

# Applicazioni di strumenti e procedure per l'elaborazione dei dati da rilievo digitale integrato per l'H-BIM

Applications of tools and procedures in integrated digital survey data processing for H-BIM

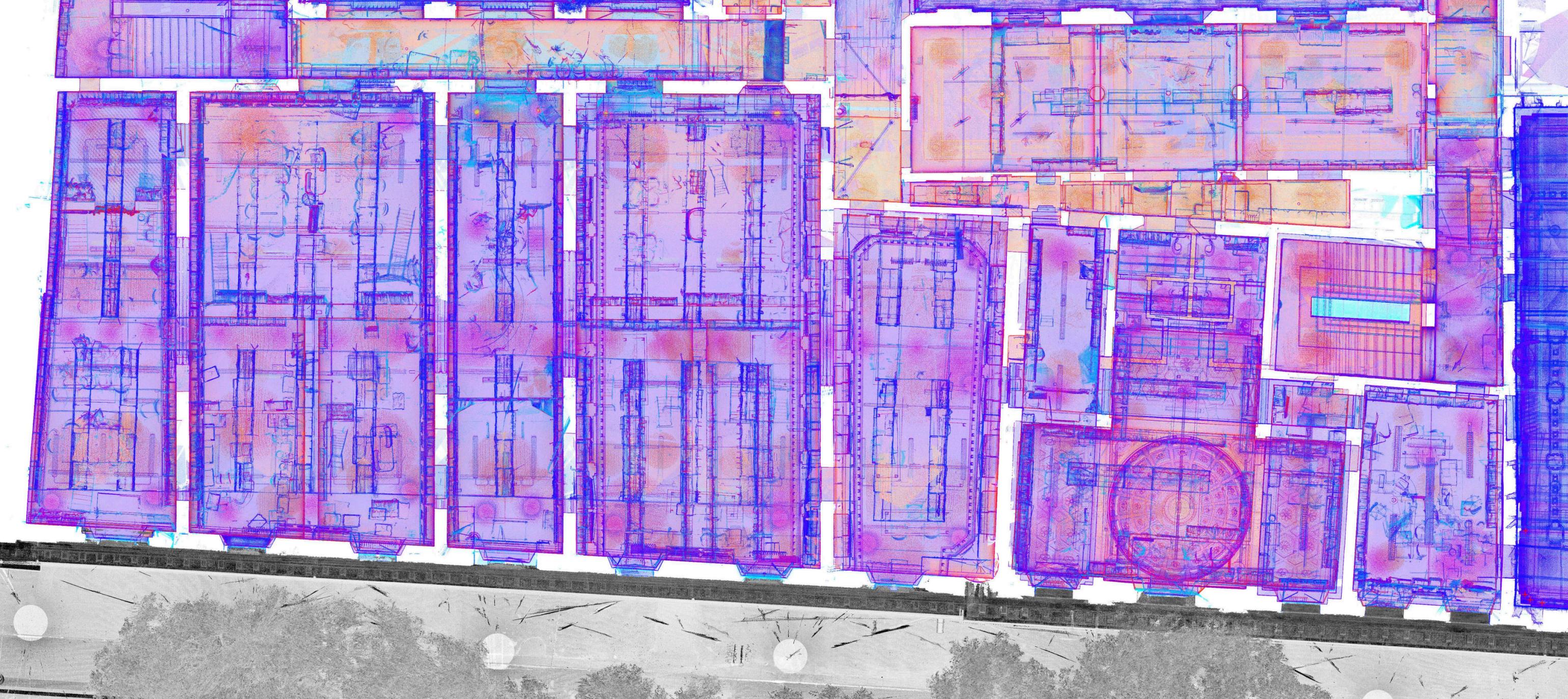
Gabriele Giau  
Francesco Viroli

L'applicazione di strumenti di segmentazione e classificazione delle nuvole di punti ottenute da rilievo tridimensionale integrato, permette di organizzare delle banche dati digitali funzionali alla modellazione H-BIM e all'interrogazione del database stesso, nell'ottica di ottimizzare il processo scan to Bim e al contempo essere un documento interrogabile e consultabile in tutte le fasi del processo di digitalizzazione e di gestione.

*The application of segmentation and classification tools to point clouds from integrated three-dimensional survey, allows to organize digital databases functional to H-BIM modeling as well as to interrogation of the database itself, aiming the optimization of scan-to-Bim process and at the same time represent a open and available document at all stages of the building digitization and management process.*

Rilievo digitale integrato del Teatro Sociale di Novi (MO). DIAPReM, Dipartimento di architettura, Università degli studi di Ferrara.

3D integrated digital survey of Teatro Sociale di Novi (MO). DIAPReM, Department of Architecture, University of Ferrara.



La progettazione di interventi di restauro del patrimonio architettonico viene sempre più spesso svolta attraverso processi H-BIM in grado di integrare informazioni di carattere tecnico con le specificità proprie del costruito esistente. In questo contesto, la procedura scan to Bim è una prassi che si va consolidando congiuntamente alla definizione di protocolli mirati ad aumentare l'efficienza delle fasi di elaborazione dei dati di rilievo, anche in termini di tempi e costi. Nuvole di punti prodotte da rilievi digitali integrati costituiscono modelli morfometrici di elevata accuratezza e precisione che, importati e indagati

Palazzo Merenda, Forlì: rilievo tridimensionale gerarchizzato in due livelli: esterno e interno. TekneHub-DIAPReM, Dipartimento di architettura, Università degli studi di Ferrara.

Palazzo Merenda, Forlì: 3D survey hierarchized in two layers: external and internal. TekneHub-DIAPReM, Department of Architecture, University of Ferrara.

direttamente all'interno dei software di authoring, costituiscono una base sulla quale modellare le geometrie dei manufatti con maggiore precisione. I database sono spesso costituiti da un elevato numero di coordinate, tanto più se relativi a edifici di notevoli dimensioni o di pregio storico e architettonico, quindi particolarmente complessi. Si caratterizzano da un'abbondanza di informazioni che per alcune fasi del processo di modellazione risultano sovrabbondanti, mentre sono imprescindibili per altre, come per le rappresentazioni dei dettagli, nonché per la comprensione delle geometrie degli elementi dell'architettura storica, in particolar modo ordinati

