



**Politecnico
di Torino**

Politecnico di Torino

Dipartimento di Architettura e Design
Collegio di Architettura

Corso di Laurea Magistrale
ARCHITETTURA COSTRUZIONE E CITTÀ
A.a. 2024/2025
Sessione di Laurea Luglio 2025

La gestione delle attività manutentive attraverso i processi BIM

Applicazione al caso del Liceo Darwin di Rivoli.

Relatore:
Massimiliano Lo Turco

Candidato:
Maria Laura Longo
301487

Sommario

1. Abstract.....	4
1.1 Obiettivi della ricerca	4
2. Introduzione al BIM	6
I livelli di maturità digitale del processo	7
2.1 Contesto normativo	10
3. Dal BIM all' HBIM	17
3.1 Lo Stato dell'arte: sfide e prospettive dell'applicazione del BIM ai manufatti storici.....	18
4. Il caso studio del Liceo Darwin di Rivoli: storia e conoscenza.....	30
4.1 Descrizione del contesto urbano e territoriale	30
Inquadramento catastale	30
Piano Regolatore Generale Comunale.....	33
Vincoli di tutela	37
Classe di pericolosità geologica	38
4.2 Fasi salienti di trasformazione e attuale stato di conservazione.....	39
4.3 Caratteri edilizi	46
5. La manutenzione programmata sui beni culturali	60
5.1 Il Piano di manutenzione	63
Le criticità del Piano di Manutenzione.....	64
Le potenzialità del Piano di Manutenzione	65
Il Piano di Manutenzione per il Patrimonio Architettonico	69
6. L'integrazione del BIM nel Facility Management: un approccio orientato alla gestione manutentiva	71
6.1 Premesse metodologiche e quadro normativo per l'integrazione del BIM nei processi di gestione e manutenzione.....	74
7. Un modello <i>informato</i> per la documentazione e la manutenzione	82
7.1 Dal LOD al LOIN.....	83

L'evoluzione del concetto di “fabbisogno informativo” nella gestione digitale degli edifici storici - LOIN	84
7.2 Documenti di gara nei contratti pubblici	86
7.2.1 Legal BIM e Nuovo Codice Appalti.....	87
7.2.2 Capitolato informativo.....	89
7.3 ACDat e IFC	102
I prodotti commerciali per la gestione dell'ACDat	105
Strumenti per la verifica e la validazione del modello IFC.....	106
7.4 La modellazione geometrica.....	107
7.5 Data enrichment.....	115
Restituzione della patologia nel modello.....	124
7.6 Gestione delle informazioni in ambiente Dynamo	128
Conclusioni.....	139
Bibliografia.....	143

1. Abstract

1.1 Obiettivi della ricerca

Il presente elaborato è stato strutturato in fasi distinte e si pone l'obiettivo di analizzare l'utilizzo della metodologia BIM per il patrimonio edilizio storico, al fine di studiare, comprendere e analizzare potenzialità e criticità della sua applicazione nell'ambito del Facility Management.

Inizialmente è stato condotto un excursus teorico e normativo sulla metodologia BIM, per analizzarne lo stato dell'arte e l'utilizzo nell'ambito edilizio, con particolare riguardo all'applicazione su edifici con forte valore storico (HBIM – *Heritage Building Information Modeling*). Le esperienze documentate hanno permesso di individuare processi già validati e problematiche che si presentano in maniera ricorrente, permettendo di stilare degli spunti operativi per definire un modello sperimentale.

Dall'applicazione del BIM integrato con il Facility Management, sono stati portati alla luce i vantaggi dell'utilizzo di modelli informativi mirati alla gestione delle attività di manutenzione, con particolare riguardo a quelli soggetti a vincoli conservativi.

Il caso studio preso in esame è il Liceo Darwin e l'IISS Romero di Rivoli, il cui modello digitale ha permesso di testare il metodo analizzato, a valle dell'analisi storica dell'edificio e della documentazione archivistica reperita. È stato, dunque, sviluppato il modello BIM della facciata Nord dell'edificio, in modo da avere una rappresentazione quanto più vicina alla realtà, nonostante la non disponibilità di rilievi ad alta precisione (come nuvole di punti o ortofoto). A seguire, una descrizione approfondita della metodologia con cui è stata effettuata la modellazione geometrica del modello.

Lo scopo è quello di creare un modello interoperabile, strutturato in modo da permettere la condivisione delle informazioni modellate con i soggetti coinvolti nella manutenzione, dai tecnici specializzati al personale operativo. È stato inoltre ipotizzato l'uso che potrebbe farne la committenza nel caso in cui venga pubblicato un bando di gara, elaborando un ambiente di condivisione dati e una guida per la redazione di un capitolato informativo. Per dare un'evidenza pratica del processo, ci si è concentrati

su uno dei pilastri del pronao della facciata principale dell'edificio, consentendo di identificare e mappare i degradi presenti sulla struttura, al fine di favorire le tempistiche degli interventi di manutenzione.

Infine, mediante l'utilizzo di Dynamo, un software che permette l'interazione con database esterni, è stato sviluppato uno script per la gestione parametrica delle informazioni, in modo che i soggetti esterni possano avere la possibilità di aggiornare le informazioni contenute all'interno del modello, utilizzando piattaforme molto più comuni e di facile utilizzo. Ciò rappresenta un uso più evoluto delle piattaforme BIM nell'ambito della gestione, conservazione e manutenzione dell'edilizia esistente.

2. Introduzione al BIM

Il settore delle costruzioni è caratterizzato da processi complessi e da una grande quantità di dati e informazioni che coinvolgono diverse figure professionali. Tuttavia, l'approccio tradizionale, spesso frammentato e basato su documenti non strutturati, dà origine a inefficienze, errori e costi.

La digitalizzazione è una risposta a queste problematiche, e il **Building Information Modeling (BIM)** è una delle tecnologie più rilevanti in questo contesto. Introdotto intorno agli anni '70, il BIM permette di creare modelli digitali che integrano informazioni geometriche, fisiche e funzionali di ogni elemento di un edificio, semplificando così l'analisi, la progettazione e la gestione dei progetti edilizi.

Sebbene non vi sia una definizione univoca di BIM, il concetto è in costante evoluzione. Secondo lo *United States National Building Information Modeling Standard* (NBIMS), il BIM è descritto come: *"la rappresentazione digitale delle caratteristiche fisiche e funzionali di una struttura, che crea una risorsa di conoscenza condivisa per ottenere informazioni sulla struttura stessa, ed una base affidabile per tutte le decisioni nel corso del suo ciclo di vita, dall'ideazione iniziale alla demolizione."* (NBIMS, 2014).

Dunque, la grande differenza con il CAD, il quale si limita puramente alla rappresentazione grafica, risiede nel fatto che il BIM, al contrario, non si limita a rappresentare un semplice modello tridimensionale, ma si configura come un vero e proprio database, integrando gli oggetti con dati e informazioni che ne definiscono il comportamento. Infatti, un altro concetto chiave è proprio quello dell'*interoperabilità* e la collaborazione tra le diverse professioni coinvolte in tutte le fasi del ciclo di vita di un progetto. È, infatti, possibile avviare un iter collaborativo che si basi su discipline diverse come quella strutturale, impiantistica e architettonica così da generare un modello centralizzato necessario al coordinamento delle stesse.

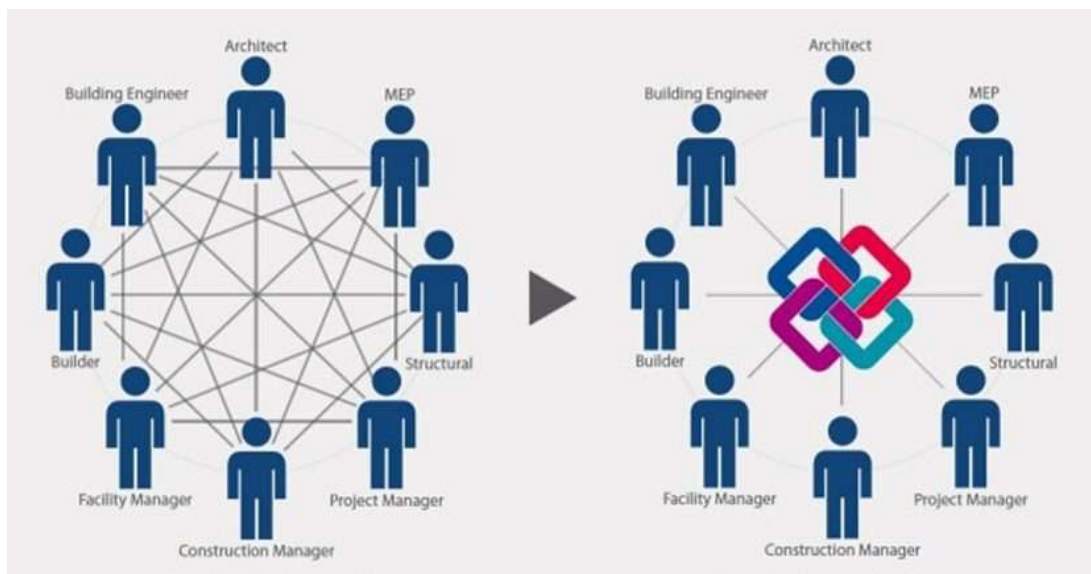


Figura 1 - Processo collaborativo CAD vs BIM (Fonte: www.cadlinesw.com)

I livelli di maturità digitale del processo

Questo processo di collaborazione sta acquisendo sempre più rilevanza, rendendo necessario il fatto che tutti gli attori coinvolti in un progetto comprendano i diversi livelli di maturità del BIM.

Di recente, a livello internazionale ma in particolare in contesti anglosassoni, è diventata sempre più evidente l'esigenza di esaminare le competenze operative di coloro che sono coinvolti in processi fortemente influenzati dalla digitalizzazione di metodi e strumenti. Il Regno Unito, infatti, si differenzia come uno dei paesi che ha investito di più nella spinta verso digitalizzazione nel settore delle costruzioni.

Il BIM Task Group, un gruppo fondato e finanziato dal governo del Regno Unito, pubblicò nel 2011 "*Strategia BIM*", un documento che delineava le linee guida per agevolare l'adozione dei processi BIM nel settore delle costruzioni. Tale strategia suggeriva incentivi e consulenze per promuovere l'utilizzo del BIM. Nello stesso anno il governo britannico approvò e adottò la "*Strategia Nazionale delle Costruzioni*" che rendeva obbligatorio l'uso del BIM in tutti progetti pubblici entro il 2016

In risposta alle esigenze del governo di velocizzare l'adozione del BIM, nel 2013 furono introdotte le **PAS 1192** (*Publicly Available Specification*), una serie di disposizioni che stabiliscono 4 livelli di maturità, rappresentati nel famoso "*triangolo di Mark Bew e Mervyn Richards*" (Bew e Richards, 2008), un modello grafico che

riassume le direttive adottate nel Regno Unito per i contratti pubblici rispetto ai vari livelli di maturità richiesti. I livelli vanno da 0 a 3, che attualmente rappresenta l'ultima fase di maturità conseguibile. Tuttavia, non si esclude la possibilità che in futuro possano essere aggiunti ulteriori livelli.

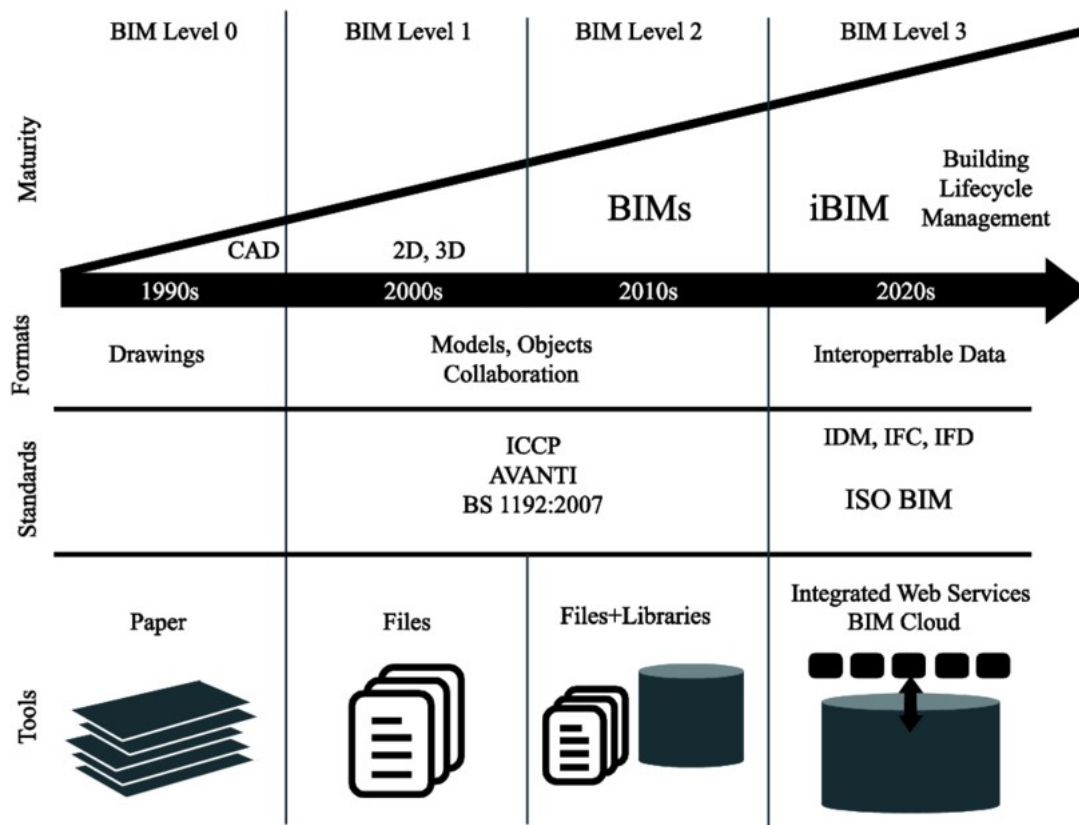


Figura 2 - Il modello di maturità BIM proposta da Bew e Richards per il Regno Unito (2008) (Fonte: www.researchgate.net)

Ad oggi, la maggior parte dei mercati AEC (Architettura, Ingegneria e Costruzioni) a livello internazionale si concentra nel supportare e fornire formazione per acquisire una completa padronanza del livello 2 di maturità BIM. È attraverso questo passaggio che è possibile sviluppare le competenze necessarie per progredire verso il livello 3.

In Italia, invece, gli standard sui Livelli di Maturità previsti dalle normative inglesi, sono stati integrati dalla UNI 11337-1 integrandoli con alcune modifiche.

Un altro aspetto delle performance garantite dal metodo BIM, che evidenzia i vantaggi rispetto alle inefficienze tipiche del processo progettuale tradizionale, è rappresentato dalle famose *curve di MacLeamy*, un diagramma che confronta i costi e le risorse richieste dai processi di progettazione tradizionali rispetto a quelli derivanti dall'adozione dell'approccio BIM.

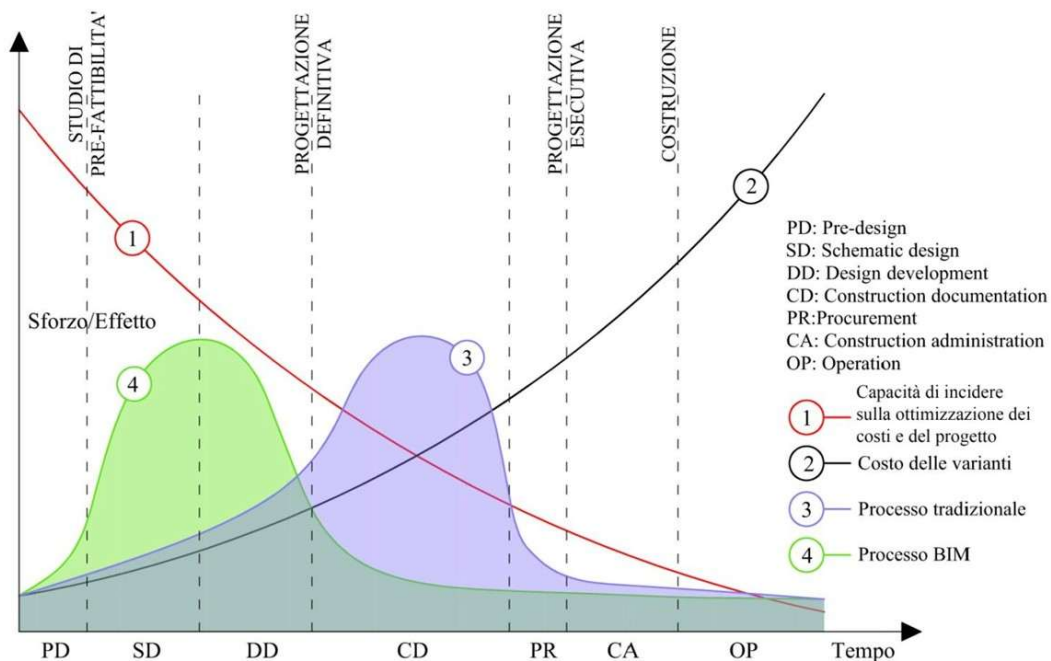


Figura 3 - Curva di MacLeamy (Fonte: docs.dicatechpoliba.it)

La curva 1 illustra la capacità di incidere sull'ottimizzazione dei costi e del progetto. Ciò significa che, nella fase iniziale del progetto, le scelte influenzano molto la qualità finale del prodotto. Con il passare del tempo, però, l'efficacia di queste decisioni diminuisce.

La curva 2, che ha un andamento opposto alla curva 1, mostra come i costi per le varianti, ovvero le modifiche da apportare al progetto, aumentano notevolmente con l'avanzamento delle fasi. Ad esempio, una modifica da effettuare in fase di costruzione avrà un impatto sui costi molto più forte rispetto a una modifica fatta durante la fase di modellazione.

La curva 3 rappresenta il processo tradizionale, in cui le modifiche vengono maggiormente introdotte tra la fase di progettazione definitiva e quella esecutiva, con un picco durante la fase di *Construction Documentation*; Ciò significa che i costi per le varianti sono molto più alti rispetto a quelli che sarebbero stati se le modifiche fossero state fatte prima.

Infine, la curva 4 mostra il vantaggio dei processi BIM i quali permettono di anticipare le modifiche nelle fasi iniziali del progetto, quando i costi delle modifiche sono molto

ridotti e il progettista ha la possibilità di analizzare diverse soluzioni, per poi scegliere quella più adatta al contesto.

Dunque da questo grafico è evidente come l'adozione del BIM permette di prendere decisioni più consapevoli fin dalle fasi iniziali del progetto edilizio, quando il loro impatto economico è ancora molto limitato.

2.1 Contesto normativo

Come già accennato, la norma **UNI 11337** è una dei principali riferimenti all'interno del panorama normativo italiano in materia di BIM. Tuttavia, per comprendere appieno l'impatto e il ruolo che questa norma riveste, è utile inserirla all'interno di un sistema di norme che disciplina le pratiche professionali e la digitalizzazione del settore delle costruzioni.

L'adozione del BIM in Italia è stata agevolata dall'applicazione e dal continuo aggiornamento delle normative introdotte negli ultimi anni. In particolare, con l'entrata in vigore del D.M. 560/2017, sono stati stabiliti i criteri e le tempistiche per l'adozione di metodi e strumenti BIM sia da parte delle Stazioni Appaltanti, sia dai vari operatori economici. Il D.M. 560/2017 è considerato un decreto attuativo del Decreto Legislativo 50/2016, nonché il precedente Codice dei Contratti Pubblici, che segna un passaggio decisivo nella regolamentazione del BIM in Italia in quanto all'art. 23, comma 13, ha introdotto per la prima volta l'uso del BIM negli appalti pubblici, definendolo come *“metodi e strumenti elettronici specifici. Tali strumenti utilizzano piattaforme interoperabili a mezzo di formati aperti non proprietari, al fine di non limitare la concorrenza tra i fornitori di tecnologie e il coinvolgimento di specifiche progettualità tra i progettisti. L'uso dei metodi e strumenti elettronici può essere richiesto soltanto dalle stazioni appaltanti dotate di personale adeguatamente formato. Con decreto del Ministero delle infrastrutture e dei trasporti [...] sono definiti le modalità e i tempi di progressiva introduzione dell'obbligatorietà dei suddetti metodi presso le stazioni appaltanti, le amministrazioni concedenti e gli operatori economici, valutata in relazione alla tipologia delle opere da affidare e della strategia di digitalizzazione delle amministrazioni pubbliche e del settore delle costruzioni.”*

Successivamente, con l'abrogazione del D.lgs. 50/2016 avvenuta a partire da luglio 2023, il **Nuovo Codice dei Contratti Pubblici**, il **D.lgs. 36/2023** ha abolito le direttive riguardanti il BIM emanate dal vecchio D.lgs. 50/2016, continuando tuttavia a trovare applicazione esclusivamente per i procedimenti già avviati prima dell'abrogazione.

Una delle principali novità introdotte dal nuovo Codice degli Appalti riguarda, appunto, l'attuazione della **digitalizzazione**, ritenuta uno strumento essenziale per "modernizzare" l'intero sistema dei contratti pubblici.

Tra i 229 articoli del nuovo codice, si distingue l'art. 41 il quale prevede l'introduzione progressiva di strumenti e metodi digitali per la gestione delle informazioni relative alle costruzioni, incoraggiando un approccio più avanzato e integrato. L'articolo 41, inoltre, rimanda all'articolo 43 che stabilisce *"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 1 milione di euro"* la cui soglia è aumentata a 2 milioni in seguito al correttivo del 2024.

Per garantire una coerenza normativa con altre direttive nazionali, europee e internazionali, il Codice recepisce le norme tecniche UNI. Nello specifico si fa riferimento a due riferimenti normativi di primaria importanza: la *UNI EN ISO 19650* e la *UNI 11337*.

Le Norme ISO, il cui acronimo sta per *International Organization for Standardization*, rappresentano degli standard di riferimento a livello globale che possono essere adottati o meno dai diversi paesi.

Nel 2018, è stata lanciata la prima norma internazionale dedicata agli standard BIM, conosciuta come ISO 19650. Questa norma fornisce indicazioni su come gestire le informazioni utilizzando il BIM; la stessa è stata successivamente tradotta in italiano come **UNI EN ISO 19650:2019** e intitolata *"Organizzazione e digitalizzazione delle informazioni nell'ambito delle costruzioni e delle opere di ingegneria civile, inclusa la gestione informativa tramite il Building Information Modeling (BIM)"*.

La sigla UNI EN indica che la norma ISO è stata adottata sia a livello nazionale (UNI) sia a livello europeo (EN), per cui è valida sia in Italia e in Europa.

Negli ultimi anni, la serie di norme UNI EN ISO 19650 è stata ampliata aggiungendo diverse parti. Attualmente, la serie comprende cinque parti, tutte già disponibili in lingua italiana ed è, inoltre, in attesa la pubblicazione della parte 6, che sarà dedicata ai temi della salute e sicurezza.



Figura 4 - Sviluppo temporale UNI EN ISO 19650 (Fonte: ingenio-web.it)

La *UNI EN ISO 19650-1* si focalizza sulla gestione delle informazioni lungo l'intero ciclo di vita di un edificio stabilendo i requisiti informativi necessari e pianificando le modalità e i tempi di consegna dei dati. È importante evidenziare che la gestione dei dati è un processo distinto dalla produzione e dalla consegna, anche se strettamente interconnessi. In questa parte della norma, viene infatti sottolineata l'importanza di un ambiente di condivisione dei dati (ACDat) che faciliti le attività di collaborazione e gli scambi di informazione. Questi concetti, emergono, quindi, come elementi centrali della normativa, per cui verranno ulteriormente esplorati nelle sezioni successive.

La *UNI EN ISO 19650-2* riguarda la fase di consegna dei beni immobili e sottolinea l'importanza di utilizzare un tipo di documentazione chiara e precisa in modo da facilitare la condivisione di scadenze, ruoli e responsabilità. Si sofferma in particolar modo sulle metodologie necessarie per la produzione e per la consegna delle informazioni.

La *UNI EN ISO 19650-3* affronta il tema della gestione e delle sue rispettive fasi, delineando le attività propedeutiche per una gestione dei dati coerente e adeguata.

La *UNI EN ISO 19650-4*, è incentrata sulla collaborazione tra gli attori coinvolti nel processo edilizio e sullo scambio di informazioni. Identifica i principali elementi alla base di tale processo, ovvero i “contenitori informativi” e l'ambiente di condivisione dati (ACDat) da predisporre.

La *UNI EN ISO 19650-5* tratta invece il tema della sicurezza nella gestione informativa digitalizzata. La norma propone infatti la creazione di un piano di gestione della sicurezza e un altro specifico per la gestione di eventuali violazioni o incidenti legati al medesimo tema. In un processo che si svolge in ambito digitale, è necessario tenere in considerazione questioni di questo genere.

Un altro standard legato al BIM è rappresentato dalla *UNI EN ISO 16757* che si occupa delle strutture dati per i cataloghi elettronici di prodotti destinati a servizi edilizi. Questo standard è suddiviso in due parti: la Parte 1, pubblicata nel 2019, tratta le architetture e i modelli; la seconda parte, anch'essa pubblicata nel 2019, si concentra sulla geometria.

La norma *UNI EN ISO 12006* fornisce una struttura per la classificazione delle informazioni generali del progetto ma anche per quelle orientate agli oggetti di una costruzione. Lo scopo è quello di definire in modo chiaro le informazioni relative a classi, sottoclassi, sistemi e oggetti, oltre a promuovere l'uso di un linguaggio preciso e condiviso che permetta di specificare i dati in modo univoco evitando ambiguità ed errori.

Le normative *UNI EN ISO 23386* e *UNI EN ISO 23387*, entrambe pubblicate nel 2020, aiutano a standardizzare le informazioni usate nel BIM, offrendo sia metodi specifici per descrivere e organizzare le informazioni sugli elementi costruttivi (come muri, porte, finestre), sia per la creazione di modelli che rappresentino questi oggetti in modo che siano leggibili e comprensibili da tutti i software BIM. In questo modo, tutti gli attori del processo edilizio parlano la stessa lingua “digitale”.

Infine, la *UNI EN ISO 29481-3* è divisa in tre parti: la prima, pubblicata nel 2017, si sofferma sui formati di scambio delle informazioni e sui modi in cui queste possono essere scambiate, introducendo il concetto di *Model View Definition* ovvero un metodo progettato per condividere solo i dati utili per un determinato flusso di lavoro. In questo modo è possibile evitare l'invio dell'intero modello mostrando informazioni non necessarie e si può garantire sicurezza a privacy in quanto l'accesso alle informazioni è limitato a esclusivamente a coloro che necessitano di tali dati. La terza parte emanata nel 2022, invece, entra più nello specifico su come collegare tra loro i dati (linkset) e su come definire le proprietà degli oggetti nel modello.



Figura 5 - Sviluppo temporale altre norme internazionali (Fonte: ingenio-web.it)

Nel panorama normativo italiano, la norma ISO 19650 viene applicata in sinergia con la **UNI 11337**, che funge da supporto alla norma ISO adattandola al contesto nazionale.

La UNI 11337 è stata la prima norma tecnica italiana sul BIM, sebbene non menzioni esplicitamente il BIM. Si concentra però sugli aspetti generali della gestione digitale delle informazioni durante tutte le fasi del processo costruttivo; inoltre, è applicabile a ogni tipo di opere del settore, che si tratti di edifici o infrastrutture.

Dal 2017 a oggi, sono state pubblicate sette parti della norma, con ulteriori sezioni ancora in fase di sviluppo. Di fatto, ha anticipato alcuni concetti successivamente integrati e approfonditi nella serie UNI EN ISO 19650.

Per fornire una visione d'insieme, la serie UNI 11337 attualmente in vigore è articolata come segue:

La *UNI 11337-1* si occupa di aspetti generali riguardanti la gestione digitale delle informazioni nel settore delle costruzioni. Essa pone particolare attenzione alla struttura dei “veicoli informativi”, quindi come devono essere organizzate le informazioni e su come gestirle durante tutto il processo.

La *UNI 11337-2*, di più recente introduzione, si concentra sull'interazione tra la gestione dei progetti (quindi l'organizzazione di tutte le fasi e dei lavori) e la gestione delle informazioni (come elaborati e documenti). In particolare, pone l'accento sul ruolo svolto dalla committenza che dev'essere coinvolto fin dalla fase progettuale.

La *UNI 11337-3* descrive le schede di raccolta delle informazioni relative ai prodotti.

La *UNI 11337-4* tratta due aspetti: stabilisce la qualità e la quantità delle informazioni da restituire all'interno del modello digitale in modo da stabilirne il livello di dettaglio e l'affidabilità in ogni fase del progetto. Inoltre, definisce obiettivi specifici per ciascuna fase del processo. Qui vengono introdotti i *Level of Development* (LOD), che servono a stabilire gli stati di avanzamento e di approvazione del contenuto informativo.

