedures established in the BIM Execution Plan (BEP). This is to ensure the correct setup of the information management process during the contract and to outline a precise distribution of responsibilities among the various actors involved. However, it is clear that simply adopting these tools does not automatically guarantee the effectiveness of a BIM-based commissioning process, as it is essential that the client is not only able to use them (perhaps through external consultants) but must also be able to understand their strategic implications and adapt them to the specificities of the project.

3. The challenges in applying BIM-based processes to cultural heritage

The application of BIM to cultural heritage projects (H-BIM) presents a series of critical issues and peculiarities that clearly distinguish it from new construction activities (Volk et al., 2014). Historic buildings are not simply physical objects to be surveyed and modelled, but bearers of

cultural values, the sedimentation of meanings, material stratifications, and complex constructions and documentation (Parrinello & Dell'Amico, 2021). One of the main challenges is the complexity of data collection, which requires an integrated approach that combines geometric modelling with the management of historical, material, structural, conservation and other information (Biagini et al., 2016). Architectural surveying now utilises advanced technologies, such as laser scanning and digital photogrammetry, which generate large, highly accurate point clouds that require specialised skills to interpret (Banfi, 2017; Croce et al., 2021). Added to this is the need to integrate archival documentation, historical sources and multidisciplinary knowledge.

From an informational perspective, this translates into the need to define models that not only represent the physical object but are also capable of linking heterogeneous data with varying levels of detail and accuracy (Brookes, 2017). In this context, it becomes necessary to establish adequate information requirements that balance, on the one hand, the knowledge needs for the subsequent definition of intervention methods and, on the other, the technical feasibility and production costs of information models for historic buildings (Parrinello et al., 2023).

Another critical aspect concerns the creation of 3D geometric models, which, while based on standardised objects (doors, floors, beams) in the case of new buildings, are dominated by unique, deformed elements that do not conform to standard parametric logic in historic buildings. This requires the use of customised modelling procedures for the specific object (scan-to-BIM) (Quattrini et al., 2015) and, frequently, the need to define particular ontologies or information schemes.

Finally, it should be noted that interventions on cultural heritage often take place in complex regulatory contexts and are subject to control by multiple entities (superintendents, civil engineers, local authorities, etc.), each of which may have different information requirements.

The coordinated management of these requirements and their translation into a structured information flow therefore requires strong involvement on the part of the client, who must be able to guide the various processes, not only through the acquisition of more advanced digital skills, but also new governance skills in project management and information management of cultural heritage.

4. Case History: H-BIM modelling of the Vasari Corridor in Florence

The Vasari Corridor is an architectural masterpiece of extraordinary complexity and historical value in Florence and, more generally, in the global cultural heritage landscape. Built in 1565 to a design by Giorgio Vasari at the behest of Cosimo I de' Medici, this elevated passageway stretches for about a kilometre, connecting Palazzo Vecchio to Palazzo Pitti, crossing the Uffizi Gallery, the Ponte Vecchio and numerous historic buildings (fig. 1). Its original function was to allow members of the Medici family to move safely and privately between the seats of political power and their private residence without having to cross the crowded city streets. Today, the Corridor is not only a vital urban connection, but also a quintessential example of the integration of architecture and engineering in the historic city.

In recent years, growing attention to the protection and enhancement of architectural heritage has led to significant restoration and functional adaptation work on the Vasari Corridor, aimed at meeting current standards of accessibility, safety and environmental comfort. These works were necessary to ensure public access to the corridor to enhance and promote museum activities, and to preserve its architectural and structural integrity through careful conservation of the monument⁶.

⁶The works for the 'Restoration and functional adaptation of the Vasari Corridor' were carried out between 2022 and 2024. The role of contracting authority was assumed by the Uffizi Galleries together with the Superintendency of Florence. The contract value was €6,841,996.49. The contract was awarded through an open tender procedure based on the most economically advantageous bid. The winning contractor was Fratelli Navarra of Milan.

4.1. The definition of information requirements

The H-BIM modelling of the Vasari Corridor was developed as part of a research agreement between the Department of Architecture of the University of Florence and the contractor responsible for the restoration work. Specifically, the request was to develop an as-built BIM model of the monumental complex for the purpose of collecting data and information from the various stages of surveying and work execution. The objective of the modelling was identified as the implementation of information management aimed at Facility Management during the operational phases (maintenance and functioning) of the museum asset.

It should be noted that the contract for the works did not require the use of BIM methodologies and tools, as the amount was below the threshold. Still, the Company's need to develop BIM-based management of the contract stemmed from the improved technical offer proposed during the tender process, which, following the contract award, became part of the Company's contractual obligations.

Therefore, the entire information modelling process was regulated solely by the EIR, which was agreed upon jointly between the Company and the Department of Architecture as part of research agreement. In particular, the prepared EIR focused on the management aspects of information modelling, defining models and data structures corresponding to information requirements established based on assumptions about the functioning of the museum asset in its operational phase, formulated by the same entity in charge, drawing inspiration from similar experiences in the field of Facility Management (Biagini et al., 2023; Biagini et al., 2024). Below are some of the most significant provisions and specifications contained in the EIR:

- The model is created using Autodesk Revit BIM authoring software, following Scan-to-BIM and/or CAD-to-BIM procedures, utilising all available geospatial data from point clouds acquired by laser scanners, as well as from the executive/construction project layout for restoration and functional adaptation.
- The modelling involves the development of three federated models: a context model for the localisation and georeferencing of the architectural complex in the urban environment; an architectural model consisting of parametric objects corresponding to architectural spaces and construction elements comprising the Vasari Corridor (rooms, volumes, walls, windows, floors, roofs, etc.); a plant model consisting of parametric objects relating to plant assets (mechanical, plumbing, electrical and special systems, etc.);
- In a BIM Execution Plan, the parameters necessary for the complete technological and functional characterisation of each building and plant will be indicated, with a view to information management during the operational (operation and maintenance) phases of the museum asset.
- The parameters are set within a Model Element Table (MET) and classified using specific 'psets', i.e. groups of parameters aggregated in relation to the functions to be managed during the FM phase.
- Several meetings will be scheduled with the managing body to agree on the parameters and information that will populate the information model.

About the level of development of the objects, the EIR proposed granularity indices expressed in terms of Level of Information Need (LOIN), outlined by the UNI EN ISO 19650 series and EN UNI 17412-1, in relation to the information management requirements envisaged for the museum asset management body. In particular, it provided for the inclusion of reference codes ("Type Mark", "Mark"), to which the technical data sheets of the products used and installed during the works were to be associated. In addition, for each type of disciplinary model, the geometric and informational specifications were defined, which had to be met by the parametric objects at each stage of delivery of the modelling activity and their degree of granularity, including: geometric detail from simple to complex, external appearance from symbolic to realistic, and parametric behaviour from absent to complete. While the modelling criteria for "architectural" objects

favoured geometric accuracy, priority was given to the completeness of their information content for plant engineering objects. In this regard, it should be noted that the objectives and BIM uses of modelling did not include the development of technical or structural performance simulations, but rather the possibility of integrating data and information on objects in open-BIM formats with FM platforms. To facilitate this transition, the disciplinary models were to be delivered to the client in IFC 2x3 format.

4.2. The information modelling process

The Vasari Corridor is characterised by a remarkable variety of environments, architectural solutions and construction techniques, reflecting the different historical phases of its construction

and subsequent transformations. The primary objective of the information modelling was therefore to document the restoration and functional adaptation operations by producing highly detailed digital models of both the existing structures and the planned new interventions. The latter includes the removal of architectural barriers to ensure accessibility, the installation of lifts and lifting platforms, and the construction of a new bypass structure to improve the usability and safety of the route. The implementation of new HVAC, plumbing and electrical systems along the entire route (fig. 2). The complexity of the site, the presence of historical constraints and the variety of environments confirmed the great potential of information modelling to obtain a coherent and integrated digital representation, capable of managing both information regarding the state of conservation of the historical asset and design changes dynamically and collaboratively among all those involved in the procurement process.

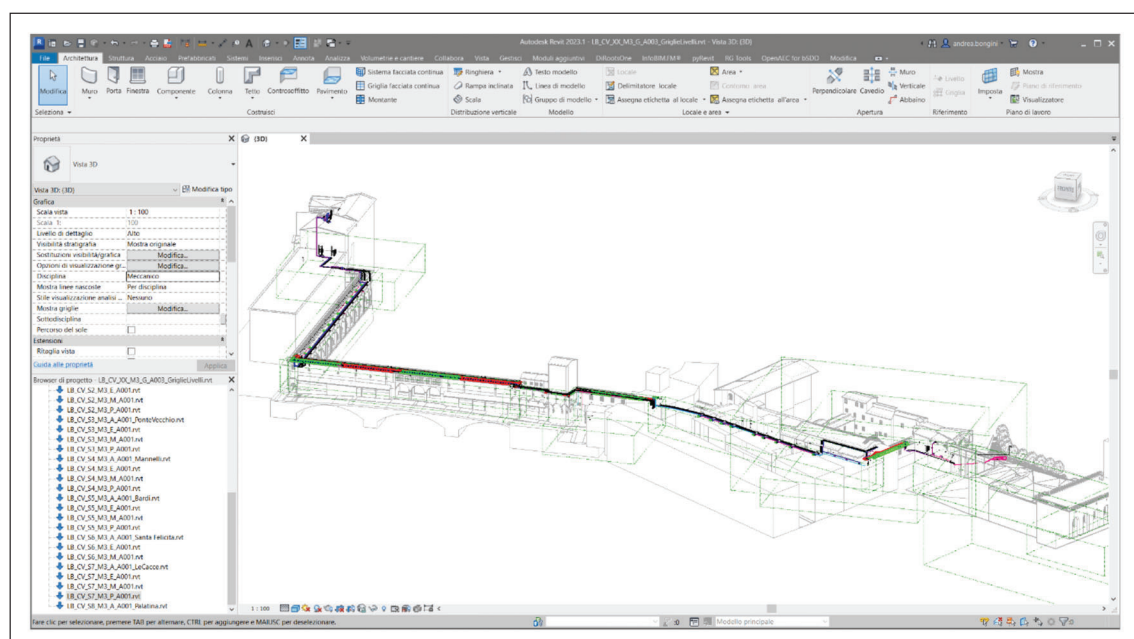


Figure 2. Federated 3D model with highlighted systems.

The research activities were divided into two distinct operational phases, organised based on a BEP within the working group, which initially involved the geometric modelling of the architectural complex and subsequently the population of the disciplinary models with alphanumeric data and documentary information, and finally their validation through the analysis of geometric interferences and information inconsistencies. In the first phase, a laboratory teaching activity was organised to assist the research group, involving several students from the University of Florence, focusing on the geometric modelling of the monument⁷.

The integration of the project into a structured CDE and the adoption of IFC models were key elements in sharing and validating information among all parties involved. The CDE made it

⁷ The laboratory teaching activity made it possible to combine academic training with the practical and professional application of BIM methodologies in a real context of restoration work contracts, offering students the opportunity to deal with complex issues and acquire advanced skills in the management of databases and information models. In particular, students from the Master's Degree Course in Building Engineering at the University of Florence (Academic Year 2020/21) were involved, divided into work teams coordinated by members of the research group, who acted as BIM coordinators.

possible to centralise data management, ensuring security, transparency and traceability of changes, as well as facilitating interdisciplinary collaboration and workflow management in accordance with international standards.

The Vasari Corridor was divided into eight functional sectors, each assigned to a BIM specialist tasked with developing the corresponding part of the disciplinary model (fig. 3). Each modelling phase was mapped in the CDE to one of the main processing statuses: WIP, SHARED, PUBLISHED, and ARCHIVED. Participants worked independently in the WIP directories, saving periodically and sharing projects in the SHARED folder for coordination between the different work teams. This process ensured a collaborative review, quality assurance, and consistency across the various disciplines, thereby reducing the risk of errors and inconsistencies.

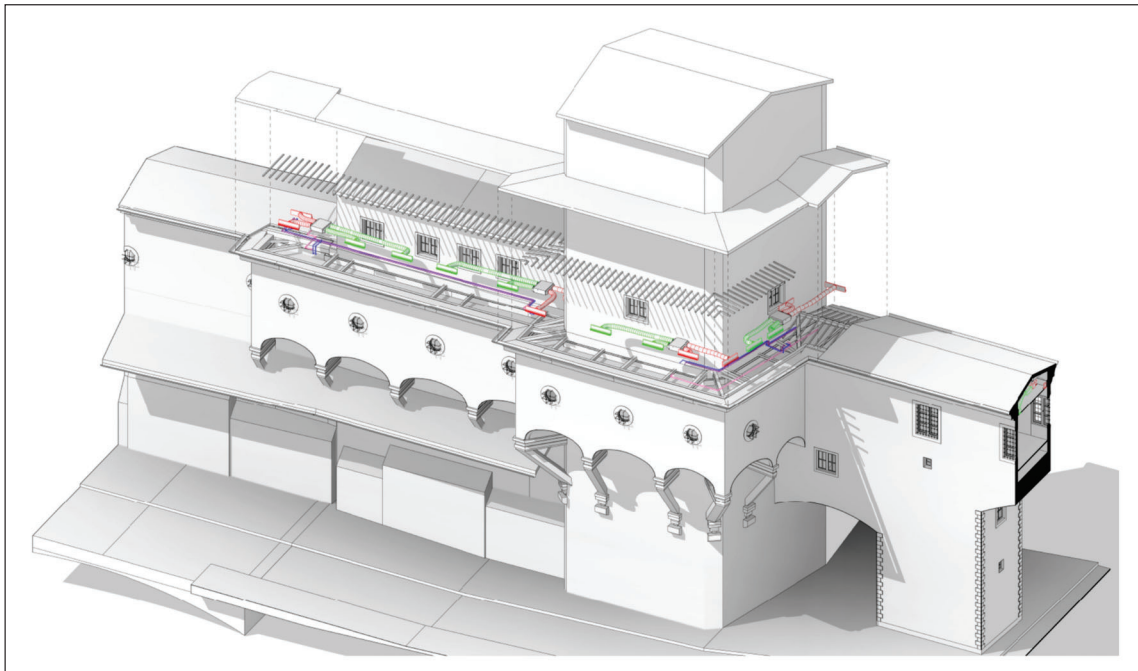


Figure 3. Federated 3D model of sector 04 (Mannelli) with highlighted facilities.

The digital modelling process for the Vasari Corridor was carried out by systematically and parametrically addressing the geometric and typological complexities of the structure, while ensuring interoperability and traceability of information. The first step involved creating a new project file, within which the reference levels and grids were defined. In particular, the grids were developed with reference to the directions of the most significant masonry, both external and internal, of the rooms being modelled. The operation was carried out following a CAD-to-BIM process, utilising the .dwg project files provided by the company, which contained the floor plans of the various sectors as input. To define the levels, on the other hand, reference was made to the architectural dimensions of the finished floors of the different rooms into which the corridor was divided.

Initially, the modelling of the masonry structures was developed, which involved defining a series of wall types, differentiated mainly between internal and external walls and, above all, according to thickness. Considering the variability in thickness found, it was decided to incorporate this data directly into the naming convention of the objects, thereby facilitating the identification and management of the different elements. Where necessary, to visualise the modelled bodies of the corridor more effectively, some portions of the historic buildings adjacent to or close to the

monument were also recreated (fig. 4). As there was little information available on these parts, the various elements were modelled as generic elements, deriving their geometry from visual analysis, direct measurements, photographs and photogrammetric restitutions.

The floors were modelled, depending on the case, as generic, structural or finishing elements, differentiated according to thickness and function. In the absence of detailed information on existing stratigraphy, thicknesses were assigned by analogy with similar cases. Other architectural elements, which had complex geometries and singularities due to their interfaces with walls of varying thickness and non-orthogonal angles, required the use of local models, which allowed for greater flexibility in representing geometric anomalies. For the modelling of the roofs, reference was made to the design drawings for the positioning of the false ceilings and trusses. In general, a system of wooden trusses and joists was adopted, on which a generic roof composed of terracotta tiles and curved and flat tiles rests.