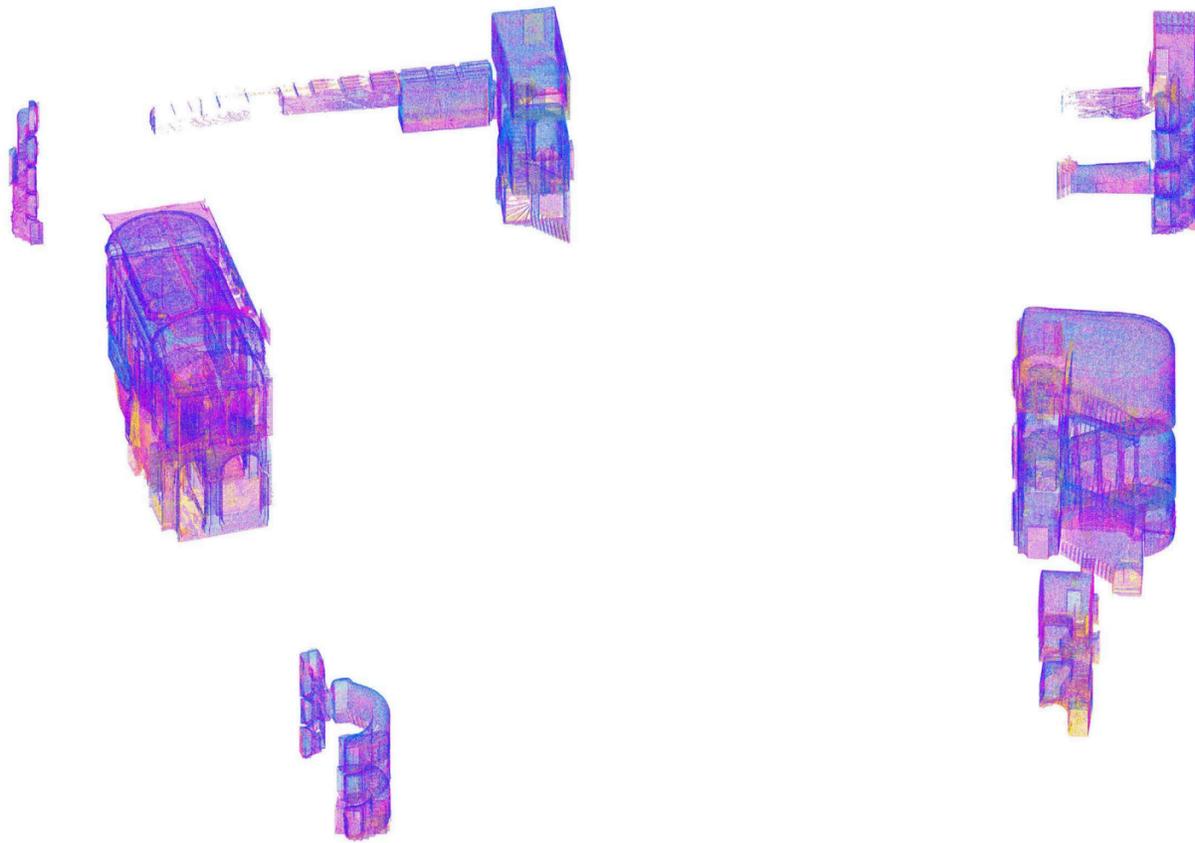
e apparati decorativi. Inoltre, il peso informatico di questi modelli, può provocare difficoltà di gestione in relazione alle disponibilità hardware e software sia del gestore finale, sia dei tecnici coinvolti nella filiera di progettazione.

#### Gerarchizzazione dei database

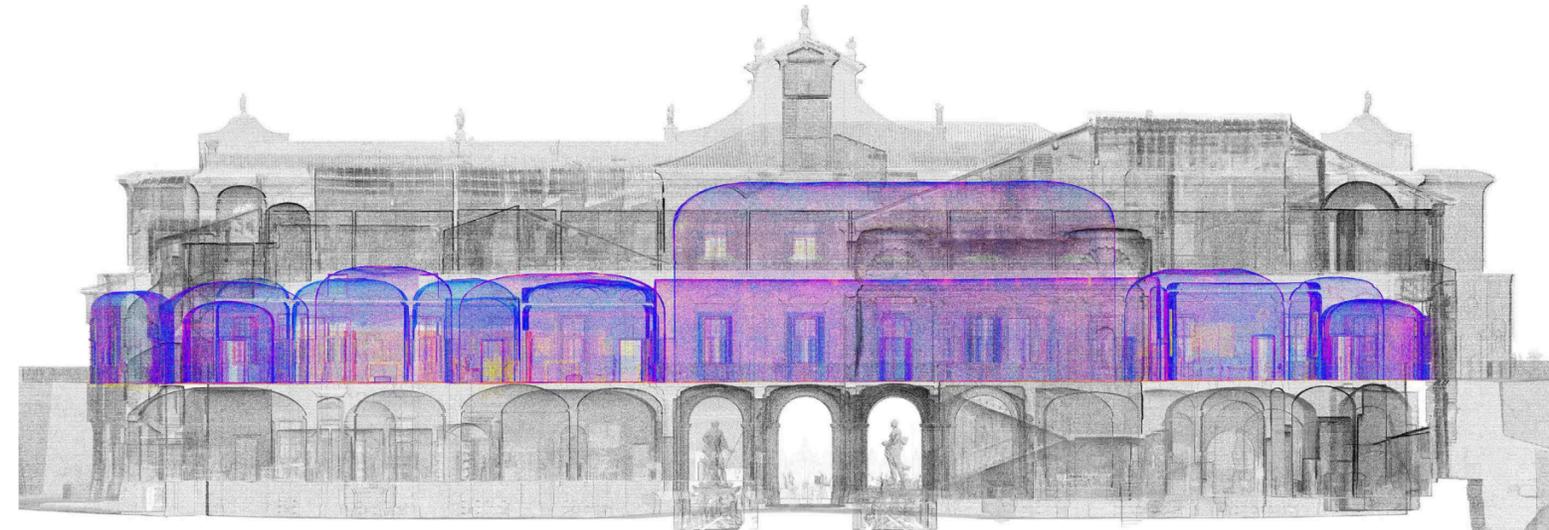
Al fine di sfruttare in maniera completa le potenzialità informative intrinseche al modello a nuvola di punti, si rende necessario gerarchizzare il dato adottando scelte metodologiche e strumentali secondo criteri dettati in primo luogo in relazione

alle caratteristiche del luogo e dell'architettura stessa, ma anche in base alle finalità del rilievo e del progetto, o alle necessità della committenza. Posto che ogni banca dati ha caratteristiche proprie, risulta impossibile generalizzare, tuttavia due organizzazioni tipiche possono essere:

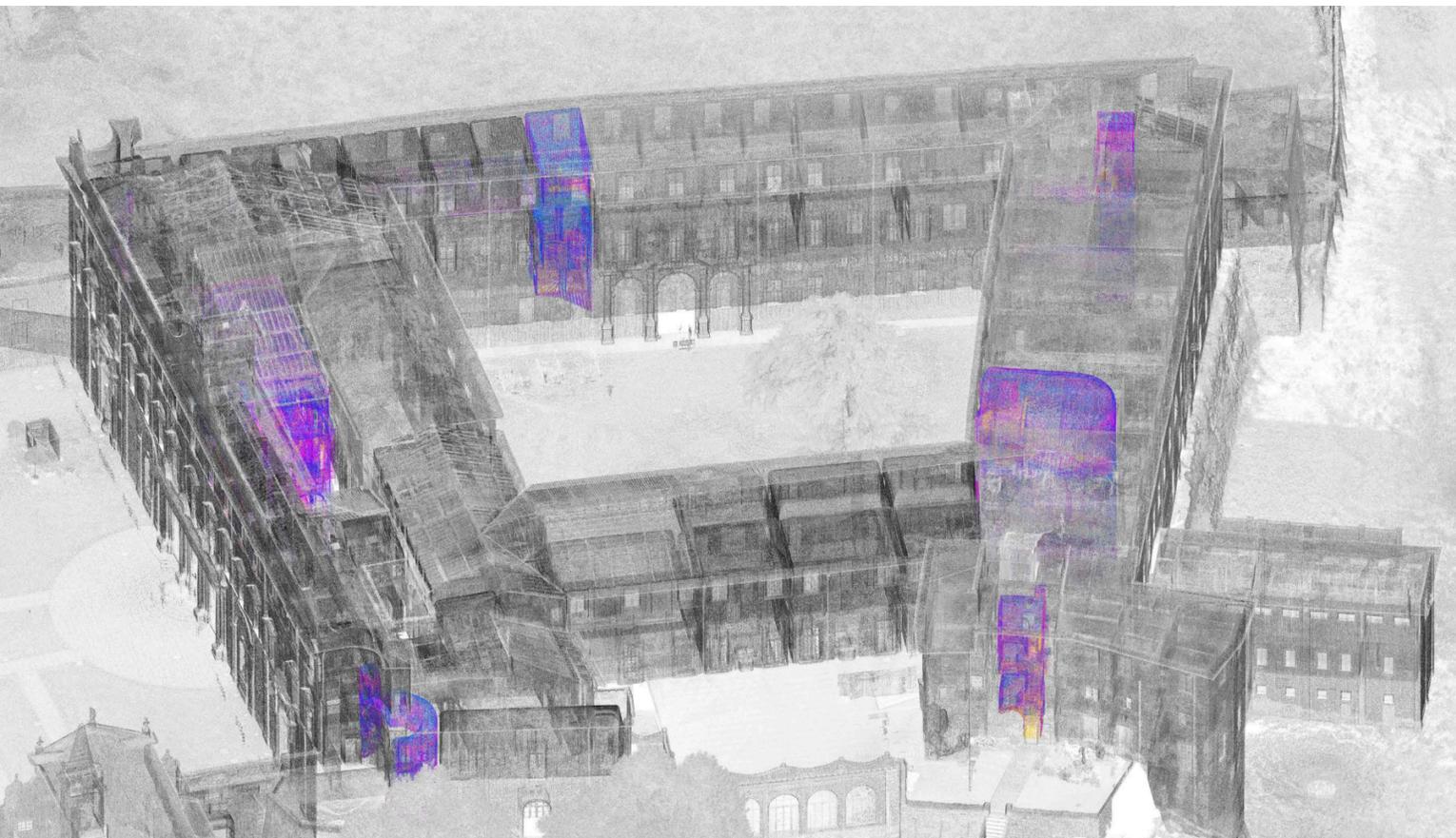
- la divisione dell'edificio in contesto, involucro esterno e spazi interni, a loro volta segmentati in livelli di piano e corpi scala;
- la divisione in unità strutturali, qualora presenti, in caso di rilievi finalizzati all'indagine di vulnerabilità sismica.