La *UNI 11337-5*, definisce le linee guida per la creazione, la gestione e la trasmissione dei contenuti informativi, introducendo strumenti chiave quali il *capitolato informativo* (CI), l'*offerta per la gestione informativa* (oGI) e il *piano per la gestione informativa* (pGI). In aggiunta, affronta temi come l'analisi delle incoerenze e delle interferenze informative, nonché l'ambiente di condivisione dei dati. Questo parte della norma della norma sarà approfondita in seguito.

La *UNI 11337-6* fornisce direttive per la redazione del capitolato informativo, così come delineato nella parte 5.

Infine, la *UNI 11337-7*, pubblicata nel 2018, chiarisce le figure professionali coinvolte nell'ambito del BIM, delineando nel dettaglio le responsabilità e le attività che ciascun ruolo deve svolgere. A ogni figura vengono associati determinati requisiti in termini di conoscenze, abilità e competenze. Questa regolamentazione consente di verificare se una risorsa è davvero adatta a ricoprire uno di questi ruoli, così da ottenere una certificazione ufficiale rilasciata da un ente accreditato. I ruoli principali stabiliti dalla normativa sono: *CDE Manager*, *BIM Manager*, *BIM Coordinator* e *BIM Specialist*.



Figura 6- Sviluppo temporale della serie UNI 11337, norma di riferimento a livello nazionale (Fonte: ingenio-web.it)

Nel mese di gennaio 2021, viene introdotta in Italia, la norma europea UNI EN 17412-1, che inizia a trattare la definizione del Livello di Fabbisogno Informativo (Level of Information Need) in ambito BIM. Questo nuovo standard rappresenta un passo avanti rispetto alle metodologie tradizionali basate sul LOD e offrono un livello di dettaglio superiore rispetto a quanto descritto dalla UNI 11337-4.

La normativa in materia BIM è in costante aggiornamento, contribuendo ad ampliare il panorama regolatorio del settore edilizio. Per tale motivo è necessario evidenziare che le norme ISO, EN o UNI, rafforzano il quadro normativo esistente ed è necessario che vengano applicate in sinergia con tutte le altre normative specifiche di settore.

3. Dal BIM all' HBIM

Le metodologie BIM rappresentano un approccio multidisciplinare ormai ritenuto indispensabile per gestire la mole di informazioni necessarie alla conoscenza preliminare, alla progettazione ed alla direzione dei lavori dei manufatti edilizi. Indipendentemente dalle attuali disposizioni normative, che obbligano l'uso di questa metodologia per la gestione degli appalti pubblici di progettazione e realizzazione dei lavori superiori a 2 milioni di euro (Codice dei Contratti Pubblici - D.Lgs. 36/2023 modificato da D.Lgs. 209/2024), nei settori tecnici si è capita l'importanza di questi strumenti. Negli ultimi anni, inoltre, si è anche valutata e si è compresa l'enorme potenzialità che il BIM può avere nello studio e nella gestione degli edifici storici esistenti, in gran parte patrimonio pubblico. A tal riguardo è sufficiente pensare a paesi come l'Italia in cui il patrimonio storico è talmente ampio da richiedere addirittura degli strumenti specifici di tipo BIM anche per questa categoria di edifici.

La volontà di applicare le metodologie di tipo BIM anche al patrimonio edilizio storico ha portato così alla nascita di un nuovo settore che è stato identificato come *Heritage BIM*.

Questo metodo è incentrato sulla rappresentazione digitale degli elementi architettonici dei beni culturali come, ad esempio, monumenti e siti archeologici, nel modo più fedele possibile alle loro caratteristiche costruttive e nel rispetto del loro valore storico e artistico.

In questo scenario appare evidente come il modello digitale diventi uno strumento di riferimento per le analisi e per il monitoraggio delle condizioni attuali del bene, oltre che per la pianificazione di eventuali interventi futuri.

Questi edifici sono però nati in epoche differenti dalla nostra, caratterizzate da tecniche e tecnologie a volte non più disponibili a volte basate su materiali spesso di uso non più attuale, che hanno subito negli anni diverse modifiche, sia a livello architettonico che a livello strutturale, e che hanno subito fasi di degrado così come interventi di ripristino e manutenzione a volte con risultati non proprio ottimali. Pur avendo consapevolezza di quanto esposto, nella maggior parte dei casi poter ricostruire con precisione la storia dell'edificio risulta un'attività complessa e con molte incognite.

In questa prospettiva risulta sempre più importante la disponibilità di un database che includa una documentazione dettagliata sia dal punto di vista grafico, tecnico, testuale e storico. Tuttavia, per molti edifici storici, la documentazione reperibile è spesso incompleta; ciò porta inevitabilmente a una gestione dei progetti poco efficiente, influenzando negativamente sui tempi e sui costi delle attività manutentive.

Dal punto di vista metodologico, i processi HBIM non sono utilizzati solo per creare rappresentazioni tridimensionali accurate, ma fanno anche da database informativi in grado di contenere dati riguardanti i materiali usati, lo stato di conservazione e gli eventuali degradi. Tra i principali vantaggi vi è sicuramente la capacità di raccogliere e conservare i dati storici in modo organizzato e ben strutturato nonché la possibilità di avere dati continuamente aggiornabili da parte di qualsiasi operatore autorizzato.

Tuttavia, affinché i processi di modellazione avanzata risultino effettivamente più efficienti rispetto ai metodi tradizionali, vi sono alcuni ostacoli pratici da superare: la maggior parte degli applicativi, infatti, non è stata pensata per la modellazione di edifici storici, per cui è necessario adattarli o sviluppare soluzioni “su misura”.

3.1 Lo Stato dell'arte: sfide e prospettive dell'applicazione del BIM ai manufatti storici

Compresa l'importanza dell'applicazione della metodologia BIM per gli edifici storici, si passa allo studio del suo adattamento, subordinato alle particolari esigenze richieste dal patrimonio costruito.

Le prime indagini in questo ambito risalgono al 2013, anno in cui molti ricercatori hanno avviato uno studio approfondito della produzione accademica disponibile. L'obiettivo principale fu quello di individuare i temi più rilevanti, per capire quali fossero le lacune che limitavano lo sviluppo del settore e quali le prospettive future.

Si confrontano di seguito alcuni articoli incentrati sulla valutazione dello stato dell'arte dei software BIM disponibili sul mercato ma applicati agli edifici storici.

Nel 2015 è stata svolta un'indagine per capire e tracciare lo sviluppo tecnologico e metodologico di questo nuovo approccio. Durante la ricerca sono state messe a confronto le piattaforme BIM commerciali con quelle open-source e presentati cinque

casi virtuosi di applicazione del BIM su edifici storici. L'iter di sviluppo di un modello HBIM per edifici aventi valore storico e culturale prevede la raccolta di dati, l'elaborazione, l'identificazione dei dettagli strutturali, l'archiviazione di oggetti storici e produzione di modelli tridimensionali. L'indagine sopra citata ha evidenziato le possibilità di sviluppo nell'ambito della valorizzazione del patrimonio artistico ed ha offerto la possibilità alle piattaforme BIM, sia commerciali che open-source, di poter implementare funzioni nuove che permettessero di adattarsi alle nuove esigenze richieste sul mercato (*Logothetis et al., 2015*)¹.

L'anno successivo, nel 2016, un'ulteriore revisione ha fornito un'analisi più approfondita dello stato dell'arte dell'HBIM, con l'intento di individuare le opportunità e gli aspetti da migliorare in tema di gestione del patrimonio artistico. Per farlo, sono stati analizzati 65 articoli raggruppati in cinque aree tematiche:

- l'*HBIM*;
- il processo *Scan-to-BIM*, quindi dal rilievo alla modellazione;
- *BIM Management*, quindi la gestione attraverso il BIM;
- l'integrazione tra tecnologie (*ICT*) e *BIM*;
- gli aspetti sociali legati all'uso del *BIM*.

La novità introdotta da questa ricerca risiede nell'utilizzo dell'HBIM, non solo per la rappresentazione grafica, ma anche e soprattutto per la gestione dell'intero ciclo di vita dell'immobile (*García-Valldecabres et al., 2016*).

Tuttavia, data la sua ancora ridotta applicazione al panorama degli edifici storici, dalle analisi sono emerse anche alcune limitazioni della tecnologia HBIM, soprattutto legate alla raccolta dei dati e alla loro importazione nei software, così come alla creazione del modello digitale stesso, alla possibilità di aggiornare o integrare i dati e alla restituzione di un modello facilmente aggiornabile nel tempo.

Tutte queste problematiche, ad oggi, sono state ampiamente superate grazie alla continua diffusione dei software e all'aumento progressivo delle applicazioni dedicate al patrimonio storico, portando velocemente ad una risoluzione delle anomalie

¹ Logothetis, S., Delinasiou, A., and Stylianidis, E.: *Building Information Modelling for Cultural Heritage: A review*, ISPRS Ann. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci., II-5/W3, 177–183, 2015.

precedentemente evidenziate. Si deve considerare, infatti, che l'evoluzione maggiore è avvenuta non oltre gli ultimi 10 anni.

La velocità con cui questi progressi stanno avvenendo suggerisce l'analisi delle migliorie apportate sia ai software sia alle procedure di acquisizione e restituzione dei dati procedendo in ordine cronologico. Si deve considerare, infatti, che l'evoluzione maggiore è avvenuta non oltre gli ultimi 10 anni.

Nel 2017, un'altra ricerca ha esplorato in modo approfondito la creazione dei modelli HBIM a partire dai dati raccolti tramite rilievi e nuvole di punti. Un aspetto particolarmente innovativo di questo studio è stata l'attenzione dedicata alla fase successiva alla modellazione, ovvero al controllo della qualità del modello, un aspetto spesso trascurato. Lo studio ha anche fatto una disamina della letteratura esistente e da questa sono emerse alcune osservazioni come, ad esempio, il fatto che le tecniche per la raccolta e l'elaborazione dei dati stanno diventando sempre più automatizzate, consentendo di ottenere i dati in tempo quasi reale e di processarli rapidamente per le modellazioni successive.

L'efficienza evidenziata al paragrafo precedente si scontra però con la limitatezza che i software BIM attuali hanno tutt'ora in fatto di strumenti e librerie predefinite, limitatamente per la modellazione di edifici storici. La varietà di tecniche costruttive di questi ultimi, porta ad una difficoltà nella standardizzazione geometrica presente in essi, rendendo più difficoltoso l'adattamento delle tecnologie alle esigenze specifiche della conservazione e della documentazione del patrimonio costruito. Lo sviluppo di oggetti parametrici riutilizzabili presenta delle difficoltà passando da un edificio all'altro. La mappatura di questi oggetti parametrici sui dati di rilievo rimane un compito laborioso, basato su una fase di rilievo con tecniche principalmente di laser scanner, che richiede ancora molta ricerca per semplificare e velocizzare il processo. Tuttavia, sono stati compiuti numerosi progressi nel riconoscimento automatico degli oggetti e nell'estrazione delle caratteristiche dalle nuvole di punti. I risultati ottenuti finora sono, però, limitati a geometrie semplici e "piatte", per cui, è necessaria un'ulteriore evoluzione delle tecnologie che permetta una ricostruzione automatica e affidabile delle forme architettoniche più articolate. Sebbene utile per visualizzazioni

generali, la modellazione procedurale non soddisfa le esigenze di precisione richieste per la documentazione e la conservazione degli edifici storici (*Dore e Murphy, 2017*)².

Una revisione dello stato dell'arte riguardante l'impiego dei modelli HBIM, realizzata nel 2018, ha mostrato varie soluzioni tecnologiche che permettono di rendere i modelli HBIM compatibili con dispositivi portatili, al fine di offrire tour virtuali e applicazioni di realtà aumentata. Tramite la ricerca di parole chiave come "*HBIM per la diffusione culturale*", "*HBIM per ICT*" e "*HBIM per la gestione dell'uso pubblico*" lo studio ha anche evidenziato le possibilità che la messa a disposizione dei dati relativi a questi beni, possa portare a comprendere meglio i loro aspetti architettonici e la loro storia. Il fatto di dover rendere fruibile queste informazioni ha inoltre portato alla luce lacune conoscitive che possono servire da punto di partenza per future ricerche. (*García et al., 2018*)³.

Quando si parla HBIM le difficoltà rispetto agli applicativi disponibili sul mercato aumentano: le forme architettoniche sono complesse, vi sono segni di degrado, danni e trasformazioni accumulate nel tempo. Tutte caratteristiche che rendono difficile adattare questi edifici a standard predefiniti pensati per il nuovo. In questo senso, l'HBIM non appare solo come una soluzione tecnica, ma rappresenta un campo di ricerca fondamentale per colmare il divario tra le peculiarità degli edifici storici e gli strumenti progettati per edifici contemporanei.

Tra i contributi più significativi, spicca quello di *Oreni e altri*⁴, ricercatori che hanno indagato soluzioni per rappresentare forme complesse e irregolari. Partendo dal progetto "Ripartire da Collemaggio", finanziato da ENIservizi, un gruppo interdisciplinare ha realizzato l'obiettivo comune di mettere in sicurezza la struttura e di conservare il valore architettonico della Basilica di Collemaggio, edificio gravemente danneggiato dal terremoto del 2009.

² Dore, C. and Murphy, M.: *CURRENT STATE OF THE ART HISTORIC BUILDING INFORMATION MODELLING*, Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci., XLII-2/W5, 185–192, 2017.

³ García, E.S., García-Valldecabres, J., Blasco, M.J.V. (2018). *The use of HBIM models as a tool for dissemination and public use management of historical architecture: A review*. International Journal of Sustainable Development and Planning, Vol. 13, No. 1, pp. 96-107

⁴ Oreni, D., Brumana, R., Della Torre, S., Banfi, F., Barazzetti, L., and Previtali, M.: *Survey turned into HBIM: the restoration and the work involved concerning the Basilica di Collemaggio after the earthquake (L'Aquila)*, ISPRS Ann. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci., II-5, 267–273, 2014.

Partendo dal rilievo fotogrammetrico e laser scanner, sono state necessarie attività di interpretazione e modellazione per creare un HBIM dettagliato per gestire le fasi di analisi, simulazione del comportamento strutturale, valutazione economica del progetto e restauro finale. Data la necessità di utilizzare modelli geometrici dettagliati, non solo nella progettazione delle nuove strutture, ma anche nella valutazione delle soluzioni di consolidamento previste per la Basilica, il team di ricerca ha deciso di valutare l'interoperabilità tra l'HBIM e altri software: in particolare tra il software di modellazione tridimensionale *Rhino* e il software di analisi strutturale agli elementi finiti *Midas*.

Poiché *Rhino* è pensato per la modellazione e non per l'analisi strutturale, i modelli da esso generati non risultano immediatamente compatibili con *Midas*, che invece richiede una suddivisione della geometria in una mesh, ovvero una rete di piccoli elementi (come triangoli o quadrilateri). Per questo motivo, è stato necessario realizzare in *Rhino* superfici e solidi che potessero essere facilmente convertiti nel formato adatto a *Midas*.

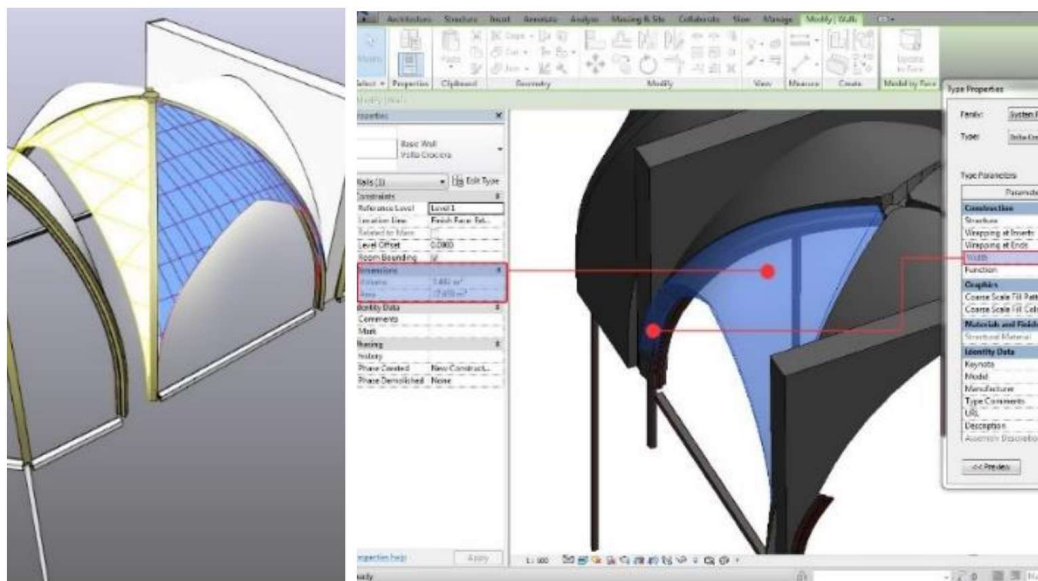


Figura 7 - Solido generato con NURBS in *Rhino* e successivamente parametrizzato in *Revit* - HBIM della Basilica di Collemaggio a L'Aquila (Fonte: www.researchgate.net)

Una volta importate, le superfici modellate sono state interpretate da *Midas* come solidi complessi, basati su superfici NURBS, che permettono di rappresentare forme geometriche molto precise, generando deformazioni controllate da una rete di punti, oltre a consentire l'utilizzo di tecniche più tradizionali come estrusioni e rivoluzioni. La corretta trasmissione dei dati tra i due software è stata garantita grazie all'uso del

formato standard ISO 10303 STEP, il quale consente lo scambio affidabile di modelli tra programmi appartenenti a categorie differenti.

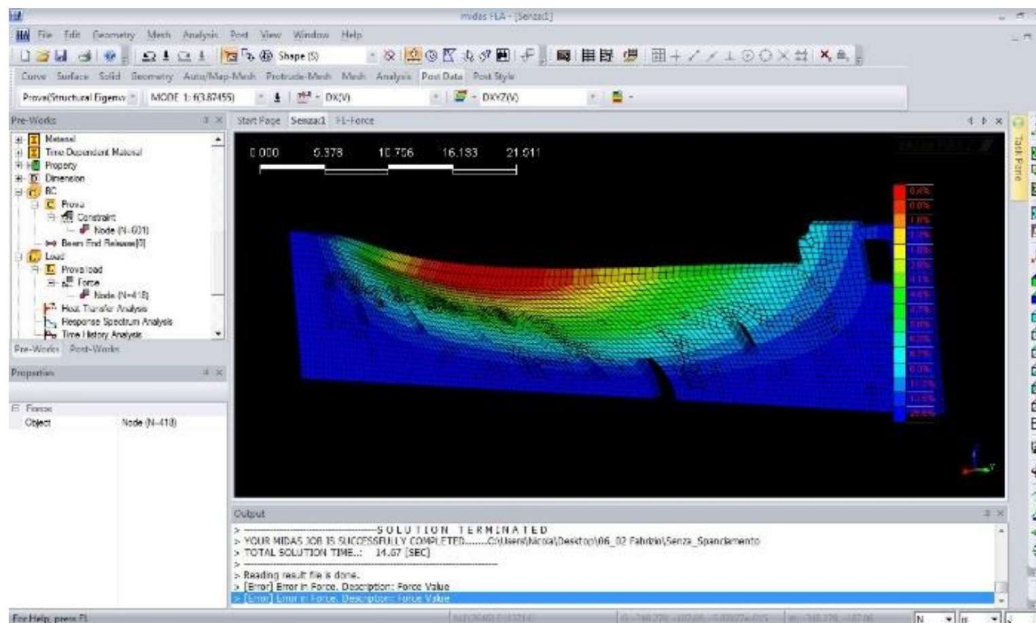


Figura 8 - Solido NURBS della parete nord della Basilica, creato in Rhino e importato tramite schemi CAD in Midas per la simulazione strutturale (Fonte: www.researchgate.net)

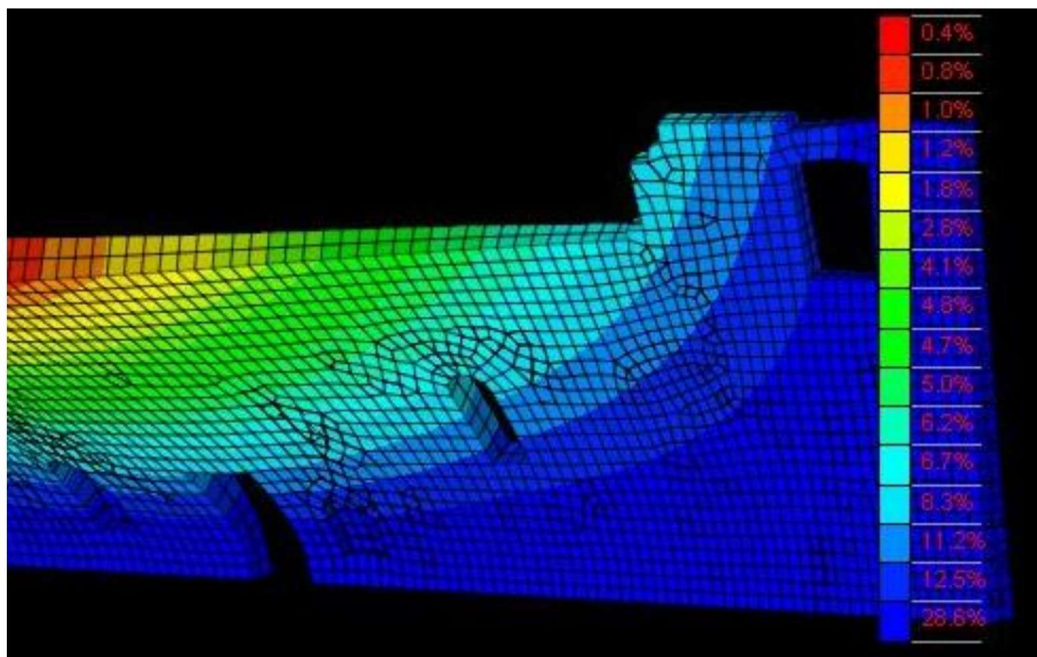


Figura 9 - Zoom Solido NURBS della parete nord della Basilica, creato in Rhino e importato tramite schemi CAD in Midas per la simulazione strutturale (Fonte: www.researchgate.net)

Nella modellazione degli elementi architettonici, sono stati introdotti due nuovi indicatori:

- **Grade of Generation (GOG):** misura la qualità e la precisione del processo di modellazione dell'oggetto. Viene valutato su una scala da 1 a 10 e tiene conto del metodo utilizzato per generare il modello (modellazione manuale, semi-automatica, automatica), della complessità morfologica dell'elemento e dell'affidabilità dei dati di partenza. In pratica, il GOG esprime quanto il modello generato sia vicino alla realtà dell'edificio rilevato e quanto il processo di modellazione sia stato accurato e coerente.
- **Grade of Information (GOI):** riguarda invece la quantità e qualità delle informazioni collegate agli oggetti del modello, come materiali, tecniche costruttive, cronologia delle trasformazioni, dati strutturali e storici. Il GOI qualifica il contenuto informativo dell'elemento modellato, in relazione alle fonti documentarie e ai dati acquisiti durante il rilievo e la ricerca archivistica.

Questi due parametri affiancano e superano il concetto di LOD, offrendo un sistema di valutazione più adatto per i modelli di edifici storici.

Dunque, ogni elemento architettonico nel modello della Basilica è stato modellato rispettando alti livelli di GOG (fino a GOG 9 e 10 per gli oggetti più complessi), così da mantenere la ricchezza geometrica del rilievo originale. Il GOI, invece, è stato definito in base all'integrazione tra il dato geometrico e le informazioni storico-costruttive, raccolte attraverso ricerche documentali e analisi materiche.

È stata prestata poi particolare attenzione all'analisi geometrica e costruttiva delle colonne medievali in pietra della navata, danneggiate e poi restaurate parzialmente nel 1970 con interventi estetici non strutturali. Il terremoto del 2009 ha aggravato la loro fragilità, rendendo urgente un supporto provvisorio. Per progettare un restauro più efficace, è stato, quindi, effettuato un rilievo preciso combinando laser scanner e misurazioni manuali, senza smontare le colonne. La rappresentazione bidimensionale (in scala 1:20 e 1:10) delle colonne e dei conci è stata utile per mappare materiali, degrado e fessurazioni. Queste informazioni sono state, poi, integrate nel modello Revit per creare un database per documentare e pianificare gli interventi. L'intervento di restauro, ha previsto la sostituzione di blocchi rotti con nuovi elementi sagomati e tagliati su misura tramite macchine a controllo numerico in base ai dati forniti, seguendo una procedura simulabile già nel modello digitale.

alle specificità degli edifici storici (Lo Turco et al., 2017)⁷. L'obiettivo è quello di creare "modelli di base" dai quali è possibile generare tutte le varianti architettoniche necessarie. Questa iniziativa rappresenta un progetto ambizioso, meritevole e, in molti casi, inevitabile per semplificare la lettura e l'analisi in ambiente BIM. Gli oggetti digitali in questione, devono tuttavia essere considerati come rappresentazioni idealizzate. Per questo è importante non sottovalutare i rischi legati all'eccessiva standardizzazione dei processi, poiché potrebbero farci perdere di vista le peculiarità di ogni edificio storico.

Un aspetto che merita particolare attenzione è l'evoluzione nel tempo che subiscono gli elementi di cui è composto un bene culturale, la cosiddetta "dimensione diacronica". Bianchini et al. affrontano questo tema in un contributo pubblicato sulla rivista "Disegnare con...". Pur riconoscendo l'inevitabilità di una certa semplificazione nella rappresentazione digitale, occorre limitare al massimo la perdita di informazioni, preservando la sofisticatezza originaria dell'opera. Il testo, infatti, affronta una questione di rilievo sul tema della digitalizzazione del patrimonio architettonico: *è possibile applicare un modello concepito per la produzione seriale in ambito edilizio alla sfera più delicata e irripetibile dell'architettura, ovvero la sua eredità storica?* Gli autori affermano in modo propositivo che il BIM può trovare un'applicazione anche nel contesto del patrimonio esistente, a patto che si tenga conto delle difficoltà legate all'uso di procedure standardizzate e si dia adeguato spazio a metodologie che permettano di comprendere a fondo le caratteristiche del costruito. In tale prospettiva, il rilievo e il disegno non dovrebbero essere accantonati, ma piuttosto integrati nei software BIM come strumenti di lettura critica e non unicamente come modalità di rappresentazione geometrica.

L'articolo propone una metodologia ibrida: un processo in due fasi, dove prima si analizza l'edificio storico nei suoi caratteri specifici e solo dopo si adattano i componenti BIM alle condizioni rilevate. Ne deriva una concezione del progetto non meramente strumentale, bensì come esito di un processo interpretativo e critico, in cui la rappresentazione dell'opera è subordinata alla comprensione culturale della stessa.⁸

⁷ Parisi, P., Lo Turco, M., and Giovannini, E. C.: *THE VALUE OF KNOWLEDGE THROUGH HBIM MODELS: HISTORIC DOCUMENTATION WITH A SEMANTIC APPROACH*, Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci., XLII-2/W9, 581–588, 2019.

⁸ Bianchini, C., Inglese, C., & Ippolito, A. (2016). Il contributo della rappresentazione nel Building Information Modeling (BIM) per la gestione del costruito. *DisegnareCon*, 9(16), 101–109.

Dunque, come già ampiamente discusso, nel passaggio dalla rappresentazione numerica di una realtà fisica al suo modello geometrico digitale, si aggiunge un ulteriore livello di complessità: la *strutturazione semantica degli elementi "intelligenti"* che lo compongono. Questo processo, definito ontologico, non si limita alla definizione delle caratteristiche geometriche, ma implica anche l'attribuzione di significati e relazioni tra gli elementi del modello (Inzerillo et al., 2016, p.16.4)⁹.

I componenti del modello, sia quelli standard già presenti nelle librerie BIM, sia quelli creati ad hoc, hanno delle caratteristiche molto precise in termini di dimensioni e prestazioni, rispecchiando il mondo reale. Questo vincolo rende il BIM più rigido rispetto alle rappresentazioni tradizionali. Per di più, la componente parametrica degli oggetti prevede che alcuni elementi digitali come, ad esempio, una finestra, possano essere utilizzati solo in relazione ad altri che li ospitano come, ad esempio, l'*host* "muro" nel caso della finestra. Si tratta, quindi, di un sistema di dati che segue una gerarchia, dove ogni oggetto è interconnesso e vincolato a un altro. Grazie a queste relazioni è possibile generare un modello informativo intelligente in cui ogni elemento reagisce in modo automatico alle eventuali modifiche apportate. Comprendere questi aspetti aiuta a vedere quanto il BIM sia molto più ricco e articolato in confronto ai tradizionali modelli tridimensionali.