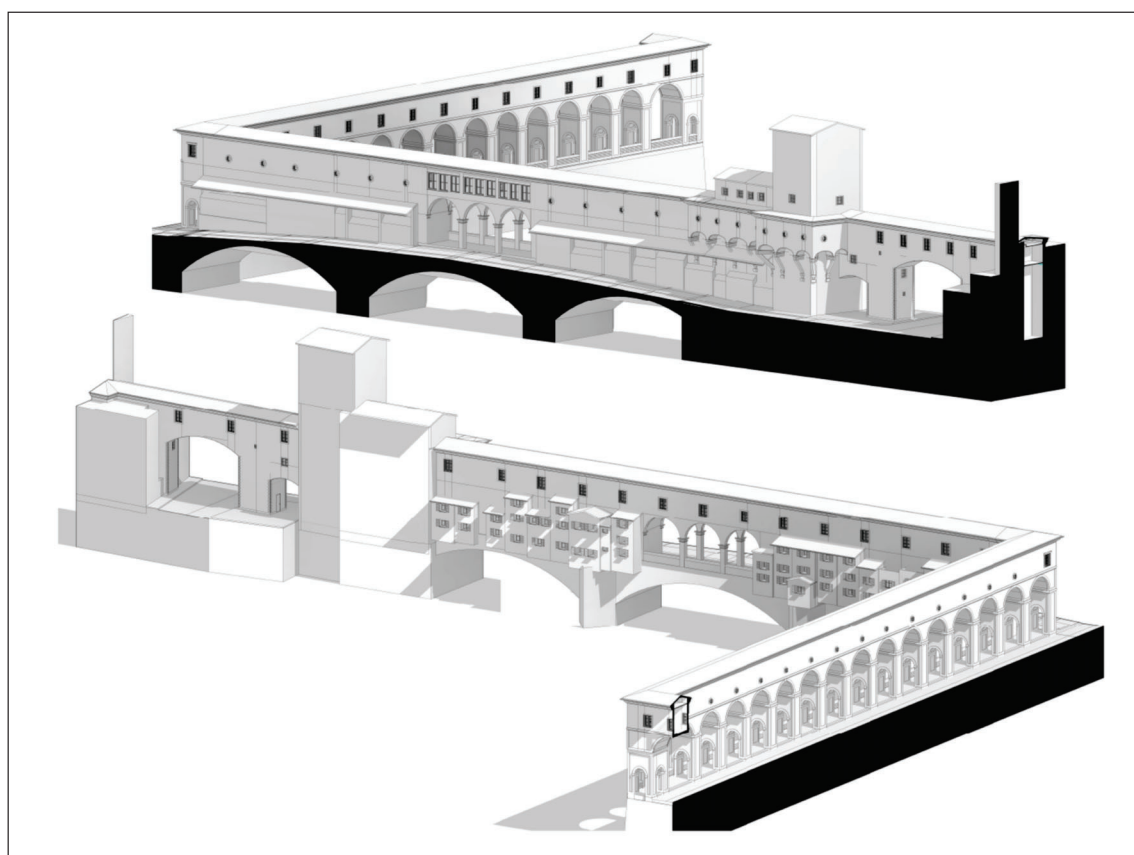


Figure 4. Federated 3D model of sectors 02 (Archibusieri) and 03 (Ponte Vecchio) with contextual architectural elements.

In parallel with the system objects, loadable families were modelled, in particular those relating to fixtures, according to procedures aimed at ensuring the geometric, material and informational consistency of the architectural elements included in the BIM model. The process began with a phase of collecting and analysing the information available for each window and door, drawing on a variety of sources, such as geometric survey tables (floor plans, elevations, sections), photographic surveys and descriptions extracted from list entries and technical specifications. A central aspect of the modelling strategy adopted concerned the definition and assignment of materials. Each modelled element was associated with the corresponding material, deduced from the specifications, photos or design indications, and managed using parameters that

allowed for modification and centralised control within the model. At the same time, particular attention was paid to the management of textual information: specification descriptions and specific notes were inserted as comments within the families, making them immediately accessible through labelling systems during the annotation phase of the tables.

The BIM object coding system was structured to reflect the type of elements according to the IFC scheme, ensuring compatibility and interoperability between the different software programmes and the platform used. Where possible, shared parameters were implemented to ensure model consistency and facilitate export to IFC format, which is essential for openBIM management and data sharing with external parties. Materials were assigned once modelling was complete, using coded designations and references to technical data sheets, while textures were inserted through integration with Twinmotion software⁸, using the proprietary Datasmith format (fig. 5). This integration enabled the production of photorealistic renderings and immersive animations, useful for design validation, presentation to stakeholders and communication with restoration teams.

At the end of the initial modelling phase, each disciplinary model was shared within the SHARED folder of the CDE, allowing the various work teams to validate their models in relation to adjacent sectors. Model validation involved interference analysis using specific coordination functions within the BIM authoring software. Interference between different categories of elements was analysed, following an order of importance dictated by a clash matrix, and only the most significant instances, i.e. those greater than 3 cm, were taken into consideration.

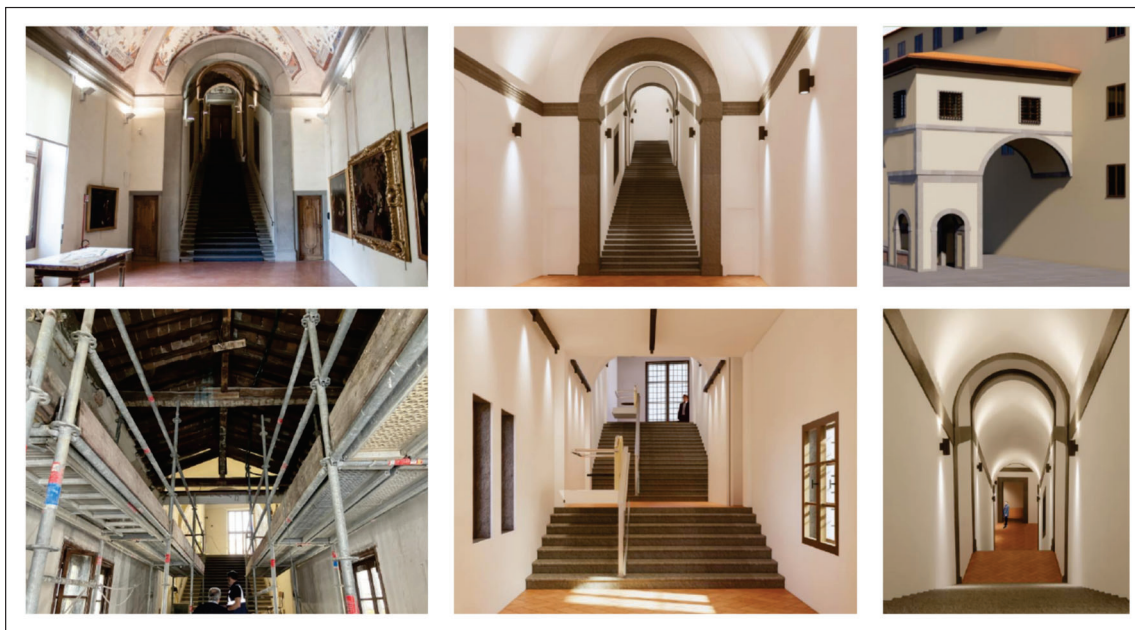


Figure 5. Comparison between construction site photographs and photorealistic views obtained using TwinMotion software,

An innovative procedure in the modelling process was the adoption of a Python-based workflow for inserting document references directly into the IFC model. Once a stable coordination status was achieved and the model was exported in IFC format, a metadata register was created in CSV format, containing the list of associated documents (technical drawings, specifications, restoration reports, material sheets, and certifications), as well as the related IFC destination

⁸ <https://www.twinmotion.com>

objects. A script developed based on the open source library ifcopenshell made it possible to programmatically link these documents to the corresponding IFC entities using the `IfcDocumentInformation` and `IfcRelAssociatesDocument` classes. This process allowed the native association of external files with specific BIM elements, with all metadata stored directly in the final IFC file. This ensured the traceability, transparency and long-term accessibility of the referenced materials on different platforms and over time, promoting digital preservation and integrated document management. The IFC files were finally uploaded to the PUBLISHED folder of the CDE, ensuring that all team members had access to the validated and documented models. The semantic enrichment process was repeated with each significant update to reflect geometric, documentary or responsibility changes, ensuring informational continuity between model versions and the historicisation of information.

Upon completion of the work, the model was uploaded and shared with the client via Dalux⁹, a web-based BIM viewer (fig. 6). This platform provides intuitive access to 3D models and related documentation via browsers or mobile devices, facilitating long-term review, collaboration and stakeholder engagement.

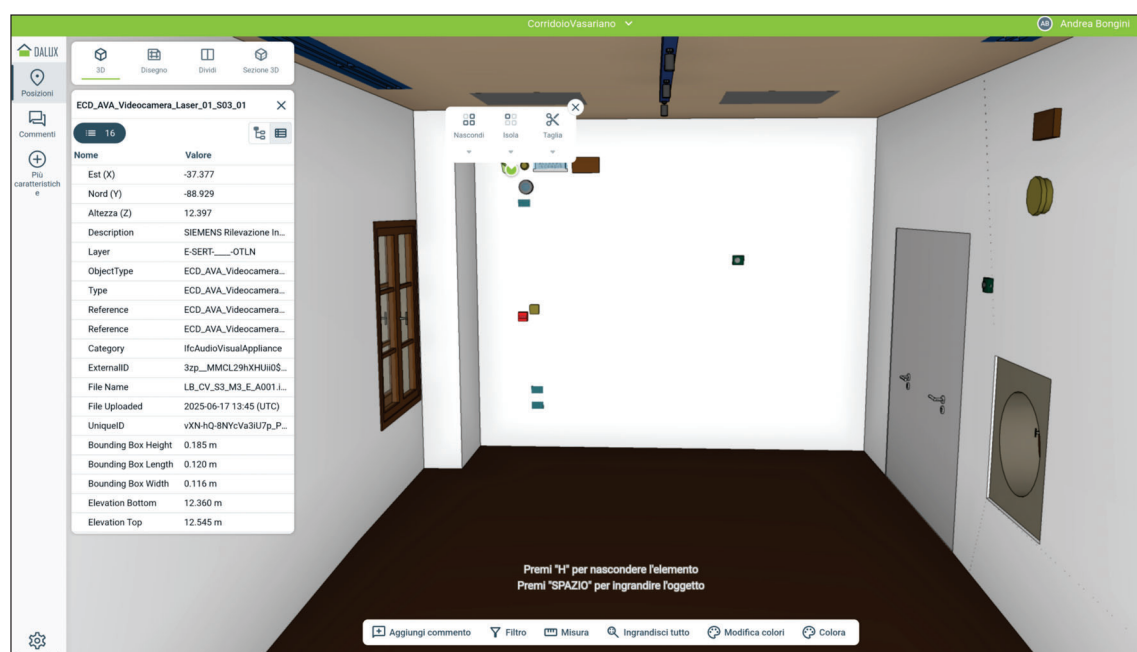


Figure 6. Visualisation of the BIM model and parameters associated with individual BIM objects within the Dalux platform.

Dalux offers advanced navigation, annotation, issue management and basic information display features associated with BIM objects, making it particularly effective for communicating with non-specialist users and for managing construction phases. It is important to note that, although Dalux and other web-based IFC visualisers are excellent at displaying 3D geometry and basic documentation, they do not currently support the entire IFC schema, for example, not allowing the display of classes such as `IfcDocumentInformation` and thus reducing the possibilities of having standardised associations of external documents and their metadata incorporated directly into the model. Consequently, to have a broader management of IFC models and the possible information they can transmit, it is necessary to use other types of specialised IFC viewers,

⁹ <https://www.dalux.com/>

contractor in implementing BIM procedures, the entity that should be regulating the digital process (the contracting authority) is essentially bypassed in terms of defining its own information requirements, except for a limited negotiation phase after the award, but only if the improved offer provides for (and this is not always the case) the preparation of a BEP to be shared between the company and the contracting authority.

From a UNI EN ISO 19650 perspective, the relationship between supply and demand for information requirements, as defined in the information specifications of the research agreement, therefore refers to the relationship between the main contractor (contractor) and the entity responsible for information modelling (research group), mediated by the delivery plan (DP) defined in the same EIR. On the other hand, the connection with the demand of the proposing party (contracting authority), which could have been limited to the production of the information content strictly necessary to satisfy the improved tender offer, was guaranteed by the research group thanks to its third mission activity, which was entrusted with the technological transfer of digital skills acquired in the academic field to a public museum institution of absolute importance.

As mentioned above, the EIR focused mainly on the management aspects of information modelling. However, specific connections with objectives and BIM uses, consistent with the foreseeable functions of the museum asset undergoing restoration, were nevertheless considered in defining the models and data structures to be implemented, both in anticipation of Facility Management activities and with a view to monitoring through IoT sensors¹¹. On the other hand, no specific development of 2D drawings was planned at the end of the creation of the as-built model (either on traditional or digital media), as these were considered an auxiliary output to a document management system that was not yet digital, which would have contradicted the aims of the research. The models were validated with code & model checking procedures, carried out periodically in accordance with the provisions of the BEP. In addition, accurate mapping of all parametric objects modelled according to the IFC 2x3 format, MVD coordination view 2.0, was carried out, assigning them the most appropriate IFC class in anticipation of information exchanges with CAFM (Computer Aided Facility Management) and CMMS (Computerised Maintenance Management System) software applications¹².

The agreement did not provide for the establishment of a Common Data Environment (CDE) for collaborative management between the proposing entity and the entities appointed under the terms of UNI EN ISO 19650. However, procedures in line with this protocol were implemented for internal use by the research group and in laboratory teaching activities with students.

5.1. SWOT analysis

The BIM-based information management process for the restoration of the Vasari Corridor was then analysed in light of the scenarios proposed in the UNI/TR 1137-2 technical report. In particular, a SWOT analysis was conducted, extracting the characteristics common to the case in question from the four reference scenarios, A, B, C, and D (Table 1).

¹¹ The university research group involved in the agreement has also been working in recent years on the application of IoT (Internet of Things) to BIM-based building information management with a view to digital twins. See the PNR NextGeneration EU research project entitled: "BIM-to-Digital Twin. Information management to support decision-making processes in the life cycle of buildings" (2022-25), www.bim2dt.info.