Database del patrimonio costruito esistente, gerarchizzato per corpi scala. DIAPReM-TekneHub, Dipartimento di architettura, Università degli studi di Ferrara.  
*Built Heritage database, hierarchized by stairwells. DIAPReM, TekneHub, Department of Architecture, University of Ferrara.*



Database del patrimonio costruito esistente, gerarchizzato per livelli di piano. DIAPReM-TekneHub, Dipartimento di architettura, Università degli studi di Ferrara.  
*Built Heritage database, hierarchized by floors. DIAPReM, TekneHub, Department of Architecture, University of Ferrara.*



Il prodotto è un database generale che consente interrogazioni e visualizzazioni multi-scalari: può essere facilmente scomposto in sottolivelli al massimo della definizione, per estrazioni di dettaglio o modellazione di famiglie parametriche, o composti in modelli complessivi a maglia più larga, opportunamente decimati e ottimizzati.

Anche il metodo di acquisizione dei dati tridimensionali di rilievo, con il conseguente controllo dell'errore che ne deriva, può essere un criterio di gerarchizzazione adottato: ad esempio, un manto di copertura acquisito con la fotogrammetria può rimanere un componente digitale sovrapposto ma separato rispetto al rilievo effettuato con laser scanner terrestre.

In queste operazioni è prerogativa essenziale mantenere lo stesso sistema di riferimento, anche tra i diversi software coinvolti, per effettuare una segmentazione che consenta l'assemblaggio delle parti e la composizione di modelli specifici oggetto di singole elaborazioni.

L'applicazione di algoritmi che facilitano gli automatismi di segmentazione e classificazione delle nuvole di punti di manufatti del patrimonio architettonico è un campo di ricerca attivo (Grilli, 2017), ma, data la complessità e la varietà intrinseca di questi modelli, ad oggi, le operazioni continuano ad essere manuali e gestite criticamente dall'operatore in relazione agli obiettivi specifici.

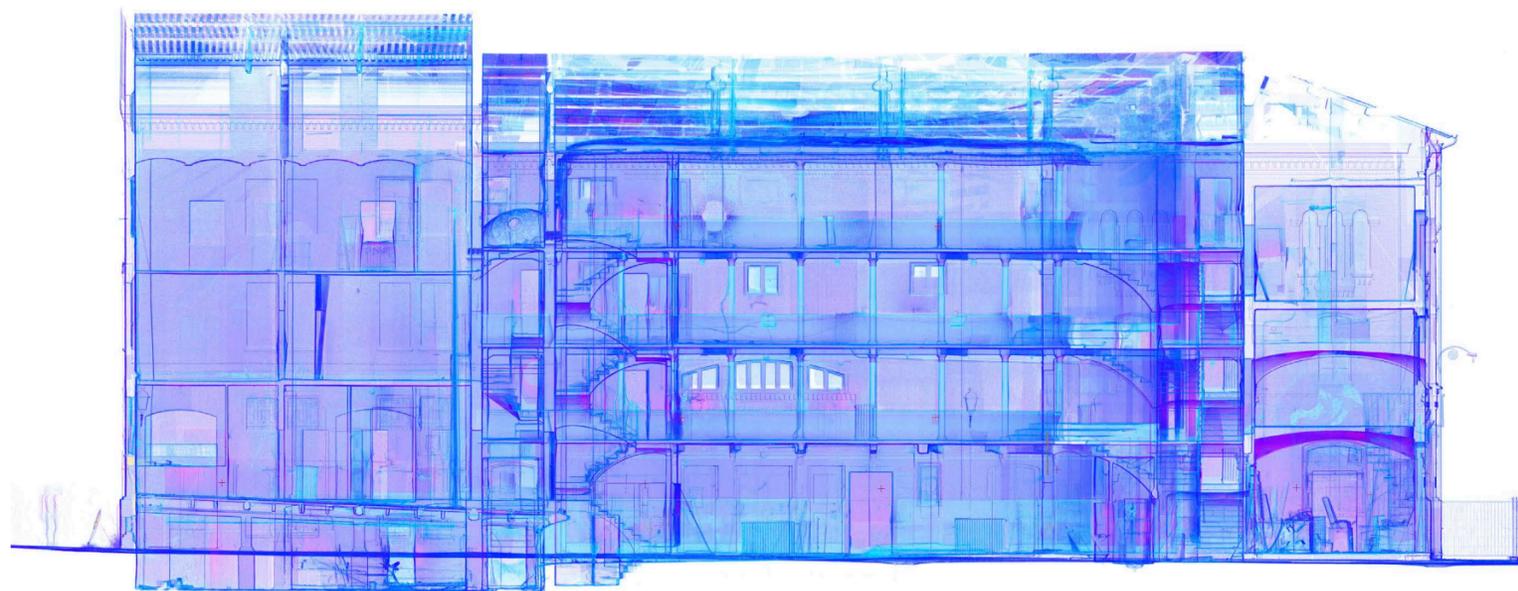
The design of interventions of restoration on architectural heritage is increasingly carried out through H-BIM processes capable of integrating technical information with the specific features of the existing buildings. In this context, scan to Bim process is a practice that is being consolidated together with the definition of protocols that aim to increase the efficiency of survey data processing steps, also in terms of time and costs. Point clouds produced by integrated digital survey techniques are morphometric models of high

levels of accuracy and precision. These, imported and investigated directly in the authoring softwares, represent a basis on which it is possible to model the geometries of the buildings with greater precision. Databases often consist of a large number of coordinates, all the more so if they are related to constructions of considerable size or to buildings of historical and architectural value, therefore particularly complex. They are characterized by an abundance of information that for some steps of the modeling process are superabundant,

while they are essential for others, such as for the representations of details, as well as for the understanding of the geometries of the elements of historical architecture, especially orders and decorative apparatuses. Furthermore, the weight of these models can cause management difficulties in relation to the hardware and software availability of both the final manager and the professionals involved in the design chain.

Database hierarchization  
 In order to fully exploit the information inherent in the point cloud model, it is necessary to hierarchize the data by adopting methodological and instrumental choices according to criteria dictated primarily in relation to the characteristics of the place and of the architecture itself, but also in based on the purposes of the survey and of the project, or on the needs of the client. Given that each database has its own characteristics, it is impossible to generalize, however two

typical organizations can be:  
 - the division of the building into context, external envelope and internal spaces, in turn segmented into floor levels and stairwells;  
 - the division into structural units, if present, in the case of surveys aimed at the investigation of seismic vulnerability. The product is a general database that allows multi-scalar queries and visualizations: it can be easily decomposed into sublevels at maximum definition, for detailed extractions or modeling of parametric families, or composed into



Database del Teatro Sociale di Novi (MO), gerarchizzato in base alla fonte di acquisizione dati. DIAPReM-TekneHub, Dipartimento di architettura, Università degli studi di Ferrara.  
Database of the Teatro Sociale di Novi (MO), hierarchized by data acquisition source. DIAPReM, TekneHub, Department of Architecture, University of Ferrara.