Nel 2007, Letellier ha definito la conoscenza del patrimonio come un "*processo continuo che consente il monitoraggio, la manutenzione e la comprensione necessaria per la conservazione mediante la fornitura di informazioni appropriate e tempestive*". Secondo questa prospettiva, la documentazione assume un ruolo importantissimo in quanto offre un insieme di risorse tangibili e non, di vario tipo: misure, disegni, narrazioni ma anche aspetti sociali legati al patrimonio culturale. Di conseguenza, la documentazione diventa il primo passaggio fondamentale per avviare qualsiasi progetto di tipo conservativo, partendo dalla raccolta e dalla comprensione delle informazioni fino alla rappresentazione dello stato di fatto del bene.

A supporto di queste tecnologie, strumenti di rilevamento digitale come laser scanner e fotogrammetria offrono la possibilità di generare modelli tridimensionali e

⁹ Inzerillo, L. et al. (2016). BIM e beni architettonici: verso una metodologia operativa per la conoscenza e la gestione del patrimonio culturale/ Bim and architectural heritage: Towards an operational methodology for the knowledge and the management of cultural heritage. In Disegnarecon, n.16, pp. 16.1-16.9.

simulazioni virtuali in 4D. Questi approcci favoriscono l'identificazione precisa delle modifiche e delle stratificazioni dei manufatti, contribuendo a ridurre il margine di errore e favorendo interventi di recupero sostenibili, basati su una solida comprensione del bene.

Nello specifico caso della presente ricerca, a causa delle limitazioni logistiche e tecniche, non è stato possibile effettuare un rilievo diretto, mediante tecnologia *laser scanner*, del caso studio selezionato, il ché avrebbe consentito di acquisire *nuvole di punti* altamente dettagliate per la modellazione tridimensionale del manufatto storico. Pertanto, i dati utilizzati per l'analisi e la modellazione derivano esclusivamente da rilievi fotografici, fonti archivistiche e da elaborati bidimensionali disponibili, come disegni tecnici e documentazione storica. A differenza dell'approccio *scan-to-BIM*, la modellazione basata su rilievi bidimensionali tende a produrre un modello più idealizzato, che si avvicina maggiormente alla rappresentazione di un edificio appena costruito, caratterizzato da pareti perfettamente verticali o solai planari, offrendo quindi una visione semplificata dell'oggetto reale. Accade quindi che superfici deteriorate vengano rappresentate come integre oppure deformazioni strutturali vengano corrette graficamente, alterando la forma originale.

In aggiunta, quando i modelli informativi sono impiegati anche come strumenti per la "visualizzazione digitale" del patrimonio culturale, le sfide operative si intrecciano con questioni teoriche di grande importanza. La *Carta di Londra*, che si occupa della visualizzazione computerizzata del patrimonio culturale, sottolinea la necessità di distinguere chiaramente tra informazione e speculazione. *Hugh Denard*¹⁰, commentando proprio la Carta di Londra, spiega che le immagini possono comunicare meglio di un testo in certi casi, ma non sempre aiutano a capire davvero i processi sottostanti. Secondo l'autore, anche quando una ricostruzione visiva nasce da un'attenta analisi delle fonti e da un'elaborazione creativa ben fondata, lo spettatore vede solo il risultato finale, senza conoscere il percorso che ha portato alla sua realizzazione. Denard avverte quindi una mancanza di trasparenza, nel senso che le immagini rischiano di sembrare scollegate dalle discussioni accademiche. Per evitare ciò, è importante che una rappresentazione visiva del patrimonio mostri in modo chiaro

¹⁰ Denard Hugh, *A new introduction to The London Charter*, 2012, p. 60

il metodo e le fonti usate, così da permettere a chi osserva di comprendere il legame tra la fonte e il lavoro di studio che la sostiene.

4. Il caso studio del Liceo Darwin di Rivoli: storia e conoscenza

Il presente caso studio è dedicato all'analisi approfondita dell'edificio del Liceo Darwin di Rivoli, scelto per il suo notevole valore architettonico e storico. La scelta di questo edificio non è stata casuale ma è stata determinata dall'esperienza di tirocinio svolta presso la Città Metropolitana di Torino, ente proprietario dell'immobile.

Un ulteriore motivo che ha agevolato la scelta del caso studio è stato l'incidente che ha interessato l'edificio avvenuto a causa del crollo del controsoffitto di un'aula nel novembre 2008. In questa tragedia, un ragazzo perse la vita e altri compagni di classe rimasero feriti. Da qui sono emerse alcune riflessioni riguardo il problema della sicurezza degli edifici scolastici, portando alla luce le gravi carenze nelle manutenzioni delle strutture. Di conseguenza, questo tema diventerà un elemento centrale della presente ricerca.

4.1 Descrizione del contesto urbano e territoriale

Inquadramento catastale

Con D.G.P. del 18/04/1980, recepita dal Consiglio con D.C.P. del 22/04/1980, la Città Metropolitana di Torino ha acquistato l'ex Seminario Arcivescovile sito in Rivoli nella sua integrale proprietà così come posseduta dall'Ente denominato "Seminario metropolitano Arcivescovile di Torino", Ente giuridicamente riconosciuto per antico possesso di Stato, con sede a Torino, via XX Settembre n. 83.

L'area di pertinenza del fabbricato è delimitata dalle vie Montelimar, strada Scaravaglio, strada Pozzetto, parco di San Grato, mentre l'ingresso si attesta su via Giovanni XXIII; il perimetro è definito da muri, prevalentemente di contenimento.



Figura 11 - Localizzazione dell'area dell'ex Seminario (Fonte: elaborazione su base Google Earth Pro)

Di seguito viene riportata la planimetria catastale relativa all'immobile di cui al Foglio 49, particella 157, subalterni 1 – 2, Via Giovanni XXIII n. 25.



Figura 12 - Foglio 49, particella 157, subalterni 1 – 2 (Fonte: https://www.comune.rivoli.to.it/wp-content/uploads/2019/02/2007_DecrVinc_istituti-scolastici-romero-e-darwin_05_06_2007.pdf)

Piano Regolatore Generale Comunale

In base alla variante strutturale n. 1S/2003 al Piano Regolatore Generale Comunale vigente, approvata con modifiche “ex-officio” con Deliberazione della Giunta Regionale n. 25-4848 del 11/12/2006 e successive varianti, l’area in oggetto ricade nella zona di piano “Area normativa 8SII: Attrezzature per l’istruzione” al foglio n.8.

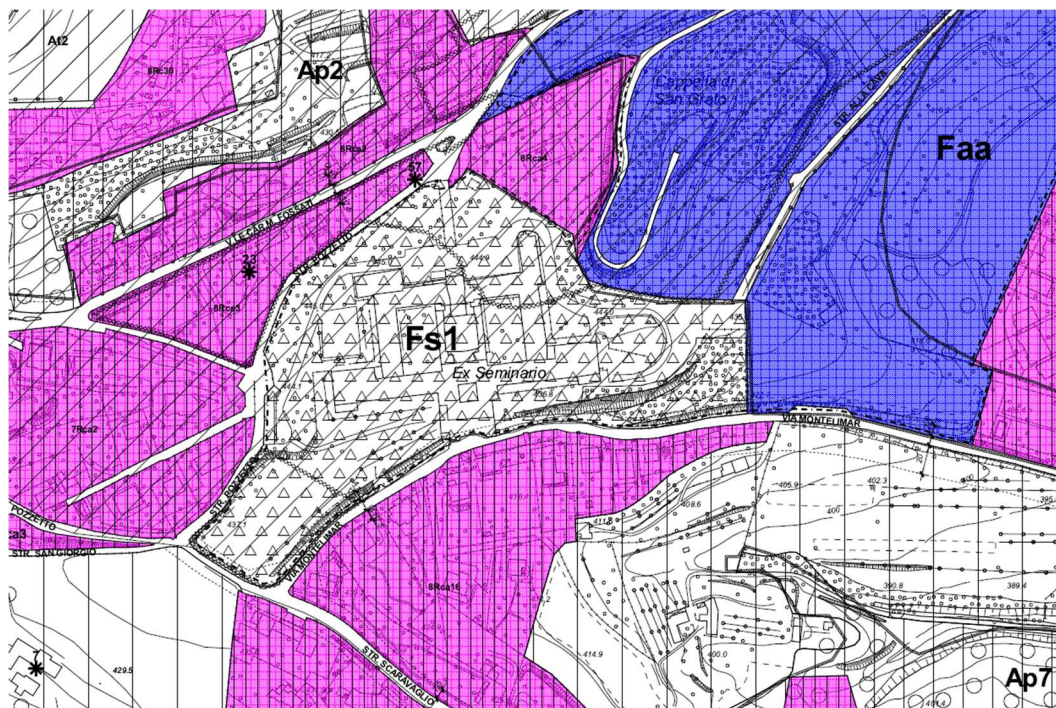


Figura 13 - Stralcio PRGC – Progetto definitivo Variante 1S/2003 P.R.G.C. Approvato con modifiche “ex-officio” con D.G.R. n°25-4848 del 11/12/2006, tavola C 3 n° 8. (Fonte: www.comune.rivoli.to.it)

SERVIZI ED ATTREZZATURE DI INTERESSE GENERALE - F

Attrezzature per l'istruzione (Fs)			Area attrezzata della collina (Faa)
Attrezzature ospedaliere (Fo)			Parco attrezzato (Fa)
Attrezzature militari (Fm)			Centro Agro Alimentare di Torino (I-F-CAAT)
Attrezzature private di interesse collettivo (Fac)			Area archeologica (Far)

AREE PER LA RIQUALIFICAZIONE AMBIENTALE

Grandi infrastrutture viarie (s)			A.N. di riqualificazione ambientale (ra)
----------------------------------	--	--	--

BENI CULTURALI ED AMBIENTALI

Immobili vincolati ai sensi della L. 01/06/1939 n. 1089			Immobili di cui al Titolo 8 delle N.d.A.
---	--	--	--

VIABILITA'

Viabilità di progetto, limiti di rispetto e sezioni stradali			Ambito di rilocalizzazione degli impianti esistenti di distribuzione carburanti
			Fili di costruzione obbligatori

VINCOLI E FASCE DI RISPETTO

Fascia di rispetto fluviale		Area di protezione dei pozzi di captazione di acqua potabile (D.P.R. 24/05/1988 n. 236 art. 6)
Fascia di rispetto da corsi d'acqua e linee di deflusso (carta di sintesi)		Distanza di rispetto da elettrodotti (D.P.C.M. 23/04/1992)
Fascia fluviale del P.A.I. - Zona A (Del. n. 1 del 11/05/1999 Aut. di bacino Po)		Fascia di rispetto da discarica rifiuti (L.R. 56/77 art. 27)
Fascia fluviale del P.A.I. - Zona B (Del. n. 1 del 11/05/1999 Aut. di bacino Po)		Tutela delle zone di particolare interesse ambientale (T.U. Beni culturali ed ambientali D.L. 490/99 art.146)
Fascia fluviale del P.A.I. - Zona B di progetto (Del. n. 1 del 11/05/1999 Aut. di bacino Po)		Tutela delle bellezze naturali e panoramiche (T.U. Beni culturali ed ambientali D.L. 490/99 art. 139)
Fascia fluviale del P.A.I. - Zona C (Del. n. 1 del 11/05/1999 Aut. di bacino Po)		Terreno sottoposto a vincolo paesaggistico ambientale (L.R. 3/04/1989 n. 20)
Limite di deflusso delle acque provocato dall'ipotetico crollo della diga del Moncenisio		Terreno sottoposto a vincolo idrogeologico (L.R. 9/08/1989 n.45)
Area di protezione rete ferroviaria ad Alta Capacità (L.R. 56/77 art. 12 c.1)		Terreno sottoposto a vincolo cimiteriale (T.U. L.S. art. 338 - L.R. 56/77 art. 27)
Area di protezione rete ferroviaria (D.P.R. 11/07/1980 n. 753)		Istituzione dell'area attrezzata della collina di Rivoli (L.R. 21/05/1984 n. 25)
Zona Vincolata ai sensi del D.M. 01/08/85 "Galassino"		"Servitù perpetua ed inamovibile" canale in muratura A.A.M. di Torino

L'area in oggetto rientra nel perimetro dell'area urbanistica "Fs - AREE PER ATTREZZATURE DI INTERESSE GENERALE" e sulla base dell'art. 6.4 delle Nda (Norme di Attuazione) del PRGC:

"Sono destinate alla realizzazione dei servizi previsti dall'art. 4 del D.M. 1444/68 e dall'art. 22 della L.R. 56/77, da parte dell'Amministrazione Comunale, delle altre Amministrazioni pubbliche competenti o da privati, [...]. Gli interventi devono essere attuati secondo un progetto, anche di massima, esteso all'intera area normativa. Potranno essere realizzati anche in tempi diversi, sulla base di convenzioni a cui partecipino tutte le proprietà interessate, salve diverse indicazioni dell' A.C.. Per tutti gli interventi proposti da privati o da altri Enti, l'A.C. si riserva di verificare l'accettabilità della proposta alla luce del riconoscimento di interesse pubblico, della compatibilità con altre destinazioni in atto e dei problemi di traffico e viabilità. Gli indici di utilizzazione e le prescrizioni specifiche per ogni singola area sono indicate nelle Schede di Area normativa."

Area Normativa:	Fs1	Area Urbanistica:	Fs	Superficie mq:	48.540
Indice Territoriale mq/mq:		Indice Fondiario mq/mq:		Superf. max copribile %:	
Destinazioni d'uso principali ATTREZZATURA PER L'ISTRUZIONE SUPERIORE IMPIANTI SPORTIVI CON ATTREZZATURE PER ATTIVITA' ALL'APERTO					
Tipi di intervento (sono ammessi sino a) RISTRUTTURAZIONE EDILIZIA					
Modalità di intervento PERMESSO DI COSTRUIRE					
Note aree normative - A.N. sottoposta parzialmente a vincolo idrogeologico (L.R. 9/8/1989 n. 45) - Presenza di area sottoposta a tutela dei Beni paesaggistici ed ambientali (D.L. 29/10/1999 N. 490 - Titolo II) - A.N. totalmente interessata dall'Area Attrezzata della Collina di Rivoli (L.R. 21/5/1984 N. 25) - Deve essere prevista la realizzazione di parcheggi in ragione almeno di 1 mq ogni 5 mq di superficie lorda - A.N. sottoposta parzialmente a vincolo paesaggistico-ambientale (L.R. 3/4/89 n. 20) - A.N. totalmente in fascia di rispetto dal vincolo di cui al D.M. 01/08/85 "Galassino"					

Figura 14 - Stralcio elaborato D2 – schede normative, p. 402. (Fonte: www.comune.rivoli.to.it)

Dall'elaborato D2 – Schede normative delle aree della variante strutturale sopra indicato, si evince che l'area 8SI1 è destinata ad *Attrezzatura per l'istruzione superiore* nonché a *Impianti sportivi con attrezzature per attività all'aperto*.

La tipologia di intervento ammessa è normata all'art. 4.3 – *Ristrutturazione edilizia* delle NdA del PRGC:

- [...] *La ristrutturazione è volta al riutilizzo di edifici esistenti attraverso interventi di trasformazione edilizia e d'uso, mantenendone tuttavia i caratteri dimensionali e salvaguardandone gli elementi di pregio. In particolare gli elementi edilizi di valore storico, ambientale, documentario presenti negli edifici o aree di pertinenza ed individuati dal P.R.G.C. o da strumenti urbanistici esecutivi sono soggetti a restauro conservativo pur nell'ambito dell'intervento di ristrutturazione dell'edificio. [...].*
- 4.3.1 – *Ristrutturazione edilizia di tipo A:*
Riguarda gli interventi che, pur in presenza di modificazioni, integrazioni e sostituzioni di elementi anche strutturali, non configurano aumenti di superfici lorde. [...].

Elenco delle opere ammesse nella ristrutturazione edilizia di tipo A riferite ai principali elementi costitutivi degli edifici:

a) *FINITURE ESTERNE*

Rifacimento e nuova formazione delle finiture, con conservazione e valorizzazione degli elementi di pregio o caratterizzanti l'architettura.

b) *ELEMENTI STRUTTURALI*

Consolidamento, sostituzione ed integrazione degli elementi strutturali con tecniche appropriate. È consentita la modifica della sagoma dei tetti nel rispetto delle caratteristiche ambientali del tessuto, previa verifica del deflusso delle acque piovane verso i confinanti. Non è ammessa la realizzazione di nuovi orizzontamenti, qualora comporti aumento della superficie lorda; è consentita la realizzazione di soppalchi, secondo le prescrizioni del R.I.E. [...].

c) *MURATURE PERIMETRALI, TAMPONAMENTI E APERTURE ESTERNI*

Sono ammessi il rifacimento di tamponamenti esterni e le modificazioni delle aperture. [...].

d) *TRAMEZZI E APERTURE INTERNE*

Sono ammesse, per mutate esigenze funzionali o d'uso, modificazioni dell'assetto planimetrico, nonché l'aggregazione e la suddivisione di unità immobiliari.

e) *FINITURE INTERNE*

Rifacimento e nuova formazione delle finiture con conservazione e valorizzazione di elementi di pregio o caratterizzanti l'architettura.

f) *IMPIANTI ED APPARECCHI IGIENICO-SANITARI*

Realizzazione ed integrazione degli impianti e dei servizi igienico-sanitari.

g) *IMPIANTI TECNOLOGICI E RELATIVE STRUTTURE E VOLUMI TECNICI*

Installazione degli impianti tecnologici e delle relative reti. I volumi tecnici relativi devono essere realizzati preferibilmente all'interno dell'edificio; qualora sia necessario realizzarli all'esterno non devono comunque comportare aumento della superficie utile di calpestio.

Vincoli di tutela

Il complesso dell'ex Seminario Arcivescovile, che oggi ospita gli istituti scolastici L.S. "Charles Darwin" e l'I.I.S. "Oscar Romero" è soggetto a una serie di vincoli che ne regolano l'uso e la gestione, al fine di preservare l'ambiente, il paesaggio e il patrimonio culturale. In particolare, ricade in zone vincolate ai sensi degli artt. 136 e 142 del D.lgs. 42/04, così come risultano essere presenti vincoli idrogeologici e vincoli paesaggistici-ambientali.

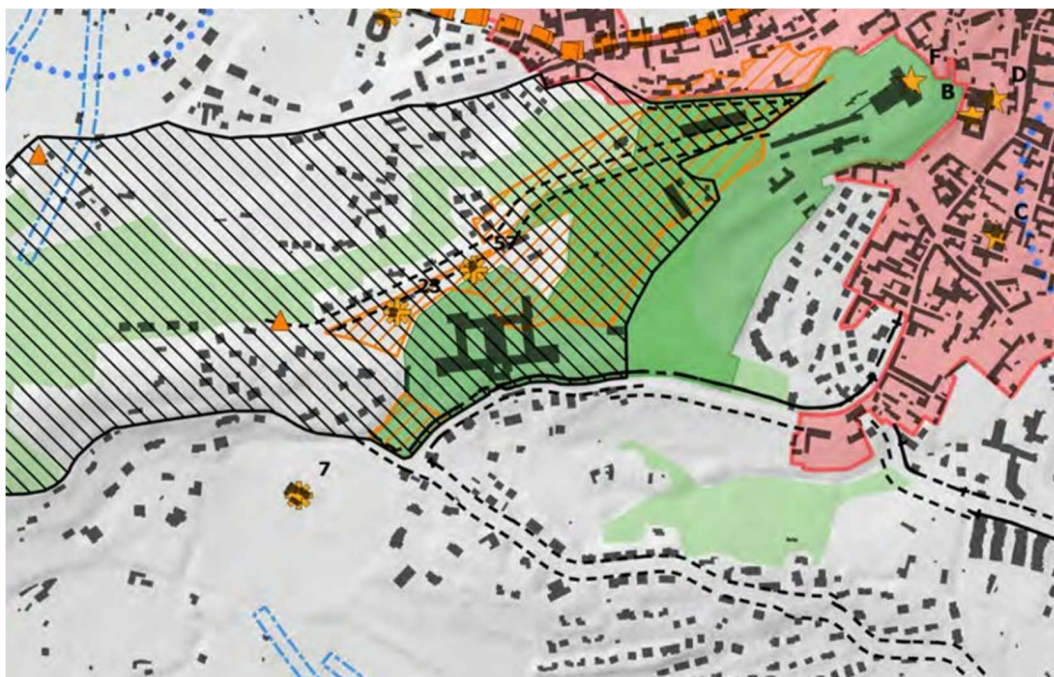


Figura 15 - Stralcio PRGC - Tav 16 - Aree di tutela, fasce di rispetto e vincoli ambientali, classi di rischio idrogeologico (Fonte: www.comune.rivoli.to.it)



L'area oggetto della ricerca risulta assoggettata ai seguenti vincoli:

- **Legge regionale 9 agosto 1989, n. 45 - Nuove norme per gli interventi da eseguire in terreni sottoposti a vincolo per scopi idrogeologici:**

- **L.egge Regionale 3 aprile 1989 n. 20** - Norme in materia di tutela di beni culturali, ambientali e paesistici.
- **Legge regionale n. 25 del 21 maggio 1984** - Istituzione dell'Area attrezzata della Collina di Rivoli
- **D.M. 01/08/85** Vincolo delle aree di interesse storico “Galassino”:
- **D.lgs. 42/2004** - Codice dei beni culturali e del paesaggio ai sensi degli artt. 10-12

Classe di pericolosità geologica

In base alla Carta di Sintesi della Pericolosità Geologica e dell' idoneità all'uso Urbanistico contenuta nel PRGC vigente, l'area nella quale insiste il complesso immobiliare dell'Ex Seminario Arcivescovile rientra nella Classe II di pericolosità geologica.

La classe II di pericolosità geologica è di tipo modesto e individua “settori caratterizzati da elementi di pericolosità geologica legati al grado di acclività e alla natura litologica del substrato. Per le nuove realizzazioni si dovranno seguire le prescrizioni delle Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC) vigenti al momento dell'intervento, ponendo particolare attenzione alla dissestabilità dell'area ed alla individuazione, a livello esecutivo, di eventuali soluzioni di mitigazione realizzabili nell'ambito del singolo lotto edificatorio o di un intorno significativo”.

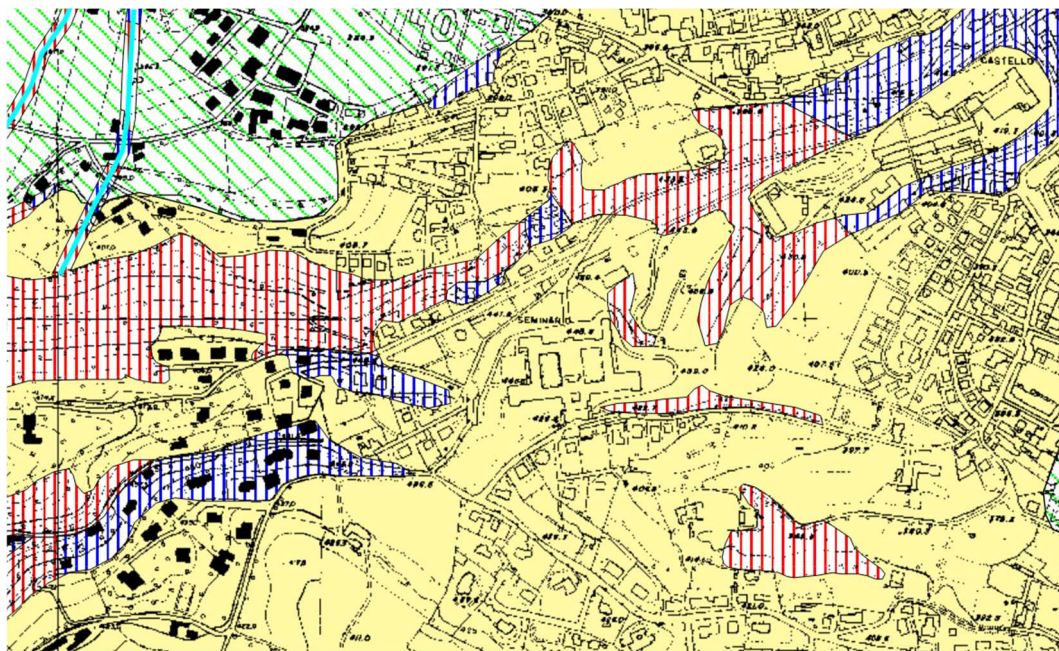


Figura 16 - Stralcio PRGC - Tav B1a - Indagine geologica (Fonte: www.comune.rivoli.to.it)

	CLASSE I Settori in cui non vi sono elementi di pericolosità geologica tali da condizionare l'edificabilità.
	CLASSE II Settori caratterizzati da elementi di pericolosità geologica legati al grado di acclività e alla natura litologica del substrato. Per le nuove realizzazioni si dovranno seguire le prescrizioni del D.M. 11.03.88, ponendo particolare attenzione alla dissestabilità dell'area ed alla individuazione a livello esecutivo di eventuali soluzioni di mitigazione realizzabili nell'ambito del singolo lotto edificatorio o di un intorno significativo.
	CLASSE III Settori caratterizzati da elementi di pericolosità geologica legati ad acclività medio elevata, alla natura litologica del substrato e alla dinamica della rete idrografica superficiale.

4.2 Fasi salienti di trasformazione e attuale stato di conservazione

Il cardinale Maurilio Fossati dedicò molte energie alla formazione del clero e, fin dal suo ingresso in diocesi, riprese un progetto che il suo predecessore, il cardinale Gamba, non aveva potuto completare. Questo progetto mirava a risolvere il problema del Seminario di Torino, la cui sede in Via XX Settembre era inadatta a causa dell'impossibilità di ampliamento e del posizionamento troppo centrale in una città in crescita demografica. Fossati decise quindi di costruire un nuovo Seminario sulla collina di Rivoli.

Dopo l'annuncio della costruzione di un nuovo seminario a Rivoli, il cardinale Fossati dovette scegliere un ingegnere per il progetto. A valle di molteplici visite in diversi seminari, ne rimase insoddisfatto. Per questo, si rivolse alla Sacra Congregazione dei Seminari, in cerca di consigli per la realizzazione di un edificio che garantisse e riducesse gli spostamenti dei chierici. Qui, gli furono suggeriti come modelli i **seminari di Vitoria e Logroño** in Spagna, realizzati nel 1926 e 1927.

Il cardinale torinese riceve numerose proposte per la scelta dell'architetto, ma desidera affidare il progetto a una persona di fiducia che possa realizzare al meglio la sua visione innovativa per il seminario. Per questo motivo, incarica il cugino di secondo grado, l'ingegnere Alessandro Villa. La decisione non è da intendersi come semplice nepotismo, ma piuttosto come la volontà del cardinale Fossati di avere pieno controllo sul progetto affidatogli dal Papa. Per garantire il massimo livello di innovazione, invia

l'Ing. Villa in Spagna a studiare i seminari più all'avanguardia, prima che questo elabori il proprio progetto.

Le direttive emanate dalla Sacra Congregazione dei Seminari e dal Pontefice riguardo alla collocazione dei nuovi seminari risultano inequivocabili: la Curia vuole realizzare strutture ispirate al concetto di *città globale*, edificando in contesti isolati, salubri e lontani sia dal caos urbano, sia dal regime politico autoritario allora vigente. In tal modo sarebbe stato possibile garantire agli studenti un'istruzione di alto livello.

Tra i primi esempi in Italia si annovera il Seminario Ambrosiano, edificato alla fine degli anni 20 sulla collina del Belvedere a Venegono Inferiore (Varese). Per il nuovo seminario di Torino, il cardinale Fossati avvia fin da subito la ricerca di un'area idonea, individuandola nella collina di Rivoli, luogo rinomato per la qualità dell'aria e ben collegato a Torino grazie alla linea ferroviaria che percorre corso Francia in circa 35-40 minuti.

Oltre agli aspetti pratici, la scelta di Rivoli assume anche una valenza simbolica: il sito si trova al centro di un'area ricca di riferimenti religiosi, storici e paesaggistici. Il nuovo Seminario, con la sua chiesa, sarebbe stato costruito in modo da dialogare "visivamente" con alcuni di questi riferimenti come, ad esempio, la Madonna del Rocciamelone, la croce di Costantino sul monte Musinè, la Sacra di San Michele, il Monviso e le colline di Superga e Moncalieri.

Nel 1934 il cardinale Fossati si rivolge alla signora Melano, vedova dal 1928 e priva di eredi, proponendole la donazione di una porzione dei suoi terreni alla Curia. La proprietaria accoglie favorevolmente la richiesta, e le procedure burocratiche per la donazione, avviate nel 1934, si concludono formalmente l'anno seguente. Il 17 giugno 1935 il terreno viene consegnato all'impresa incaricata della costruzione del Seminario, la cui prima pietra viene posata l'anno successivo alla presenza del cardinale Fossati.

A Rivoli, se il castello è considerato un'opera incompiuta, il Seminario non rappresenta un'eccezione. Secondo il capitolato, la realizzazione del Seminario di Rivoli avrebbe dovuto concludersi in quaranta mesi; tuttavia, il completamento dell'edificio ha richiesto quattordici anni, subendo modifiche rispetto al progetto originario al fine di raggiungere la conformazione definitiva. Inoltre, anche dopo il termine dei lavori,

l'edificio è stato oggetto di continue opere di ristrutturazione e rifunzionalizzazione, le quali proseguono tuttora.