¹² The Uffizi Museums administration uses Archibus software (by Eptura™) to manage certain facility and asset

Table 1. Scenario characteristics relating to BIM-based information management in the restoration of the Vasari Corridor

INTERNAL	CONTEXT
S (strengths)	O (opportunity)
<u>from scenario A</u> - Lack of prior knowledge (established, routine information procedures within the organisation, potentially conflicting with structured BIM-based processes).	<u>from scenario A</u> - Potential for the organisation to acquire knowledge about BIM processes. - Possibility of structuring data and databases based on the organisation's needs. - Accumulation of experience gained through interaction with the appointed entity, thanks to the objectives of the third mission.
<u>from scenario B-</u>	<u>from scenario B</u> - The EIR is a starting point for evaluating possible improvements in subsequent BIM-based processes within the organisation. - The use of Code & Model Checking tools makes the proposer aware of the need to structure information.
<u>from scenario C</u> - Presence of an IC structured according to best practices aimed at managing existing assets. - Structured digital management of assets and facility management, even if external to the organisation.	<u>from scenario C</u> - Information models are the starting point for their semantic enrichment with non-geometric attributes.
<u>from scenario D-</u>	<u>from scenario D</u> - Digital updating of existing assets, including through the support of entities outside the organisation. - Potential to become a point of reference for the market in the museum cultural heritage sector.
W (weaknesses)	T (threats)
<u>from scenario A</u> - Absence of digitised information management within the organisation's processes. - Lack of traceability of communications and activities. - Lack of a direct link between EIR and preliminary policy document.	<u>from scenario A</u> - Inconsistency between the information contained in the information models and traditional documents. - The tools that can be used by the proposing party are those made available by the appointed party.
<u>from scenario B-</u>	<u>from scenario B</u> - Production of information models by the appointed party that do not meet the proposer's expectations. - Difficulties in checking and verifying data. - Possible disputes due to discrepancies between information models and traditional documents.
<u>from scenario C</u> - Non-computational information requirements involving analogue thinking.	<u>from scenario C</u> -
<u>from scenario D</u> -	<u>from scenario D</u> -

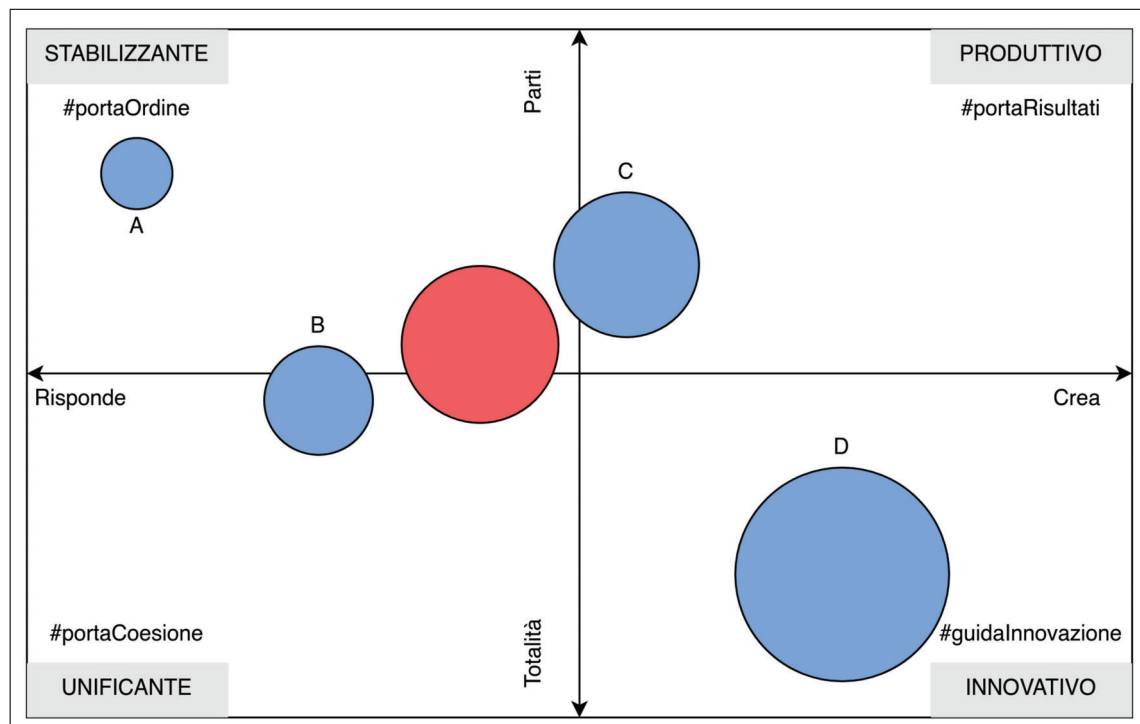


Figure 8. Results of the SWOT analysis for the case study (in red) in relation to the reference scenarios (in blue) of the UNI/TR 11337-2 technical report.

The strengths (S) of the case under investigation essentially refer to scenarios A and C, which on the one hand attribute value to the lack of established information procedures within the organisation, which in many cases can be an obstacle to change, on the other hand, the information specifications set out in the research agreement, although not directly reflecting an analysis of the organisation of the entity and the methods of managing its real estate assets, had been specifically structured based on information requirements that were not generic but outlined by the university research group for a type of client with similar information needs and objectives and BIM uses typical of asset management. The decision by the main contractor (the company) to propose, in its improved technical bid, a BIM-based information management activity carried out by a university partner primarily interested in the technological transfer of its know-how within a tender procedure for restoration works of great importance and exemplarity, made it possible to transform an activity that could otherwise have been a weakness into a strength.

Weaknesses (W) can also be identified in scenarios A and C, especially in relation to the lack of information procedures within the proposing entity, but also to the lack of awareness of the added value that a digitised BIM-based process can bring to a project, compared to traditional analogue information management: information exchanges between the contracting authority, the construction management and the contractor took place during the execution of the contract almost exclusively through conventional drawings and documents. Conversely, the research group, supported by the contractor, developed the as-built BIM model of the monumental complex throughout the duration of the construction site, starting from the project drawings and progressively increasing the geometric and informational detail of the parametric objects with the specific properties of the products chosen and installed, collecting the technical data sheets to be associated with the same objects with appropriate coding, and then updating the disciplinary models with the changes to the project (especially plant engineering) that were made during the course of the work. Therefore, only upon completion of the testing and handover phases of the museum asset for commissioning and handover was the contracting authority able to ascertain

the effectiveness and potential of BIM-based information management during the meetings for the verification and validation of the disciplinary models.

The analysis of opportunities (O) is more detailed and, in the case study, highlights characteristics that apply to all four scenarios. In particular, regarding scenario A, it can be assumed that the client has acquired new knowledge on the application of BIM-based processes, which are more specific and contextualised to the information management of a real contract, capable of inspiring more advanced digital methods for the organisation. The opportunities derived from scenario B are along the same lines, but with a more focused approach on information flows in client processes, the definition of information exchange requirements (information specifications), and procedures for verifying and validating disciplinary models (code & model checking). The characteristics of scenarios C and D, on the other hand, focus, at the end of the experiment, on the possibility of applying BIM-based information management not only to the delivery phases of a contract (design and execution) but also extending it to the operational phase of the museum asset through multiple strategies (semantic enrichment of models, continuous information updating of the AModel, etc.).

Possible threats (T) emerge with characteristics from scenarios A and B. The persistence of traditional information management methods, alongside BIM-based methods, can generate inconsistencies between the contents of information models and those of 2D drawings, if not directly derived from the former, which can also lead to difficulties in relations and information exchange between the client and the parties involved. Furthermore, inadequate knowledge of BIM methodologies and tools among some parties involved in the procurement of works may generate expectations that are inconsistent with the information requirements outlined in the specifications, introducing conflicts that hinder the development of collaborative processes.

6. Conclusion

The recent Public Contracts Code has clearly highlighted the role of the public administration in the digitisation of the contract life cycle, which is also responsible for implementing digital construction information management methods and tools in the context of public procurement processes. The UNI EN ISO 19650 standard has also established a decisive role for the client in initiating information management processes with the adoption of BIM-based approaches, as it must be able to define the framework of technical and management “rules” within which the various parties involved must develop their own processes and delivery actions. In particular, the organisation's high-level information requirements (OIR) and those related to the management of the real estate asset portfolio (AIR) must permeate all the information requirements that characterise the development of a contract (PIR and EIR). The digital maturity of the PA is therefore a matter that concerns not only the availability of tools, but also the ability to understand and govern the related processes, as a necessary condition for initiating an effective digital transition in public procurement.

However, recent experience in Italy, particularly in the field of cultural heritage, has revealed a structural weakness in the public administration's ability to fulfil its necessary role in directing digitisation processes. There are many reasons for this: a shortage of personnel with advanced digital skills, insufficient familiarity with interoperable exchange formats, and a lack of awareness of the potential offered by BIM-based information management.

BIM is therefore often perceived as a technical requirement for designers and contractors, rather than a strategic tool for managing the project. This implies an almost total delegation of responsibility to those in charge of methodological and information choices, with the real risk of producing information models that are not useful to the client, inconsistent with the requirements of traceability, transmission and storage of data, and a complex transition from the PIModel of the delivery phase to the AModel of the asset operation phase.

In the case of historic buildings, this critical issue is further amplified, as the complexity of the knowledge processes involved in cultural heritage requires the formulation of specific information requirements, geared towards documenting what exists, surveying artefacts, and

reconstructing and interpreting their evolutionary history. This necessitates the integration of information from digital and non-digital archival sources, as well as structured and unstructured data databases.

This study analysed the application of BIM-based information management to the contract for the restoration of the Vasari Corridor in Florence, illustrating the structure of the information models, retracing the process workflow, and finally making an accurate comparison with the reference scenarios proposed by the UNI/TR 11337-2 technical report, classified based on SWOT analysis. The result for the case in question was a scenario very close to reference scenarios B and C, in which a precise response to the information requirements established in the EIR prevails, formulated based on generic asset requirements (AIR) and information management procedures aimed at BIM uses typical of the architectural complex's operational phase. On the other hand, the lack of a digitised procurement process management system within the organisation inevitably limited the possibility of configuring the H-BIM modelling experience of the Vasari Corridor within a scenario of advanced digital maturity of the PA.

It is therefore clear that BIM-based information management runs the risk of being applied formally, without generating real value for public clients. It is thus necessary to invest in the cultural and organisational growth of the public administration, so that it becomes capable of effectively managing digitised procurement processes, enhancing the digital skills acquired, promoting collaboration between different entities and ensuring the continuity of information management over time. Only in this way can BIM become, also in the field of cultural heritage protection, a fundamental tool to support the management of the life cycle of public built heritage and an essential resource for safeguarding collective memory and identity.

Acknowledgment

The research activity was developed within the framework of an agreement between the Department of Architecture of the University of Florence and Impresa Fratelli Navarra of Milan, the contractor for the works, entitled: 'Vasari Corridor. Studies for scientific documentation of the restoration and construction activities', under the scientific responsibility of Prof. Susanna Caccia Gherardini. Prof. Carlo Biagini was the scientific director of the specific H-BIM as-built information modelling agreement. The role of BIM coordinator was held by Eng. Andrea Bongini and that of BIM specialist by Eng. jr Francesco Meozzi and Mohamed El Hakimy. The following students participated in the educational modelling workshop: Agnoletti F.; Bordoni A.; Borgheresi A.; Cappelli E.; Cassini B.; Dedja C.; Dollorenzo G.; Grossi A.; Luconi C.; Lulja M.; Nasorri G.; Martinetti N.; Mazzei N.; Mazzoli A.; Milanesi M.; Orlandi M.; Parenti F.; Quadri L.; Rosafio F.; Zeloni A.

Authors' contribution

Conceptualisation: C.B.; Methodology: C.B.; Data collection: A.B.; Data processing: A.B.; Drafting of the original manuscript: C.B., A.B.; Writing and editing: C.B.; Supervision: C.B. All authors have read and approved the published version of the manuscript.

Bibliography

- Banfi F. (2017). BIM orientation: Grades of generation and information for different types of analysis and management process. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, XLII-2/W5, 57–64. <https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLII-2-W5-57-2017>
- Biagini C., Capone P., Donato V. & Facchini N. (2016). Towards the BIM implementation for historical building restoration site. *Automation in Construction*, 71(Part 1), 74–86. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2016.03.001>
- Biagini C., Aglietti A., Marzi L. & Bongini A. (2023). A BIM-based framework for facility management data integration in heritage assets. In *Proceedings of the 23rd International Conference on Con-*

- struction Applications of Virtual Reality* (pp. 1167–1178). Firenze University Press.
- Biagini C., Bongini A. & Marzi L. (2024). From BIM to digital twin: IoT data integration in asset management platform. *Journal of Information Technology in Construction*, 29, 1103–1127.
- British Standards Institution. (2013a). *PAS 1192-2: Specification for information management for the capital/delivery phase of construction projects using building information modelling*.
- British Standards Institution. (2013b). *PAS 1192-3: Specification for information management for the operational phase of assets using building information modelling*.
- Brookes C. (2017). *The application of Building Information Modelling (BIM) within a heritage science context*. Historic England.
- Croce V., Caroti G., De Luca L., Jacquot K., Piemonte A. & Véron P. (2021). From the semantic point cloud to heritage building information modeling: A semiautomatic approach exploiting machine learning. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 13(3), Article 3.
- International Organization for Standardization. (2018). *ISO 16739-1: Industry Foundation Classes (IFC) for data sharing in the construction and facility management industries*.
- Murphy M., McGovern E. & Pavia S. (2013). Historic building information modelling: Adding intelligence to laser and image-based surveys of European classical architecture. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 76, 89–102. <https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2012.11.006>
- Parrinello S. & Dell'Amico A. (2021). From survey to parametric models: HBIM systems for enrichment of cultural heritage management. In C. Bolognesi & D. Villa (Eds.), *From Building Information Modelling to Mixed Reality* (pp. 89–107). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-75030-4_6
- Parrinello S., Sanseverino A. & Fu H. (2023). HBIM modelling for the architectural valorisation via a maintenance digital ecosystem. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, XLVIII-M-2, 1157–1164. <https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLVIII-M-2-2023-1157-2023>
- Quattrini R., Malinverni E.S., Clini P., Nespeca R. & Orietti E. (2015). From TLS to HBIM: High-quality semantically aware 3D modeling of complex architecture. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, XL-5/W4, 367–374. <https://doi.org/10.5194/isprsarchives-XL-5-W4-367-2015>
- UNI - Ente Italiano di Normazione. (2017a). *UNI 11337-1: Modelli, elaborati e oggetti informativi per prodotti e processi*.
- UNI - Ente Italiano di Normazione. (2017b). *UNI 11337-4: Evoluzione e sviluppo informativo di modelli, elaborati e oggetti*.
- UNI - Ente Italiano di Normazione. (2017c). *UNI 11337-5: Flussi informativi nei processi digitalizzati*.
- UNI - Ente Italiano di Normazione. (2017d). *UNI/TR 11337-6: Linee guida per la redazione del capitolato informativo*.
- UNI - Ente Italiano di Normazione. (2019a). *UNI EN ISO 19650-1: Concetti e principi*.
- UNI - Ente Italiano di Normazione. (2019b). *UNI EN ISO 19650-2: Fase di consegna dei cespiti immobili*.
- UNI - Ente Italiano di Normazione. (2021a). *UNI/TR 11337-2: Flussi informativi e processi decisionali nella gestione delle informazioni da parte della committenza*.
- UNI - Ente Italiano di Normazione. (2021b). *UNI EN 17412-1: Building Information Modelling – Livello di fabbisogno informativo: Concetti e principi*.
- UNI - Ente Italiano di Normazione. (2021c). *UNI EN ISO 19650-3: Fase di gestione dei cespiti immobili*.
- Volk R., Stengel J. & Schultmann F. (2014). Building information modeling (BIM) for existing buildings: Literature review and future needs. *Automation in Construction*, 38, 109–127. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2013.10.023>

Processi di gestione informativa BIM-based per il patrimonio culturale e maturità digitale dell'amministrazione pubblica: “case history”

Carlo Biagini^{1,*}, Andrea Bongini²

¹ Department of Architecture (DIDA), University of Florence, via della Mattonaia 8, 50121 Florence, Italy; carlo.biagini@unifi.it

² Department of Civil and Environmental Engineering (DICEA), University of Florence, via di Santa Marta 3, 50139 Florence, Italy; andrea.bongini@unifi.it

* autore corrispondente

Parole chiave

H-BIM, restauro, maturità digitale della pubblica amministrazione, gestione informativa, processi di committenza

Abstract

L'introduzione del Building Information Modelling (BIM) nei contratti pubblici in Italia ha rappresentato, negli ultimi anni, uno dei principali acceleratori dei processi di digitalizzazione nel settore delle costruzioni. Il nuovo Codice dei Contratti Pubblici (D.Lgs 36/2023) delinea un quadro normativo, che rende obbligatoria l'adozione di metodi e strumenti digitali nella progettazione, realizzazione e gestione delle opere pubbliche. In questo contesto l'utilizzo della modellazione informativa applicata al patrimonio culturale (Heritage-BIM) costituisce una delle sfide più complesse per tutti gli attori coinvolti nei processi di conservazione, restauro e manutenzione di beni storico-architettonici, dovendo superare frequentemente consolidate prassi di raccolta ed elaborazione di dati e informazioni, caratterizzati da limitati livelli di computazionalità e interoperabilità, che risultano scarsamente compatibili con i più efficienti flussi di scambio informativo BIM-based. Il presente contributo analizza il legame tra gestione informativa BIM-based del patrimonio culturale e maturità digitale della pubblica amministrazione, evidenziando le criticità attuali e le possibili linee di sviluppo per una committenza più consapevole e in grado di orientare efficacemente i processi digitali nel rispetto della complessità e del valore dell'architettura storica. Viene illustrata una “case history”, che ha riguardato la modellazione informativa multidisciplinare as-built del “Corridoio Vasariano” a Firenze, in occasione del restauro del complesso monumentale, nell'ambito di una attività di terza missione commissionata al Dipartimento di Architettura dell'Università di Firenze dall'Impresa appaltatrice dei lavori. La gestione informativa BIM-based sviluppata nel caso studio è stata poi indagata attraverso un'analisi di tipo SWOT sulla base degli scenari proposti nel rapporto tecnico UNI/TR 11337-2, 2021, riguardanti l'efficienza dei flussi informativi nei processi di committenza.