### Interrogazione e accessibilità

Le scelte di gerarchizzazione e organizzazione dei modelli a nuvola di punti non sono effettuate solo in ottica di modellazione e di implementazione del dato informativo nel tempo, ma costituiscono una banca dati accessibile e interrogabile che accompagna il modello in tutte le fasi del processo H-BIM. Anche grazie alla diffusione di programmi open source per la visualizzazione delle nuvole di punti, è possibile in qualsiasi momento verificare le rettificazioni e le semplificazioni necessariamente adottate nello sviluppo del modello continuo. Diventa così strategico, anche per il gestore finale, accanto agli elaborati bidimensionali e al modello BIM as-built richiesti dalle committenze, disporre di un database consultabile all'occorrenza nelle fasi di gestione dell'edificio.

overall models with a larger mesh, appropriately decimated and optimized. Even the method of input of the three-dimensional data of survey, with the consequent control of the resulting error, can be a hierarchical criterion adopted: for example, a roof covering obtained with photogrammetry can be a digital component overlapping the data obtained by a terrestrial laser scanner, but separate from each other. In these operations, it is essential to maintain the same coordinate system, even among the different software involved, to carry out a

segmentation that allows the assembly of parts and the composition of specific models subject to individual processing. The application of algorithms that facilitate the automatic segmentation and classification of point clouds of architectural heritage is an active research field (Grilli, 2017), but, given the complexity and intrinsic variety of these models, to date, operations continue to be manual and critically managed by the operator in relation to specific objectives.

#### Interrogation and accessibility

The choices of hierarchization and organization of the point cloud models are not made only with a view to modeling and implementation of the information data over time, but constitute an accessible and searchable database that accompanies the model in all phases of the H-BIM process. Also thanks to the diffusion of open source programs for the visualization of point clouds, it is possible at any time to check the adjustments and simplifications necessarily adopted in the development

of the continuous model. It thus becomes strategic, even for the final manager, alongside the two-dimensional drawings and the as-built BIM model required by clients, to have a database that can be consulted when necessary during the building management phases.

Rilievo digitale integrato del Teatro Sociale di Novi (MO). DIAPReM, Dipartimento di architettura, Università degli studi di Ferrara.  
3D integrated digital survey of Teatro Sociale di Novi (MO). DIAPReM, Department of Architecture, University of Ferrara.

### Bibliografia

- Balzani, M., Maietti, F., Mugayar Kühl, B., (2017) "Point cloud analysis for conservation and enhancement of modernist architecture" in *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Volume XLII-2/W3, 2017 3D Virtual Reconstruction and Visualization of Complex Architectures*, 1-3 March 2017, Nafplio, Greece
- Balzani, M., Rossat, L., Rac, F., Mugayar Kühl, B., (2020) "3d city modelling toward conservation and management. The digital documentation of Museu do Ipiranga - USP, San Paulo, Brazil" in *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Volume XLIV-4/W3-2020, 5th International Conference on Smart City Applications*, 7-8 October 2020, Virtual Safranbolu, Turkey (online)
- Brusaporci, S., Centofanti, M., Maiezza, P., Tata, A., Ruggieri A., "Per una riflessione teorico-metodologica sulla procedura HBIM di modellazione informativa dei beni architettonici" in *Riflessioni, l'arte del disegno/il disegno dell'arte* atti del 41° convegno internazionale dei docenti delle discipline della rappresentazione congresso della Unione Italiana per il Disegno (Perugia 2019), a cura di Paolo Belardi, Gangemi Editore, Roma, 2019, pp. 449-456

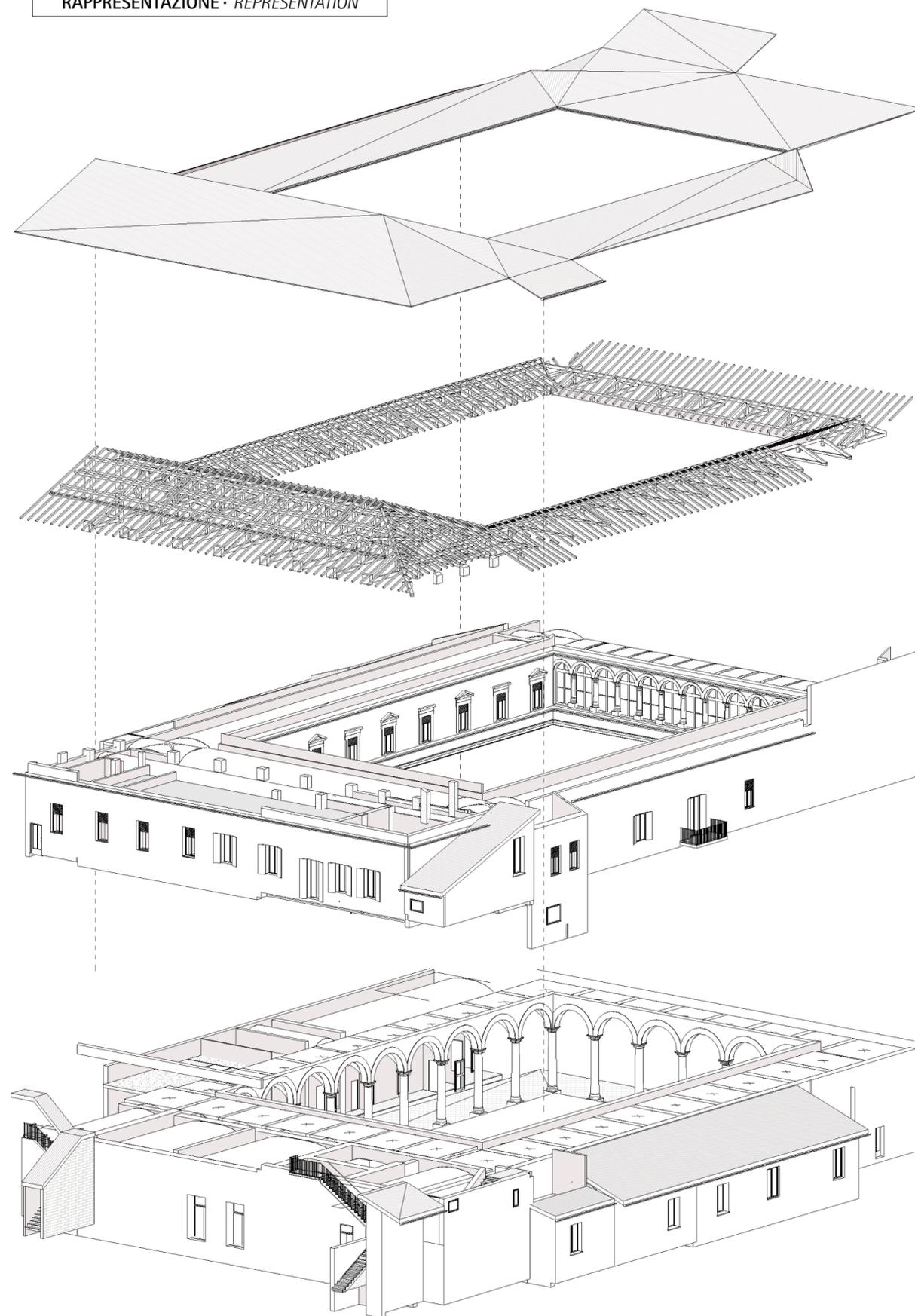
- Grilli, E. e Menna, F. e Remondino, F. (2017). "A review of point clouds segmentation and classification algorithms" in *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Volume XLII-2/W3, 2017 3D Virtual Reconstruction and Visualization of Complex Architectures*, 1-3 March 2017, Nafplio, Greece, pp. 339-344
- Murphy, M., McGovern, E., & Pavia, S. (2009). *Historic building information Modelling (HBIM)*. *Structural Survey*, 27(4), 311-327.
- Parrinello, S., De Marco, R., (2019). "Dal rilievo al modello: la trasposizione dell'evento sismico. From survey to the model: the graphic transposition of an earthquake" in *Disegnare Idee Immagini*, vol. 57, pp. 70-81.
- Raco, F., Galvani, G., "Procedure di rilievo tridimensionale integrato per la documentazione digitale e il progetto di trasformazione del tipo architettonico palazzo nei centri storici urbani" in *Paesaggio Urbano*, Maggioli, 2020, n°1, pp. 6-29