Una delle prime operazioni avviate nel 1935 ha riguardato la costruzione di un muro di confine tra la proprietà ancora appartenente alla signora Melano e quella donata alla Curia. Successivamente, si è proceduto al livellamento della collina, alla stabilizzazione del terreno e alla realizzazione di gradoni discendenti, rinforzati attraverso grandi murature di contenimento.

Dal punto di vista geologico, il cantiere del Seminario ha dovuto affrontare una problematica importante: la collina è costituita da diversi materiali trasportati dai ghiacciai nel corso degli ultimi 800.000 anni. Tra questi vi sono sedimenti fini, simili alla sabbia, di origine glaciale; sedimenti di Loess trasportati dal vento e provenienti dalla Val di Susa; pietrisco e massi di grandi dimensioni. Proprio la presenza di questi ultimi ha creato difficoltà nei lavori per cui sono state necessarie operazioni di brillamento con esplosivi. Dopo averli fatti esplodere, è stato possibile scavare fino al raggiungimento della roccia compatta.

Tra il 1935 e il 1936, circa 250 operai hanno operato nel cantiere, dedicandosi al livellamento della collina, alla gettata delle fondamenta e alla costruzione degli alloggi destinati alle suore, situati sul lato sud dell'edificio.

Nel frattempo, si procede con l'approvvigionamento delle materie prime necessarie, tra cui ferro, piombo, stagno, legno e mattoni. Il ferro tondo, ad esempio, destinato al cemento armato venne importato nel 1936, sia via mare dalla Germania che via terra dall'Austria. Analogamente all'attenzione che i progettisti di Vitoria e Venegono hanno dedicato alla selezione dei materiali edili, il cardinale Fossati ha dimostrato particolare cura nella scelta dei marmi destinati alle decorazioni delle facciate. Consapevole del fatto che l'ingresso del Seminario di Venegono Inferiore presenta un porticato in pietra di Moltrasio (una pietra pregiata della zona di Como), sormontato da un'ampia balconata, egli aspira a garantire un risultato altrettanto prestigioso per il Seminario di Rivoli.

Per tale motivo, si affida a un'azienda attiva nell'estrazione di materiale lapideo in cinque cave situate nelle vicinanze del lago Maggiore, sua terra d'origine. In particolare, nelle cave di Arona si estrae ancora oggi un calcare dolomitico di colore giallognolo con una lieve sfumatura tendente al rosa. Tuttavia, il costo elevato di

questa pietra pregiata impose all'Ing. Villa di limitarne l'uso esclusivamente alle parti esterne dell'edificio, mentre per le scale e le decorazioni dei cortili interni si è optato per una soluzione alternativa, ossia l'impiego di cemento lavorato a imitazione del marmo. Inoltre, per la rampa di scale venne scelto il travertino levigato, mentre le colonne dell'atrio d'ingresso sono state realizzate in granito rosso lucidato di Baveno. Sulle basi di queste ultime sono incisi i nomi di alcuni benefattori del seminario, iscrizioni che risultano tuttora leggibili.

Il 21 aprile 1937 si svolge la cerimonia di posa della prima pietra della futura chiesa del seminario, segnando ufficialmente l'avvio dei lavori di costruzione dell'edificio. Entro la fine dello stesso anno, il secondo livello delle facciate, sia quelle esposte a nord che quelle a sud, risulta già completato. Tuttavia, l'inizio della Seconda Guerra Mondiale, avvenuto l'anno successivo, comporta un rallentamento non indifferente delle attività edilizie.

I lavori di muratura proseguono fino all'agosto del 1939, momento in cui si avvia la fase di installazione degli impianti e di finitura dei locali interni. Poco dopo, con l'ingresso dell'Italia nel conflitto, il cantiere incontra ulteriori difficoltà. Nonostante il contesto bellico, il Cardinale Fossati si impegna attivamente per garantire il proseguimento dei lavori. Durante la prima fase della guerra, l'edificio ancora in costruzione viene anche adibito a rifugio antiaereo. Sebbene la sua vicinanza alla caserma del castello avrebbe potuto causare ingenti danni, il seminario non fu colpito direttamente dai bombardamenti.

Nel marzo del 1944, l'immobile viene requisito dalle forze di occupazione tedesche, così come il vicino castello. Questo evento porta successivamente la Curia a richiedere un indennizzo per l'utilizzo forzato dell'immobile, sottoforma di un canone giornaliero pari a mille lire. L'occupazione militare si protrae per un periodo di quattordici mesi, al termine del quale l'edificio viene restituito in condizioni decisamente compromesse.

Con la conclusione del conflitto, la Curia avvia tempestivamente le procedure necessarie per ottenere il riconoscimento dei danni subiti dal seminario, ricorrendo alla normativa vigente in materia di risarcimento per i luoghi di culto danneggiati da eventi bellici. Nello specifico, la richiesta si è rifatta alla Legge n. 1543 del 1940, art. 27, successivamente modificata dal D.lgs. Provvisorio n. 35 del 1946 emanato dallo Stato.

I lavori riprendono ufficialmente, consentendo al seminario di avviare il primo anno accademico il 28 ottobre 1949, a quattro anni di distanza dalla conclusione della guerra. Tuttavia, lo stato di avanzamento delle opere edilizie consente l'apertura soltanto di una parte dell'intera struttura, corrispondente all'ala ovest. Rimangono ancora in fase di completamento sia l'ala est dell'edificio sia la chiesa esterna, la cui costruzione non è stata mai ultimata.



Figura 17 - Progetto originario, prospetti Nord, Sud, Est, Ovest (Fonte: Fossati, M. (1934). Il nuovo seminario filosofico teologico: lettera pastorale di sua eminenza rev.ma il cardinale Maurilio Fossati arcivescovo di Torino. Tip. G. Montrucchio.)

I lavori furono completati nella prima metà degli anni 60 e nel 1970 fu dato parzialmente in affitto alla Provincia di Torino, con destinazione d'uso scolastica.

Nonostante gli sforzi di mantenere alto il ruolo della religione, con il tempo vi fu una lenta svalorizzazione della figura del sacerdote, portando a una "crisi delle vocazioni" in quanto sempre meno giovani volevano intraprendere questo percorso. Tale fenomeno rese difficile mantenere operativo il grande seminario, che nel 1974 venne chiuso a causa della mancanza di seminaristi.

Negli anni '70, la città di Rivoli necessitava di nuove scuole e l'edificio del seminario, vuoto e desolato, si riempì di nuovi studenti: quelli del Liceo Scientifico Charles Darwin e dell'Istituto Tecnico Oscar Romero. Nel 1979 l'intero fabbricato fu affittato alla Provincia di Torino e, da quell'anno in poi, vennero effettuate tutti gli interventi necessari per adattare l'edificio a sede scolastica. Tutti i lavori successivi a questa data sono stati, quindi, lavori di manutenzione straordinaria, adeguamenti normativi e adattamenti dell'edificio all'accoglienza dei due istituti ospitati, senza peraltro snaturare le caratteristiche strutturali.

In un'intervista del 1982 pubblicata sul giornale locale "Rivoli 15", il preside del liceo all'epoca in carica, G. Ferraudo, ricordava che dal 1976 al 1982, le iscrizioni fossero aumentate tanto da incrementare il numero di classi da tre a sette. I locali vennero inizialmente affittati e poi acquistati dalla Provincia di Torino all'inizio degli anni '80 per 6,35 miliardi di lire. Così, il Seminario divenne una grande cittadella scolastica, ammirata per la sua bellezza e posizione, circondata da un grande parco e caratterizzata dalla decorata "stanza del Vescovo", teatro dei momenti più importanti della vita dell'edificio.

4.3 Caratteri edilizi

Il complesso seminariale è stato concepito secondo un impianto a doppio anello quadrato, configurazione che ha permesso di ospitare e distinguere le due comunità di seminaristi: i filosofi, collocati nell'ala ovest (attuale Istituto Romero), e i teologi, nell'ala est (attuale Liceo Darwin). La progettazione si sviluppa lungo la dorsale est-ovest della collina, condizione che ha influenzato l'ingegnere Villa sia sul volume dell'edificio e che sulla distribuzione degli spazi.

In particolare, la facciata nord, con uno sviluppo lineare di circa 160 metri, era destinata agli ambienti utilizzati per periodi limitati della giornata, tra cui i parlatori e le residenze private del Rettore e del Cardinale. Al contrario, la facciata sud che si estende per circa 190 metri, accoglieva funzioni con maggiore intensità d'uso, quali le aule didattiche e i refettori.

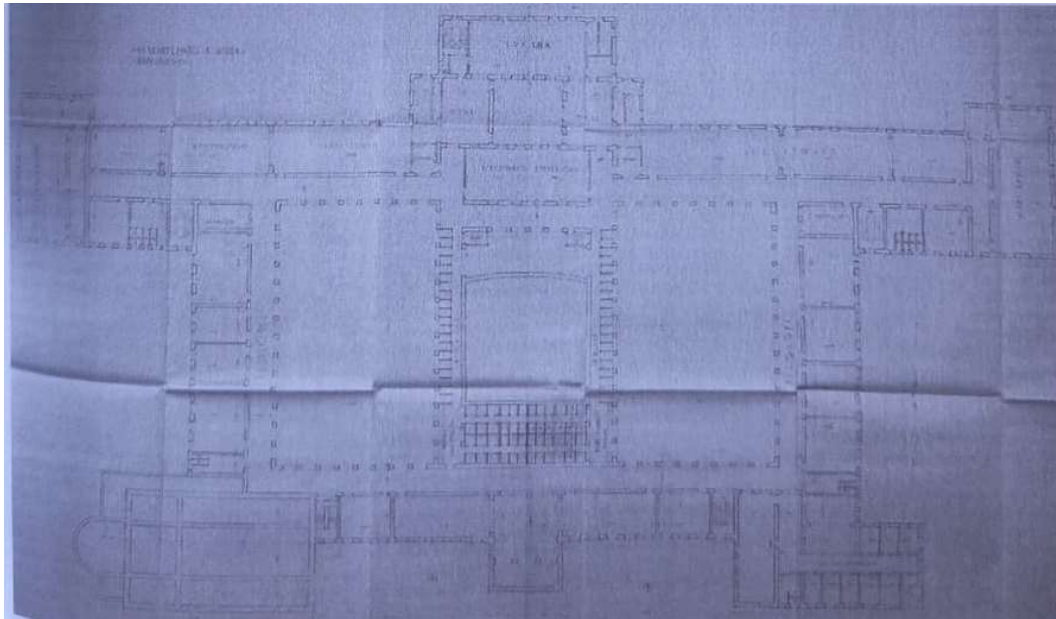


Figura 18 - Planimetria piano seminterrato da progetto originale dell'ing. Villa - ASSMT fald. 56.1, 56.2, 56.3
(Fonte: A. Sillo, *L'altro castello di Rivoli*, Impremix Edizioni, 2024)

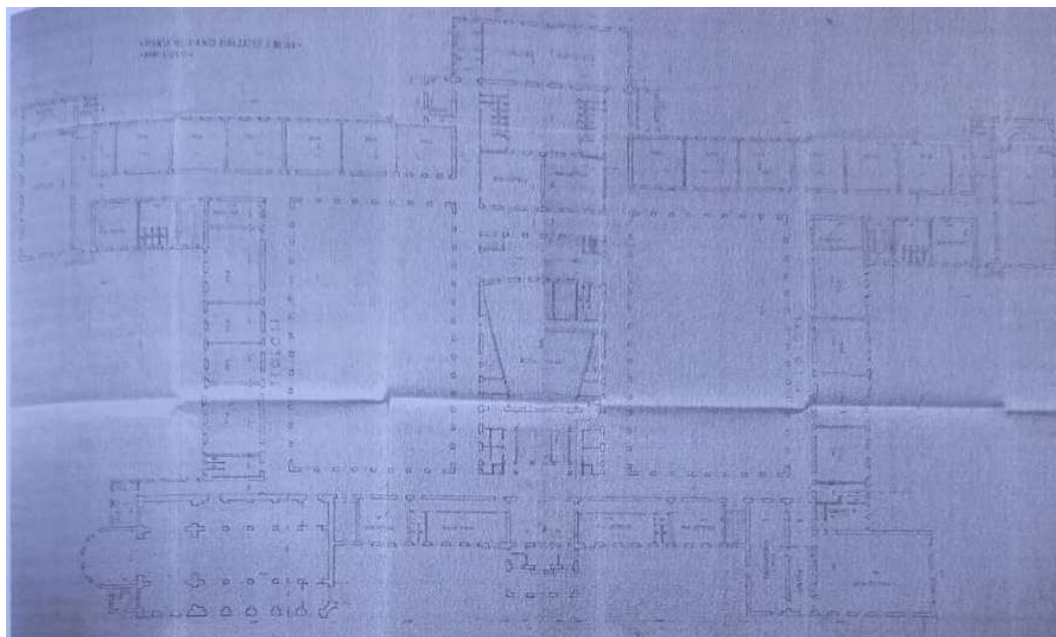


Figura 19 - Planimetria piano rialzato secondo il progetto originale dell' ing. Villa - ASSMT fald. 56.1, 56.2, 56.3 (Fonte: A. Sillo, L'altro castello di Rivoli, Impremix Edizioni, 2024)

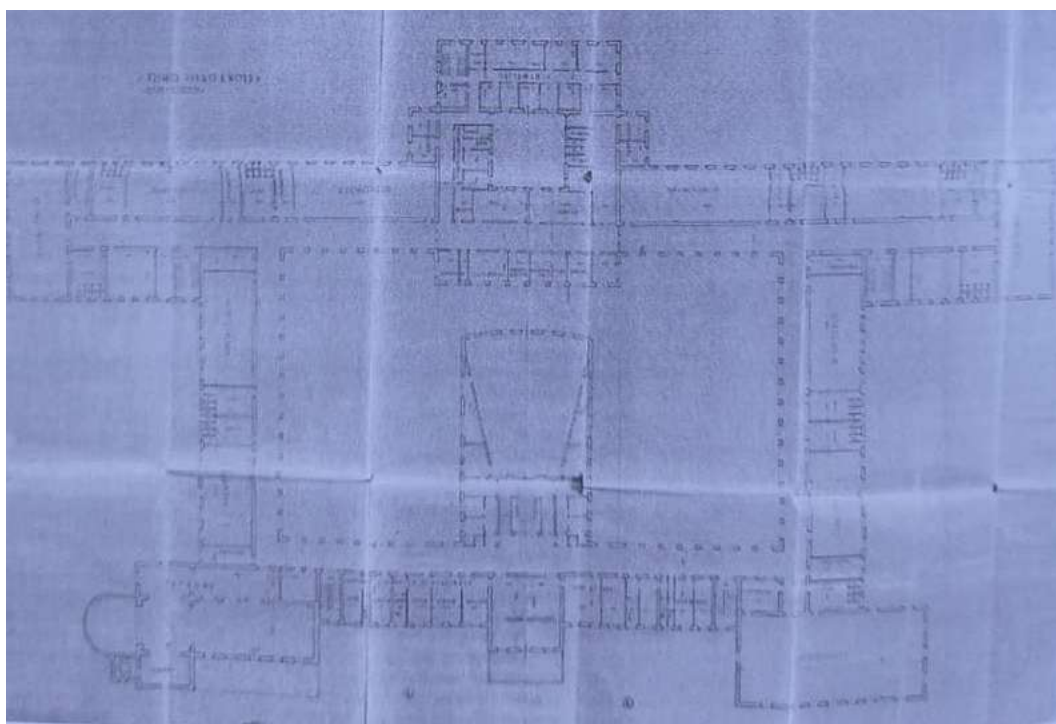
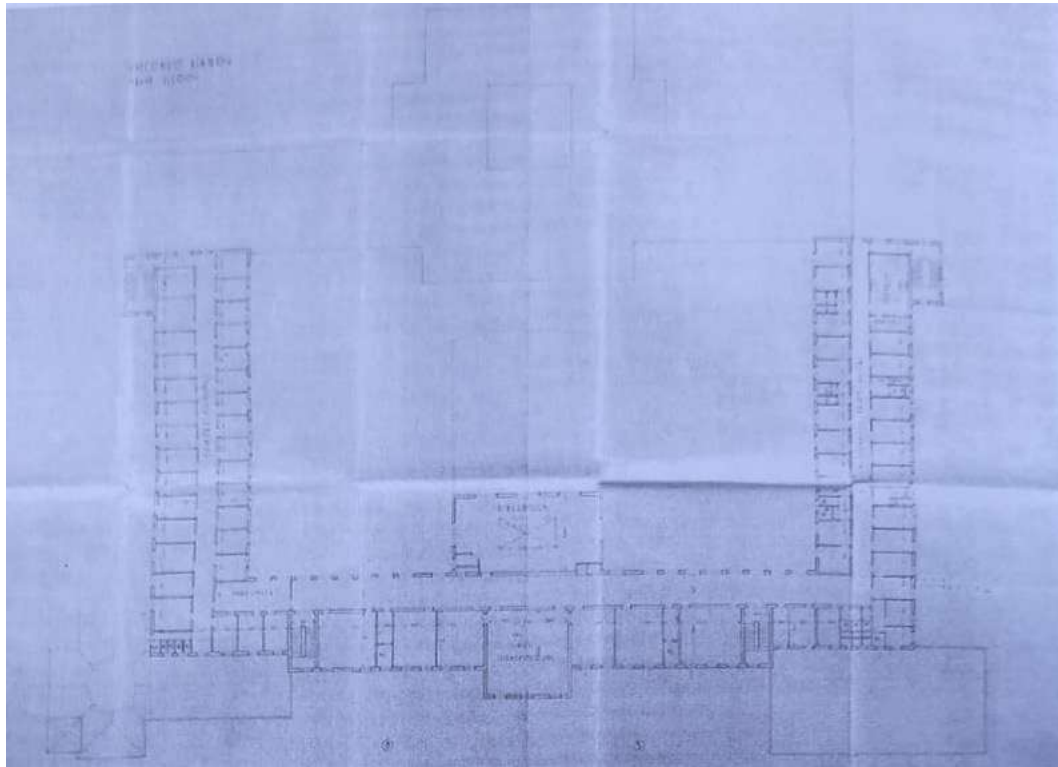


Figura 20 - Planimetria piano primo da progetto originale dell' ing. Villa - ASSMT fald. 56.1, 56.2, 56.3 (Fonte: A. Sillo, L'altro castello di Rivoli, Impremix Edizioni, 2024)



*Figura 21 - Planimetria piano secondo da progetto originale dell'ing. Villa - ASSMT fald. 56.1, 56.2, 56.3
(Fonte: A. Sillo, L'altro castello di Rivoli, Impremix Edizioni, 2024)*

Dal punto di vista compositivo, l'edificio presenta una differenza di altezze tra le due ali: l'ala sud è sviluppata su un piano in meno rispetto a quella settentrionale, scelta che consente di ottimizzare l'illuminazione naturale, permettendo alla facciata nord di ricevere la radiazione solare anche nei mesi invernali.

Dal punto di vista dell'espressione architettonica, l'ingegnere romano adotta un approccio meno eclettico rispetto al collega di Vitoria, privilegiando una continuità con la tradizione costruttiva italiana. L'elemento che maggiormente influisce sulle sue scelte compositive è la prossimità con il Castello di Rivoli, che funge da riferimento stilistico. In questo contesto, Villa assume come modello l'architettura juvarriana, reinterpretandola nelle facciate attraverso l'uso della pietra di Arona, dal caratteristico tono bianco giallo-rosato, e del mattone a vista in laterizio rosso, conferendo all'edificio una cromia in armonia con il contesto.



Figura 22 – Porzione della facciata principale - dettaglio dei materiali utilizzati (Fonte: lastampa.it)

L'accesso monumentale, posizionato centralmente sulla facciata nord, è in asse con il viale proveniente dal Castello di Rivoli, ovvero l'attuale viale Papa Giovanni XXIII, stabilendo un collegamento diretto con il tracciato storico. Analogamente a quanto osservato nei casi di Venegono e Vitoria, anche in questo caso l'ingresso si configura come un pronao costituito da 4 pilastri che sorreggono la balconata superiore e introducono all'atrio centrale.

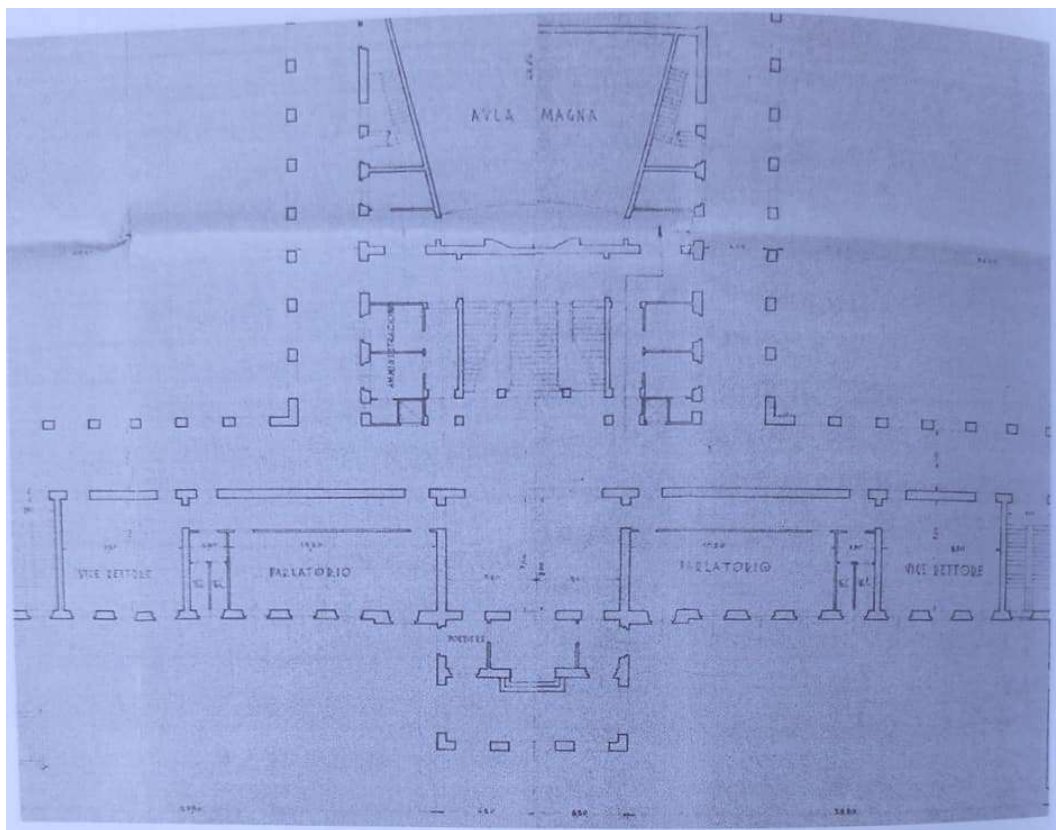
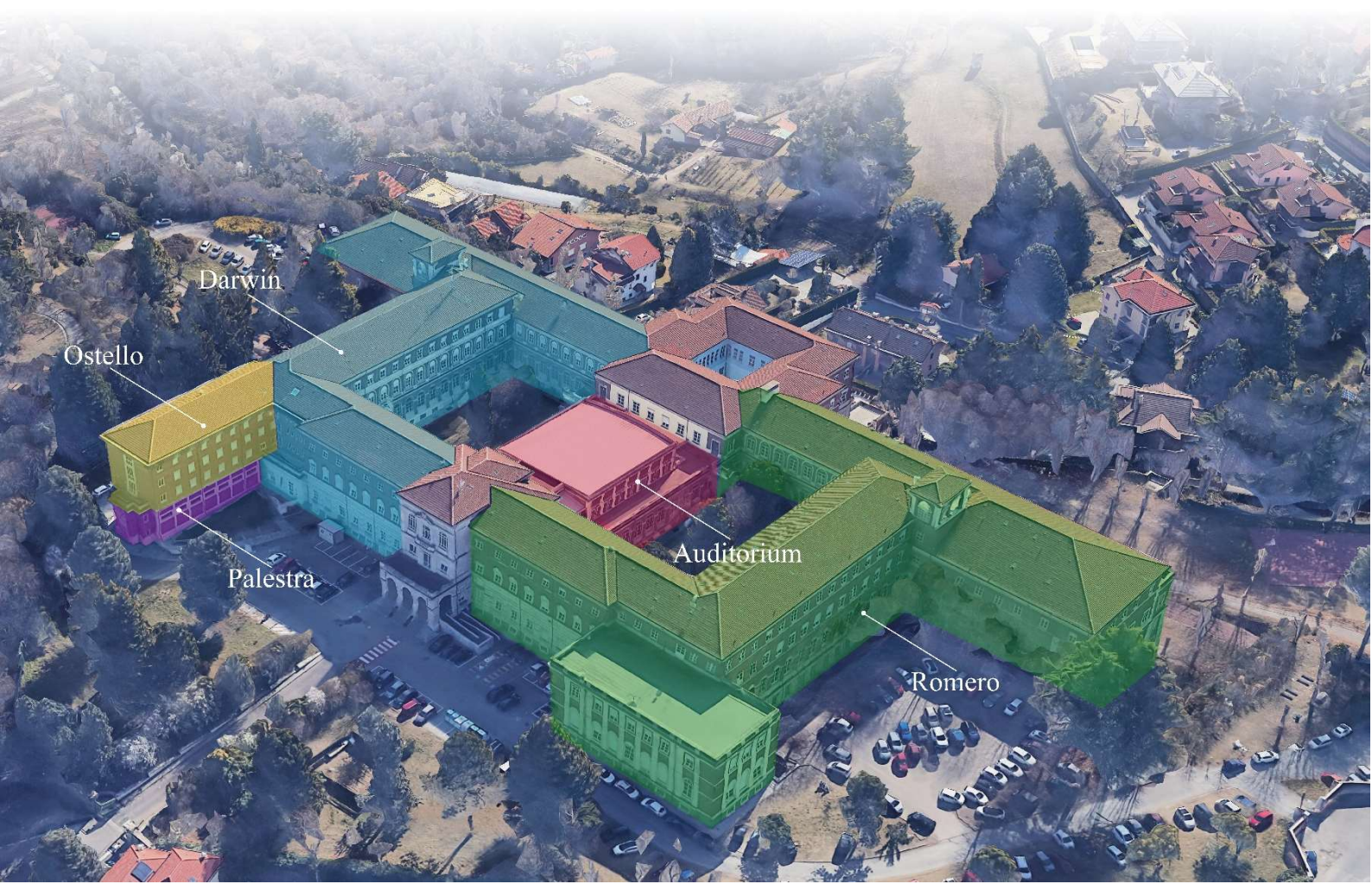


Figura 23 – Dettaglio del progetto originale dell'ing. Villa con l'atrio d'ingresso, i parlatori e l'aula magna - ASSMT fald. 56.1, 56.2, 56.3 (Fonte: A. Sillo, L'altro castello di Rivoli, Impremix Edizioni, 2024)

Nella zona adiacente all'atrio di ingresso sono collocati gli ambienti destinati agli ospiti esterni, tra cui i parlatori, l'aula magna e l'ufficio preposto alla gestione delle esenzioni e dei pagamenti. Questa disposizione spaziale consente di riservare la maggior parte dell'edificio all'uso esclusivo della comunità clericale. Un'imponente scala d'onore conduce al primo piano, dove sono situati gli alloggi dell'arcivescovo e del rettore. Ai lati della scalinata principale, che collega l'atrio al piano superiore, si trovano gli accessi all'aula magna, un ambiente con una capienza di 400 posti a sedere, concepito per accogliere anche ospiti esterni in occasione di accademie, conferenze e proiezioni.

Il nucleo principale si sviluppa attorno a due grandi cortili su cui affacciano i corridoi ai vari piani, mentre le aule sono rivolte verso l'esterno. Al centro del complesso, dietro al corpo della hall d'ingresso, è stato costruito, in una seconda fase, un auditorium da circa 300 posti (platea e galleria), nato come chiesa e trasformato in teatro, con un ampio palco. Infine, sull'angolo nord-est è stata aggiunta la manica che ospita l'Ostello di Rivoli ai piani alti e, al piano terreno, la palestra più grande del fabbricato.



Come già anticipato, la conformazione del terreno ha suggerito lo sviluppo del fabbricato su piani sfalsati, per cui ai tre piani visibili sul fronte principale (prospetto nord) si aggiungono altri due piani seminterrati sul fronte sud. Questi piani, pur essendo sotto il livello della strada rispetto al lato nord, sono completamente esposti alla luce sul lato sud; pertanto, consentono la fruibilità degli ambienti per scopi scolastici, data anche la presenza dei requisiti di abitabilità.