1. Introduzione

L'introduzione delle metodologie e strumenti del Building Information Modelling (BIM) nell'ambito dei contratti pubblici in Italia ha rappresentato in questi anni uno dei principali driver di modernizzazione dei processi di progettazione e costruzione nel settore AECO (*Architecture, Engineering,*

Construction, Operational). In particolare i principi della gestione informativa digitale, come declinati nel recente “Codice dei Contratti Pubblici” (D.Lgs 36/2023), delineano ormai un quadro di riferimento normativo non più eludibile nell'appalto di opere pubbliche, soprattutto nei rapporti tra pubblica amministrazione (PA) appaltante e operatori economici incaricati (società di architettura e ingegneria, imprese di costruzioni, ecc.).

In questo contesto l'utilizzo della modellazione informativa per il patrimonio culturale (Heritage-BIM o H-BIM) costituisce senza dubbio una delle sfide più complesse per tutti gli attori coinvolti nei processi di conservazione, restauro e manutenzione di beni storico-architettonici, dovendo superare frequentemente consolidate prassi di raccolta ed elaborazione di dati e informazioni, caratterizzati da limitati livelli di computazionalità e interoperabilità, che risultano scarsamente compatibili con i più efficienti flussi di scambio informativo BIM-based (Murphy et al., 2013).

D'altra parte la peculiarità di alcuni tipi di contratto nel settore dei beni culturali¹ (partenariati pubblico-privato, contratti di sponsorizzazione, ecc.) introdotti per agevolare la partecipazione alle attività di gestione e valorizzazione del patrimonio storico nelle sue innumerevoli forme di una molteplicità di soggetti, non classificabile tra i canonici operatori economici, pone l'attenzione sui processi di committenza, che devono essere in grado oggi di configurare ogni commessa in termini digitali. Ruolo centrale quindi per il loro corretto avvio è quello svolto dalla PA che, in qualità di committente/soggetto proponente, ha la responsabilità di definire il quadro dei requisiti informativi, che dovranno permeare l'intero ciclo di consegna dell'informazioni sia durante la fase di svolgimento della commessa (progetto ed esecuzione dell'intervento) che nella fase di gestione e manutenzione dello stesso bene culturale. L'effettiva applicazione di processi di gestione informativa BIM-based, non solo nell'ambito del patrimonio culturale, si scontra però frequentemente con un basso livello di maturità digitale della committenza pubblica, che non riguarda solo l'uso di strumenti o piattaforme, ma soprattutto la capacità di governare il ciclo di vita dell'informazione attraverso processi formalizzati e competenze adeguate.

Il presente contributo intende esplorare proprio il legame tra gestione informativa BIM-based del patrimonio culturale e maturità digitale della PA, evidenziando le criticità attuali e le possibili linee di sviluppo per una committenza più consapevole e in grado di orientare efficacemente i processi digitali nel rispetto della complessità e del valore dell'architettura storica. Verrà illustrata una “*case history*”, che ha riguardato la modellazione informativa multidisciplinare as-built del “Corridoio Vasariano” a Firenze, in occasione del restauro del complesso monumentale, nell'ambito di una attività di terza missione commissionata al Dipartimento di Architettura dell'Università di Firenze dall'impresa appaltatrice dei lavori. A conclusione della ricerca è stata effettuata un'analisi di tipo SWOT sulla base degli scenari proposti nel rapporto tecnico UNI/TR 11337-2, 2021, che ha portato a riflettere sulla “*lezione appresa*” (*lesson learned*) e come sia possibile promuovere efficacemente processi di gestione informativa BIM-based anche in commesse complesse nell'ambito dei beni culturali in rapporto ai differenti livelli di maturità digitale dei soggetti pubblici e privati coinvolti.

2. Maturità digitale e quadro di riferimento normativo

La produzione e gestione coordinata di informazioni progettuali e costruttive per un determinato obiettivo è un processo basato sulla pianificazione di attività di lavoro regolate da specifici tempi di attuazione, indipendentemente dalla forma contrattuale adottata. I soggetti coinvolti devono essere in grado di sviluppare le proprie attività secondo un ordine preciso e modalità che vengono definite di «lavoro collaborativo». In tale contesto è necessario che la produzione delle informazioni segua processi unificati, metodi e standard concordati, garantendo uniformità nella forma e nella qualità del dato, permettendone l'uso e il riuso senza necessità di modifiche o interpretazioni (PAS 1192-2, 2013). In questa prospettiva il modello informativo rappresenta l'essenziale veicolo informativo per la virtualizzazione del progetto, attraverso il quale è possibile attuare la digitalizzazione del processo edilizio nei differenti domini disciplinari all'interno di un ambiente di condivisione dei dati (UNI 11337-1, 2017).

¹ Cfr. Codice dei Contratti (D.Lgs 36/2023) Titolo III: I contratti nel settore dei beni culturali; in particolare l'art. 134 – Contratti gratuiti e forme speciali di partenariato.

Sebbene il BIM sia una tecnologia informatica già matura dagli inizi degli anni 2000 e non manchino significativi investimenti industriali da parte delle principali case software internazionali in questo segmento di mercato, è solo con la crisi finanziaria globale del 2009, che in alcuni paesi del nord-Europa e negli Stati Uniti si individua nella transizione digitale e quindi nell'adozione di processi BIM-based, lo strumento fondamentale per risollevare il comparto delle costruzioni tra i più duramente colpiti. Capofila di tutti i provvedimenti normativi, che sono poi seguiti nell'Unione Europea e da lì in Italia, è senza dubbio la "UK Government Construction Strategy" del 2011 (GOV.UK, 2011), che tra i suoi obiettivi strategici poneva attraverso il "Piano di digitalizzazione delle costruzioni" e in un orizzonte temporale di 5 anni, il raggiungimento da parte della PA di un livello di maturità digitale pari a 2, secondo una metrica che valutava le competenze digitali delle organizzazioni e la computazionalità dei progetti, ponendosi anche come punto di riferimento per le commesse private. La maturità digitale era descritta in sostanza come la capacità di un'organizzazione, di un gruppo di lavoro o di un'intera filiera di gestire e utilizzare dati digitali in modo efficace nei processi di progettazione, costruzione e gestione di asset costruiti dal punto di vista tecnologico, organizzativo e culturale. In particolare il livello di maturità digitale 2 veniva caratterizzato dai seguenti aspetti: utilizzo di modelli parametrici 3D, suddivisi per disciplina, ma condivisi in ambiente comune di dati (Common Data Environment - CDE); scambio di dati e informazioni in formato aperto e interoperabile (es. IFC); coordinamento tra i partecipanti attraverso processi di lavoro e flussi di scambio informativo strutturati².

Con le direttive comunitarie del 2014³, anche in Italia prende avvio la transizione digitale degli appalti pubblici nel settore delle costruzioni, che però diventa obbligo normativo solo a partire dal 2017 con il decreto attuativo al codice dei contratti⁴. Il quadro normativo subisce una ulteriore importante modifica nel 2023 in tema di BIM con il nuovo Codice dei Contratti Pubblici (D.lgs. n. 36 del 31/03/2023), che estende il «principio della digitalizzazione» e lo pone come fondamento del "ciclo di vita del contratto", all'interno del quale il BIM diventa parte integrante della gestione digitale dello stesso contratto e non solo uno strumento progettuale. Alle stazioni appaltanti vengono assegnati obblighi e compiti molto stringenti, quali: disporre di un proprio ambiente di condivisione dei dati (CDE); disporre di personale formato per la gestione dei processi di committenza; definire i requisiti informativi dell'organizzazione e di gestione del portfolio dei propri asset; orientare la gestione informativa al ciclo di vita dell'opera, secondo un approccio finalizzato al *digital twin*.

Riguardo alle soglie minime obbligatorie di applicazione della gestione informativa BIM-based agli appalti pubblici⁵, si registra un innalzamento del limite di stima dell'opera a 2 milioni di euro, mentre per gli interventi su edifici storici e notificati ai sensi del codice dei beni culturali, la soglia

²La definizione di "livello di maturità digitale", già presente nella PAS 1192-2:2013, è stata riformulata recentemente dalla norma UNI EN ISO 19650-1:2019, introducendo un concetto più articolato e complesso di "stadio di maturità digitale", per cui lo Stadium 2 di maturità è identificato anche come "BIM secondo la serie ISO 19650" e si raggiunge attraverso "una combinazione dei processi di gestione manuali e automatizzati delle informazioni per generare un modello informativo federato o aggregato". Già in precedenza nella norma UNI 11337-1:2017, veniva definito un livello di maturità digitale del processo delle costruzioni in rapporto alle modalità di trasferimento dei contenuti informative, suddiviso in 5 livelli: non digitale, base, elementare, avanzato, ottimale.

³Le direttive dell'Unione europea 23, 24, 25 del 2014 introducono per la prima volta il concetto di Building Information Modelling nelle procedure di appalto pubblico con l'obiettivo di migliorare l'efficienza, la trasparenza e la sostenibilità dei progetti.

⁴Con il D.lgs. n. 50 del 18/04/2016 viene emanato il nuovo codice dei contratti pubblici, che recependo le precedenti direttive europee in tema di razionalizzazione delle attività di progettazione, all'art. 23, comma 13) apre al "progressivo uso di metodi e strumenti elettronici specifici quali quelli della modellazione per l'edilizia e le infrastrutture". Si deve però aspettare il Decreto del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti n. 560 del 01/12/2017 (Decreto Baratonio), per disciplinare le modalità e i tempi di progressiva introduzione da parte delle stazioni appaltanti "dell'obbligatorietà dei metodi e strumenti elettronici specifici nelle fasi di progettazione, costruzione e gestione delle opere e delle relative verifiche".

⁵Art. 43 - A decorrere dal 1° gennaio 2025, le stazioni appaltanti e gli enti concedenti adottano metodi e strumenti di gestione informativa digitale delle costruzioni per la progettazione e la realizzazione di opere di nuova costruzione e per gli interventi su costruzioni esistenti con stima del costo presunto dei lavori di importo superiore a 2 milioni di euro ovvero alla soglia dell'articolo 14, comma 1, lettera a), in caso di interventi su edifici di cui all'articolo 10, comma 1, del codice dei beni culturali, di cui al decreto legislativo 22 gennaio 2004, n. 42. La disposizione di cui al primo periodo non si applica agli interventi di ordinaria e straordinaria manutenzione, a meno che essi non riguardino opere precedentemente eseguite con l'adozione dei suddetti metodi e strumenti di gestione informativa digitale.

prescritta è quella comunitaria, fissata oggi sopra i 5 milioni di euro. Inoltre, sono espressamente esclusi dall'obbligo gli interventi di manutenzione ordinaria e straordinaria, fattispecie molto frequente nel settore del patrimonio culturale. Questa impostazione se da un lato riconosce implicitamente la complessità e specificità del costruito storico, lasciando spazio a una adozione graduale e volontaria del BIM, soprattutto nei casi in cui il livello di maturità digitale della committenza non sia ancora adeguato, dall'altro può però rappresentare un freno significativo alla transizione digitale nell'ambito dei beni culturali.

Importante è il riferimento esplicito nell'attuale codice dei contratti (assente in quello precedente) alla normativa internazionale recepita dall'Unione europea delle serie ISO EN UNI 19650 e UNI 11337, che diventano pertanto le principali fonti nella redazione dei capitolati informativi nelle gare di appalto. Ciò non è irrilevante in quanto la digitalizzazione dei processi di gestione dell'ambiente costruito ha trovato una solida cornice normativa proprio nella serie ISO 19650, che definisce un sistema di gestione dell'informazione lungo il ciclo di vita degli asset, basato su principi di collaborazione e strutturazione dei dati. Uno degli aspetti centrali di questa norma è la distinzione tra diversi livelli di requisiti informativi: OIR (*Organizational Information Requirements*), requisiti legati agli obiettivi strategici del committente; AIR (*Asset Information Requirements*), requisiti relativi alla gestione e manutenzione degli asset esistenti; PIR (*Project Information Requirements*), requisiti legati allo sviluppo di una generica commessa; EIR (*Exchange Information Requirements*), requisiti per lo scambio informativo durante una specifica commessa. Questa gerarchia consente di articolare in modo coerente e tracciabile le esigenze del committente, traducendole in specifiche operative per i soggetti incaricati e garantendo la continuità informativa tra le fasi di progettazione, realizzazione e gestione.

Il rapporto tecnico UNI sui "flussi informativi e processi decisionali nella gestione delle informazioni da parte della committenza" (UNI/TR 11337-2, 2021) fornisce invece un'ampia trattazione e una approfondita riflessione sul rapporto fondamentale tra *Information Management* e *Project Management* nell'ambito della gestione informativa BIM-based negli appalti pubblici, evidenziando la necessità di un ruolo attivo, competente e consapevole da parte della PA nella definizione dei propri requisiti informativi e nella gestione dei processi collaborativi per il corretto svolgimento dei processi di committenza. Vengono proposti quattro scenari di riferimento rispetto ai quali si ipotizzano differenti capacità del soggetto proponente (committente) di condurre una commessa digitale, in rapporto anche alle caratteristiche del soggetto incaricato in differenti contesti: dallo scenario A, che propone una gestione digitale dell'informazione debolmente strutturata, si passa attraverso scenari intermedi ma sempre più evoluti, allo scenario D, per il quale si prefigura una gestione fortemente computazionale e collaborativa, caratterizzata da ambienti di condivisione dei dati (CDE), interoperabilità dei formati e ruolo proattivo nella gestione dei processi.

Il rapporto tecnico evidenzia inoltre la necessità che la committenza sappia definire e gestire i requisiti informativi di proprio interesse all'interno di una commessa, attraverso la predisposizione di uno specifico Capitolato Informativo (CI), e successivamente esercitando tutte le azioni di controllo e verifica dei modelli informativi prodotti dai soggetti incaricati all'interno di procedure stabilite nel piano di Gestione Informativa (pGI). Ciò al fine di assicurare una corretta impostazione del processo di gestione informativa durante la commessa e delineare una distribuzione chiara delle responsabilità tra i diversi attori coinvolti. Tuttavia, appare evidente che la semplice adozione di questi strumenti non garantisce automaticamente l'efficacia di un processo di committenza BIM-based, poiché è indispensabile che il committente non solo sia abilitato ad utilizzarli (magari attraverso consulenti esterni), ma deve essere in grado di comprenderne le implicazioni strategiche, adattandoli alle specificità dell'intervento.

3. Le sfide nell'applicazione di processi BIM-based al patrimonio culturale

L'applicazione del BIM agli interventi sul patrimonio culturale (H-BIM) presenta una serie di criticità e peculiarità che lo distinguono nettamente dalle attività di nuova costruzione (Volk et al., 2014). Gli edifici storici non sono semplicemente oggetti fisici da rilevare e modellare, ma portatori di valori culturali, sedimentazione di significati, stratificazioni materiali, complessità costruttiva e

documentale (Parrinello & Dell'Amico, 2021). Una delle principali sfide riguarda infatti la complessità nella raccolta dei dati che richiede un approccio integrato, in grado di unire la modellazione geometrica con la gestione di informazioni storiche, materiche, strutturali, conservative, ecc. (Biagini et al., 2016). Il rilievo dell'architettura si avvale oggi di tecnologie avanzate come il laser scanning e la fotogrammetria digitale, che generano nuvole di punti di grandi dimensioni ed elevatissima accuratezza, e richiedono di essere interpretate con competenze specialistiche (Banfi, 2017; Croce et al., 2021). A ciò si aggiunga la necessità di integrare documentazione d'archivio, fonti storiche e conoscenze multidisciplinari.

Dal punto di vista informativo, questo si traduce nella necessità di definire modelli che non solo rappresentino l'oggetto fisico, ma siano anche in grado di collegare dati eterogenei, con livelli di approfondimento e accuratezza differenti (Brookes, 2017). In tale contesto, diventa necessario stabilire adeguati requisiti informativi, capaci di bilanciare da un lato le esigenze di conoscenza per la successiva definizione delle modalità di intervento, dall'altro la fattibilità tecnica e i costi di produzione dei modelli informativi per gli edifici storici (Parrinello et al., 2023).

Un altro aspetto critico riguarda proprio la creazione dei modelli geometrici 3D, che mentre nel caso di edifici di nuova costruzione si basano su oggetti standardizzati (porte, solai, travi), nel patrimonio storico prevalgono elementi unici, deformati, non conformi alle logiche parametriche standard. Questo comporta l'utilizzo di procedure di modellazione personalizzata sul particolare oggetto (scan-to-BIM) (Quattrini et al., 2015) e, frequentemente la necessità di definire ontologie o schemi informativi specifici.