#### Gabriele Giau

Architetto, borsista di ricerca, DIAPReM/TekneHub, Dipartimento di Architettura, Università degli Studi di Ferrara • Architect, Grant researcher, DIAPReM/TekneHub, Architecture Department - University of Ferrara  
giagrl@unife.it

#### Francesco Virolì

Dipartimento di Architettura, Università di Ferrara • Department of Architecture, University of Ferrara  
francesco.virolì@unife.it



# Procedure metodologiche di modellazione HBIM

Strumenti e procedure HBIM da dati di rilievo digitale integrato per la elaborazione e la digitalizzazione del patrimonio costruito esistente in contesti di rischio

Dario Rizzi  
Francesco Violi

L'introduzione dell'obbligatorietà dell'uso del BIM negli appalti pubblici con importo superiore ai 15 milioni di euro, rende ormai indispensabile l'introduzione e, soprattutto, la ricerca, di nuovi protocolli da adottare per la realizzazione di modelli H-BIM. Lo sviluppo di tali procedure ci permetterà di arrivare ad un modello con un livello di dettaglio estremamente raffinato, includendo non solo le informazioni legate alla struttura portante dell'edificio stesso, ma anche tutte le informazioni riferite ai materiali di costruzione e alla parte impiantistica - grazie alla quale sarà possibile recuperare anche dati fondamentali per il calcolo delle prestazioni energetiche.

*The introduction of the mandatory use of BIM in public procurement with amounts exceeding 15 million euros, now makes it essential to introduce and, above all, research, of new protocols to be adopted for the creation of H-BIM models. The development of these procedures will allow us to arrive at a model with an extremely refined level of detail, including not only the information related to the supporting structure of the building itself, but also all the information relating to the construction materials and the plant engineering part - thanks to which it will also be possible to retrieve fundamental data for calculating energy performance.*

Esplso assometrico di un modello HBIM

*Exploded axonometry of an HBIM model*

## Procedure HBIM per il patrimonio esistente

La modellazione, all'interno della piattaforma Revit di Autodesk, deve essere suddivisa e organizzata in tre differenti parti, ognuna delle quali andrà a formare e completare il file finale richiesto. Queste tre condizioni, indispensabili per la corretta esecuzione del modello, vengono nominate discipline. In ordine, sarà necessario gestire il modello dal punto di vista strutturale, architettonico ed impiantistico. Intuitivamente, il primo in elenco corrisponderà allo scheletro e alla fase iniziale da cui non si può prescindere, il secondo (l'architettonico) lo si può associare alla "pelle" e rivestimento, mentre l'ultimo, la parte impiantistica, diventerà il completamento e la chiusura del modello andando ad inserire una serie di informazioni di dettaglio molto specifiche.

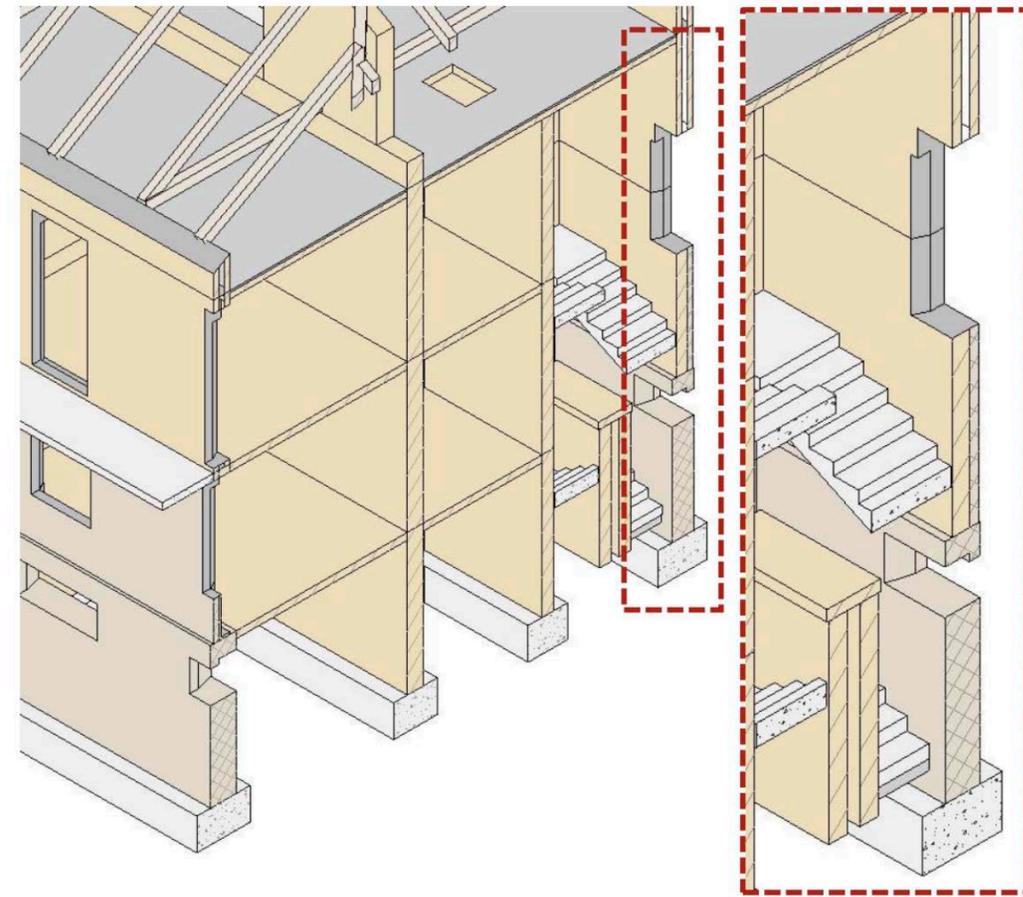
Schema funzionale  
esemplificativo di  
coordinamento tra discipline

Functional diagram illustrating  
coordination between disciplines

DIAPReM-TekneHub,  
Dipartimento di architettura,  
Università degli studi di Ferrara

## Sviluppo metodologico

La suddivisione risulta, apparentemente, molto chiara e definita, presupponendo una facilità organizzativa del modello che non corrisponde però di fatto alla realtà. Una volta entrati nel vivo della modellazione si pone infatti un problema molto specifico: dove finisce la struttura e dove inizia l'architettura? Come gestire le interazioni tra essi? Si prenda, per esempio, il caso di una muratura portante: questa sarà composta da una parte strutturale e da una parte di finitura corrispondente all'architettonico. Questo caso è particolarmente frequente negli edifici storici dove, si ha un nucleo in mattoni, e una parte di rivestimento e decorazione che va a coprire lo scheletro portante. Questo, come detto, crea una problematica nello sviluppo e risoluzione di un modello BIM e necessita di una risposta puntuale per ottenere un documento leggibile e chiaro. Le strade possibili per aggirare questo problema potrebbero essere due: la prima lavorando per "aggiunte", la seconda per "sottrazioni".



Dettaglio di una muratura  
all'interno della disciplina  
Struttura.