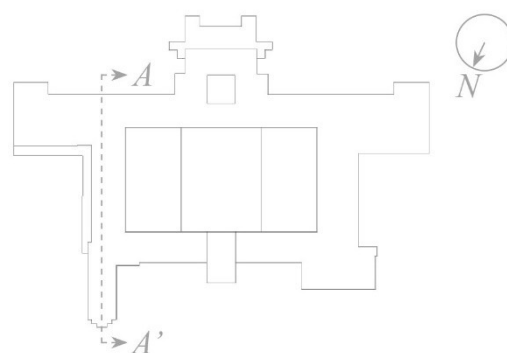


Figura 24 - Planimetria schematica (Fonte: Elaborato dell'autore)

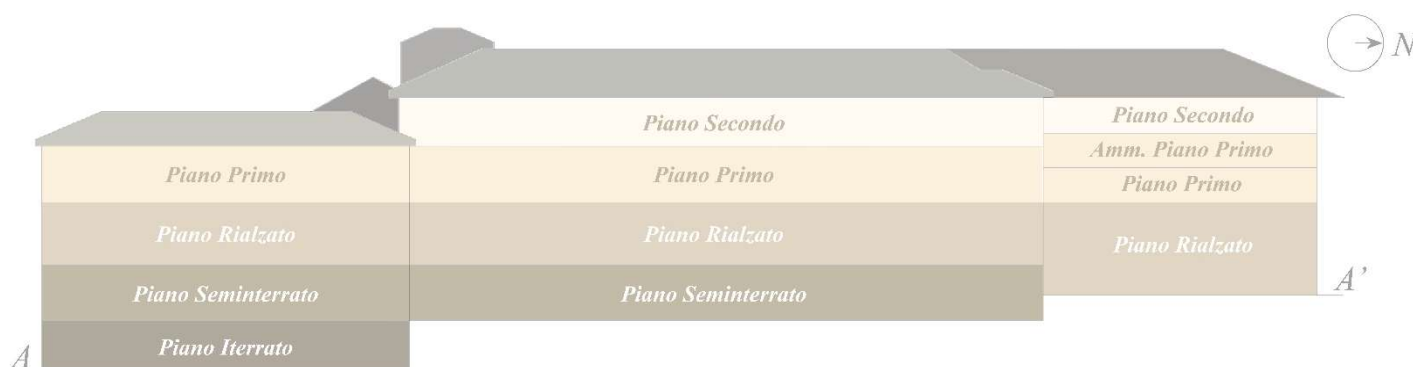


Figura 25 - Sezione schematica (Fonte: Elaborato dell'autore)

Il blocco centrale divide le porzioni di competenza del L.S. Darwin (a sinistra guardando l'ingresso) e dell'I.I.S. Romero (a destra), ad eccezione del secondo piano, da alcuni anni assegnato totalmente al Darwin, in relazione all'incremento delle iscrizioni.

Attualmente, il primo seminterrato è occupato sul lato nord (sotto la manica del fronte principale) da locali di servizio, quali magazzini e archivi, alcuni dei quali dismessi a causa della necessità di interventi edilizi significativi, in particolare sul lato Romero. Sugli altri lati, sono presenti aule e laboratori. Il secondo seminterrato è parzialmente utilizzato per le palestre sul lato Romero, mentre il resto risulta attualmente inutilizzato.

Le ali laterali ospitano grandi palestre, alcune ristrutturate o in corso di ristrutturazione, e locali non utilizzati nelle parti centrali, eccetto il locale pompe per la centrale termica interrata (lato Romero). Il blocco centrale, invece, è sviluppato attorno a un cortile per illuminare e aerare i servizi igienici, comprende la vecchia centrale termica originaria, ormai non funzionante ma ancora dotata delle vecchie apparecchiature, oltre a locali minori in disuso, spesso ingombrati da materiali da smaltire.

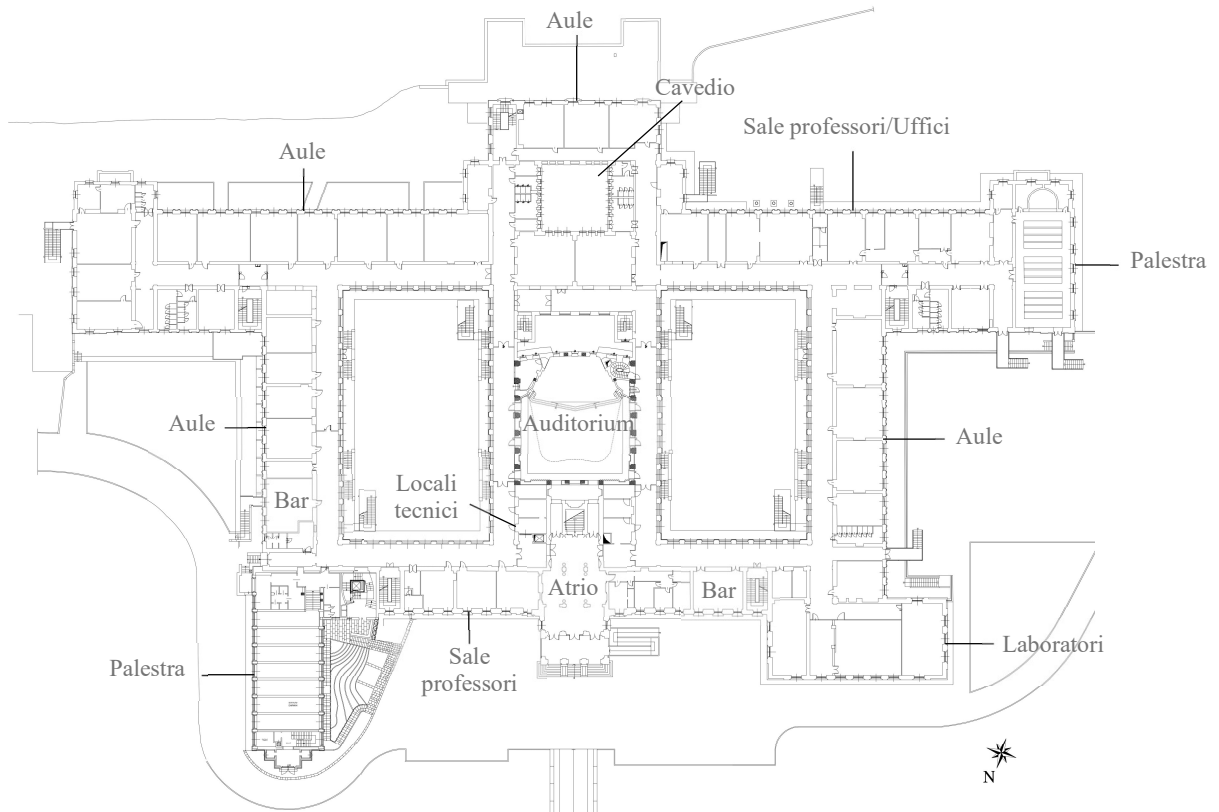


Figura 26 - Pianta Piano tipo (Fonte: elaborato dall'autore su base dwg fornita dagli uffici della CMT0)

La struttura portante è costituita da spessi muri portanti in mattoni pieni, caratterizzati dalla finitura faccia a vista verso l'esterno, di spessore mediamente di 80 cm, e solai con travetti in c.a. e fondello di laterizio intervallati da pignatte. Sono presenti alcune variazioni strutturali:

- **Manica sud:** ampi locali di estremità, parte del secondo piano seminterrato e ambienti prospicienti il cortile interno di servizio hanno solai in calcestruzzo pieno e travi ribassate a coda di rondine.

- **Ex-cappella:** situata all'estremità sud-ovest lato Romero, al piano rialzato, presenta travi ribassate in calcestruzzo decorate con cornici in stucco. Simili decorazioni si trovano sopra la hall d'ingresso e nell'avancorpo nord del lato Romero, sempre al piano rialzato.
- **Hall d'ingresso:** i solai presentano fianchi voltati.
- **Scalone d'onore:** struttura a travi ribassate in calcestruzzo disposte in entrambe le direzioni, creando cassettoni decorati con stucco armato e coperti con solai in laterocemento.
- **Auditorium:** luce libera di circa 20 metri, coperto da un solaio analogo a quello dello scalone d'onore. I cassettoni sono mascherati da tavelle in laterizio, creando una superficie piana sotto un controsoffitto in gesso. Le strutture verticali sono costituite da pilastri in c.a.
- **Corpo dell'Ostello:** caratterizzato da pilastri in c.a. e travi ribassate per la copertura della palestra. I piani superiori ospitano camere, supportate da pilastri in falso.

Le coperture sono realizzate con coppi su solai inclinati in calcestruzzo pieno, eccetto per il corpo dell'Ostello, che ha una struttura portante in legno, e per l'auditorium, originariamente dotato di un tetto a terrazza, poi sostituito con falde in lamiera metallica.

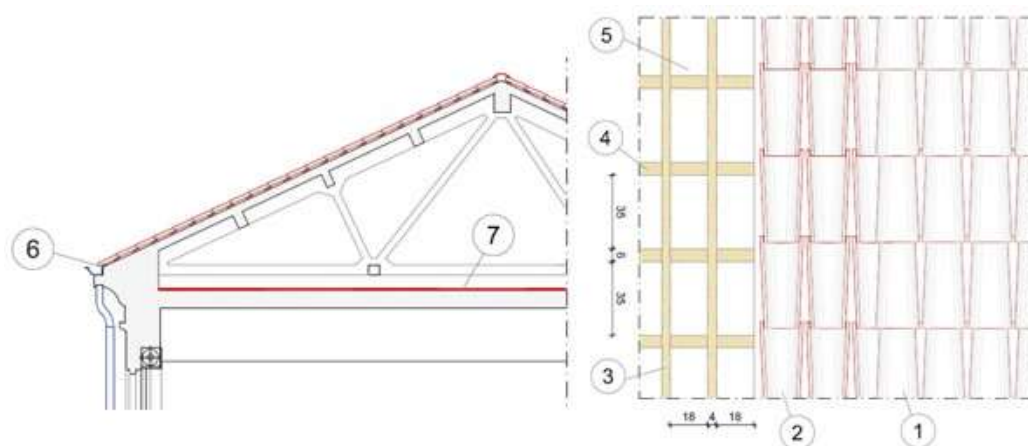
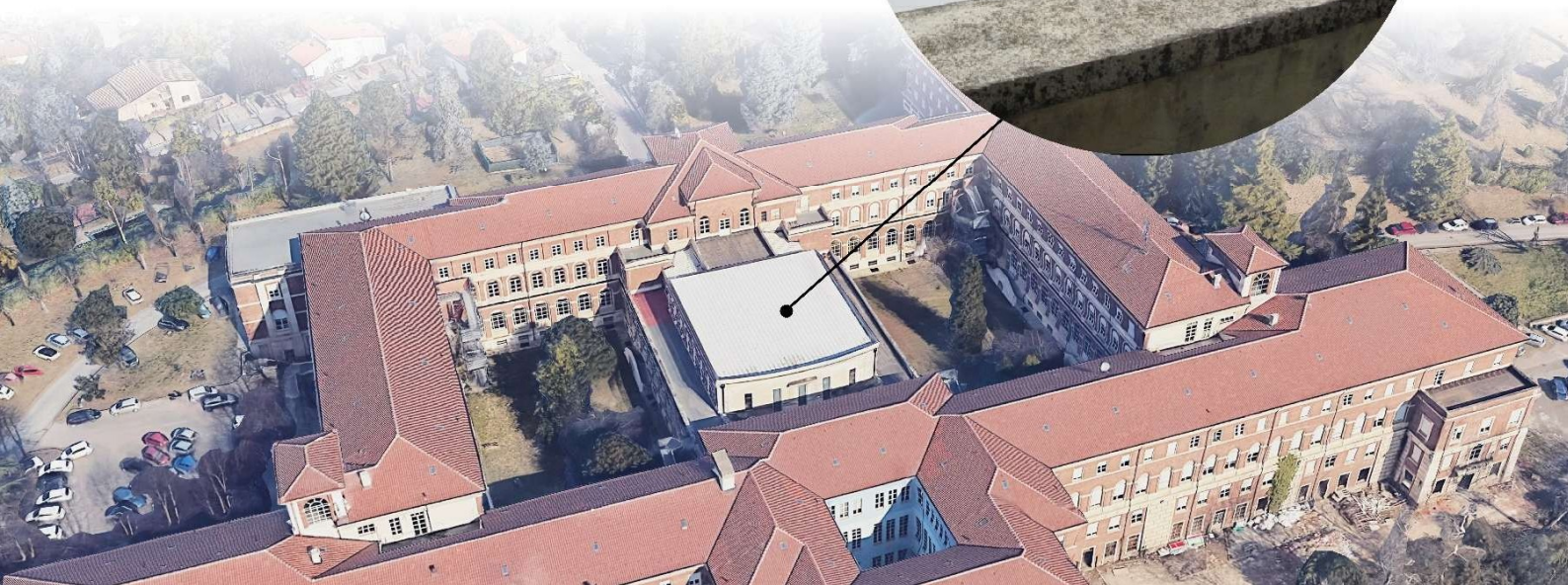
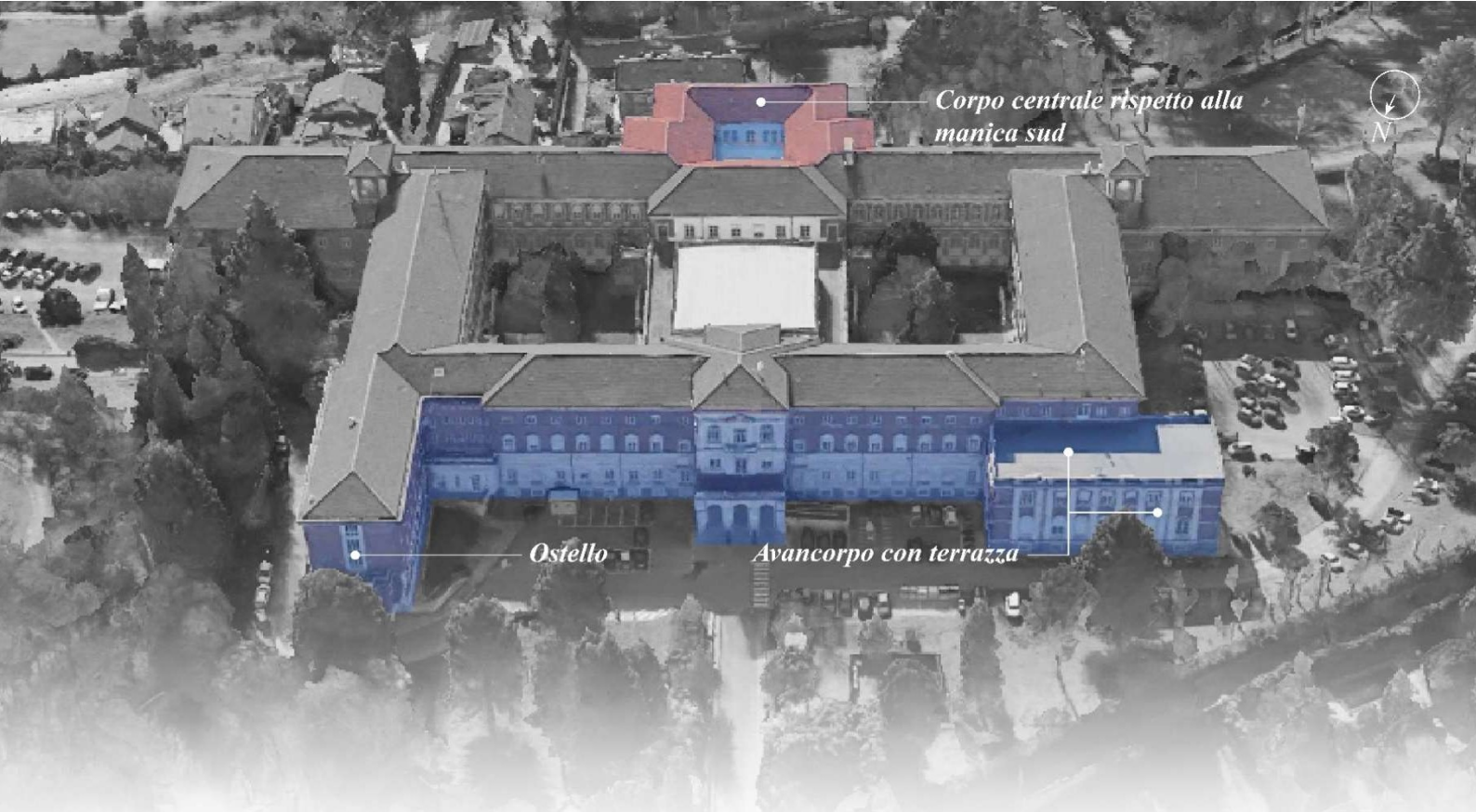


Figura 27 - Stralcio Tav. AL_004, Particolari costruttivi (Fonte: Progetto Definitivo-esecutivo, interventi di manutenzione straordinaria coperture). A seguire immagine del tetto a falde coperto in lamiera metallica dell'auditorium

- 1 Coppo canale in laterizio (pos. convessa)
- 2 Coppo canale in laterizio (pos. concava)
- 3 Listello 4 x 4
- 4 correnti 6 x 4
- 5 Soletta portante in c.a.
- 6 Griglia fermavolatili
- 7 Materassino coibente



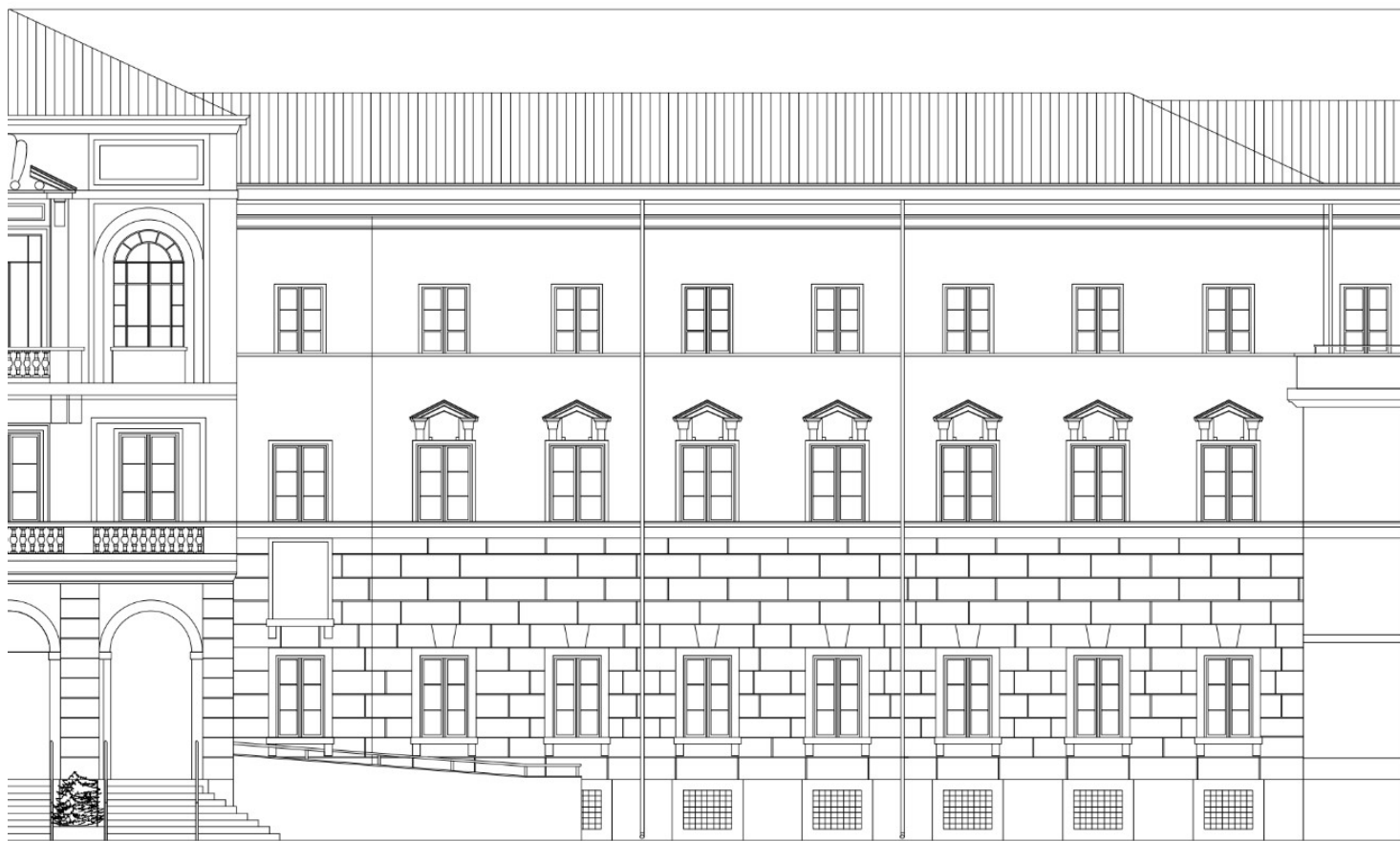


Il corpo al centro della manica sud, che si raccoglie attorno al piccolo cortile di servizio (vedi immagine sovrastante), è caratterizzato da solai in calcestruzzo pieno con travi ribassate con estremità a coda di rondine che coprono luci considerevoli: ne deriva la possibilità di ottenere locali molto ampi (fino a 180 mq) ai vari piani, nella maggior parte dei casi attualmente suddivisi in ambienti più piccoli per esigenze didattiche.

Infine, il fronte principale non risulta simmetrico nelle ali laterali: a sinistra (guardando l'ingresso) è infatti presente il corpo che ospita l'Ostello di Rivoli, realizzato nella posizione in cui il progetto originale prevedeva una chiesa neobarocca, mai costruita; a destra un avancorpo risalente alla stessa epoca della fabbrica principale, coperto con una grande terrazza, a tre piani (come tutta la manica frontale); mentre al piano seminterrato lo spazio è suddiviso soltanto da muri portanti, al piano rialzato la struttura lascia un ampio locale, attualmente tramezzato e suddiviso in laboratorio di chimica e di fisica, con altezza utile di 5,00 m, e un unico ampio ambiente al piano primo (delle stesse dimensioni dell'intero avancorpo, con altezza utile di 4,30 m), attualmente suddiviso in 4 aule ed una sala riunioni usata dai docenti.

La seconda parte della tesi sarà incentrata proprio sul fronte principale dell'edificio che varrà modellata in ambiente BIM, metodologia che permetterà di gestire alcune esigenze manutentive, rivelandosi uno strumento efficiente per monitorare, pianificare e attuare interventi mirati.





5. La manutenzione programmata sui beni culturali

Il tema del restauro dei monumenti storici divenne sempre più centrale e motivo di dibattito, evidenziando il valore sempre più crescente, che veniva attribuito alla manutenzione. Il restauratore e critico d'arte britannico, John Ruskin, sin dalla metà del XIX secolo, sosteneva l'importanza di un intervento di manutenzione costante e accurato, preferendolo ad interventi di restauro più invasivi. È famoso il suo appello: *"Prendetevi cura solerte dei vostri monumenti e non avrete alcun bisogno di restaurarli. Poche lastre di piombo collocate a tempo debito su un tetto, poche foglie secche e sterpi spazzati via in tempo da uno scroscio d'acqua, salveranno sia il soffitto che i muri dalla rovina. Vigilare su un vecchio edificio con attenzione premurosa; proteggerlo meglio che potete e ad ogni costo, da ogni accenno di deterioramento [...] E tutto questo, fatelo amorevolmente, con reverenza e continuità, e più di una generazione potrà ancora nascere e morire all'ombra di quell'edificio."*¹¹ Un'opera di restauro veniva percepito come un'alterazione inadeguata, un atto moralmente inaccettabile: nessuno aveva il diritto di sostituire l'artigiano creatore dell'opera, così come nessuno poteva sostituire i materiali originali con cui essa era stata realizzata. *"[Il restauro] significa la più totale distruzione che un edificio possa subire: una distruzione alla fine della quale non resta neppure un resto autentico da raccogliere, una distruzione accompagnata dalla falsa descrizione della cosa che abbiamo distrutto. Non inganniamo noi stessi in una questione tanto importante; è impossibile in architettura restaurare, come è impossibile risuscitare i morti [...]. Che riproduzione si può eseguire di superfici che sono consumate di mezzo pollice?"*. Preservare l'architettura esistente significava tutelare la memoria, l'identità e i valori essenziali di ogni cultura, ponendo particolare enfasi all'autenticità dei materiali. Le considerazioni di Ruskin sull'importanza della prevenzione, della manutenzione e degli interventi volti a rallentare il naturale processo di degrado sono ancora oggi di grande attualità. Questo spiega perché il teorico inglese è riconosciuto come il "padre della conservazione".

¹¹ J. Ruskin, *The Seven Lamps of Architecture*, 1849, trad. it. *Le sette Lampade dell'Architettura*, Milano 1981, p. 228

Altri autori, nel trattare i significati e le pratiche del restauro, evidenziano l'importanza della manutenzione; nel Manifesto della S.P.A.B.¹² del 1877, il restauro veniva definito come "*un'idea strana e fatale*": si sosteneva che fosse preferibile la tutela al restauro, proponendo interventi quotidiani per evitare il degrado, come puntellare un muro instabile o riparare un tetto danneggiato, opponendosi a qualsiasi tentativo di alterazione della struttura. Nel 1902, A. Riegl affermava che ogni opera dell'uomo dovrebbe essere considerata come un organismo naturale, la cui evoluzione non dev'essere ostacolata; l'uomo può al massimo preservarla da una fine prematura. C. Boito, invece, affermava che "*il restaurare deve considerarsi pur sempre una triste necessità. Un mantenimento intelligente deve sempre prevenirla*"¹³; Boito, infatti, rifiuta di accettare la fine di un monumento senza intervenire ma, allo stesso tempo, non ne accetta neppure ricostruzioni arbitrarie e ingannevoli, invitando gli architetti contemporanei a completare gli edifici che necessitano di manutenzione, mantenendo però la loro autenticità, in maniera tale da non ingannare chi osserva.

Nel periodo postbellico, Cesare Brandi, noto per la riformulazione dei principi del restauro contemporaneo, introdusse il concetto di *restauro preventivo*, secondo cui è necessario focalizzarsi sulla protezione e manutenzione continua dei beni culturali, per prevenire danni e degradi, limitando la necessità di interventi invasivi. Questo approccio mira a preservare l'autenticità e l'integrità dell'opera, intervenendo unicamente quando strettamente necessario e rispettando i materiali e le tecniche originali.

Negli ultimi anni, con riferimento al patrimonio culturale, si è progressivamente diffusa la tendenza a privilegiare il termine "conservazione" rispetto a "restauro".

Il Codice dei Beni Culturali e del Paesaggio (D. Lgs. 42/2004) rappresenta il principale riferimento normativo in materia di tutela e valorizzazione del patrimonio culturale, offrendo una definizione chiara di manutenzione all'interno dell'articolo 29, comma 3. In tale contesto, si legge:

“Complesso delle attività e degli interventi destinati al controllo delle condizioni del bene culturale e al mantenimento dell'integrità, dell'efficienza funzionale e

¹² Il Manifesto della S.P.A.B (Society for the Protection of Ancient Buildings) fondata da W. Morris, P. Webb e J. J. Stevenson nel 1877, è un documento che denuncia i restauri distruttivi degli edifici storici e promuove la conservazione autentica e rispettosa del loro carattere originale.

¹³ Questioni pratiche di Belle Arti, Hoepli, Milano 1893.

dell'identità del bene e delle sue parti” enfatizzando che le attività manutentive possono includere attività indirette, come la raccolta e la gestione documentale e informativa, oltre agli interventi direttamente eseguiti sul bene. Rispetto al **Testo Unico del 1999**, che interpretava unicamente il restauro come modalità di intervento, il Decreto sposta l'attenzione verso azioni di “*studio, monitoraggio e diagnosi*” sia dei beni che del loro contesto. Si privilegiano quindi interventi indirette, finalizzati al controllo delle cause del deterioramento¹⁴. Questa nuova prospettiva assegna alla manutenzione, parte integrante del concetto più ampio di conservazione, una priorità rispetto al restauro; in tal senso, viene definita al comma 1 del medesimo articolo come: “*una coerente, coordinata e programmata attività di studio, prevenzione, manutenzione e restauro*”. Tale processo consente di delineare un sistema di interventi conservativi che si sviluppa attraverso diversi livelli, da operazioni preventive fino al restauro, inteso come ultima soluzione, poiché intrusivo, nonostante venga realizzato con le dovute precauzioni.