Occorre infine considerare che gli interventi sul patrimonio culturale avvengono spesso in contesti normativi complessi e soggetti a controllo da parte di più enti (soprintendenze, genio civile, enti locali, ecc.), ciascuno dei quali può essere portatore di esigenze informative differenti.

La gestione coordinata di queste esigenze e la loro traduzione in un flusso informativo strutturato richiede pertanto un forte coinvolgimento da parte della committenza, che deve saper guidare i vari processi, non solo attraverso l'acquisizione di più avanzate competenze digitali, ma anche di nuove capacità di *governance* nel Project Management ed Information Management dei beni culturali.

4. Case History: la modellazione H-BIM del Corridoio Vasariano di Firenze

Il Corridoio Vasariano rappresenta un unicum architettonico di straordinaria complessità e valore storico nel contesto fiorentino e, più in generale, nel panorama del patrimonio culturale globale. Realizzato nel 1565 su progetto di Giorgio Vasari per volere di Cosimo I de' Medici, questo passaggio sopraelevato si estende per circa un chilometro, collegando Palazzo Vecchio a Palazzo Pitti, attraversando la Galleria degli Uffizi, il Ponte Vecchio e numerosi edifici storici (fig. 1). La sua funzione originaria era quella di consentire ai membri della famiglia Medici di spostarsi in sicurezza e riservatezza tra le sedi del potere politico e la residenza privata, senza dover attraversare le affollate strade cittadine. Oggi il Corridoio costituisce non solo un importante elemento di connessione urbana, ma anche un esempio emblematico di integrazione tra architettura e ingegneria nella città storica.

Negli ultimi anni, la crescente attenzione verso la tutela e la valorizzazione del patrimonio architettonico ha portato all'avvio di significativi interventi di restauro e adeguamento funzionale del Corridoio Vasariano, finalizzati a rispondere agli attuali standard di accessibilità, sicurezza e comfort ambientale. Tali interventi si sono resi necessari sia per garantire la fruibilità pubblica del percorso in un'ottica di potenziamento e valorizzazione delle attività museali, sia per preservarne l'integrità architettonica e strutturale attraverso un'attenta opera di conservazione del monumento⁷.

⁶I lavori di "Restauro e adeguamento funzionale del corridoio vasariano" sono stati realizzati tra il 2022 e il 2024. Il ruolo di stazione appaltante è stato assunto dalle Gallerie degli Uffizi insieme alla Soprintendenza di Firenze. L'importo dei lavori a base di gara è stato di 6.841.996,49 €. L'appalto è stato assegnato mediante procedura di gara aperta con il criterio dell'offerta economicamente più vantaggiosa. L'impresa esecutrice aggiudicataria è risultata Fratelli Navarra di Milano.

4.1. La definizione dei requisiti informativi

La modellazione H-BIM del Corridoio Vasariano si è sviluppata nell'ambito di una convenzione di ricerca tra Dipartimento di Architettura dell'Università di Firenze e Impresa appaltatrice dei lavori di restauro. In particolare veniva richiesto lo sviluppo di un modello BIM as-built del complesso monumentale finalizzato alla raccolta di dati e informazioni provenienti dalle varie fasi di rilievo ed esecuzione dei lavori. L'obiettivo della modellazione veniva identificato nell'implementazione di una gestione informativa volta al Facility Management nelle fasi di esercizio (manutenzione e funzionamento) dell'asset museale.

È opportuno precisare che l'appalto dei lavori non prevedeva l'obbligo dell'adozione di metodologie e strumenti BIM, trattandosi di un importo sotto soglia, ma l'esigenza dell'Impresa di sviluppare una gestione BIM-based della commessa derivava dall'offerta tecnica migliorativa proposta in sede di gara, che a seguito dell'aggiudicazione dell'appalto era entrata a far parte degli obblighi contrattuali della stessa Impresa.

Pertanto l'intero processo di modellazione informativa veniva ad essere regolato solo dal Capitolo Informativo (CI) concordato congiuntamente tra Impresa e Dipartimento di Architettura presente all'interno della convenzione di ricerca. In particolare nel CI predisposto ci si concentrava sugli aspetti gestionali della modellazione informativa, definendo modelli e strutture di dati corrispondenti a requisiti informativi stabiliti sulla base di ipotesi di funzionamento dell'asset museale nella sua fase di esercizio, formulate dallo stesso soggetto incaricato, traendo spunto da analoghe esperienze nell'ambito del Facility Management (Biagini et al., 2023; Biagini et al., 2024). Di seguito si riportano alcune delle previsioni e specifiche più significative contenute nel CI:

- il modello è creato con il software di BIM authoring Revit Autodesk, seguendo procedure Scan-to-BIM e/o CAD-to-BIM, avvalendosi di tutti i dati geospaziali disponibili, provenienti da nuvole di punti acquisite mediante laser scanner, nonché da layout di progetto esecutivo/costruttivo di restauro e adeguamento funzionale;
- la modellazione prevede lo sviluppo dei tre modelli federati: modello di contesto per localizzazione e georeferenziazione del complesso architettonico nell'ambiente urbano; modello architettonico costituito da oggetti parametrici corrispondenti a spazi architettonici ed elementi costruttivi componenti il Corridoio Vasariano (stanze, volumi, muri, finestre, pavimenti, coperture, ecc.); modello impiantistico costituito da oggetti parametrici relativi agli asset impiantistici (impianti meccanici, idrico-sanitari, elettrici e speciali, ecc.);
- in un piano di Gestione Informativa (pGI), verranno indicati per ogni oggetto edilizio e impiantistico, i parametri necessari per una sua completa caratterizzazione tecnologica e funzionale, finalizzata alla gestione informativa nelle fasi di esercizio (operatività e manutenzione) dell'asset museale;
- i parametri sono fissati all'interno di una «*model element table*» (MET) e classificati attraverso appositi «*pset*», ovvero gruppi di parametri aggregati in relazione alle funzioni da gestire in fase di FM;
- verranno programmati alcuni incontri con l'ente gestore per concordare i parametri e le informazioni che popoleranno il modello informativo.

Riguardo al livello di sviluppo degli oggetti il CI proponeva indici di granularità espressi in termini di *Level of Information Need* (LOIN), delineati dalla serie UNI EN ISO 19650 e dalla EN UNI 17412-1, in rapporto alle esigenze di gestione informativa previste per l'ente gestore dell'asset museale. In particolare si prevedeva l'inserimento di codici di riferimento ("*Type Mark*", "*Mark*"), ai quali associare le schede tecniche dei prodotti impiegati ed installati durante i lavori. Inoltre per ciascun tipo di modello disciplinare venivano definite le specifiche geometriche ed informative, che dovevano essere soddisfatte dagli oggetti parametrici in ogni fase di consegna dell'attività di modellazione e il loro grado di granularità, tra cui: il dettaglio geometrico da semplice a complesso, l'aspetto esteriore da simbolico a realistico, il comportamento parametrico da assente a completo. Mentre sugli oggetti "architettonici" i criteri di modellazione privilegiavano l'accuratezza geometrica, su quelli impiantistici

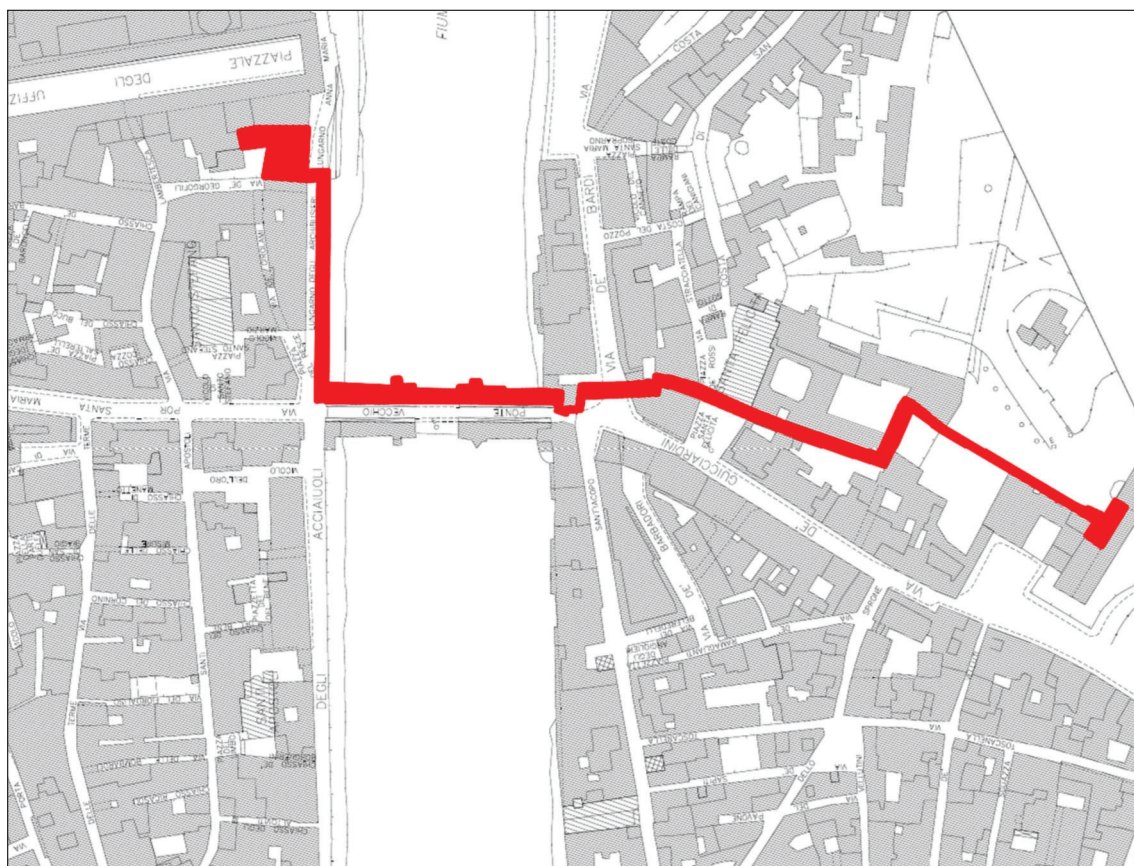


Figura 1. Inquadramento dell'intera lunghezza del Corridoio Vasariano, da Palazzo Vecchio sulla sinistra fino a Palazzo Pitti sulla destra.

tistici veniva data priorità alla completezza del loro contenuto informativo. A tale proposito si evidenzia che gli obiettivi e i *BIM uses* della modellazione non prevedevano lo sviluppo di simulazioni di performance tecniche o strutturali, quanto piuttosto la possibilità di integrare i dati e le informazioni sugli oggetti in formati *open-BIM* con piattaforme di FM. Per agevolare tale transizione era prevista infatti una consegna dei modelli disciplinari al committente in formato IFC 2x3.

Il CI stabiliva anche la validazione dei modelli singoli e aggregati con procedure di *BIM validation*, di verifica delle interferenze geometriche (*clash detection*) e di controllo di coerenza dei dati (*code checking*). Tali procedure avevano però il limite di essere solo interne al gruppo di lavoro, mentre la committenza non compariva tra i soggetti coinvolti proprio per le particolari modalità, con cui la gestione informativa BIM-based era stata introdotta nel processo di appalto dei lavori.

4.2. Il processo di modellazione informativa

L'applicazione di strumenti e metodologie H-BIM alla gestione informativa dei lavori di restauro del corridoio vasariano è stata condotta per sperimentare modalità innovative di produzione, controllo e verifica dell'informazione di progetto, in continuo aggiornamento con i dati provenienti dalle analisi conoscitive eseguite in corso d'opera e le varianti progettuali registrate nel cantiere dei lavori, attraverso contenitori informativi disciplinari coordinati in un unico modello federato, integrato con la documentazione tecnica e multimediale del "come costruito".

Il corridoio vasariano si caratterizza per una notevole varietà di ambienti, soluzioni architettoniche e tecniche costruttive, che riflettono le diverse fasi storiche di realizzazione e le successive trasformazioni. La modellazione informativa ha avuto quindi come principale obiettivo la docu-

mentazione delle operazioni di restauro e adeguamento funzionale mediante la produzione di modelli digitali di elevato dettaglio sia delle strutture esistenti che dei nuovi interventi previsti. Tra questi ultimi si annoverano la rimozione delle barriere architettoniche per garantire l'accessibilità, l'inserimento di ascensori e piattaforme elevatrici, la realizzazione di una nuova struttura di bypass per migliorare la fruibilità e la sicurezza del percorso, l'implementazione di nuovi impianti HVAC, idraulici ed elettrici lungo tutto il tracciato (fig. 2). La complessità del sito, la presenza di vincoli storici e la varietà tipologica degli ambienti hanno confermato le grandi potenzialità della modellazione informativa per ottenere una rappresentazione digitale coerente e integrata, capace di gestire sia le informazioni riguardanti lo stato di conservazione dell'asset storico, sia le modifiche progettuali in modo dinamico e collaborativo tra tutti gli attori del processo di appalto.

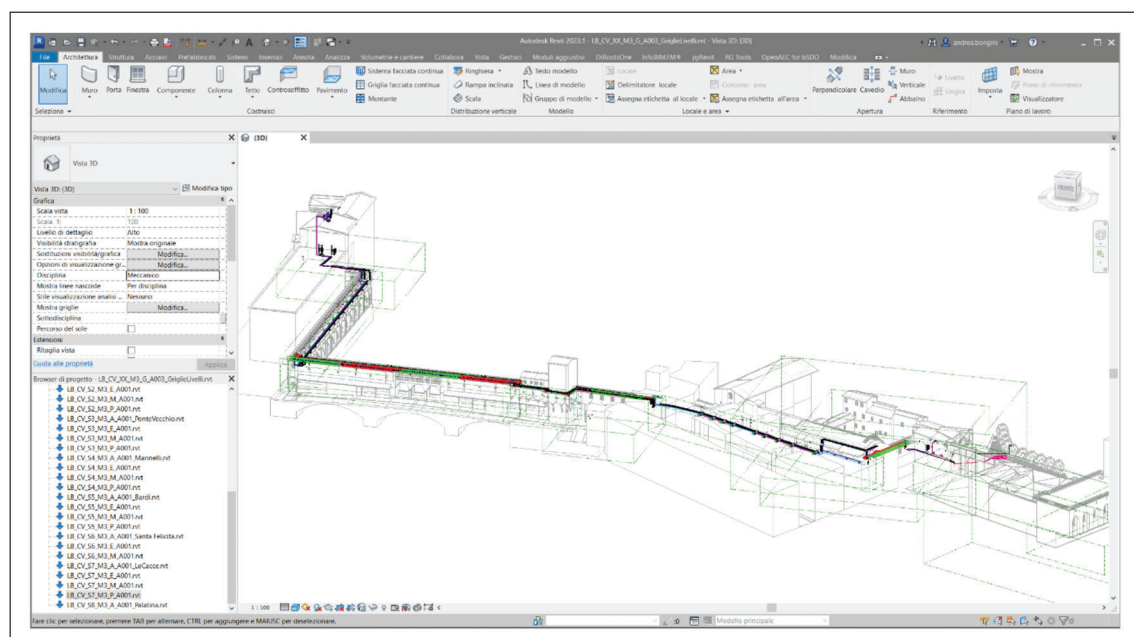


Figura 2. Modello 3D federato con impianti in evidenza.

Le attività di ricerca sono state articolate in due fasi operative distinte, organizzate sulla base di un piano di Gestione Informativa (pGI) interno al gruppo di lavoro, che ha previsto inizialmente la modellazione geometrica del complesso architettonico e successivamente il popolamento nei modelli disciplinari dei dati alfanumerici e dell'informazione documentale, infine la loro validazione mediante analisi delle interferenze geometriche e incoerenze informative. Nella prima fase ad ausilio del gruppo di ricerca è stata organizzata una attività didattica di laboratorio, che ha coinvolto alcuni studenti dell'Università di Firenze, focalizzata sulla modellazione geometrica del monumento⁷.

L'integrazione del progetto in un CDE strutturato, e l'adozione di modelli IFC, ha rappresentato un elemento chiave per la condivisione e la validazione delle informazioni tra tutti i soggetti coinvolti. Il CDE ha permesso di centralizzare la gestione dei dati, garantendo sicurezza, trasparenza e tracciabilità delle modifiche, oltre a facilitare la collaborazione interdisciplinare e la gestione dei flussi di lavoro secondo standard internazionali.