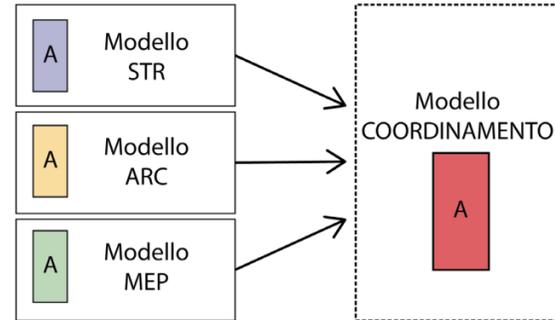
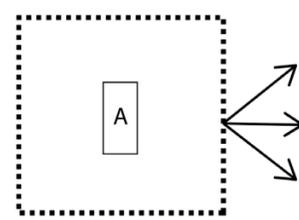
Detail of a masonry within the  
Structure discipline.

DIAPReM-TekneHub,  
Dipartimento di architettura,  
Università degli studi di Ferrara

Analizzando la prima proposta, particolarmente calzante nei casi in cui si trovi davanti a pareti con rivestimenti in pannelli e decorazioni, la soluzione prevederebbe l'utilizzo della struttura portante con l'inserimento di un blocco centrale, rivestito poi dalle geometrie relative all'architettonico.

La seconda soluzione, invece, prevede una sorta di forzatura del sistema poiché si va a considerare la struttura sempre come blocco unico ma di utilizzare nel modello architettonico non più due singole pareti ma un unico componente muro con il nucleo interno svuotato da un materiale di sottrazione o da una camera d'aria. Questa versione ci permette di avere un blocco più compatto che semplifica l'inserimento di componenti architettonici come le finestre.

Edificio A  
singolo fabbricato rilevato



The modeling, within the Autodesk Revit platform, must be divided and organized into three different parts, each of which will form and complete the final required file. These three conditions, indispensable for the correct execution of the model, are called disciplines. In order, it will be necessary to manage the model from a structural, architectural and plant engineering point of view. Intuitively, the first in the list will correspond to the skeleton and the initial phase which cannot be ignored, the second (the architectural) can be

associated with the "skin" and covering, while the last, the plant engineering part, will become the completion and closing the model by entering a series of very specific detailed information. The subdivision is apparently very clear and defined, assuming an organizational ease of the model which does not actually correspond to reality. Once you get to the heart of modeling, a very specific problem arises: where does the structure end and where does the architecture begin? How to manage the interactions between them?

Take, for example, the case of a load-bearing masonry: this will be composed of a structural part and a finishing part corresponding to the architectural one. This case is particularly frequent in historic buildings where there is a brick core, and a part of cladding and decoration that covers the load-bearing skeleton. This, as mentioned, creates a problem in the development and resolution of a BIM model and requires a timely response to obtain a readable and clear document. The possible ways to get around this problem could

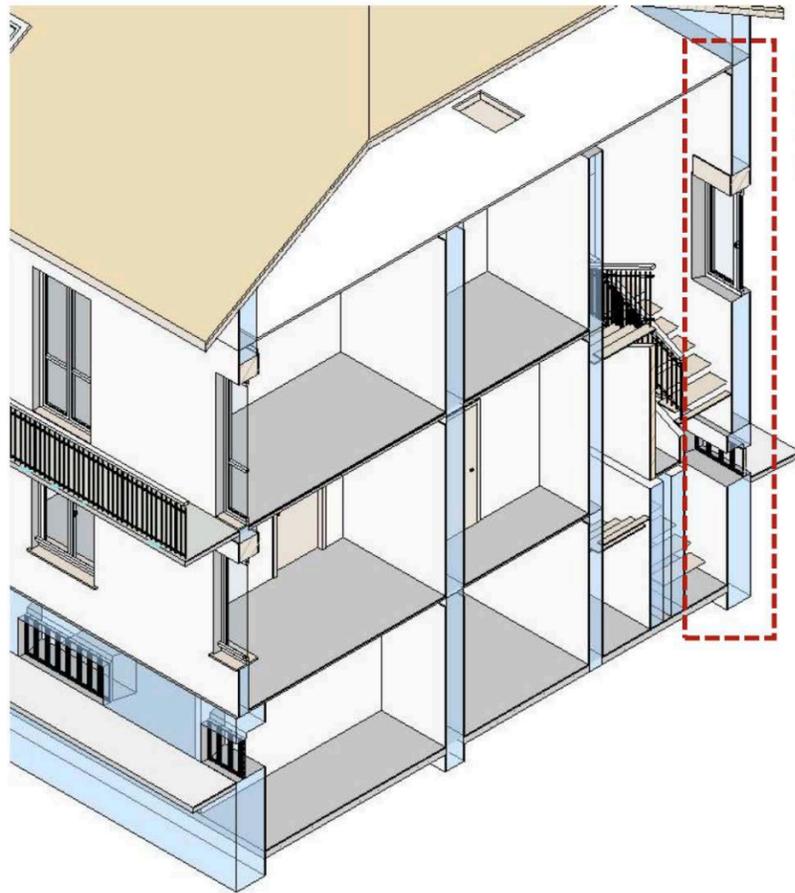
be two: the first working by "additions", the second by "subtractions". Analyzing the first proposal, which is particularly suitable in cases where you are faced with walls with panel cladding and decorations, the solution would provide for the use of the load-bearing structure with the insertion of a central block, then covered by the geometries relating to the architectural. The second solution, on the other hand, involves a sort of forcing of the system as the structure is always considered as a single block but to use

in the architectural model no longer two single walls but a single wall component with the inner core emptied of a subtraction material. or from an inner tube. This version allows us to have a more compact block that simplifies the insertion of architectural components such as windows. For the creation of a correct structural HBIM model, additional precautions are required such as the positioning of the reference levels, to be placed where the extrados of the structural floor actually arrives. The structural part will coincide

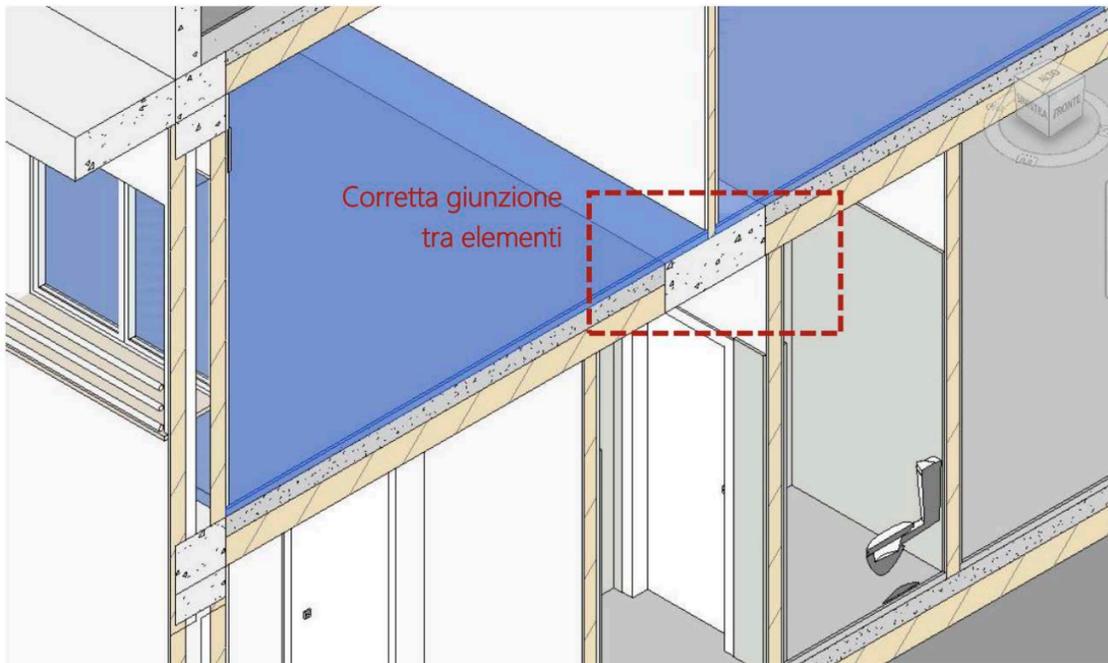
with the brick concrete floor, while the architectural part will correspond to the bedding screed plus the upper finish. This means that the problems related to the subdivision of the parts is not limited only to the vertical closure but also includes horizontal closures. The fundamental rule remains the structural continuity, therefore join the pillars / load-bearing masonry with the structural portions of the floors while the architectural parts, such as partitions and other elements must not be joined to the structural components.