Per comprendere appieno l'innovazione introdotta da questa definizione, risulta necessario esaminare enunciati normativi e documenti precedenti che, pur presentando alcune somiglianze terminologiche, si distinguono per differenze concettuali significative¹⁵. Ad esempio, nella **Carta del Restauro del 1987** la manutenzione veniva concepita come un insieme di attività pianificate e ricorrenti, destinate a preservare i beni culturali in condizioni ottimali di integrità e funzionalità¹⁶. Nella bozza del **Regolamento sui lavori pubblici** redatto nel 1994 dalla Commissione presieduta da R. Ballardini, nella sezione dedicata alla disciplina dei Beni Culturali, la manutenzione era definita come una serie di operazioni tecniche periodiche orientate a preservare sia i caratteri storico-artistici sia la materialità del manufatto, garantendone la conservazione. Tuttavia, il **D. Lgs. 490/1999** non riportava una definizione precisa di manutenzione, lasciando un vuoto normativo.

Nel quadro normativo sopra descritto, emerge come, prima della stesura del Codice attuale, la manutenzione fosse concepita principalmente come un'attività ripetitiva ed

¹⁴ V. M. SESSA, *La disciplina dei beni culturali di interesse religioso*, Electa, Milano 2005, pag. 72.

¹⁵ S. DELLA TORRE, P. GASPAROLI, *La definizione di manutenzione contenuta nel Codice dei Beni culturali: un'analisi del testo e delle sue implicazioni. Riferimenti e confronto con le attività manutentive sul costruito*, in V. Fiore, *La cultura della manutenzione del progetto edilizio e urbano*, Atti del convegno nazionale (Siracusa 24-25 maggio 2007), Lettera Ventidue, Siracusa 2008, pag.160.

¹⁶ P. MARCONI, *Il restauro e l'architetto*, Marsilio, Venezia 1993.

esecutiva, priva di un sistema informativo strutturato che garantisca una restituzione di informazioni.¹⁷

Inoltre, il Codice attribuisce alla manutenzione un ruolo più strutturato e specialistico, riconoscendola come una procedura complessa che include osservazione, valutazione e registrazione delle operazioni eseguite. Non si tratta più di attività di routine svolte da personale non qualificato, ma di un insieme di azioni che necessitano di competenze tecniche specialistiche e un rigoroso controllo, dalla fase progettuale a quella esecutiva. Nel contesto dei beni culturali, la manutenzione deve assicurare “*integrità, funzionalità, identità*”, mantenendo il manufatto efficiente come “*sistema tecnologico*” capace di rispondere alle esigenze degli utenti, senza trascurarne i valori storico-artistici e di identità.

5.1 Il Piano di manutenzione

Nel progetto esecutivo di un'opera, la redazione del piano di manutenzione è un passaggio obbligatorio. Per le opere pubbliche, quest'obbligo è regolato dall'articolo 38 del D.P.R. 207/2010. Nel caso di edifici privati, invece, il piano è previsto solo per gli aspetti strutturali ed è disciplinato dalle Norme Tecniche per le Costruzioni del 2018 (NTC 2018).

Il contenuto del piano deve riflettere le caratteristiche reali dell'opera così come è stata costruita. Il suo scopo è, infatti, quello di mantenere nel tempo l'integrità dell'edificio mediante interventi di qualità ed efficaci. Durante la fase di progettazione, la normativa richiede di individuare le prestazioni attese e i requisiti da rispettare, così da poterli monitorare nel corso del tempo.

Il piano di manutenzione comprende generalmente tre documenti principali: il **manuale d'uso**, che fornisce istruzioni per l'utilizzo corretto dell'opera; il **manuale di manutenzione**, in cui sono riportate le informazioni sulle attività da svolgere per

¹⁷ S. DELLA TORRE, P. GASPAROLI, *La definizione di manutenzione contenuta nel Codice dei Beni culturali: un'analisi del testo e delle sue implicazioni. Riferimenti e confronto con le attività manutentive sul costruito*, in V. Fiore, *La cultura della manutenzione del progetto edilizio e urbano*, Atti del convegno nazionale (Siracusa 24-25 maggio 2007), Lettera Ventidue, Siracusa 2008, pag.162.

mantenere in buono stato i diversi elementi e, infine, il **programma di manutenzione**, che stabilisce le tempistiche degli interventi.

Un'evoluzione normativa in questo ambito è rappresentata dalla Legge Merloni del 1994¹⁸, che ha sancito la necessità di aggiornamento delle modalità operative della progettazione a scopo manutentivo. Da allora, gli interventi normativi successivi hanno continuato a rafforzare l'idea di una progettazione che tenga conto delle esigenze di manutenzione già nelle fasi iniziali, in particolare per le opere pubbliche.

Per ottimizzare la gestione delle operazioni di manutenzione, è necessario disporre di uno strumento che consenta l'unificazione delle informazioni e delle operazioni da svolgere, in modo che la sua applicazione sia iterabile e sistematica, anche dal punto di vista normativo. L'introduzione dell'obbligatorietà del **Piano di Manutenzione** è stata una risposta a questo bisogno, rappresentando una novità di fondamentale importanza negli ultimi decenni del Novecento. In seguito a diverse revisioni legislative in merito al Piano di Manutenzione, è stato raggiunto l'obiettivo di dare struttura e sistematicità alla gestione della manutenzione nel tempo.

Le criticità del Piano di Manutenzione

Nonostante gli intenti innovativi, l'introduzione del Piano di Manutenzione non ha portato a una rivoluzione immediata del settore. Sebbene vi sia stato un aggiornamento delle pratiche di manutenzione, l'approccio tradizionale ha continuato a prevalere, modificando solo in parte le modalità di intervento. In questo senso, l'articolo 40 del D.P.R. 554/1999 definisce il Piano di Manutenzione come *"il documento complementare al progetto esecutivo che prevede, pianifica e programma, tenendo conto degli elaborati progettuali esecutivi effettivamente realizzati, l'attività di Manutenzione dell'intervento al fine di mantenere nel tempo la funzionalità, le caratteristiche di qualità, l'efficienza ed il valore economico"*. L'analisi di questa definizione mette in luce come il Piano di Manutenzione sia in realtà subordinato alla realizzazione dell'intervento edilizio e, quindi, non va ad applicarsi a tutti i manufatti in modo generalizzato.

Un altro aspetto critico riguarda la finalità del Piano stesso, che dovrebbe garantire la qualità, la durata, la sicurezza e la sostenibilità degli ambienti costruiti nel lungo

¹⁸ Legge 11 febbraio 1994, n. 109 – Legge quadro in materia di lavori pubblici

periodo. Tuttavia, la sua applicazione non è ancora estesa a tutto il patrimonio edilizio, soprattutto quando si tratta di edifici più vecchi o non progettati con l'obiettivo di rispondere alle normative moderne. Sebbene esistano aggiornamenti legislativi, non sono stati sufficientemente vincolanti per garantire che tutte le strutture, pubbliche e private, siano oggetto di un Piano di Manutenzione che ne preservi la qualità nel tempo.

Inoltre, è opportuno sottolineare che nella pratica professionale corrente, i Piani di Manutenzione sono spesso redatti con un approccio prevalentemente compilativo, limitandosi a fornire un elenco di degradi rilevati e degli interventi necessari per ciascun elemento edilizio. Questo *modus operandi* manca frequentemente di un'analisi approfondita e contestualizzata delle esigenze specifiche del manufatto o del complesso edilizio, trascurando così le peculiarità di ogni specifico caso.

Queste lacune operative mettono in evidenza insufficienza dell'attuale quadro normativo nell'imporre una gestione organizzata e metodica della manutenzione, volto alla conservazione e alla cura dell'intero patrimonio edilizio, sia pubblico che privato.

Le potenzialità del Piano di Manutenzione

Il Piano di Manutenzione, se redatto con rigore e consapevolezza e applicato in modo continuo e appropriato, rappresenta uno strumento fondamentale per garantire nel tempo l'efficienza e la qualità delle opere architettoniche. Negli anni, gli enti di normazione hanno sviluppato un corpus normativo organico e articolato, volto a supportare i progettisti nella definizione di criteri e procedure condivisi per la programmazione e l'attuazione della Manutenzione.

Un passo rilevante in questa direzione è rappresentato dalla pubblicazione della norma UNI 11257 del 2007, intitolata *“Criteri per la stesura del piano e del programma di Manutenzione”*, che fornisce un riferimento ufficiale per la pianificazione e previsione delle attività necessarie alla redazione dei piani di Manutenzione.

Questo documento non dovrebbe essere considerato come accessorio al progetto esecutivo, ma piuttosto un elaborato finalizzato alla *“definizione degli interventi, organizzati secondo opportune strategie di Manutenzione, da realizzare in un*

determinato intervallo temporale per garantire la corretta funzionalità del bene edilizio¹⁹”.

L’obiettivo primario del Piano di Manutenzione di un edificio è, quindi, quello di controllare nel tempo le sue condizioni, mantenendole o ripristinandole in modo che rispondano agli standard prestazionali di riferimento.²⁰

A tale scopo, come suddetto, il Piano si compone di tre documenti distinti, ciascuno con un ruolo specifico e organizzato secondo una logica precisa.

Il primo di questi, il **Manuale d’Uso**, è destinato all’utente finale e fornisce un insieme di istruzioni relative all’utilizzo degli elementi principali del bene, con particolare attenzione agli impianti tecnologici. Questo documento comprende informazioni precise che servono a usufruire del bene nel modo migliore possibile ma anche a prevenire danni derivanti da un utilizzo improprio. I contenuti del Manuale includono, ad esempio, la localizzazione delle parti interessate, rappresentazioni grafiche, le descrizioni e le modalità d’uso corretto, tutte informazioni che devono essere descritte con un linguaggio chiaro e accessibile, in modo da fornire all’utente le conoscenze necessarie per riconoscere eventuali anomalie e le modalità più appropriate per intervenire.

Il secondo documento, il **Manuale di Manutenzione**, è rivolto al personale tecnico incaricato dell’esecuzione delle attività manutentive. Questo contiene istruzioni dettagliate relative alle diverse unità tecnologiche che compongono l’edificio, con informazioni specifiche sulle procedure di manutenzione da eseguire su materiali e componenti coinvolti. Costituisce, quindi, uno strumento di supporto per la gestione dei dati raccolti durante gli interventi, permettendo di registrare e aggiornare nel tempo le informazioni utili per migliorare la pianificazione e l’organizzazione della manutenzione.

Il **Programma di Manutenzione** invece, definisce in modo chiaro quali controlli ed interventi, relativi ai manufatti d’interesse, devono essere eseguiti ad intervalli

19 UNI 11257:2007 Criteri per la stesura del piano e del programma di Manutenzione.

20 UNI 11257:2007 Criteri per la stesura del piano e del programma di Manutenzione.

regolari. La finalità è quella di mantenere nel tempo la funzionalità dell'edificio e delle sue parti, intervenendo con continuità e metodo.

Questo documento si sviluppa in una serie di **sottoprogrammi**, ciascuno con una specifica funzione:

- Il **sottoprogramma delle prestazioni** analizza come il bene, nelle sue diverse componenti, risponde ai requisiti previsti lungo tutto il suo ciclo di vita. Viene quindi valutato il comportamento del bene in relazione a ciascuna categoria di requisiti.
- Il **sottoprogramma dei controlli**, invece, definisce le verifiche da effettuare per tenere sotto osservazione il livello delle prestazioni. Questo consente di individuare eventuali segnali di peggioramento rispetto alla fase di collaudo o rispetto a quanto richiesto dalle normative.
- Il **sottoprogramma degli interventi** si concentra sugli interventi di manutenzione. Qui sono elencate, seguendo un ordine temporale, tutte le azioni previste per mantenere le condizioni del bene e conservarne le caratteristiche nel tempo.

La digitalizzazione ha introdotto nuove soluzioni per la redazione dei piani di manutenzione, basandosi sull'impiego di modelli digitali e informativi, come quelli generati dal BIM, utilizzati come base per lo sviluppo del documento. Questa integrazione è particolarmente vantaggiosa sia dal punto di vista organizzativo che nella gestione delle informazioni, poiché i software specifici per la manutenzione elaborano i contenuti direttamente a partire dal modello progettuale, utilizzando i dati già presenti in esso.

In questo contesto si colloca **ManTus**, un software sviluppato da ACCA e tra i più utilizzati in Italia per la redazione dei piani di manutenzione. Il programma include un ampio archivio interno, composto da oltre 500 Unità tecnologiche e più di 6400

Elementi manutenibili, che vengono associati agli oggetti presenti nel modello per generare in modo anche automatico il Manuale d'uso e il Manuale di manutenzione.

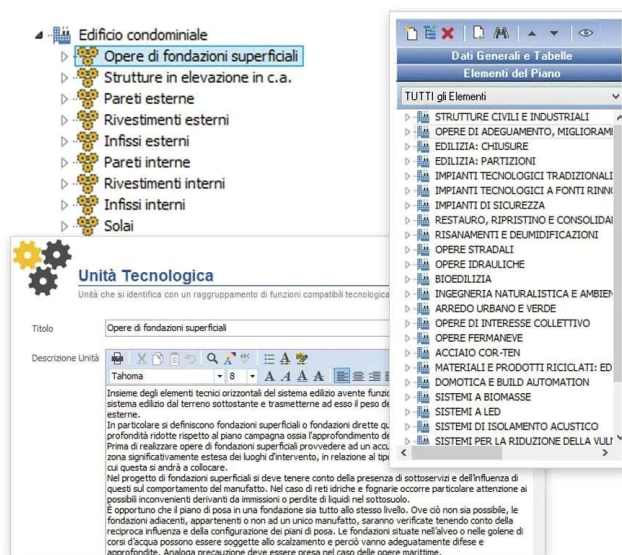


Figura 28 – Interfaccia di ManTus e Archivio Elementi Manutenibili (www.acca.it)

A partire da questa base, ACCA ha sviluppato diverse versioni del software, ciascuna orientata a specifiche esigenze professionali. Un esempio è **ManTus NTC**, pensato per redigere il *Piano di Manutenzione della Parte Strutturale dell'Opera*, come previsto dalle NTC del 2018.

Un altro plug-in interessante è **ManTus-IFC**, uno strumento sviluppato per visualizzare e gestire file IFC prodotti dai principali software di BIM authoring, come Edificius, Revit o ArchiCAD. Il plug-in accede automaticamente a tutte le informazioni necessarie per la redazione del piano di manutenzione, evitando l'esportazione dei dati su piattaforme esterne. In più, consente di modificare direttamente sul modello tridimensionale i dati relativi alla manutenzione, come le modalità di utilizzo e conservazione dell'opera, le anomalie prevedibili, le risorse da impiegare, ecc.

Dunque, a differenza di quanto avviene tradizionalmente, dove la pianificazione degli interventi manutentivi è spesso posticipata alle fasi successive alla progettazione,

ManTus consente di anticipare questa attività, integrandola direttamente nella fase progettuale, in linea con quanto previsto dall'art. 38 del D.P.R. 207/2010.²¹

Nel complesso, l'evoluzione del settore mostra una chiara tendenza verso la gestione digitale e integrata delle informazioni anche nel campo della manutenzione. Tra le diverse possibilità offerte dal BIM, la pianificazione anticipata degli interventi rappresenta una delle applicazioni più concrete e già operative.

Il Piano di Manutenzione per il Patrimonio Architettonico

La redazione di un Piano di Manutenzione per edifici di un certo pregio architettonico richiede attenzioni particolari che tengano conto sia della loro natura storica, quindi presenza di materiali originali e possibili tecniche costruttive “antiche”, sia delle continue alterazioni a cui possono andare incontro nel tempo.

Per tale motivo, un elemento fondamentale nella redazione del Piano è rappresentato dalle relazioni tra le diverse componenti dell'opera. Si osserva infatti frequentemente come l'integrità di alcune parti possa essere compromessa dalle prestazioni non adeguate di altre. Un caso tipico potrebbe essere quello di un edificio storico in cui il manto di copertura non impermeabile, se non prontamente riparato, compromette non solo la stabilità della copertura stessa ma anche quella delle pareti o di altri elementi sottostanti a causa della penetrazione di umidità.

Di conseguenza, nel contesto dei beni storici, il Piano di Manutenzione richiede un'impostazione diversa rispetto a quella adottata per gli edifici di nuova costruzione, in quanto l'edificio storico non è valutato soltanto per la sua funzione, ma anche per la sua capacità di testimoniare un passato e, al contempo, di rispondere a usi contemporanei.

Su questo tema, la norma UNI 11257:2007 rappresenta un riferimento importante. Come già accennato nel paragrafo precedente, questa norma definisce i criteri da seguire per la redazione di un Piano di Manutenzione, con l'obiettivo di individuare le strategie da adottare, le attività da programmare, la loro frequenza, le modalità di intervento e le risorse necessarie.

²¹ Fonte: <https://www.acca.it/software-piano-manutenzione>

Anche se la norma non è stata pensata specificamente per gli edifici storici, i principi che propone possono comunque essere applicati anche a questo tipo di costruzioni, tenendo conto delle loro particolarità. In questo caso, si considera una durata teoricamente infinita dell'edificio e si adattano gli standard di qualità alle caratteristiche specifiche del bene, al suo uso attuale e alle eventuali limitazioni imposte dalla normativa di tutela.

6. L'integrazione del BIM nel Facility Management: un approccio orientato alla gestione manutentiva

La conoscenza dello stato di conservazione dell'edificio rappresenta una condizione necessaria per programmare le attività di manutenzione coerentemente con le esigenze del fabbricato. I metodi BCA (Building Condition Assessment), manifestano delle problematiche perché nascono da procedure manuali sostenute da documentazione principalmente cartacea e non integrata con modelli digitali "as-built". Questa prassi comporta una dispersione di informazioni, portando a un incremento dei costi operativi e a un peggioramento delle prestazioni delle strutture edilizie nel tempo²².

In risposta alle limitazioni delle metodologie tradizionali, i modelli BIM in sinergia con le pratiche di *Facility Management* rappresentano una grande opportunità per una gestione più evoluta del patrimonio edilizio, in particolare in ambiti con un certo valore culturale. Alla luce di quanto detto, il *Facility Management* si afferma come un ambito che va ben oltre la semplice "gestione delle strutture", locuzione che, pur essendo una traduzione letterale del termine, non risulta adeguata a restituirne il reale significato, decisamente più ampio e complesso. Il facility, si riferisce a qualunque risorsa, che può essere materiale o immateriale, che ha come fine, quello di supportare le principali attività di un'organizzazione.

Il passaggio alla modellazione orientata al *Facility Management* (**BIM FM**) permette la creazione di una base di dati che consente di monitorare le operazioni di manutenzione, gestire gli spazi e programmare la sostituzione di materiali ammalorati e impianti obsoleti.

In tal senso, negli ultimi anni si tende maggiormente a prevedere le attività manutentive, andando oltre la concezione basata su interventi mirati e frammentari. Questo conferma il potenziale del Facility Management, in quanto con l'impiego di modelli digitali permette di gestire in maniera efficiente il piano delle manutenzioni. La normativa UNI 10604 e successivamente a UNI EN 15331:2011, ha evidenziato

²² R. N. Wahida, G. Milton, N. Hamadan, N. M. I. B. N. Lah e A. H. Mohammed, "Building Condition Assessment Imperative and Process," *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, vol. 65, pp. 775–780, dicembre 2012, doi: 10.1016/j.sbspro.2012.11.198.

l'esigenza di avere a disposizione banca dati che supporti le operazioni di manutenzione dell'edificio

Un altro riferimento utile per quanto riguarda la manutenzione degli edifici è rappresentato dalla UNI 11063:2017, che propone una classificazione in base alla finalità degli interventi stessi. La norma, infatti, distingue due principali categorie di intervento: **la manutenzione ordinaria** che comprende gli interventi di rinnovo, sostituzione delle finiture che non comportano variazioni strutturali dell'edificio, e **la manutenzione straordinaria** che fa riferimento a interventi di maggiore entità che possono comportare modifiche agli elementi strutturali dell'edificio purché non comportino una variazione della volumetria dell'edificio stesso.

Quando si parla di manutenzione degli edifici, le difficoltà che emergono frequentemente non risiedono tanto nel numero di interventi da attuare, quanto piuttosto nella mancanza di una un'adeguata organizzazione e pianificazione delle attività. Questo perché la manutenzione viene vista come un'ulteriore spesa anziché un investimento per dare maggiore valore all'immobile. In questa direzione, un'ulteriore norma di riferimento è rappresentata dalla UNI 10147 che distingue diverse strategie di manutenzione:

- La **manutenzione autonoma** comprende operazioni semplici, come la pulizia, eseguite direttamente dal personale incaricato e documentate per garantire tracciabilità, preferibilmente in formato digitale.
- La **manutenzione preventiva**, che ha come scopo quello di minimizzare l'insorgere di guasti, che può essere a sua volta suddivisa in:
 - *su condizione*, basata sul monitoraggio di alcuni parametri come, ad esempio, la temperatura di una macchina, per capire se vi sono anomalie;
 - *ciclica*, o *programmata*, viene svolta seguendo una cadenza temporale già prestabilita;
 - *predittiva*, supportata da tecnologie, come i sensori, che permettono di prevedere con precisione quando potrebbe verificarsi un guasto.
- La **manutenzione correttiva**, o *a guasto*, che insorge in caso di presenza di un guasto

- La **manutenzione migliorativa** che interviene al fine di effettuare interventi mirati in modo da prevenire guasti e migliorare, come dice il termine stesso, il rendimento degli impianti. È, in sostanza, una strategia finalizzata al miglioramento continuo senza aspettare che si verifichi un guasto.

Nello specifico, la **norma UNI 11063:2003** indica come “ordinari” sia la manutenzione di tipo *correttiva* che quella *preventiva*.

Di seguito una sintesi schematica delle politiche di manutenzione precedentemente analizzate:

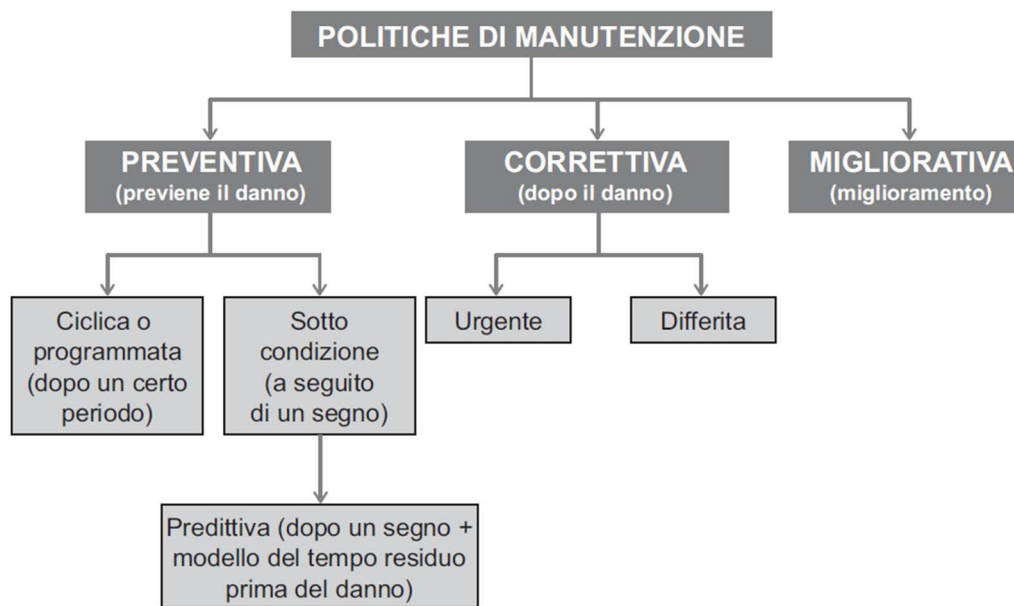


Figura 29 - Schema Politiche di manutenzione (Fonte: ediltecnico.it)

Le diverse tipologie di intervento esposti precedentemente, hanno tutte la medesima valenza a patto che vengano pianificate con attenzione. Tale pianificazione deve intervenire su due obiettivi opposti tra loro: da una parte ridurre l'*efficacia*, ovvero diminuire le perdite, dall'altra l'*efficienza* intesa come contenimento dei costi sia presenti che futuri.

6.1 Premesse metodologiche e quadro normativo per l'integrazione del BIM nei processi di gestione e manutenzione

La norma **ISO 15686-1:2011** definisce la vita di un edificio o di un suo componente come “*periodo di tempo successivo all'installazione durante il quale il bene è in grado di mantenere o superare i livelli prestazionali richiesti*” facendo intendere come la durabilità non sia un valore fisso, ma dipende sia dalla progettazione che dalla gestione nel tempo.

Gli edifici e le infrastrutture sono soggetti a inevitabili processi di degrado che possono essere generati da agenti naturali, agenti atmosferici o da cause antropiche, quali ad esempio un uso improprio e carichi troppo pesanti. I suddetti processi possono portare alla diminuzione delle caratteristiche funzionali degli edifici; pertanto, a quel punto diventa necessario effettuare opere di ripristino, o addirittura, in alcuni casi, delle sostituzioni.

Nel settore **AECO** (Architettura, Ingegneria, Costruzione e Gestione), la vita utile di un'opera non è influenzata esclusivamente da fattori tecnici, ma anche da quelli economici²³. Risultano di particolare importanza parametri come la disponibilità economica e la valutazione costo-beneficio degli interventi, per valutare ad esempio, se vale la pena investire nella riparazione invece che nella sostituzione di parti dell'edificio.

Come evidenziato da *Salzano et al. (2023)*²⁴, la gestione delle opere edili è sempre più complicata, perché i sistemi costruttivi sono sempre più articolati e i fondi a disposizione risultano sempre più ridotti. A causa di questo fenomeno, molte organizzazioni si orientano verso pratiche di **manutenzione reattiva**, intervenendo solo in caso di guasto o emergenza. Questa soluzione però tende a essere controproducente in quanto i costi dovuti alla risoluzione dei problemi potrebbero

²³ ISO 15686-1:2011, *Buildings and constructed assets — Service life planning — Part 1: General principles and framework*, International Organization for Standardization, 2011.

²⁴ Salzano, A., Parisi, C. M., Campa, G., & Nicoletta, M., "Existing assets maintenance management: Optimizing maintenance procedures and costs through BIM tools," *Automation in Construction*, vol. 149, 104788, 2023. DOI: 10.1016/J.AUTCON.2023.104788.

aumentare, vi è sicuramente una perdita a livello di efficienza gestionale e, in alcuni casi, si potrebbe addirittura compromettere la sicurezza degli utenti.

In risposta a tali criticità, si sta sempre più diffondendo la, già menzionata, **manutenzione preventiva**. Come spiegano anche da *Da Silva e De Souza (2022)*²⁵, questo modello gestionale si basa interventi semplici ed economicamente accessibili, fatti con regolarità, pianificati e programmati. In questo modo è possibile conservare la funzionalità delle opere e rallentare i processi di degrado.

A livello internazionale, il quadro di riferimento è fornito dalla norma **ISO 19650-3**, già discussa nel *Capitolo 2.1 – Contesto Normativo*, la quale disciplina la gestione dell'informazione durante la fase operativa di un bene costruito con un'attenzione specifica all'organizzazione e al flusso dei dati. Inoltre, distingue due modelli informativi, il **Project Information Model (PIM)** per le fasi di progettazione ed esecuzione, e l'**Asset Information Model (AIM)**, per gestire la manutenzione durante la vita utile dell'opera²⁶.

Nel passaggio tra i due modelli sopra indicati, si ha un arricchimento delle informazioni attraverso l'integrazione di dati as-built, specifiche tecniche, piani di manutenzione e manuali operativi. Il prodotto finale è rappresentato da un modello ricco di informazioni, che supporta le attività di **Facility Management**²⁷ e l'efficiente gestione dell'opera.

Nel contesto normativo italiano, già il vecchio Codice degli Contratti Pubblici, il D.lgs. 50/2016, stabiliva l'obbligo di predisporre il **piano di manutenzione** nella fase di progettazione esecutiva. Tale elaborato non era quindi richiesto nelle fasi preliminari. Con il nuovo Codice dei Contratti Pubblici (D.lgs. 31 marzo 2023, n. 36), il piano di manutenzione viene ora richiesto già a partire dal **progetto di fattibilità tecnico-economica (PFTE)**, come parte integrante della documentazione progettuale, per poi

²⁵ da Silva, R. F., & de Souza, G. F. M., "Maintenance Management Improvement Framework for Asset Management," *Lecture Notes in Mechanical Engineering*, pp. 3–13, 2022. DOI: 10.1007/978-3-030-96794-9_1.

²⁶ ISO 19650-3:2020, *Organization and digitization of information about buildings and civil engineering works, including building information modelling (BIM) — Information management using building information modelling — Part 3: Operational phase of the assets*.

²⁷ F. da Silva, G. F. M. de Souza, "Maintenance Management Improvement Framework for Asset Management," *Lecture Notes in Mechanical Engineering*, pp. 3–13, 2022, doi: 10.1007/978-3-030-96794-9_1/COVER

essere approfondito nella successiva fase esecutiva, in funzione del **ciclo di vita dell'opera**.