⁷ L'attività didattica di laboratorio ha permesso di coniugare la formazione accademica con l'applicazione pratica e professionale delle metodologie BIM in un contesto reale di appalto di lavori di restauro, offrendo agli studenti l'opportunità di confrontarsi con problematiche complesse e di acquisire competenze avanzate nella gestione di basi di dati e modelli informativi. In particolare sono stati coinvolti gli studenti del Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Edile dell'Università di Firenze (Anno Accademico 2020/21), suddivisi in team di lavoro, coordinati dai componenti del gruppo di ricerca, che ricoprivano il ruolo di BIM *coordinator*.

Il corridoio vasariano è stato scomposto in otto settori funzionali, ciascuno dei quali è stato affidato ad un *BIM specialist* incaricato di sviluppare la parte assegnata di modello disciplinare (fig. 3). Ogni fase di modellazione è stata mappata nel CDE su uno dei principali stati di lavorazione: WIP, SHARED, PUBLISHED e ARCHIVED. I partecipanti hanno lavorato in autonomia nelle directory WIP, effettuando salvataggi periodici e condividendo i progetti nella cartella SHARED per il coordinamento tra i diversi team di lavoro. Questo processo ha garantito la revisione collaborativa, l'assicurazione della qualità e la coerenza tra le diverse discipline, riducendo il rischio di errori e incongruenze.

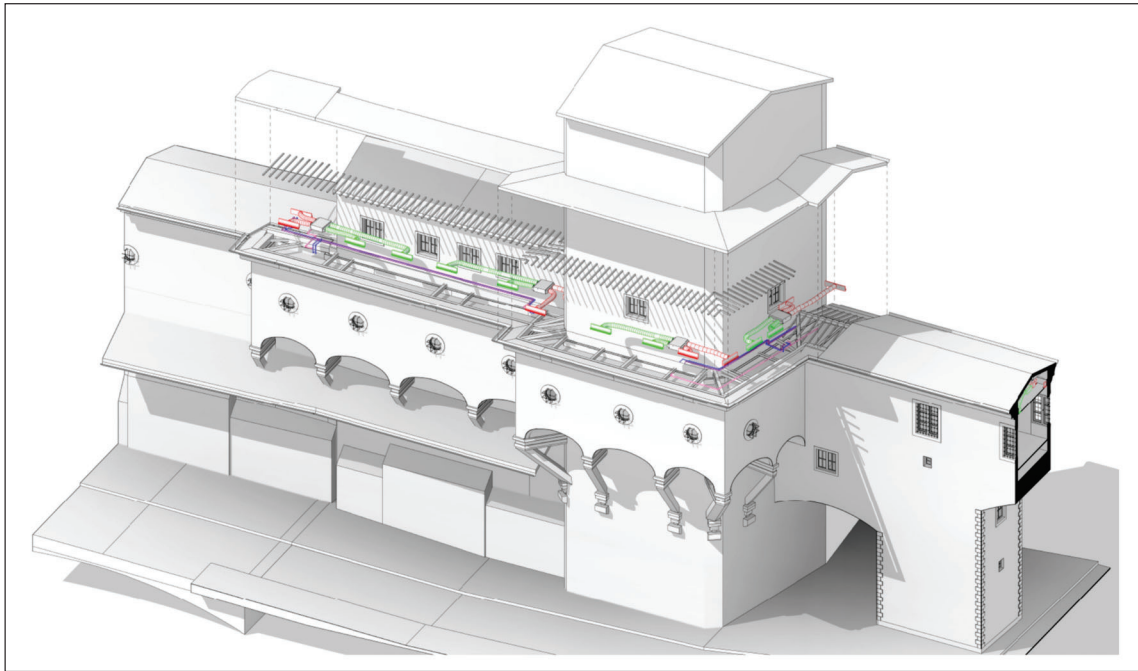


Figura 3. Modello 3D federato del settore 04 (Mannelli) con impianti in evidenza.

Il processo di modellazione digitale del Corridoio Vasariano è stato condotto affrontando in modo sistematico e parametrico le complessità geometriche e tipologiche del manufatto, garantendo al contempo interoperabilità e tracciabilità delle informazioni. Il primo passo ha previsto la creazione di un nuovo file di progetto, all'interno del quale sono stati definiti i livelli e le griglie di riferimento. In particolare, per la realizzazione delle griglie si è fatto riferimento alle direzioni delle murature più significative, sia esterne che interne, dei locali oggetto di modellazione. L'operazione è stata condotta seguendo un processo CAD-to-BIM, utilizzando come input i file .dwg di progetto forniti dall'impresa e contenenti le planimetrie dei diversi settori. Per la definizione dei livelli, invece, si è fatto riferimento alle quote architettoniche dei pavimenti finiti dei vari locali, in cui è stato suddiviso il corridoio.

Inizialmente è stata sviluppata la modellazione delle strutture murarie, che ha previsto la definizione di una serie di tipologie di muro, differenziate principalmente tra muri interni ed esterni e, soprattutto, in base allo spessore. Considerando infatti la variabilità di spessore riscontrata, si è scelto di includere questo dato direttamente nella naming convention degli oggetti, facilitando così l'identificazione e la gestione dei diversi elementi. Ove necessario, per visualizzare più efficacemente i corpi modellati del corridoio, sono stati ricreate anche alcune porzioni degli edifici storici adiacenti o prossimi al monumento (fig. 4). Avendo scarse informazioni su tali parti, i vari elementi sono stati modellati come elementi generici, ricavando la loro geometria da analisi visive, misure dirette, foto e restituzioni fotogrammetriche.

I pavimenti sono stati modellati, a seconda dei casi, come elementi generici, strutturali o di finitura, differenziati in base allo spessore e alla funzione. In assenza di informazioni dettagliate sulle stratigrafie esistenti, gli spessori sono stati assegnati in analogia con casi simili. Altri elementi architettonici, che presentavano geometrie complesse e singolarità dovute all'interfaccia con murature di spessore variabile e non ortogonali, hanno richiesto invece l'utilizzo di modelli locali, che hanno consentito una maggiore flessibilità nella rappresentazione delle anomalie geometriche. Per la modellazione delle coperture si è fatto riferimento agli elaborati progettuali per il posizionamento dei controsoffitti e delle capriate presenti. In generale è stato adottato un sistema di capriate e travetti in legno, su cui poggia un tetto generico composto da pannelle in cotto e tegole in coppi ed embrici.

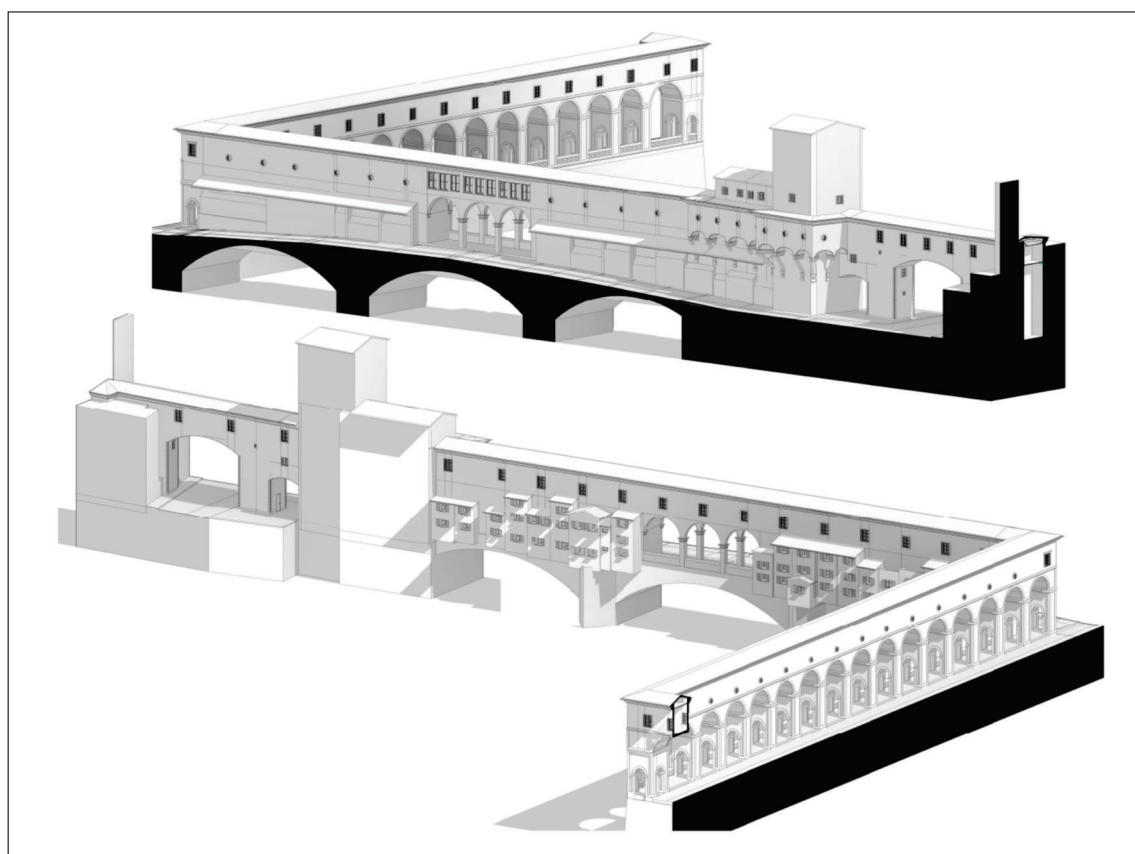


Figura 4. Modello 3D federato dei settori O2 (Archibusieri) e O3 (Ponte Vecchio) con elementi architettonici di contesto.

In parallelo agli oggetti di sistema sono state modellate le famiglie caricabili, in particolare quelle relative agli infissi secondo procedure finalizzate a garantire la coerenza geometrica, materica e informativa degli elementi architettonici inseriti nel modello BIM. Il processo ha avuto inizio con una fase di raccolta e analisi delle informazioni disponibili per ciascun infisso, attingendo da una pluralità di fonti, quali tavole di rilievo geometrico (planimetrie, prospetti, sezioni), rilievo fotografico e descrizioni estratte da voci di elenco e specifiche tecniche di capitolato. Un aspetto centrale della strategia di modellazione adottata ha riguardato la definizione e l'assegnazione dei materiali. Ogni elemento modellato è stato associato al materiale corrispondente, dedotto dalle specifiche di capitolato, da foto o da indicazioni progettuali, e gestito tramite parametri, che ne consentissero la modifica e il controllo centralizzato all'interno del modello. Parallelamente, è stata riservata particolare attenzione alla gestione delle informazioni testuali: le descrizioni di capitolato e le note specifiche

sono state inserite come commenti all'interno delle famiglie, rendendole immediatamente accessibili tramite sistemi di etichette durante la fase di annotazione delle tavole.

Il sistema di codifica degli oggetti BIM è stato strutturato in modo da riflettere la tipologia degli elementi secondo lo schema IFC, garantendo la compatibilità e l'interoperabilità tra i diversi software e la piattaforma utilizzata. Dove possibile, sono stati implementati parametri condivisi (*shared parameters*) per assicurare la coerenza del modello e facilitare l'esportazione in formato IFC, fondamentale per la gestione openBIM e la condivisione dei dati con soggetti esterni. I materiali sono stati assegnati a modellazione ultimata, utilizzando designazioni codificate e riferimenti a schede tecniche, mentre le texture sono state inserite tramite l'integrazione con il software Twinmotion⁸, utilizzando il formato proprietario datasmith (fig. 5). Questa integrazione ha permesso la produzione di render fotorealistici e animazioni immersive, utili per la validazione progettuale, la presentazione agli stakeholder e la comunicazione con i team di restauro.

Al termine di una prima fase di modellazione, ogni singolo modello disciplinare è stato condiviso all'interno della cartella SHARED del CDE in modo che i diversi team di lavoro potessero effettuare una validazione dei propri modelli in relazione ai settori adiacenti. La validazione del modello ha previsto un'analisi delle interferenze tramite le specifiche funzioni di coordinamento all'interno del software di BIM authoring. Sono state analizzate le interferenze tra le diverse categorie di elementi, seguendo un ordine di importanza dettato da una *clash matrix*, e di queste sono state prese in considerazione solo quelle più significative, ovvero superiori a 3 cm.

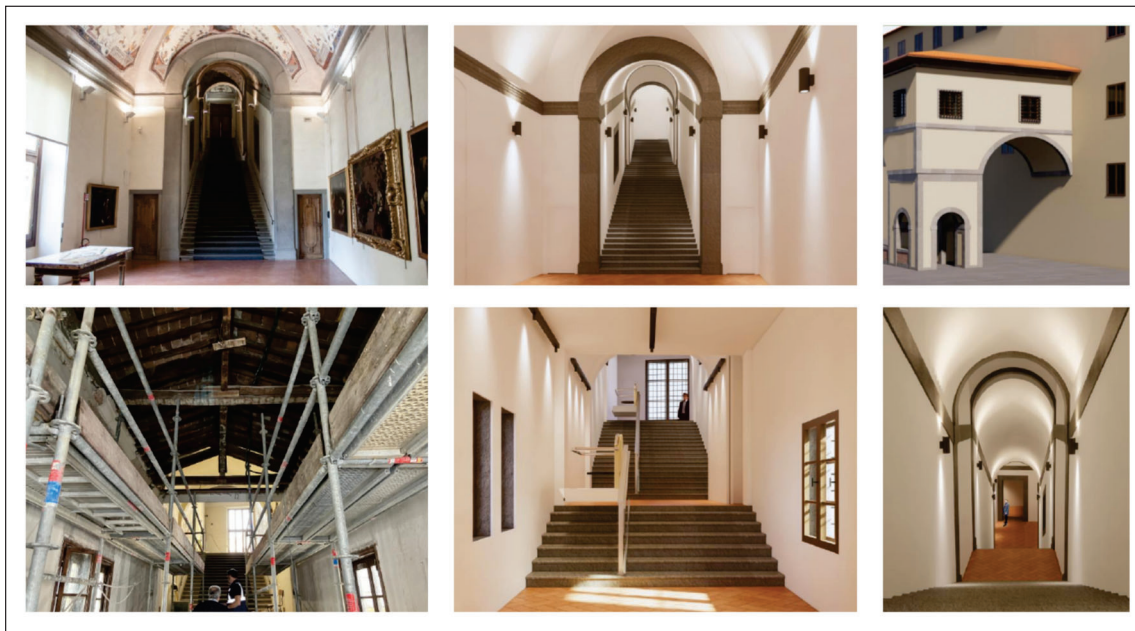


Figura 5. Confronto tra fotografie di cantiere e viste foto-realistiche ottenuto con il software Twin Motion.

Una procedura innovativa nel processo di modellazione è stata l'adozione di un workflow "*python-based*" per l'inserimento di riferimenti documentali direttamente all'interno del modello IFC. Una volta raggiunto uno stato di coordinamento stabile ed esportato il modello in formato IFC, è stato creato un registro di metadati in formato CSV contenente l'elenco dei documenti associati (disegni tecnici, specifiche, relazioni di restauro, schede materiali, certificazioni) e i relativi oggetti IFC di destinazione. Uno script sviluppato sulla base della libreria open source *ifcopenshell*, ha permesso di collegare programmaticamente tali documenti alle entità IFC corrispondenti tramite le

⁸ <https://www.twinmotion.com>

classi *IfcDocumentInformation* e *IfcRelAssociatesDocument*. Questo processo ha consentito l'associazione nativa di file esterni a specifici elementi BIM, con tutti i metadati memorizzati direttamente nel file IFC definitivo. In questo modo è stata garantita la tracciabilità, la trasparenza e l'accessibilità a lungo termine dei materiali referenziati su diverse piattaforme e nel tempo, favorendo la conservazione digitale e la gestione documentale integrata. I file IFC sono infine stati caricati nella cartella PUBLISHED del CDE, assicurando a tutti i membri del team l'accesso ai modelli validati e documentati. Il processo di arricchimento semantico è stato ripetuto a ogni aggiornamento significativo per riflettere modifiche geometriche, documentali o di responsabilità, garantendo la continuità informativa tra le versioni del modello e la storicizzazione delle informazioni.