The purpose of these models is obviously not for engineering purposes but mainly for the detailed description of how the buildings are constructed, either for a possible seismic or energy improvement project or for future maintenance of the elements. Once the modeling of the Structure discipline has been defined, the second step is the creation of all the infill panels, partitions and finishing floors. At the end of everything it is completed with the insertion of all the additional families such as doors and windows.

In order to be as precise as possible, the procedure is based on the insertion of the georeferenced model of the structure on which one works by "link", then adding the architectural part. The protocols, as you can see, are at first glance understandable as a procedure but have clear complications and contradictions once you proceed with the actual processing.



In azzurro con trasparenza viene indicato il Materiale VS "vuoto di sottrazione" che identifica la quota parte del muro nello strutturale.



Abaco dei pacchetti delle chiusure verticali opache utilizzati nella disciplina Architettura.  
DIAPReM-TekneHub,  
Dipartimento di architettura,  
Università degli studi di Ferrara

Abacus of the packages of opaque vertical closures used in the Architecture discipline.  
DIAPReM-TekneHub,  
Department of Architecture,  
University of Ferrara

### Elaborazione dati e documentazione digitale

Per la realizzazione di un corretto modello HBIM strutturale sono necessarie ulteriori accortezze come il posizionamento dei livelli di riferimento, da collocare dove effettivamente arriva l'estradosso del solaio strutturale. La parte strutturale coinciderà con il solaio in latero cemento, mentre l'architettonico corrisponderà al massetto di allettamento più la finitura superiore. Questo significa che, le problematiche relative alla suddivisione delle parti non è limitata solamente alla chiusura verticale ma comprende anche le chiusure orizzontali. La regola fondamentale rimane la continuità strutturale, quindi unire i pilastri/muratura portante con le porzioni strutturali dei solai mentre le parti di architettura, come tramezze e altri elementi non devono essere uniti alle componenti strutturali. La finalità di questi modelli ovviamente non è per

Dettaglio di una muratura "svuotata" nella disciplina Architettura.

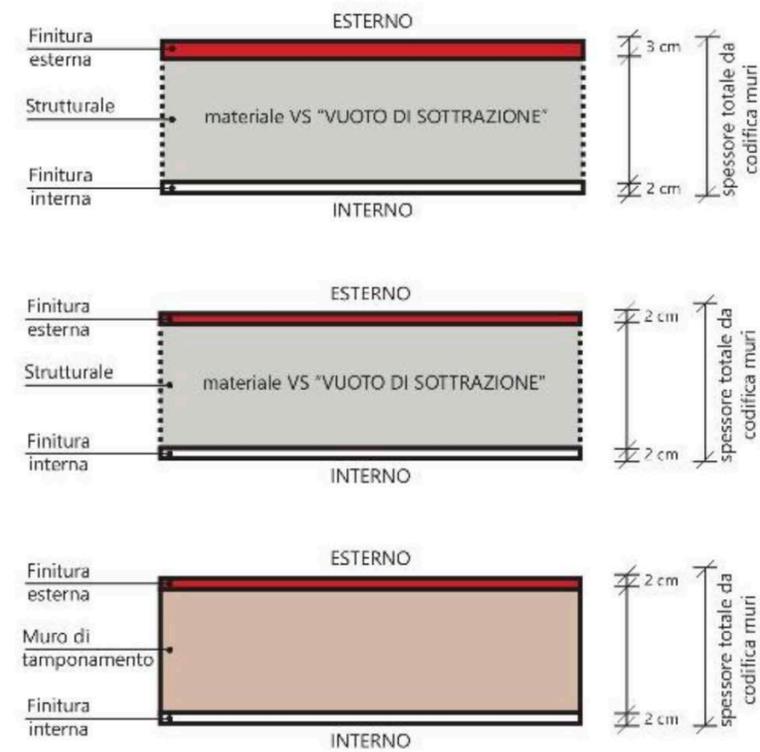
Detail of a "hollowed out" masonry in the Architecture discipline.

DIAPReM-TekneHub,  
Dipartimento di architettura,  
Università degli studi di Ferrara

scopi ingegneristici ma prevalentemente per la descrizione nel dettaglio di come sono costruiti gli edifici, sia per un possibile progetto di miglioramento sismico o energetico o per una futura manutenzione degli elementi.

Definita la modellazione della disciplina Struttura il secondo step è la creazione di tutti i tamponamenti, le tramezze e solai di finitura. Al termine di tutto si completa con l'inserimento di tutte le famiglie aggiuntive come porte e finestre. La procedura per essere il più precisi possibile si basa sull'inserimento tramite "link" del modello georeferenziato della struttura sulla quale si lavora poi aggiungendo la parte architettonica.

I protocolli, come si può notare, risulta a primo impatto intuibile come procedura ma presenta delle chiare complicazioni e contraddizioni una volta che si procede con la lavorazione vera e propria.