In particolare, l'allegato I.7 del nuovo Codice definisce i contenuti dei due attuali livelli di progettazione e stabilisce che il **PFTE** deve includere un *piano preliminare di manutenzione* dell'opera e delle sue componenti (ai sensi dell'art. 19); con riferimento al **progetto esecutivo**, invece, esso deve contenere il *piano di manutenzione* riferito all'intero ciclo di vita dell'opera con l'analisi degli interventi da realizzare, e i relativi costi e tempi.

Un ulteriore contributo a questa metodologia di progettazione è rappresentato dalle Linee Guida pubblicate dall'Agenzia del Demanio. L'Agenzia si è dotata di una **Linea Guida di Processo BIM (Corporate)**²⁸ ad uso interno, che definisce l'insieme delle regole finalizzate alla digitalizzazione dei processi aziendali e alla determinazione dei requisiti informativi interni. Parallelamente, è stata predisposta una **Linea Guida per la Produzione Informativa (Method Statement)**²⁹, destinata agli operatori economici, che fornisce in maniera dettagliata le regole da osservare nella realizzazione di ogni servizio sviluppato mediante metodologia BIM, nonché nella redazione dei documenti correlati, quali Capitolati Informativi e Specifiche operative.

Le suddette Linee Guida sono redatte in coerenza con le normative nazionali in materia di gestione immobiliare e Facility Management. I parametri codificati al loro interno sono elaborati sulla base di specifici riferimenti normativi, tra cui:

- UNI EN 15331:2011, che stabilisce i requisiti relativi alla gestione della manutenzione degli immobili;
- UNI 11257:2007, che specifica i criteri di prestazione per l'erogazione dei servizi di Facility Management;
- UNI 10951:2001, che definisce le modalità operative per la gestione tecnica, amministrativa e documentale dei patrimoni immobiliari.

L'integrazione di queste normative nei modelli digitali permette una gestione che rispetti i requisiti di legge. In questo contesto, l'esempio pratico proposto prevede

²⁸ Agenzia del Demanio, *Linee Guida di Processo BIM Corporate (BIMCM)*, 2019.

²⁹ Agenzia del Demanio, *Linee Guida per la Produzione Informativa BIM (BIMMS)*, 2021.

l'applicazione del metodo delineato dalle *Linea Guida per la Produzione Informativa* (Method Statement, **BIMMS**).

Secondo l’Agenzia del Demanio, dunque, per codificare gli elementi bisognerebbe adottare un **sistema di identificazione univoco**, formato da 4 campi, in grado di riconoscerli sia in base alla loro funzione principale sia in base alle caratteristiche intrinseche utili alla differenziazione degli elementi che hanno la stessa funzione.



Figura 2 - Codifica elementi

Tabella 9 - Codifica elementi

CODIFICA OGGETTI						
FUNZIONE TIPO	-	FUNZIONE SOTTOTIPO	-	DESCRIZIONE	-	PROGRESSIVO
3aN		3aN		aN		2N
Indica la categoria dell'elemento che può essere riferita ad esempio a Porte, Finestre, Pavimenti, Tubazioni, ecc.	-	Consente di dettagliare l'elemento approfondendo le informazioni sulla sua funzione.	-	Consente di inserire una descrizione sintetica per una migliore definizione delle caratteristiche dell'elemento, ed una indicazione dimensionale.	-	Campo composto complessivamente due caratteri numerici, i quali costituiranno il progressivo per il componente (01).

Figura 30 - Estratto delle Linee Guida BIMMS pubblicate dall'Agenzia del Demanio nel 2021

Ad esempio, il codice **funzione tipo** indica la categoria a cui l’elemento appartiene ed è formato da 3 caratteri che rappresentano l’acronimo della categoria.

Le tabelle seguenti illustrano, a titolo esemplificativo, alcune delle nomenclature adottate nel modello:

CODICE FUNZIONE TIPO ²	CATEGORIA	IFC CLASS
TRV	Beam (Trave)	IfcBeam
GEN	Building Element Proxy (Elemento Generico)	IfcBuildingElementProxy
CLN	Column (Colonna)	IfcColumn
FNT	Covering (Finitura)	IfcCovering
FCO	Curtain Wall (Facciata Continua)	IfcCurtainWall
POR	Door (Porta)	IfcDoor
FON	Footing (Fondazione)	IfcFooting
ELM	Member (Menbro Strutturale)	IfcMember
APR	Opening Element (Apertura)	IfcOpeningElement
PLF	Pile (Palificazione)	IfcPile
PST	Plate (Piastra)	IfcPlate
CRR	Railing (Corrente)	IfcRailing
RMP	Ramp (Rampa)	IfcRamp
ELR	Reinforcing Element (Elemento Rinforzo)	IfcReinforcingElement
TET	Roof (Tetto)	IfcRoof
SOL	Slab (Solaio)	IfcSlab
SCA	Stair (Scala)	IfcStair
SCA	StairFlight (Rampa Scala)	IfcStairFlight
MUR	Wall (Muro)	IfcWall
FIN	Window (Finestra)	IfcWindow
ECD	Distribution Control Element (Elemento Controllo Distribuzione)	IfcDistributionControlElemen
EFD	Distribution Flow Element (Elemento Flusso Distributivo)	IfcDistributionFlowElement
ECA	Distribution Chamber Element (Elemento Camera Distribuzione)	IfcDistributionChamberElem
ACE	Energy Conversion Device (Apparecchio Conversione Energia)	IfcEnergyConversionDevice
CFL	Flow Controller (Controllo Flusso)	IfcFlowController
RAC	Flow Fitting (Raccordo)	IfcFlowFitting
AMF	Flow Moving Device (Apparecchio Movimentazione Fluidi)	IfcFlowMovingDevice
SEG	Flow Segment (Segmento)	IfcFlowSegment
AIF	Flow Storage Device (Apparecchio Immagazzinamento Fluidi)	IfcFlowStorageDevice
TER	Flow Terminal (Terminale)	IfcFlowTerminal
DTF	Flow Treatment Device (Dispositivo di trattamento del flusso)	IfcFlowTreatmentDevice
ELE	Electrical Element (Elemento Elettrico)	IfcElectricalElement
MEL	Equipment Element (Materiale Elettrico)	IfcEquipmentElement
TRA	Trasport Element (Elemento Trasporto)	IfcTrasportElement

Figura 31 - Estratto delle Linee Guida BIMMS pubblicate dall'Agenzia del Demanio nel 2021

Il codice **funzione sottotipo**, invece, indica la sottocategoria dell'elemento

CODICE FUNZIONE TIPO	CATEGORIA	IFC CLASS	CODICE FUNZIONE SOTTOTIPO ³	SOTTOCATEGORIA	IFC TYPE ENUM
TRV	Beam (Trave)	IfcBeam			
			TTT	Travetto	JOIST
			ARC	Architrave	LINTEL
			TRT	Trave T	T_BEAM
FNT	Covering (Finitura)	IfcCovering			
			SOF	Ceiling (Soffitto)	CEILING
			PAV	Floring (Pavimentazione)	FLOORING
			RIV	Cladding (Rivestimento)	CLADDING
			COP	Roofing (Copertura)	ROOFING
			ISO	Insulation (Isolamento)	INSULATION
			MEM	Membrane (Membrana)	MEMBRANE
			GUA	Sleeving (Guaina)	SLEEVING
			INV	Wrapping (Involucro)	WRAPPING
POR	Door (Porta)	IfcDoor			
			ASB	Single Swing (Anta Singola Battente)	SINGLE_SWING_LEFT; SINGLE_SWING_RIGHT
			ADB	Double Swing (Anta Doppia Battente)	DOUBLE_DOOR_SINGLE_SWING; DOUBLE_DOOR_SINGLE_SWING_OPPOSITE_LEFT; DOUBLE_DOOR_SINGLE_SWING_OPPOSITE_RIGHT; DOUBLE_SWING_LEFT; DOUBLE_SWING_RIGHT; DOUBLE_DOOR_DOUBLE_SWING
			LIB	Folding (Ante a Libro)	FOLDING_TO_LEFT; FOLDING_TO_RIGHT; DOUBLE_DOOR_SLIDING
			FIX	Fixed (Anta Fissa)	
			SCO	Pocket (Scomparsa)	
			PIV	Pivoting (Anta Pivottante)	
			AVV	Rolling Up(Avvolgibile)	ROLLINGUP
			BSS	Revolving (Bussola)	REVOLVING
			SCR	Sliding (Anta Scorrevole)	SLIDING_TO_LEFT; SLIDING_TO_RIGHT; DOUBLE_DOOR_SLIDING

PST	Plate (Piastra)	IfcPlate			
			PFC	Curtain Panel (Pannello Facciata Continua)	CURTAIN_PANEL
			FGL	Sheet (Foglio)	SHEET
CRR	Railing (Corrente)	IfcRailing			
			CRM	Handrail (Corrimano)	HANDRAIL
			CRM	Guardrail (Corrimano)	GUARDRAIL
			BAL	Balustrade (Parapetto)	BALUSTRADE
RMP	RampFlight (Rampa Sviluppo)	IfcRampFlight			
			RET	Straight (Rettilinea)	STRAIGHT
			SPL	Spiral (Spirale)	SPIRAL
ELR	Reinforcing Element (Elemento Rinforzo)	IfcReinforcingElement			
			IfcReinforcingBar	BAR	Reinforcing Bar (Barra Armatura)
			IfcReinforcingMesh	REM	Reinforcing Mesh (Rete Metallica)
			IfcTendon	TIR	Tendon (Tirante)
			IfcTendonAnchor	ATR	Tendon Anchor (Ancoraggio Tirante)
SOL	Slab (Solaio)	IfcSlab			
			STR	Strutturale	
			SOL	Floor (Soletta)	FLOOR
			TET	Roof (Copertura)	ROOF
			BAL	Landing (Ballatoio)	LANDING
			SOT	Baseslab (Sottofondo)	BASESLAB
SCA	StairFlight (Rampa Scala)	IfcStairFlight			
			RET	Straight (Rettilinea)	STRAIGHT
			CHI	Winder (Chiocciola)	WINDER
			SPL	Spiral (Spirale)	SPIRAL
			CRV	Curved (Curvilinea)	CURVED
			LIB	Free form (Forma libera)	FREEFORM
MUR	Wall (Muro)	IfcWall			
			INT	Internal (Partizione Interna)	
			EST	External (Muro Esterno)	
FIN	Window (Finestra)	IfcWindow			
			SCR	Sliding (Anta scorrevole)	SinglePanel
			ASI	SinglePanel (Anta singola)	SinglePanel
			ADV	DoublePanelVertical (Doppia anta verticale)	DoublePanelVertical
			ADO	DoublePanelHorizontal (Doppia anta orizzontale)	DoublePanelHorizontal
			TPV	TriplePanelVertical (Triplo pannello verticale)	TriplePanelVertical
			TPO	TriplePanelHorizontal (Triplo pannello orizzontale)	TriplePanelHorizontal
			TPB	TriplePanelBottom (Due verticali; Una bassa orizzontale)	TriplePanelBottom
			TPT	TriplePanelTop (Due verticali; Una alta orizzontale)	TriplePanelTop
			TPS	TriplePanelLeft (Due orizzontali; Una sinistra verticale)	TriplePanelLeft
			TPD	TriplePanelRight (Due orizzontali; Una verticale destra)	TriplePanelRight
			PER	UserDefined (Personalizzata)	UserDefined

Figura 32 - Estratto delle Linee Guida BIMMS pubblicate dall'Agenzia del Demanio nel 2021

Inoltre, il campo "**descrizione**" è obbligatorio e deve contenere una descrizione dettagliata dell'elemento, comprensiva delle sue caratteristiche dimensionali, formali e del posizionamento di spessori o pattern. Analogamente, il "**codice progressivo**"

risulta anch'esso obbligatorio e deve indicare la numerazione dell'elemento, evidenziando le diverse caratteristiche tipologiche e/o dimensionali associate allo stesso prodotto digitale.

Un esempio di codifica di una finestra a doppia anta verticale può essere rappresentato come segue: FIN_ADV-1300x2300mm_01. In questa codifica, "FIN" indica il tipo, "ADV" indica il sottotipo, mentre "1300x2300mm" fornisce le dimensioni, mentre il suffisso "_01" rappresenta il numero progressivo associato all'elemento.

Come mostrano le tabelle, l'Agenzia vuole raccogliere in modo ordinato e strutturato un insieme di informazioni riferite all'edificio. Applicando queste regole, l'obiettivo è quello di raccogliere dati chiari, facilmente accessibili e aggiornabili, in relazione alle diverse fasi evolutive dell'edificio. Per questa ragione, anche nel caso studio, è stato adottato lo stesso approccio metodologico, al fine di definire un modello informativo interoperabile e comprensibile per enti, amministrazioni e altri soggetti coinvolti.

7. Un modello *informato* per la documentazione e la manutenzione

Le istanze emerse richiedono la disponibilità di strumenti interattivi e costantemente aggiornabili. Affrontare le problematiche relative alla gestione, al monitoraggio e alla progettazione degli interventi sul patrimonio architettonico tramite un documento statico, che imponga ad esempio un programma di monitoraggio o di interventi a cadenze fisse, risulterebbe inadeguato. È necessaria, invece, l'adozione di un Piano di Manutenzione interattivo, flessibile e riprogrammabile in base ai dati raccolti durante le attività di monitoraggio, manutenzione o semplicemente dall'uso stesso dell'edificio. Questi dati permettono di identificare, nel tempo, eventuali variazioni nelle frequenze di ispezione o modifiche dei tipi di intervento, tenendo conto anche dei progressi tecnologici che non erano prevedibili al momento della redazione iniziale. Un Piano concepito in questo modo, se strutturato, consultabile e modificabile in formato digitale, non rimarrebbe un mero documento burocratico, ma diventerebbe uno strumento operativo in continuo aggiornamento.

Un aspetto da tenere in considerazione per quanto riguarda l'utilizzo del modello digitale è l'utente finale: il tecnico che si occupa di effettuare le verifiche in situ potrebbe non avere adeguata competenza nell'impiego di software BIM avanzati. Inoltre, per accedere al modello, è possibile utilizzare dispositivi mobili in modo da agevolare le attività di rilievo o ispezione sul posto. In tal senso diventa essenziale prevedere un sistema di esportazioni delle informazioni del modello che siano utilizzabili attraverso le piattaforme più comuni, nel nostro caso studio si è optato per l'utilizzo di **Autodesk Revit**.

Dunque, seguendo l'impostazione delineata nelle premesse metodologiche, il modello digitale è stato sviluppato per facilitare la gestione delle attività manutentive, con un livello di dettaglio calibrato per garantire al tecnico chiamato a operare di orientarsi senza difficoltà nello spazio e in modo da consentire una lettura chiara degli elementi.

7.1 Dal LOD al LOIN

Come esplorato nei capitoli introduttivi di questa ricerca, sono stati esaminati alcuni degli sviluppi normativi più significativi nell'ambito del BIM. Tuttavia, è utile approfondire ulteriormente due parametri fondamentali per la gestione dei modelli BIM: il Livello di Sviluppo (*Level of Development*) e il Livello di Dettaglio (*Level of Detail*), entrambi ampiamente riconosciuti a livello internazionale.

Il **Livello di Sviluppo**, individuato con l'acronimo LOD è un parametro che misura l'affidabilità delle informazioni contenute in un modello BIM, sia dal punto di vista tecnico che economico. Rappresenta, quindi, il grado di completezza e affidabilità del modello in termini di informazioni. Invece, il **Livello di Dettaglio**, anch'esso rinominato LOD, si concentra sulla rappresentazione grafica di un modello, determinando la “granularità” della visualizzazione, quindi quanto è dettagliata la parte visiva del modello nelle fasi di output. Sebbene entrambi i parametri siano indicati con l'acronimo LOD, è fondamentale comprendere che si distinguono per il loro scopo.

Alla luce di queste osservazioni, si è ritenuto più appropriato fare riferimento alla classificazione più recente dei LOD (intesi come Livello di Dettaglio), come definita dalla norma UNI 11337:2017 di cui un'analisi dei principi della stessa è già stata brevemente presentata nel capitolo di questa ricerca dedicato al contesto normativo.

In sintesi, secondo la norma UNI 11337, il LOD di un oggetto digitale è determinato dalla combinazione di due elementi: il livello di sviluppo geometrico (*LOG, Level of Geometry*) e il livello di sviluppo informativo (*LOI, Level of Information*). La classificazione dei LOD, descritta nella parte quarta della norma, è strutturata in una scala crescente da A a G, come segue:

- *LOD A*: Oggetto digitale simbolico
- *LOD B*: Oggetto digitale generico
- *LOD C*: Oggetto digitale definito
- *LOD D*: Oggetto digitale dettagliato
- *LOD E*: Oggetto digitale specifico

- *LOD F*: Oggetto digitale eseguito
- *LOD G*: Oggetto digitale aggiornato

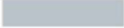
LOD A	LOD B	LOD C	LOD D	LOD E	LOD F	LOD G
						
Geometria Elemento architettonico verticale o pseudovericale rappresentato mediante un simbolo 2D.	Geometria Solido generico per rappresentazione elemento architettonico verticale o pseudovericale con forma, spessore e posizione approssimata.	Geometria Elemento architettonico (sistema e sottosistema) verticale o pseudovericale rappresentato con ingombri calcolati secondo la normativa tecnica.	Geometria Elemento architettonico verticale o pseudovericale rappresentato mediante un solido avente dimensioni pari alle dimensioni reali. Sono modellate tutte le stratigrafie.	Geometria Elemento architettonico verticale o pseudovericale rappresentato mediante un solido avente dimensioni pari alle dimensioni reali. Sono incluse tutte le stratigrafie, i dati specifici del fornitore dei materiali e le finiture.	Geometria Oggetto parete.	Geometria Oggetto parete.
Oggetto Grafica 2D (linee e campiture 2D)	Oggetto Solido 3D	Oggetto Solido 3D strutturato	Oggetto Solidi 3D complesso	Oggetto Solidi 3D complesso	Oggetto Solidi 3D parete completa	Oggetto Solidi 3D parete
Caratteristiche • Posizionamento di massima	Caratteristiche • Semplici geometrie di ingombro	Caratteristiche • Spessore • Lunghezza • Larghezza • Volume • Definizione dei materiali	Caratteristiche • Definizione stratigrafie dettagliate • Spessori componenti • Struttura • Isolamento • Camera d'aria	Caratteristiche • Tipo finitura interna • Superficie finitura interna • Tipo finitura esterna • Superficie finitura esterna	Caratteristiche • Manuale di manutenzione • Classificazione (UNI 8290, CSI, etc.) • Certificazioni di prodotto	Caratteristiche • Data di manutenzione

Figura 33 - Tabella di esemplificazione dei LOD UNI – A. Pavan et. al: *BIM metodi e strumenti*, 2017, *Tecniche nuove*

L'evoluzione del concetto di “fabbisogno informativo” nella gestione digitale degli edifici storici - LOIN

Nel campo della gestione digitale degli edifici, in particolare quelli storici, si è assistito negli ultimi anni a un cambiamento significativo nel modo di definire e gestire le informazioni. Come già indicato nel paragrafo precedente, il concetto di **LOD** era utilizzato per stabilire la quantità e qualità delle informazioni da produrre nei modelli digitali. Tuttavia, questo approccio si è rivelato limitato e poco adatto alle esigenze complesse del ciclo di vita di un'opera.

Già nel capitolo dedicato all'inquadramento normativo, è stata proposta una panoramica delle principali disposizioni legislative e tecniche attualmente in vigore. In tale sezione si è già fatto riferimento alla norma UNI EN 17412-1:2021, che ha introdotto il concetto di **Level of Information Need (LOIN)**, inteso come l'evoluzione del precedente LOD. Tale norma è stata pensata per rispondere meglio alle indicazioni della serie UNI EN ISO 19650, che regola la gestione informativa nel processo BIM. L'adozione del LOIN permette di specificare in modo più preciso che tipo di informazioni servono, quando e per quale scopo, evitando così sia una produzione eccessiva di dati, sia una loro carenza.

Nel 2024, la norma UNI EN 17412-1 è **stata sostituita dalla ISO 7817-1**, frutto di un accordo internazionale che la rende ora valida sia a livello europeo che mondiale. Il contenuto è rimasto sostanzialmente invariato, con alcuni aggiornamenti nella terminologia. La nuova norma rappresenta quindi la base condivisa per definire il fabbisogno informativo nei progetti BIM, e il suo utilizzo sarà esteso con lo sviluppo delle parti 2 e 3, già in corso.

L'evoluzione normativa ha portato in Italia, **una revisione delle norme della serie UNI 11337**, allineate alla ISO 19650. Nel dettaglio la parte 4, dedicata ai LOD, sarà aggiornata in ottica del nuovo approccio LOIN.

Tuttavia, ad oggi, molti committenti faticano a formulare richieste informative precise e spesso si assiste a un uso ibrido tra LOD e LOIN, pur riconoscendo l'utilità del nuovo metodo. Si confida che con il passare degli anni, possa esserci un approccio più chiaro e strutturato per eseguire verifiche oggettive e digitali delle consegne. Diversamente, nei Paesi europei più avanzati, come Belgio, Lussemburgo, Germania e Norvegia, sono già stati realizzati database e piattaforme pubbliche che raccolgono i requisiti informativi, con esempi virtuosi come la **BIM-IDS Platform**, che integra i principi del LOIN con strumenti di interoperabilità promossi da BuildingSMART.³⁰

Parallelamente, anche il contesto normativo italiano si è aggiornato. Il **nuovo Codice dei Contratti Pubblici (D.lgs. 36/2023)** ha introdotto il concetto di **Gestione Informativa Digitale**, evitando volutamente il termine "BIM" per sottolineare una visione più ampia della trasformazione digitale. Questa modalità di gestione si basa sulla combinazione di tre categorie di dati, previste dal concetto di LOIN, ciascuna con una funzione ben definita: i **dati geometrici** rappresentano graficamente l'oggetto; quelli **alfanumerici** ne descrivono le proprietà e le caratteristiche; infine, i **dati documentali** comprendono tutti gli elaborati e i documenti tecnici di riferimento. È importante che queste informazioni siano ben organizzate in modo tutti gli operatori coinvolti abbiano una lettura chiara e possano ridurre il rischio di errori o duplicazioni.

Va considerato, inoltre, che ad oggi non esiste una versione elaborata in ambiente BIM dell'edificio oggetto di studio. Il modello attuale, dunque, rappresenta una prima versione, basata su rilievi e restituzioni bidimensionali realizzate in passato da terzi. Pertanto, sulla base delle suddette considerazioni, per quanto riguarda il **contenuto**

³⁰ <https://www.buildingsmartitalia.org/standard/standard-bs/information-delivery-specification-ids/>

geometrico, è stato deciso di adottare una restituzione dei componenti edilizi con un livello di dettaglio assimilabile al LOD-C. Sebbene l'apparato informativo necessiti di un successivo arricchimento e aggiornamento è importante sottolineare che, trattandosi di una fase preliminare di creazione di un database digitale e parametrico destinato alla consultazione per le operazioni di manutenzione e gestione, il livello di dettaglio attuale risulta adeguato agli scopi previsti.

7.2 Documenti di gara nei contratti pubblici

Con l'entrata in vigore del nuovo Codice dei Contratti Pubblici e il relativo correttivo, si rafforza l'integrazione del BIM nelle procedure di appalto pubblico consolidando l'obbligo della digitalizzazione nell'ambito dei lavori pubblici attraverso una struttura normativa sempre più solida. In questo scenario, assumono un ruolo di primo piano tre documenti cardine per l'organizzazione e la gestione delle informazioni all'interno delle commesse pubbliche: il Capitolato Informativo (CI), l'Offerta di Gestione Informativa (oGI) e il Piano di Gestione Informativa (pGI).

1. Il Capitolato Informativo (CI)

Nell'ambito delle gare d'appalto, il CI è il documento redatto dalla Stazione Appaltante il cui obiettivo è quello di stabilire nel dettaglio le modalità di gestione delle informazioni relative al progetto. Vengono, quindi, definiti standard, regole operative e obiettivi da perseguire durante l'intero processo informativo, nonché direttive che tutti gli operatori economici coinvolti sono chiamati a rispettare.

Tra gli aspetti disciplinati nel documento appaiono **l'organizzazione dell'ambiente di condivisione dati** (ACDat), le indicazioni relative ai *formati* e ai *livelli di dettaglio* richiesti per i modelli informativi (LOD/LOIN) e i criteri previsti per le *attività di verifica* e validazione dei modelli. Fornisce, inoltre, indicazioni in merito alla *gestione dell'interoperabilità* tra sistemi, alla suddivisione temporale delle fasi di lavoro e al controllo della qualità dei dati. Pertanto, il documento assume valore contrattuale ed è inserito tra gli atti ufficiali della gara, diventandone parte integrante a tutti gli effetti.

2. Offerta di Gestione Informativa (oGI)

Nel contesto delle procedure di gara, l'Offerta di Gestione Informativa (oGI) rappresenta il documento attraverso cui l'operatore economico, in fase di

presentazione dell'offerta, illustra le modalità con cui intende adempiere alle prescrizioni contenute nel Capitolato Informativo. L'elaborato ha la funzione di mettere in evidenza l'organizzazione interna del concorrente, nonché le strategie metodologiche e le soluzioni tecnologiche previste per la gestione degli obblighi informativi richiesti dalla stazione appaltante.

All'interno dell'oGI sono fornite informazioni relative alla composizione del team BIM, con la specificazione dei ruoli assegnati (ad esempio BIM Manager, CDE Manager, BIM Coordinator), agli strumenti software e hardware che si prevede di utilizzare, nonché alla definizione dei flussi informativi, alle modalità di scambio dei dati e ai sistemi predisposti per la loro tracciabilità.

Con l'introduzione del nuovo Codice dei Contratti Pubblici, questo documento assume anche una funzione valutativa all'interno dell'offerta tecnica. In particolare, i contenuti dell'oGI possono influire sull'assegnazione del punteggio secondo i criteri dell'OEPV (Offerta Economicamente Più Vantaggiosa), inserendosi a pieno titolo nel processo di comparazione tra le proposte concorrenti.

3. Piano di Gestione Informativa (pGI)

Dopo l'aggiudicazione dell'appalto, viene redatto il piano di Gestione dell'Informazione (pGI), un documento di natura contrattuale che formalizza l'intesa tra la Stazione Appaltante e l'Aggiudicatario rispetto alle modalità di gestione dell'informazione digitale durante l'intero ciclo di vita dell'opera.

In questo documento confluiscono i contenuti già delineati nel Capitolato Informativo (CI) e gli impegni assunti dall'operatore economico attraverso l'offerta di Gestione dell'Informazione (oGI), che vengono rielaborati in termini di attività concrete, programmabili e verificabili. Il pGI definisce quindi scadenze temporali, ruoli e responsabilità, nonché gli strumenti da impiegare, condivisi tra le parti coinvolte.

La natura dinamica del pGI ne consente l'aggiornamento, qualità particolarmente rilevante nei contesti progettuali caratterizzati da elevata complessità o da una lunga durata.

7.2.1 Legal BIM e Nuovo Codice Appalti

Il nuovo Codice degli Appalti recepisce in modo completo il concetto di **Legal BIM**, ovvero l'inquadramento giuridico e contrattuale del processo digitale, applicato alla

gestione delle opere pubbliche. Tra le principali novità rispetto alla normativa precedente, si evidenziano alcuni aspetti sotto riportati.

In primo luogo, **l'articolo 43 e l'Allegato I.9** prevedono l'applicazione obbligatoria della metodologia BIM, per gli appalti con superano determinate soglie economiche, rendendolo vincolante esclusivamente per le imprese che risultano qualificate.

Inoltre, i documenti volti alla rappresentazione digitale del progetto, tra cui il Capitolato Informativo (CI), l'Offerta di Gestione Informativa (oGI) e il Piano di Gestione Informativa (pGI), assumono un valore legale. Questi rappresentano parte integrante del contratto, acquisendo validità giuridica nei rapporti tra le parti coinvolte.

Un altro aspetto importante riguarda la definizione di ruoli professionali specifici: il Codice riconosce ufficialmente le figure tecniche legate al BIM all'interno delle procedure di gara, ne specifica le competenze e attribuisce responsabilità precise. Nello specifico, il comma 3 dell'Allegato I.9 individua alcune figure professionali rilevanti per la gestione informativa, riprendendo quanto già stabilito dalla norma tecnica UNI 11337-7. In questo modo, il decreto non si limita a fornire indicazioni di carattere generale, ma si integra con standard già consolidati. I profili professionali indicati sono:

- il **CDE Manager** è il Gestore dell'ambiente di condivisione dei dati ed è una figura che può occuparsi di un sistema creato dalla propria organizzazione o di uno previsto da contratto per un progetto specifico.³¹;
- il **BIM Manager** è la persona che gestisce i processi digitali all'interno di un'organizzazione. Si occupa di come l'azienda utilizza la digitalizzazione nei propri progetti e può supervisionare o coordinare tutte le attività in corso. Nominato dalla DL, definisce le regole per l'uso del BIM e stabilisce come la digitalizzazione influisce sull'organizzazione e sugli strumenti di lavoro.³²;
- il **BIM Coordinator** gestisce le informazioni di un progetto, lavorando insieme ai responsabili dell'organizzazione e seguendo le indicazioni di chi coordina i processi digitali.³³

³¹ UNI 11337-7:2018, 3.12

³² UNI 11337-7:2018, 3.13

³³ UNI 11337-7:2018, 3.14

- Il **BIM Specialist** svolge le attività di modellazione, gestione e analisi delle informazioni all'interno della commessa, collaborando con le altre figure.