Al termine dei lavori, il modello è stato caricato e condiviso con la committenza tramite Dalux⁹, un visualizzatore BIM *web-based* (fig. 6). Questa piattaforma consente un accesso intuitivo ai modelli 3D e alla documentazione correlata tramite browser o dispositivi mobili, facilitando la revisione, la collaborazione e il coinvolgimento degli stakeholder nel lungo periodo. Dalux offre funzionalità avanzate di navigazione, annotazione, gestione delle issue e visualizzazione delle informazioni di base associate agli oggetti BIM, risultando particolarmente efficace per la comunicazione con utenti non specialisti e per la gestione delle fasi di cantiere. È importante sottolineare che, sebbene Dalux e altri visualizzatori IFC *web-based* siano eccellenti nella visualizzazione della geometria 3D e della documentazione di base, attualmente non supportano l'intero schema IFC, non permettendo ad esempio la visualizzazione di classi come *IfcDocumentInformation* e riducendo quindi le possibilità di avere associazioni standardizzate di documenti esterni, e dei loro metadati, incorporate direttamente all'interno del modello. Di conseguenza, per avere una gestione a più ampio spettro dei modelli IFC e del possibile corredo informativo, che questi sono in grado di trasmettere, risulta necessario ricorrere ad altre tipologie di visualizzatori IFC specializzati come ad esempio FZK Viewer¹⁰, sviluppato dal Karlsruhe Institute of Technology, che offrono un supporto più completo allo schema IFC e alle sue funzionalità estese (fig. 7).

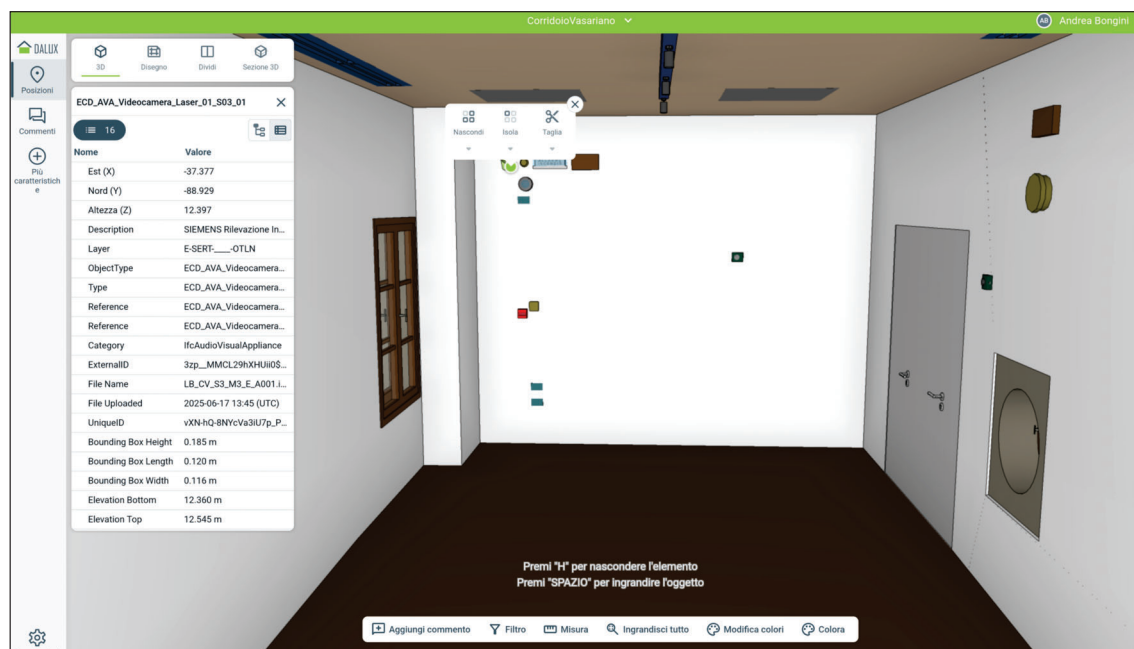


Figura 6. Visualizzazione del modello BIM e parametri associati ai singoli *BIM object* all'interno della piattaforma Dalux,

⁹ <https://www.dalux.com/>

¹⁰ <https://www.iai.kit.edu/english/1648.php>

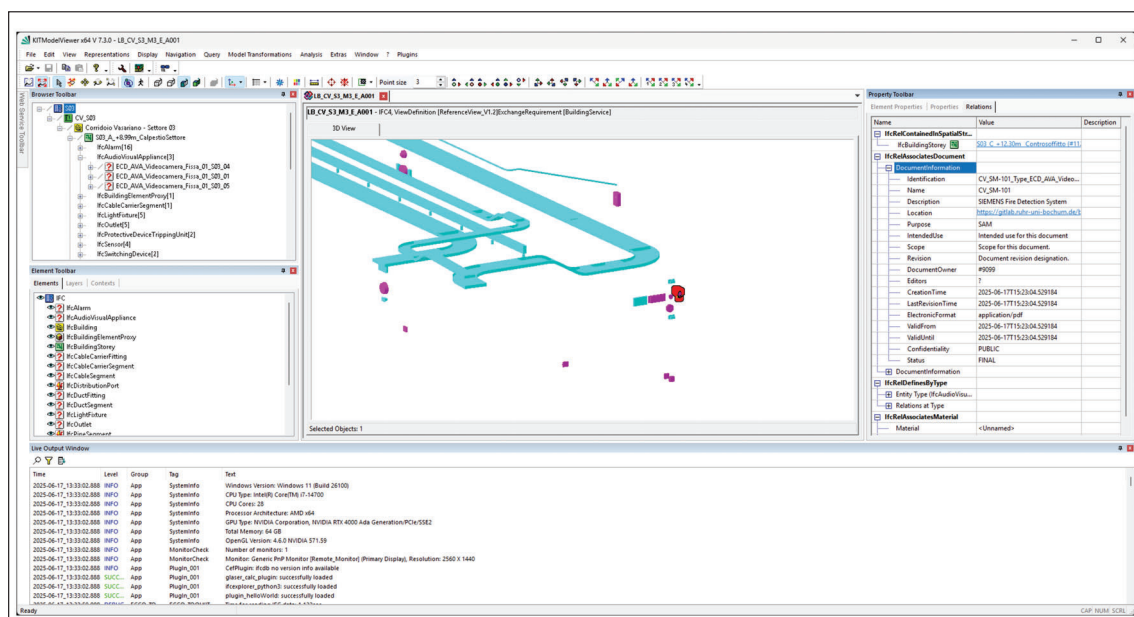


Figura 7. Visualizzazione del modello BIM e parametri associati ai singoli BIM object all'interno del software FZK Viewer.

L'esperienza maturata nel progetto del corridoio vasariano ha quindi dimostrato come l'adozione di metodologie BIM avanzate, integrate con workflow digitali e strumenti open source, possa rappresentare un valore aggiunto fondamentale per la gestione, la conservazione e la valorizzazione del patrimonio architettonico storico, favorendo l'innovazione, la collaborazione interdisciplinare e la sostenibilità degli interventi nel tempo.

5. La lezione appresa («lesson learned»)

Il caso studio proposto si presta ad una analisi puntuale dei punti di forza e delle criticità che possono essere riscontrati nell'applicazione di metodologie e strumenti BIM ai processi di committenza nell'ambito dei beni culturali. È particolarmente utile a tale riguardo il raffronto con i quattro scenari di riferimento (A, B, C, D) proposti nel rapporto tecnico UNI/TR 11337-2, valutati attraverso un'analisi di tipo SWOT (*Strengths, Weaknesses, Opportunities, Threats*), che è uno strumento tipico del Project Management per la valutazione di rischi e potenzialità di un processo decisionale; in particolare i punti di forza (S) e punti di debolezza (W) si rapportano alle condizioni interne di maturità digitali dell'organizzazione, mentre le opportunità (O) e le minacce (T) riguardano invece gli effetti che il confronto con un contesto digitale esterno più evoluto può determinare sugli stessi processi di committenza.

Come evidenziato in precedenza l'applicazione di tecnologie BIM-based ai lavori di restauro del Corridoio Vasariano, è derivata da un'offerta tecnica migliorativa proposta dall'Impresa in sede di gara in qualità di concorrente, al di fuori pertanto da una procedura di appalto formalizzata ai sensi del D.M. n. 560 del 01/12/2017. Tale modalità non è un'eccezione, ma anzi, fino ad oggi, ha rappresentato il principale canale di ingresso di processi BIM-based negli appalti pubblici sotto soglia. Se ciò manifesta una positiva e volontaria responsabilità nell'implementazione di procedure BIM da parte del soggetto incaricato principale, di contro quello che dovrebbe essere il soggetto regolatore del processo digitale (la stazione appaltante) viene sostanzialmente superato nella possibilità di definire i propri requisiti informativi, salvo recuperare una limitata fase negoziale dopo l'aggiudicazione, ma solo se l'offerta migliorativa preveda (e così non è sempre) la predisposizione di un pGI da condividere tra Impresa e Stazione Appaltante.

In un'ottica UNI EN ISO 19650, il rapporto tra domanda e offerta di requisiti informativi, definito

nel capitolato informativo della convenzione di ricerca, è pertanto da riferire alla relazione tra soggetto incaricato principale (appaltatore) e soggetto incaricato della modellazione informativa (gruppo di ricerca) mediato dal piano di consegna (PdC) definito nello stesso CI. Invece, la connessione con la domanda del soggetto proponente (stazione appaltante), che avrebbe potuto limitarsi alla produzione dei contenuti informativi strettamente necessari a soddisfare l'offerta migliorativa di gara, è stata garantita dal gruppo di ricerca grazie alla sua attività di terza missione, a cui era affidato il trasferimento tecnologico di competenze digitali maturate in ambito accademico a favore di un'istituzione museale pubblica di importanza assoluta.

Come anticipato in precedenza il CI si concentrava prevalentemente sugli aspetti gestionali della modellazione informativa, tuttavia connessioni specifiche con obiettivi e BIM *uses*, coerenti con le prevedibili funzioni dell'asset museale in corso di restauro, erano comunque state considerate nella definizione dei modelli e delle strutture di dati da implementare, sia in previsione di attività di Facility Management, che nella prospettiva di un monitoraggio attraverso sensoristica IoT¹¹. Non era stato previsto invece appositamente alcuno sviluppo di elaborati 2D al termine della creazione del modello as-built (né su supporto tradizionale né digitale), in quanto ritenuti un out-put ausiliario ad una gestione documentale ancora non digitale, che avrebbe contraddetto le finalità della ricerca. I modelli sono stati validati con procedure di *code & model checking*, svolte periodicamente in accordo con quanto previsto dal pGI. Inoltre è stata eseguita una mappatura accurata di tutti gli oggetti parametrici modellati secondo il formato IFC 2x3, MVD *coordination view 2.0*, assegnando loro la classe IFC più corretta in previsione di scambi informativi con applicazione software di tipo CAFM (*Computer Aided Facility Management*) e CMMS (*Computerized Maintenance Management System*)¹².

La convenzione non prevedeva la predisposizione di un ambiente di condivisione dei dati (CDE) per la gestione collaborativa tra soggetto proponente e soggetti incaricati nei termini previsti dalla UNI EN ISO 19650, tuttavia per uso interno al gruppo di ricerca e nelle attività didattiche di laboratorio con gli studenti sono state attivate procedure in linea con tale protocollo.

5.1. L'analisi SWOT

Il processo di gestione informativa BIM-based dei lavori di restauro del corridoio vasariano è stato quindi analizzato alla luce delle proposte di scenario avanzate nel rapporto tecnico UNI/TR 1137-2. In particolare è stata condotta un'analisi SWOT, estraendo dai 4 scenari di riferimento, A, B, C, D, le caratteristiche comuni con il caso in esame (Tabella 1).

Tabella 1. Caratteristiche di scenario riferibili al caso della gestione informativa BIM-based nei lavori di restauro del corridoio vasariano

INTERNO	CONTESTO
S (punti di forza)	O (opportunità)
<u>da scenario A</u> - Assenza di conoscenze a priori (procedure informative dell'organizzazione consolidate sedimentate e routinarie, potenzialmente in conflitto con processi BIM-based strutturati).	<u>da scenario A</u> - Potenzialità di acquisizione da parte dell'organizzazione di conoscenze su processi BIM. - Possibilità di strutturazione del dato e del database sulla base delle esigenze dell'organizzazione. - Tesaurizzazione dell'esperienza acquisita attraverso l'interazione col soggetto incaricato grazie agli scopi della terza missione.

¹¹ Il gruppo di ricerca universitario coinvolto nella convenzione è stato anche impegnato in questi ultimi anni sui temi delle applicazioni IoT (Internet of Things) alla gestione informativa BIM-based degli edifici in un'ottica di *digital twin*. Si veda a tale riguardo il progetto di ricerca PNR NextGeneration EU dal titolo: "BIM-to-Digital Twin. Gestione informativa a supporto dei processi decisionali nel ciclo di vita degli edifici" (2022-25), www.bim2dt.info.

¹² L'amministrazione di Musei degli Uffizi utilizza il software Archibus (by EpturaTM) per la gestione di alcuni servizi di facility e asset management.

Tabella 1 (continua). Caratteristiche di scenario riferibili al caso della gestione informativa BIM-based nei lavori di restauro del corridoio vasariano

INTERNO	CONTESTO
S (punti di forza)	O (opportunità)
<u>da scenario B-</u>	<u>da scenario B</u> - Il CI è un punto di partenza per la valutazione di possibili miglioramenti in successivi processi BIM-based dell'organizzazione. - L'utilizzo di strumenti di Code & Model Checking rendono consapevole il soggetto proponente della necessità di strutturazione dell'informazione.
<u>da scenario C</u> - Presenza di un CI strutturato secondo best practice volte alla gestione di asset esistenti. - Gestione digitale strutturata di asset e facility management anche se esterna all'organizzazione.	<u>da scenario C</u> - I modelli informativi sono il punto di partenza per il loro arricchimento semantico di attributi non-geometrici.
<u>da scenario D-</u>	<u>da scenario D</u> - Aggiornamento informativo digitale dell'asset esistente, anche attraverso il supporto di soggetti esterni all'organizzazione. - Possibilità di essere punto di riferimento per il mercato nel settore dei beni culturali museali.
W (punti di debolezza)	T (minacce)
<u>da scenario A</u> - Assenza di gestione informativa digitalizzata all'interno dei processi dell'organizzazione. - Mancanza di tracciabilità delle comunicazioni e delle attività. - Mancanza di legame diretto tra CI e documento di indirizzo preliminare.	<u>da scenario A</u> - Disomogeneità tra contenuti informativi dei modelli informativi ed elaborati documentali tradizionali. - Strumenti utilizzabili dal soggetto proponente sono quelli messi a disposizione dal soggetto incaricato.
<u>da scenario B-</u>	<u>da scenario B</u> - Produzione di modelli informativi da parte del soggetto incaricato, che non corrispondono alle aspettative del proponente. - Difficoltà di controllo e verifica del dato. - Possibili contenziosi a causa della discrepanza tra modelli informativi ed elaborati tradizionali.
W (punti di debolezza)	T (minacce)
<u>da scenario C</u> - Requisiti informativi non computazionali che comportano mentalità analogica.	<u>da scenario C</u> -
<u>da scenario D</u> -	<u>da scenario D</u> -

La figura 8 riporta il risultato dell'analisi SWOT dei quattro scenari di riferimento A, B, C, D (in blu), contenuta nel citato rapporto tecnico, a cui si aggiunge lo scenario determinato dallo stesso tipo di analisi per il corridoio vasariano (in rosso).