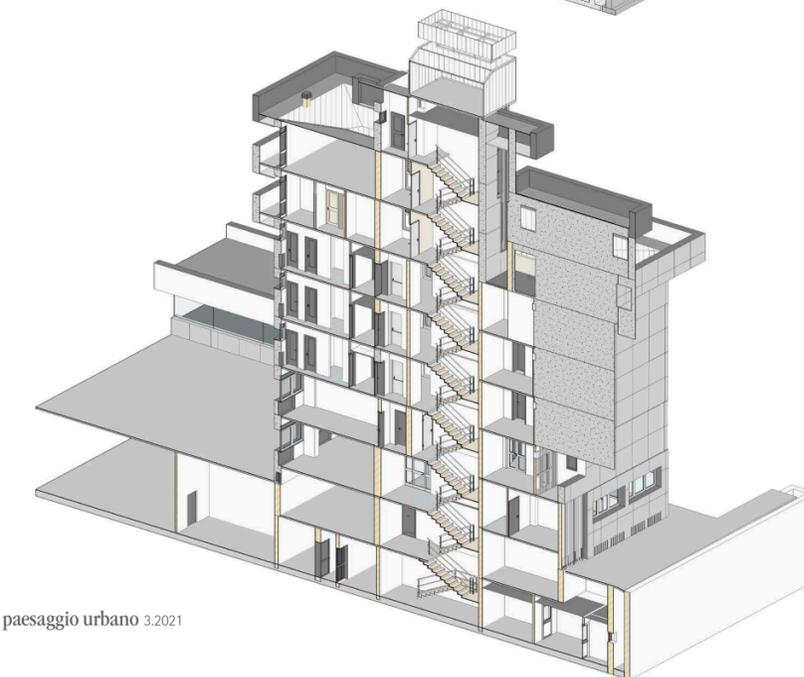
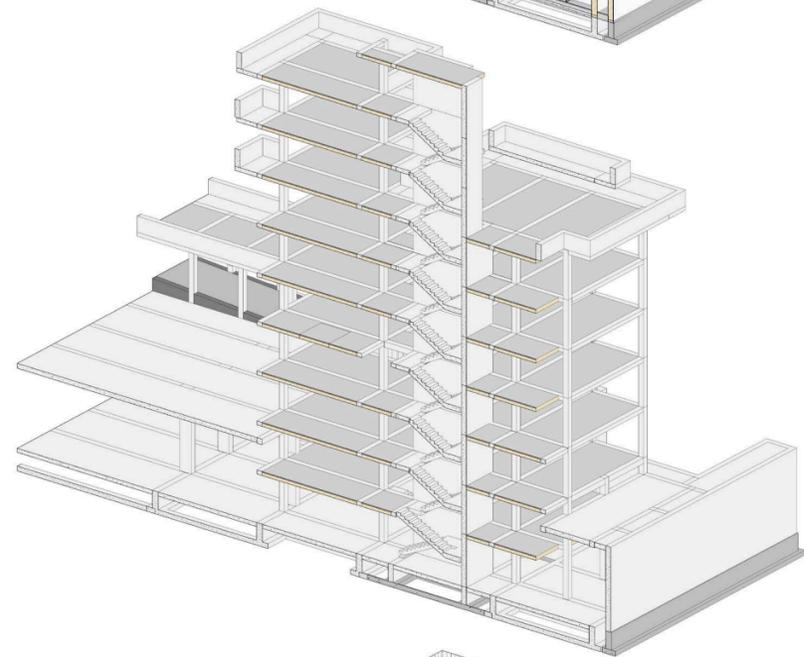
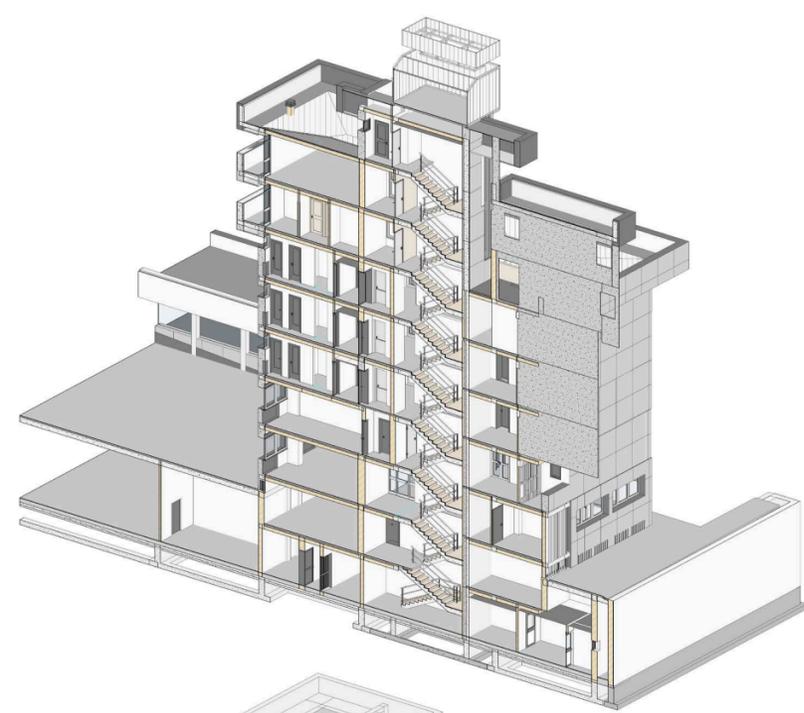


CASO STRUTTURA IN MURATURA

CASO STRUTTURA IN C.A.

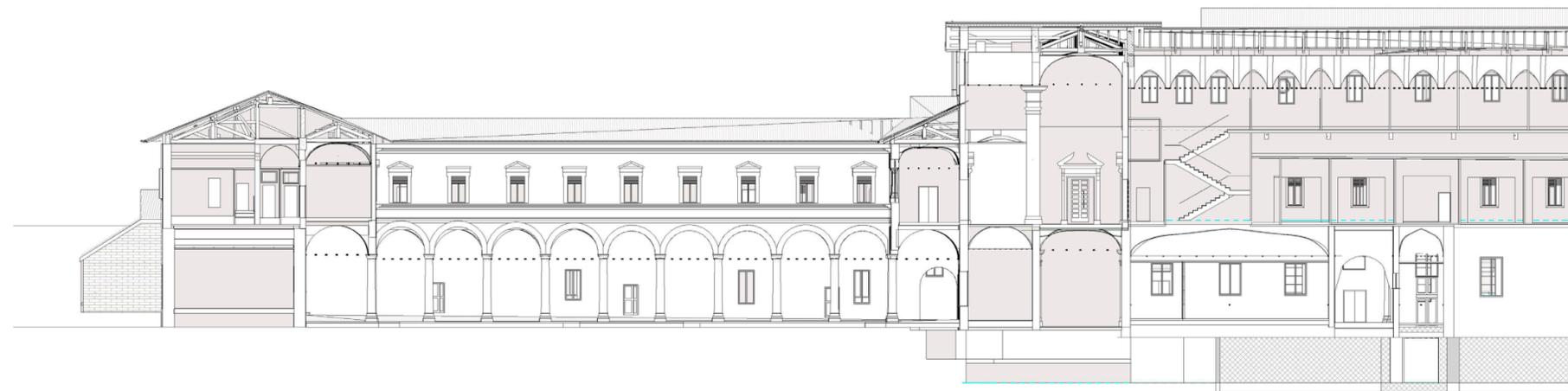
CASO TAMPONAMENTO STRUTTURA INTELAIATA

FAMIGLIA MURO ARCHITETTONICO-MURO ESTERNO FINITURA INTERNA ED ESTERNA



Esempio schema divisione discipline.  
Dall'alto, Coordinamento, Strutturale e Architettonico.

Example of disciplines division scheme.  
From above, Coordination, "Structural" and "Architectural" model.



## Bibliografia / Bibliography

Simona Scandura (2020) *La modellazione informativa del patrimonio architettonico Sperimentazione e processi Cloud to HBIM*. Di Aracne editrice 2020

Ban , F. (2016). *Building information modelling: A Novel Parametric Modeling Approach Based on 3D Surveys of Historic Architecture*. In M. Ioannides et al. (eds). *Digital Heritage. Progress in Cultural Heritage: Documentation, Preservation, and Protection*. 6th International Conference, EuroMed 2016. Nicosia, Cyprus, October 31-November 5, 2016, Proceedings, Part I, pp. 116-127. Berlin: Springer.

MPLER, Tommaso, QUICI, Fabio, VALENTI, Mario Graziano (a cura di) (2018). *3D Modeling & BIM. Nuove Frontiere*. Roma: Dei-Tipografia del Genio Civile. pp. 548.

BOLOGNESI, Cecilia. (a cura di). (2017). *Brainstorming BIM. Il modello tra rilievo e costruzione*. S. di Romagna, Rimini: Maggioli editore.

Tang, P.; Huber, D.; Akincic, B.; Lipman, R.; Lytle, A. (2010) *Automatic reconstruction of as-built building information models from laser-scanned point clouds: A review of related techniques*. *Automation in Construction* 2010, 19, 829-843.

Croce, V., Caroti, G., De Luca, L., Jacquot, K., Piemonte, A., & Véron, P. (2021). *From the Semantic Point Cloud to Heritage-Building Information Modelling: A Semiautomatic Approach Exploiting Machine Learning*. *Remote Sensing*, 13(3), 461.

Matrone, F.; Colucci, E.; De Ruvo, V.; Lingua, A.; Spanò, A. (2019). *HBIM in a semantic 3D GIS database*. *Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spat. Inf. Sci.* 42, 857-865.

J. Guo, Q. Wang, and J.-H. Park, "Geometric quality inspection of prefabricated MEP modules with 3D laser scanning," *Automation in Construction*, vol. 111, p. 103053, 2020.

Sezione del modello HBIM, modello "Architettura" e "Struttura" combinati.

Section of HBIM model, "Architecture" and "Structure" model combined.

**Dario Rizzi**  
Architetto, borsista di ricerca DIAPReM/TekneHub,  
Dipartimento di Architettura Università degli Studi di  
Ferrara • Architect, Department of Architecture, University of  
Ferrara  
dario.rizzi@unife.it

**Francesco Viroli**  
Dipartimento di Architettura, Università di Ferrara •  
Department of Architecture, University of Ferrara  
francesco.viroli@unife.it