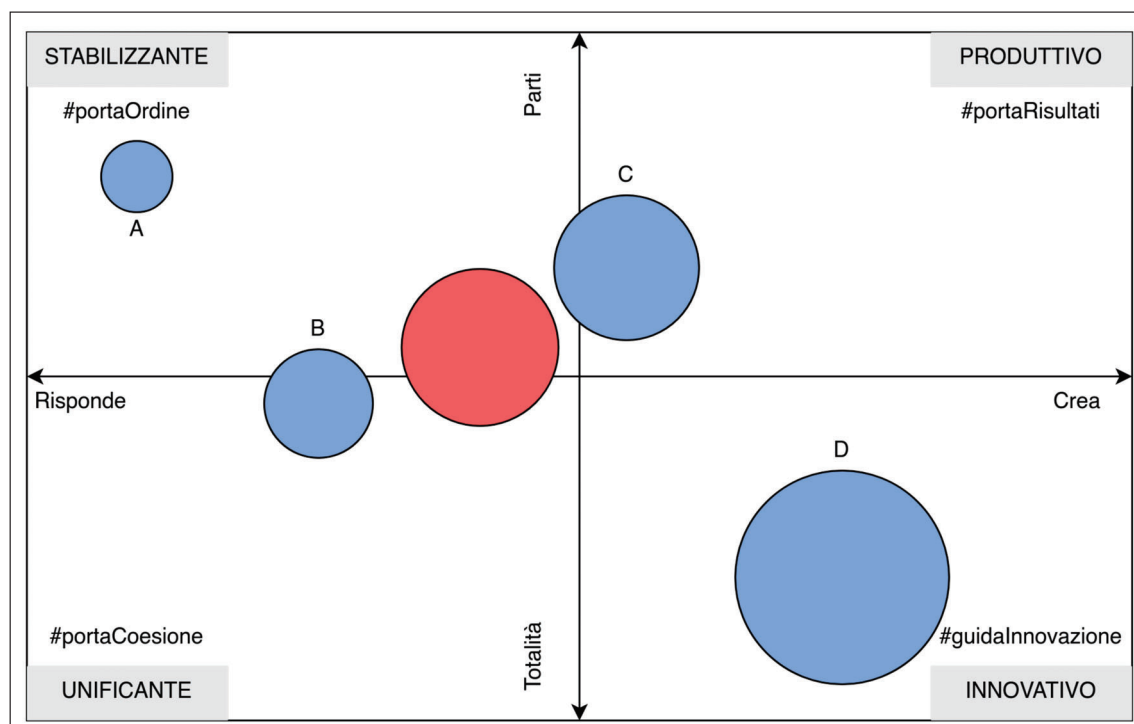


Figura 8. Risultato dell'analisi SWOT per il caso di studio (in rosso) in relazione agli scenari di riferimento (in blu) del rapporto tecnico UNI/TR 11337-2.

I punti di forza (S) del caso indagato si riferiscono essenzialmente agli scenari A e C, che da un lato attribuiscono valore alla mancanza di procedure informative consolidate all'interno dell'organizzazione, che in molti casi possono costituire un freno al cambiamento, dall'altro il capitolato informativo predisposto nella convenzione di ricerca, benché non direttamente espressione di un'analisi dell'organizzazione dell'ente e delle modalità di gestione in fase di esercizio del suo patrimonio immobiliare, era stato però appositamente strutturato sulla base di requisiti informativi non generici, ma delineati dal gruppo di ricerca universitario per una tipologia di committenza di analoghe esigenze informative con obiettivi e BIM uses tipici dell'asset management. La scelta da parte del soggetto incaricato principale (l'impresa) di proporre in sede di gara nella propria offerta tecnica migliorativa, una attività di gestione informativa BIM-based veicolata da un partner universitario interessato prioritariamente al trasferimento tecnologico del proprio know-how all'interno di una procedura di appalto di lavori di restauro di grande rilevanza ed esemplarità, ha consentito di trasformare in punto di forza una attività che altrimenti avrebbe potuto configurarsi come elemento di debolezza.

Anche i punti di debolezza (W) sono da individuarsi all'interno degli scenari A e C, soprattutto in relazione alla mancanza di procedure informative all'interno del soggetto proponente, ma anche sulla scarsa consapevolezza del valore aggiunto che un processo digitalizzato BIM-based può apportare ad una commessa, rispetto ad una gestione informativa tradizionale a carattere analogico: gli scambi informativi tra stazione appaltante, direzione dei lavori e impresa si sono svolti durante l'esecuzione dell'appalto quasi esclusivamente attraverso elaborati grafici e documentali di tipo tradizionale. Viceversa il gruppo di ricerca, supportato dall'impresa, ha sviluppato il modello BIM as-built del complesso monumentale lungo tutta la durata del cantiere, partendo dai disegni di progetto e aumentando progressivamente il dettaglio geometrico ed informativo degli oggetti parametrici con le proprietà specifiche dei prodotti scelti e installati, raccogliendo le schede tecniche da associare

agli stessi oggetti con opportuna codifica, procedendo quindi all'aggiornamento dei modelli disciplinari con le varianti al progetto (soprattutto impiantistiche), che venivano effettuate in corso d'opera. Pertanto solo alla chiusura dei lavori nelle fasi di collaudo e riconsegna dell'asset museale per la messa in esercizio ("*commissioning*" e "*handover*"), la stazione appaltante in occasione dei meeting per la verifica e validazione dei modelli disciplinari ha potuto constatare l'efficacia e le potenzialità della gestione informativa BIM-based.

Maggiormente articolata è l'analisi delle opportunità (O), che per il caso studio sembra mettere in luce caratteristiche riferibili a tutti e quattro gli scenari. In particolare rispetto allo scenario A, si può ritenere che il committente abbia acquisito nuove conoscenze sull'applicazione di processi BIM-based, più specifiche e contestualizzate sulla gestione informativa di un reale appalto, capaci di ispirare processi digitali più avanzati per l'organizzazione. Sulla stessa linea le opportunità derivate dallo scenario B, ma più focalizzate sui flussi informativi nei processi di committenza, la definizione dei requisiti di scambio informativo (capitolato informativo), le procedure di verifica e validazione dei modelli disciplinari (*code & model checking*). Le caratteristiche da scenario C e D pongono invece l'attenzione, al termine dell'esperienza condotta, sulla possibilità di applicare la gestione informativa BIM-based non solo alle fasi di consegna di un appalto (progetto ed esecuzione) ma di estenderla anche alla fase di esercizio dell'asset museale attraverso molteplici strategie (arricchimento semantico dei modelli, continuo aggiornamento informativo dell'AIModel, ecc.).

Le minacce (T) possibili emergono con caratteristiche da scenario A e B. La persistenza di modalità di gestione informativa di tipo tradizionale, affiancata a quella BIM-based, può generare disomogeneità tra i contenuti dei modelli informativi e quelli degli elaborati grafici 2D, se non direttamente derivati dai primi, a cui può conseguire anche una difficoltà di relazioni e scambi informativi tra committente e soggetti incaricati. Inoltre una inadeguata conoscenza di metodologie e strumenti BIM, da parte di alcuni dei soggetti coinvolti nei ruoli dell'appalto dei lavori, può generare aspettative non coerenti con i requisiti informativi espressi nel capitolato informativo, e introdurre una conflittualità di ostacolo allo sviluppo di processi collaborativi.

6. Conclusione

Il recente Codice dei Contratti Pubblici ha messo ben in evidenza il ruolo della PA nella digitalizzazione del ciclo di vita dei contratti, a cui viene anche demandata l'implementazione dei metodi e strumenti di gestione informativa digitale delle costruzioni nell'ambito nei processi di committenza di appalti pubblici. La norma UNI EN ISO 19650 ha inoltre configurato per il committente un ruolo determinante nell'avvio dei processi di gestione informativa con l'adozione di approcci BIM-based, in quanto deve essere in grado di definire il quadro delle "regole" tecniche e gestionali, all'interno del quale i vari soggetti incaricati dovranno sviluppare i propri processi e azioni di consegna. In particolare i requisiti informativi di alto livello dell'organizzazione (OIR) con quelli connessi alla gestione del portfolio di asset immobiliari (AIR) devono permeare tutta la domanda di requisiti informativi che caratterizzano lo sviluppo di una commessa (PIR e EIR). La maturità digitale della PA è quindi questione che riguarda non solo la disponibilità di strumenti, ma la capacità di comprendere e governarne i processi connessi, quale condizione necessaria per avviare una effettiva transizione digitale negli appalti pubblici.

Tuttavia, nella recente esperienza italiana e particolarmente nell'ambito dei beni culturali, si osserva una fragilità strutturale della PA nell'esercitare il necessario ruolo di regia dei processi di digitalizzazione, le cui cause sono molteplici: carenza di personale con competenze digitali avanzate, insufficiente familiarità con i formati di scambio interoperabili, scarsa consapevolezza delle potenzialità offerte da una gestione informativa BIM-based.

Il BIM viene pertanto percepito spesso come un adempimento tecnico a carico di progettisti e imprese, piuttosto che uno strumento strategico di governo dell'intervento. Ciò implica una delega quasi totale ai soggetti incaricati delle scelte metodologiche e informative, con il rischio concreto di una produzione di modelli informativi non utili per il committente, incoerenti con le esigenze di tracciabilità, trasmissione e conservazione dei dati, e un complesso transito del PIModel della fase di consegna verso l'AIModel della fase di esercizio dell'asset.

Nel caso degli edifici storici, questa criticità si amplifica ulteriormente, in quanto la complessità dei processi di conoscenza nei beni culturali, richiede la formulazione di requisiti informativi specifici, orientati alla documentazione dell'esistente, al rilievo dei manufatti, alla ricostruzione e interpretazione della loro storia evolutiva, che necessitano l'integrazione di informazioni provenienti da fonti archivistiche digitali e non digitali, e database di dati strutturati e non strutturati.

Il presente studio ha analizzato l'applicazione della gestione informativa BIM-based all'appalto dei lavori di restauro del corridoio vasariano a Firenze, illustrando la strutturazione dei modelli informativi, ripercorrendo il workflow di processo ed effettuando infine un accurato confronto con gli scenari di riferimento proposti dal rapporto tecnico UNI/TR 11337-2, classificati sulla base di analisi di tipo SWOT. Ne è derivato per il caso in esame uno scenario molto prossimo a quelli di riferimento B e C, nel quale prevale una risposta molto specifica ai requisiti informativi stabiliti nel CI, e formulati sulla base di generici requisiti di asset (AIR) e procedure di gestione informativa rivolte a BIM uses tipici della fase di esercizio del complesso architettonico. D'altra parte la mancanza di un sistema di gestione digitalizzata dei processi di appalto all'interno dell'organizzazione ha inevitabilmente limitato la possibilità di configurare l'esperienza di modellazione H-BIM del corridoio vasariano all'interno di uno scenario di avanzata maturità digitale della PA.

Appare così evidente che la gestione informativa BIM-based corra il rischio di essere applicata in modo formale, senza generare valore reale per la committenza pubblica. Occorre quindi investire nella crescita culturale e organizzativa della PA, affinché diventi capace di gestire efficacemente i processi di committenza digitalizzati, valorizzando le competenze digitali acquisite, promuovendo la collaborazione tra soggetti diversi e assicurando la continuità della gestione informativa nel tempo. Solo così il BIM potrà diventare, anche nel campo della tutela dei beni culturali, uno strumento fondamentale a supporto della gestione del ciclo di vita del patrimonio costruito pubblico e una risorsa essenziale per la salvaguardia della memoria e dell'identità collettiva.

Riconoscimenti

L'attività di ricerca si è sviluppata nell'ambito di un accordo quadro tra il Dipartimento di Architettura dell'Università di Firenze e l'Impresa Fratelli Navarra di Milano, appaltatrice dei lavori, dal titolo: "Corridoio Vasariano. Studi per la documentazione a fini scientifici del restauro e delle attività di cantiere", sotto la responsabilità scientifica della prof.ssa Susanna Caccia Gherardini. Responsabile scientifico dello specifico accordo di modellazione informativa H-BIM as-built è stato invece il prof. Carlo Biagini. Il ruolo di BIM *coordinator* è stato ricoperto dall'Ing. Andrea Bongini e quello di BIM *specialist* dagli Ing. jr Francesco Meozzi e Mohamed El Hakimy. Hanno partecipato al laboratorio didattico di modellazione gli studenti: Agnoletti F.; Bordoni A.; Borgheresi A.; Cappelli E.; Cassini B.; Dedja C.; Dollorenzo G.; Grossi A.; Luconi C.; Lulja M.; Nasorri G.; Martinetti N.; Mazzei N.; Mazzoli A.; Milanesi M.; Orlandi M.; Parenti F.; Quadri L.; Rosafio F.; Zeloni A.

Contributo degli autori

Concettualizzazione: C.B.; metodologia: C.B.; acquisizione dati: A.B.; elaborazione dati: A.B.; redazione della bozza originale: C.B. A.B.; scrittura-revisione ed editing: C.B.; supervisione: C.B. Tutti gli autori hanno letto e approvato la versione pubblicata del manoscritto.

Bibliografia

- Banfi F. (2017). BIM orientation: Grades of generation and information for different types of analysis and management process. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, XLII-2/W5, 57–64. <https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLII-2-W5-57-2017>
- Biagini C., Capone P., Donato V. & Facchini N. (2016). Towards the BIM implementation for historical building restoration site. *Automation in Construction*, 71(Part 1), 74–86. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2016.03.001>

- Biagini C., Aglietti A., Marzi L. & Bongini A. (2023). A BIM-based framework for facility management data integration in heritage assets. In *Proceedings of the 23rd International Conference on Construction Applications of Virtual Reality* (pp. 1167–1178). Firenze University Press.
- Biagini C., Bongini A. & Marzi L. (2024). From BIM to digital twin: IoT data integration in asset management platform. *Journal of Information Technology in Construction*, 29, 1103–1127.
- British Standards Institution. (2013a). *PAS 1192-2: Specification for information management for the capital/delivery phase of construction projects using building information modelling*.
- British Standards Institution. (2013b). *PAS 1192-3: Specification for information management for the operational phase of assets using building information modelling*.
- Brookes C. (2017). *The application of Building Information Modelling (BIM) within a heritage science context*. Historic England.
- Croce V., Caroti G., De Luca L., Jacquot K., Piemonte A. & Véron P. (2021). From the semantic point cloud to heritage building information modeling: A semiautomatic approach exploiting machine learning. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 13(3), Article 3.
- International Organization for Standardization. (2018). *ISO 16739-1: Industry Foundation Classes (IFC) for data sharing in the construction and facility management industries*.
- Murphy M., McGovern E. & Pavia S. (2013). Historic building information modelling: Adding intelligence to laser and image-based surveys of European classical architecture. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 76, 89–102. <https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2012.11.006>
- Parrinello S. & Dell'Amico A. (2021). From survey to parametric models: HBIM systems for enrichment of cultural heritage management. In C. Bolognesi & D. Villa (Eds.), *From Building Information Modelling to Mixed Reality* (pp. 89–107). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-75030-4_6
- Parrinello S., Sanseverino A. & Fu H. (2023). HBIM modelling for the architectural valorisation via a maintenance digital ecosystem. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, XLVIII-M-2, 1157–1164. <https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLVIII-M-2-2023-1157-2023>
- Quattrini R., Malinverni E.S., Clini P., Nespeca R. & Orietti E. (2015). From TLS to HBIM: High-quality semantically aware 3D modeling of complex architecture. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, XL-5/W4, 367–374. <https://doi.org/10.5194/isprsarchives-XL-5-W4-367-2015>
- UNI - Ente Italiano di Normazione. (2017a). *UNI 11337-1: Modelli, elaborati e oggetti informativi per prodotti e processi*.
- UNI - Ente Italiano di Normazione. (2017b). *UNI 11337-4: Evoluzione e sviluppo informativo di modelli, elaborati e oggetti*.
- UNI - Ente Italiano di Normazione. (2017c). *UNI 11337-5: Flussi informativi nei processi digitalizzati*.
- UNI - Ente Italiano di Normazione. (2017d). *UNI/TR 11337-6: Linee guida per la redazione del capitolato informativo*.
- UNI - Ente Italiano di Normazione. (2019a). *UNI EN ISO 19650-1: Concetti e principi*.
- UNI - Ente Italiano di Normazione. (2019b). *UNI EN ISO 19650-2: Fase di consegna dei cespiti immobili*.
- UNI - Ente Italiano di Normazione. (2021a). *UNI/TR 11337-2: Flussi informativi e processi decisionali nella gestione delle informazioni da parte della committenza*.
- UNI - Ente Italiano di Normazione. (2021b). *UNI EN 17412-1: Building Information Modelling – Livello di fabbisogno informativo: Concetti e principi*.
- UNI - Ente Italiano di Normazione. (2021c). *UNI EN ISO 19650-3: Fase di gestione dei cespiti immobili*.
- Volk R., Stengel J. & Schultmann F. (2014). Building information modeling (BIM) for existing buildings: Literature review and future needs. *Automation in Construction*, 38, 109–127. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2013.10.023>