Per svolgere questi ruoli è richiesta una formazione adeguata, anche se non sono previsti titoli o certificazioni obbligatorie. È però importante prestare attenzione alla qualità della formazione e valutare l'introduzione di incentivi specifici per chi ricopre queste funzioni all'interno della pubblica amministrazione.

Ai commi 6 e 7 dell'Allegato I.9, il Codice prevede la possibilità di utilizzare, nella definizione delle specifiche tecniche, non solo la normativa vincolante, ma anche quella non obbligatoria, purché sia riconosciuta a livello nazionale o internazionale. Viene infatti menzionata esplicitamente la **UNI 11337** insieme alle **ISO EN 19650**, come riferimenti utili per standardizzare l'uso dei metodi digitali.

Dunque, sia le stazioni appaltanti sia gli operatori economici devono rafforzare la propria preparazione sia sul piano digitale sia su quello normativo, per affrontare in modo adeguato le trasformazioni introdotte.

Infine, il cosiddetto “Correttivo” approvato a dicembre 2024 (D.lgs. 209/2024) ha aggiornato le soglie e i termini di applicazione del BIM negli appalti pubblici. A partire dal 1° gennaio 2025, l'utilizzo del BIM sarà obbligatorio per:

- le nuove opere pubbliche o gli interventi su opere esistenti con un valore pari o superiore a 2 milioni di euro;
- le opere che superano la soglia comunitaria, attualmente fissata intorno ai 5,38 milioni di euro.

7.2.2 Capitolato informativo

Ma come si costruisce un Capitolato Informativo? Quali riferimenti normativi e quali procedure bisogna considerare per individuare e definire in modo adeguato i requisiti informativi e le caratteristiche dei modelli BIM? Vi sono diversi manuali e linee guida in grado di rispondere a tali domande, proponendo indicazioni operative sui passaggi da seguire, accompagnate da esempi pratici, utili per comprendere come gestire concretamente le informazioni all'interno dei processi BIM. Questi documenti sono stati utilizzati come base per sviluppare la proposta di un Capitolato Informativo.

Partendo dalle nozioni principali, questo documento costituisce riferimento necessario per la preparazione **dell'Offerta per la Gestione Informativa (oGI)**, nota anche come *BIM Execution Plan*, nella fase precontrattuale. In tale offerta, ogni potenziale affidatario deve rispondere in modo dettagliato alle varie sezioni del Capitolato Informativo (CI), descrivendo le modalità con cui intende rispettare i requisiti indicati.

Nel caso in cui l'affidamento venga aggiudicato, l'Affidatario, in collaborazione con la Stazione Appaltante, provvederà a confermare e sviluppare quanto proposto nell'offerta, formalizzandolo all'interno del **Piano di Gestione Informativa (PGI)**, corrispondente al BIM Execution Plan in fase post-contrattuale. Questo documento, una volta definito, entrerà a far parte del contratto.

A partire da riferimenti normativi consolidati, come lo *OICE BIM Standard*, e tenendo conto delle pratiche già adottate da alcune stazioni appaltanti, è stato possibile elaborare una proposta di **Capitolo Informativo (CI)**. Pur in assenza di un appalto attualmente attivo, si è cercato di sviluppare un documento che fosse coerente con le indicazioni contenute nelle norme ISO 19650-1 e ISO 19650-2, nonché con la più recente EN ISO 7817-1:2024, che introduce il concetto di LOIN.

La proposta è stata redatta assumendo il punto di vista della committenza, rappresentata nel caso specifico dalla Città Metropolitana di Torino, ente proprietario dell'edificio oggetto del caso studio. In tale ottica, è stata posta particolare attenzione alla gestione del patrimonio edilizio esistente, già in parte digitalizzato (la metodologia di modellazione geometrica sarà descritta in un capitolo successivo), permettendo di predisporre una base informativa interoperabile e riutilizzabile in futuri incarichi.

Il Capitolo Informativo viene illustrato attraverso un sommario commentato delle sue principali sezioni. La struttura proposta si articola in tre parti distinte:

- una prima sezione generale,
- una sezione tecnica,
- una sezione gestionale.

1. SEZIONE GENERALE

1.1 Introduzione e scopo del documento

In questo paragrafo viene specificato che il Capitolato è concepito per fornire una breve introduzione al contesto di riferimento, cioè il patrimonio storico su cui si

intende intervenire. Viene chiarito che il documento ha una funzione preparatoria, cioè, serve a impostare correttamente la gestione dei dati e delle informazioni legate agli edifici.

Si propone anche una descrizione sintetica delle attività previste, che riguardano principalmente l'uso, l'aggiornamento e la condivisione di modelli digitali già esistenti. Questi includono rilievi ottenuti tramite laser scanner, modelli BIM non completi e documenti archivistici in formato PDF. L'obiettivo è quello di utilizzare queste risorse per facilitare una serie di operazioni quali ispezioni, interventi di manutenzione, monitoraggio tecnico e lavori conservativi.

1.2 Riferimenti normativi

In questo paragrafo vengono riportate le principali normative, sia italiane sia europee, che regolano l'utilizzo del BIM negli appalti pubblici. Tra questi si includono il Codice dei Contratti, le normative UNI e ISO, specifici regolamenti ministeriali e le Linee Guida ANAC. L'indicazione di tali riferimenti consente di ancorare il documento ad un quadro legislativo e tecnico riconosciuto.

1.3 Acronimi e glossario

Infine, questa prima sezione del documento presenta un elenco di definizioni e abbreviazioni che agevolano la comprensione dei termini specialistici utilizzati, come ACDat (ambiente di condivisione dati), BIM, pGI, oGI. Le definizioni adottate derivano principalmente dalla norma UNI 11337, così da avere un riferimento standardizzato utile per chi consulta il Capitolato.

2. SEZIONE TECNICA

In questa sezione si pone particolare attenzione alle **caratteristiche tecniche e prestazionali dell'infrastruttura hardware e software** di cui dovrà disporre l'affidatario, cioè il soggetto incaricato dell'esecuzione del servizio.

2.1 Infrastruttura Hardware

In questo paragrafo verranno indicate le **caratteristiche minime richieste** per l'hardware necessario allo svolgimento delle attività previste nel contratto. Questo significa che la stazione appaltante, in questo caso CMTO, definisce un insieme di requisiti tecnici che l'affidatario dovrà rispettare per garantire che l'infrastruttura sia adeguata al servizio richiesto.

Inoltre, si lascia aperta la possibilità per l'affidatario di **modificare l'hardware o i componenti** originariamente dichiarati nel documento oGI, ma con una condizione ben precisa: ogni variazione dovrà essere comunicata tempestivamente alla SA, la quale si riserverà di valutare e approvare la modifica proposta.

** La tabella è stata precompilata a scopo esemplificativo.*

SPECIFICHE HARDWARE	
COMPONENTE	SPECIFICHE
Processazione dei dati (processore)	INTEL, XEON O I-SERIES a uno o più core o processore equivalente
Archiviazione temporanea dei dati (memoria di archiviazione)	8 GB
Archiviazione dati di backup (memoria di archiviazione)	Almeno 30 GB di spazio libero
Trasmissione dati (rete)	-
Risoluzione grafica (scheda)	scheda video compatibile

2.2 Infrastruttura Software

Il testo specifica che l'affidatario, ovvero il soggetto che si aggiudica il contratto, deve disporre di una propria piattaforma informatica, indicata con la sigla **ACDat-Aff**. Questa piattaforma deve rispettare determinata standard tecnici e deve poter essere consultata anche dalla stazione appaltante, in questo caso la Città Metropolitana.

Un aspetto importante è la tracciabilità delle informazioni, ovvero la possibilità di poter seguire le modifiche eseguite nel tempo e renderle facilmente accessibili quando necessario. In tal senso all'affidatario viene chiesto di fornire una descrizione dettagliata dei software utilizzati per il servizio. Una tabella permette di organizzare le informazioni sui programmi impiegati.

* La tabella è stata precompilata a scopo esemplificativo.

FORMATO DATI DI SCAMBIO DA UTILIZZARE			
OBIETTIVI	FORMATO		NOTE
	APERTO	PROPRIETARIO	
Modelli informativi (BIM Authoring)	.IFC	.RVT, .PLN, .NDW, .EDF, .EDL, .DB1, .DB2	
Elaborati digitali grafici	.DXF .PDF	.DWG	
Elaborati digitali documentali	.RTF .PDF .TXT .ODT	.DOC .XLS	
Cronoprogramma	.XML .PDF	.MPP	
Computo	.XML .PDF	.DATABASE .DCF	
Elaborati digitali multimediali	.MP4 .JPG .PNG	VARI	
Verifica ed analisi delle interferenze geometriche	.PDF .BCF .HTML	.SMC .NWD	
Schede Informative	.XML .CSV, .PDF	.XLS .DOC	
Piano di Manutenzione	.IFC, COBIE	.MTP	

2.3 Infrastruttura messa a disposizione dalla SA

2.3.1 Indirizzi per l'utilizzo dell'ACDat:

Il paragrafo fornisce indicazioni operative rivolte all'affidatario in merito all'utilizzo della piattaforma digitale ACDat, utilizzata per la gestione documentale del progetto. Nel documento viene richiesto all'affidatario di indicare, all'interno del proprio Piano di Gestione Informativa (PGI), come intende gestire i flussi di lavoro interni relativi alla documentazione digitale. In una prima fase, l'affidatario lavora con i propri strumenti e archivi. In un secondo momento, a partire dalla fase di condivisione, i dati e i documenti richiesti devono essere caricati direttamente sulla piattaforma ACDat messa a disposizione dalla stazione appaltante (indicata anche come ACDat-SA).

Infine, si specifica che in caso di malfunzionamenti o aggiornamenti del sistema, è responsabilità dell'affidatario verificare che tutti i documenti presenti siano integri e non siano stati cancellati o modificati. Qualora il processo non venga gestito secondo quanto richiesto, la stazione appaltante si riserva il diritto di far ripetere le operazioni.

2.4 Specifiche per l'inserimento di oggetti

In questa sezione si fa riferimento specifico alla definizione degli oggetti digitali che comporranno il modello informativo

All'interno di una tabella si elencano alcuni oggetti principali che dovranno essere creati durante le diverse fasi di sviluppo del progetto. La tabella ha una funzione dimostrativa: serve a chiarire come, in generale, gli oggetti debbano essere descritti e posizionati all'interno del modello, in base a caratteristiche standard condivise.

Oggetto	Specifiche
Tutte le discipline	Utilizzare i livelli solo per identificare i livelli fisici degli edifici o quote di riferimento (ad es. piano strada), utilizzare i piani di riferimento per tutti gli altri scopi. Tutti gli elementi saranno associati al livello di riferimento in cui giacciono, al netto di eccezioni relative a necessità legate alla modellazione.
Muri	Le altezze devono essere definite mediante livelli, tranne nel caso di muri ad altezza non collegata, ad esempio parapetti. I muri devono essere suddivisi per piano, salvo il caso in cui l'estensione multipiano costituisca reale intento progettuale.
Pilastrì	Le altezze devono essere definite mediante livelli. I Pilastrì devono essere suddivisi per piano, salvo il caso in cui l'estensione multipiano costituisca reale intento progettuale.

Pavimenti	Il livello dovrà corrispondere a quello del piano di competenza.
Locali/Vani	Definire l'altezza del limite superiore utilizzando il livello superiore e non l'altezza non collegata, eventualmente ricorrere agli offset se necessario. Accertarsi che gli elementi di delimitazione orizzontale siano inclusi nei limiti superiore e inferiore del locale, in modo da avere la corretta definizione dei volumi.
Modelli Collegati	I modelli collegati con funzione di riferimento per la modellazione in corso dovranno essere correttamente georeferenziati e la loro possibilità di selezione bloccata per impedire lo spostamento casuale del riferimento.

2.4.1 Specifiche di classificazione e denominazione degli oggetti:

In questa sezione, si prevede che ciascun elemento del modello venga identificato attraverso una nomenclatura univoca, vale a dire un codice o una denominazione che non si ripeta all'interno del sistema e che consenta di distinguere in modo preciso ogni singolo oggetto.

Questa identificazione ha un duplice scopo. Da un lato, consente di collegare in modo diretto ciascun elemento del modello alle attività previste dal computo metrico estimativo (CME), dall'altro, permette di posizionare tali elementi all'interno di una sequenza temporale coerente con le lavorazioni previste, facilitando, quindi, la redazione del cronoprogramma.

Per raggiungere questo livello di integrazione e tracciabilità, sarà necessario che nei modelli BIM vengano previsti parametri specifici, distinti da quelli geometrici o descrittivi, organizzati secondo uno schema che sarà definito nella fase di redazione del pGI da parte dell'affidatario dell'appalto.

2.5 Autorizzazioni e permessi

La sezione chiarisce in che modo vengano gestite le credenziali per l'accesso alla piattaforma ACDat-SA, specificando che queste verranno fornite all'affidatario al momento dell'attivazione del servizio o comunque prima dell'avvio delle attività operative.

L'accesso a questo ambiente informativo è riservato a una figura ben definita all'interno dell'organizzazione dell'Affidatario, ossia il *BIM Manager*, individuato come responsabile della gestione informativa a cui verranno attribuiti i permessi necessari per operare sulla piattaforma.

Un'ulteriore richiesta da parte della SA consiste nell'inserimento, all'interno di due documenti (oGI e il successivo pGI) di una matrice dei permessi. Questa matrice dovrà specificare, in modo puntuale, quali autorizzazioni sono richieste per svolgere le attività elencate nella tabella proposta di seguito, in riferimento all'uso della piattaforma ACDat-Aff, ovvero quella di competenza dell'Affidatario. Si tratta, dunque, di una modalità per garantire trasparenza e tracciabilità nella definizione dei ruoli e delle responsabilità all'interno del processo informativo.

* La tabella è stata precompilata a scopo esemplificativo.

Società	Ruolo	Autorità				
		Shared	Published	Archivio	Gestione flussi approvativi	Gestione accessi
Affidatario	BIM Manager	FC	FC	FC	X	X
	CDE Manager	CC	CC	CC	X	X
	Project Manager	LDUP	LDUP	LDUP		
	Project BIM Coordinator	LDUP	LDUP	LDUP	X	
	BIM Coordinators Disc.	LDUP	LDU	LDU		
	Tutti gli altri componenti il team di progetto	LDU	LD	LD		

Committenza	BIM Manager (referente BIM)	LD	LD	LDU	X	
	RUP	LD	LD	LDU	X	
	Altri utenti (da definire con la Committenza)	LD	V/U	V		

Dove: CC= controllo totale cartella; LDUP = lettura, download, upload, modifica (eliminazione/ rinomina/ spostamento); LDU = lettura, download, upload; LD = lettura e download; V = solo visione (no download); U = solo upload

2.6 Struttura dell'ACDat

Nel contesto della digitalizzazione e della successiva gestione di un edificio storico, l'ACDat, anche detto CDE (Common Data Environment), deve essere progettato per organizzare in modo ordinato diversi tipi di contenuti, quali ad esempio modelli digitali, documenti tecnici, immagini, schede descrittive e nuvole di punti. Questo ambiente deve inoltre consentire:

- la **tracciabilità delle informazioni**, permettendo di monitorare chi ha effettuato modifiche o approvazioni sui dati;
- l'**interoperabilità**, facilitando la collaborazione tra professionisti che utilizzano software diversi e svolgono ruoli differenti nel processo;
- **supportare le fasi di revisione, validazione e archiviazione** delle informazioni.

Il CDE viene strutturato in quattro stati di avanzamento informativo (Work in Progress, Shared, Published, Archived). Secondo le normative vigenti, al fine di organizzare al meglio la conservazione e l'aggiornamento dei dati durante il ciclo di vita del progetto; questi, che siano in via di sviluppo o approvazione, vengono suddivisi in cartelle distinte, in funzione dello stato di avanzamento di riferimento.

Una trattazione più approfondita sull'organizzazione dell'ambiente di condivisione dati verrà fornita al termine del presente capitolo.

1. 3. SEZIONE GESTIONALE

3.1 Obiettivi dei contenitori informativi e definizione degli elaborati digitali minimi

All'interno del Capitolato Informativo, la sezione gestionale ha il compito di chiarire quali siano gli obiettivi associati ai contenitori informativi e di specificare quali elaborati digitali debbano essere prodotti come minimo. In questa prospettiva, la committenza – in questo caso la Città Metropolitana di Torino – richiede che i modelli digitali forniti dall'affidatario risultino tra loro coerenti e non si pongano in contrasto con le finalità previste dal contratto.

Un aspetto importante riguarda l'utilizzo dei modelli tridimensionali (3D), che dovrebbero essere impostati in modo da consentire l'estrazione automatica degli elaborati previsti dalla normativa vigente. Ciò significa che, laddove possibile, i disegni e gli elaborati grafici richiesti dovrebbero essere generati direttamente a partire dai modelli informativi sviluppati nella fase progettuale.

La tipologia e la quantità minima di elaborati da sviluppare è indicata nell'Allegato I.7 del DLgs 36/2023. Si distinguono l'Art. 12 e l'Art. 22, che stabiliscono rispettivamente gli elaborati necessari per il PFTE (Progetto di FAttibilità Tecnico-Economica) e per il PE (Progetto Esecutivo). Tali articoli rappresentano un riferimento sia per la committenza che per gli operatori economici aggiudicatari, in modo da mantenere e garantire la conformità del progetto ai requisiti di legge.

3.2 Livelli di sviluppo degli oggetti e delle schede informative

Nel redigere un Capitolato Informativo, è importante definire con chiarezza il grado di dettaglio richiesto per gli oggetti digitali e per le relative informazioni alfanumeriche e documentali, in funzione delle finalità d'uso del modello informativo. L'inserimento di informazioni superflue, infatti, può compromettere la fluidità dei processi di modellazione e gestione, generando rallentamenti e aumentando i costi operativi.

In questo contesto si fa riferimento alla logica LOIN, che consente di calibrare il livello di sviluppo richiesto in base alla fase progettuale e agli obiettivi specifici del modello.

Per quanto riguarda il **contenuto geometrico**, il CI dovrebbe stabilire con precisione il livello di dettaglio atteso per ciascuna disciplina tecnica coinvolta (architettura,

impianti, strutture) in relazione allo stadio del progetto (ad esempio, rilievo, progettazione di fattibilità tecnico-economica, progetto esecutivo, modello as-built). La rappresentazione geometrica deve essere sufficientemente accurata per supportare le attività previste, ma allo stesso tempo non eccessivamente complessa. Un esempio tipico può essere l'utilizzo di solidi semplificati, compatibili con i livelli LOD B o LOD C, a seconda del caso.

Per quanto concerne il **contenuto alfanumerico**, si distingue tra due categorie di dati: da un lato, quelli già presenti nei software di modellazione comunemente utilizzati; dall'altro, quelli esplicitamente richiesti dalla committenza. Entrambi i tipi di informazione devono essere integrati correttamente nel modello secondo lo standard IFC (Industry Foundation Classes), in modo da garantirne l'interoperabilità. Tali dati vengono organizzati all'interno di appositi set di proprietà e possono comprendere, ad esempio, materiali impiegati, stato dell'elemento, data dell'ultima manutenzione, o classificazioni secondo sistemi riconosciuti, come UniClass 2015.

3.3 Strutturazione e organizzazione della modellazione digitale

In questa sezione del CI si richiede all'affidatario di illustrare in che modo ha suddiviso il progetto complessivo nelle sue componenti, secondo una logica di scomposizione comunemente nota come *Project Breakdown Structure* (PBS). A tale scomposizione deve corrispondere anche un'organizzazione delle attività operative, formalizzata attraverso la *Work Breakdown Structure* (WBS), che permette di pianificare e monitorare lo sviluppo del progetto in termini di fasi, compiti e responsabilità.

L'obiettivo di questa parte del documento è garantire coerenza tra i modelli digitali elaborati, la stima dei costi e la programmazione temporale degli interventi. Per rendere questo collegamento chiaro e verificabile, si può fare riferimento, ad esempio, a documenti come certificati, verbali, fascicoli informativi sulla manutenzione o altri materiali che attestino lo stato di avanzamento o le scelte progettuali.

3.3.1 Strutturazione dei modelli disciplinari

3.3.1.1 Programmazione temporale della modellazione e del processo informativo: in questa fase è necessario definire con precisione le scadenze entro cui devono essere svolte le attività di modellazione e gestione delle informazioni, in coerenza con il contratto.

3.3.1.2 Coordinamento dei modelli: poiché in un progetto possono essere coinvolte più discipline tecniche, ciascuna delle quali produce un proprio modello, è necessario prevedere momenti di confronto periodico al fine di verificare la compatibilità tra i diversi elaborati digitali. A tal proposito, si fa riferimento a tre livelli di coordinamento (identificati come LC1, LC2 e LC3), che devono essere descritti all'interno del pGI. È inoltre opportuno programmare riunioni regolari, sia in presenza sia da remoto, per facilitare lo scambio di informazioni e il controllo condiviso dello stato di avanzamento.

3.3.1.3 Dimensione massima dei file di modellazione: ogni file deve avere una dimensione massima di 250 MB, al fine di evitare rallentamenti durante lo scambio e la revisione dei documenti.

3.4 Denominazione dei file

È fondamentale definire una denominazione univoca e coerente dei file, che consenta di comprendere il contenuto di ciascuno di essi. Di conseguenza, la codifica deve contenere informazioni principali, quali la disciplina di riferimento (strutture, architettura, impianti, ecc), la fase di progettazione (preliminare, esecutiva) ed il numero di revisione del file stesso.

3.5 Modalità di gestione dei contenuti informativi relativi a modelli, oggetti e/o elaborati

Altro tema da considerare è la definizione di criteri chiari per garantire la coerenza e tracciabilità dei dati. Questo implica, ad esempio, l'introduzione di regole specifiche per l'individuazione e la risoluzione di eventuali interferenze geometriche tra gli elementi del modello (*clash detection*), così come per il controllo di eventuali incoerenze rispetto ai requisiti normativi o alle specifiche tecniche di progetto (*code checking*). La descrizione di tali procedure riduce il rischio di errori in fase progettuale ed esecutiva.

3.5.1 Stati di lavorazione del contenuto informativo (L0, L1, L2, L3)

Ai modelli sviluppati con tecnologia BIM, si associa un livello di lavorazione, in funzione del dettaglio dei contenuti informativi. Questi vengono identificati come segue:

- Il **livello L0**: fase iniziale, in cui il contenuto è ancora in bozza e necessita di successive verifiche e integrazioni;
- Il **livello L1**: si riferisce ad un modello che ha superato una prima validazione, ma che può essere ancora soggetto a modifiche;
- Il **livello L2**: lo si attribuisce a contenuti completi e approvati;
- Il **livello L3**: riguarda i contenuti archiviati.

3.5.2 Stati di approvazione del contenuto informativo (A0, A1, A2, A3)

Analogamente alla classificazione del livello di contenuti informativi presente all'interno dei modelli BIM, viene definito lo stato di approvazione degli stessi. In particolare, vengono identificate quattro sigle: A0, A1, A2, A3, stanti ad indicare lo stato di approvazione da contenuti non ancora sottoposti a verifica A0 a contenuti definitivamente approvati A3. Le sigle A1 e A2 si riferiscono a quelle fasi in cui vi sono revisioni in corso o approvazioni con annesse istruttorie da recepire.

3.5.3 Procedure di validazione dei modelli

È la stazione appaltante a stabilire le scadenze e la frequenza con cui debbano essere effettuate le verifiche e le varie validazioni dei progetti

3.5.4 Articolazione delle operazioni di verifica

Le verifiche vengono applicate sia ai modelli e al loro contenuto informativo, che all'organizzazione del sistema informativo nel suo complesso.

3.6 Politiche per la tutela e sicurezza del contenuto informativo

3.6.1 Richieste aggiuntive in materia di sicurezza

Riguardo la protezione e la privacy delle informazioni, si evidenzia la necessità di rispettare i protocolli in conformità agli standard ISO/IEC 27000. Inoltre, viene esplicitamente richiesto il rispetto del Regolamento Generale sulla Protezione dei Dati (GDPR).

7.3 ACDat e IFC

Una volta presentata la struttura organizzativa del CI, entrando più nel merito del tema dell'ambiente di condivisione dati, viene proposto un esempio pratico di ACDat, al fine di chiarire le modalità con cui possono essere gestiti e organizzati i dati all'interno di un progetto. Lo scopo è quello di offrire un riferimento applicativo che renda più immediata la comprensione di quanto finora trattato sul piano teorico.

A tale riguardo, si richiama la norma UNI 11337, che dedica una parte specifica proprio alla configurazione e gestione dell'ACDat. La norma prevede che in un progetto si individuano almeno due ambienti distinti: il primo è quello legato alla commessa e viene predisposto dal committente già in fase di gara (Appointing). Il secondo è un ambiente dedicato al team incaricato (Appointed). Questo modello mette in discussione l'idea, spesso erroneamente diffusa, di un unico ambiente di condivisione dati con accesso aperto e indistinto da parte del committente. Al contrario, si sottolinea come sia necessario un sistema di accessi differenziato, strutturato in funzione dei ruoli e delle responsabilità assegnati a ciascun attore.

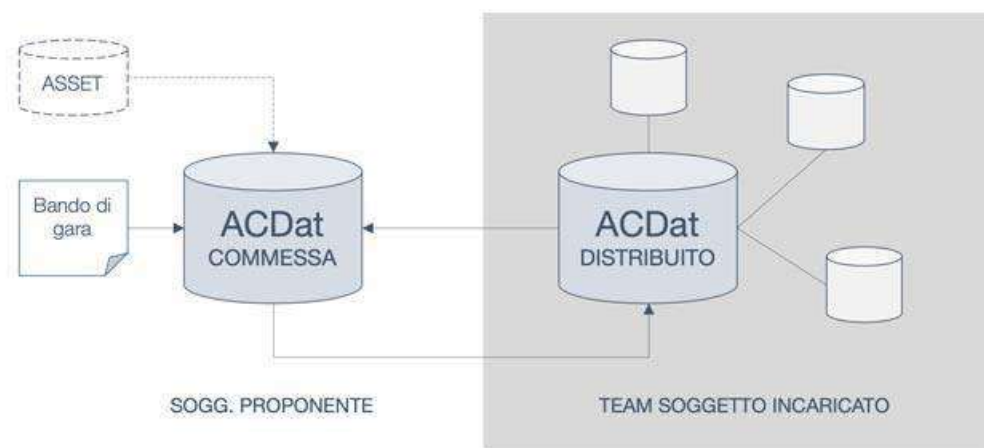


Figura 34 - ACDat di commessa e ACDat distribuito (Fonte: ingenio-web.it)

Nel paragrafo dedicato alla struttura dell'ambiente di condivisione dati, si descrive l'organizzazione delle cartelle all'interno di un ACDat, evidenziando come la gestione dei dati debba essere articolata in almeno 4 livelli distinti di avanzamento informativo:

Livello	Nome	Finalità	Accesso
L1	Work in Progress	Cartelle limitate a team specifici, dove si caricano i file proprietari (RVT, PLN, ecc).	Privato
L2	Shared	Modelli IFC ed estratti PDF condivisi per coordinamento tecnico.	Controllato
L3	Published	Contenuti ufficiali, approvati e accessibili a un pubblico più ampio.	Accesso tecnico e pubblico
L4	Archive	Versioni storiche, conservazione digitale.	Protetto

Il punto di partenza della struttura è rappresentato dalla cartella denominata “Asset”, collocata all’interno del *datasource* predisposto dalla SA. All’interno di questa si trova un codice identificativo specifico per ciascuna opera, come ad esempio “032_Darwin_Rivoli”. Questo codice viene utilizzato come nome della cartella principale dedicata al progetto in questione. Successivamente, la struttura si articola in una serie di cartelle organizzate secondo le aree disciplinari coinvolte.

Per facilitare la comprensione dell'organizzazione complessiva, si propone di seguito un esempio schematico delle cartelle principali e delle relative sottocartelle, che compongono l'alberatura del progetto.

032_DARWIN_RIVOLI

➤ **L1_WorkInProgress** ← Accesso privato al team

- RIL (rilievi e preesistenze)
 - 00_NuvoleDiPunti
 - 01_Foto
 - 02_SchedeDegrado
- ARCH (architettonico)
 - 00_Modelli_BIM
 - 00_Proprietari (RVT, PLN)
 - 01_IFC
 - 03_ElaboratiProgettuali

➤ **L2_Shared** ← Coordinamento tra discipline

- ARCH
 - 00_Documentazione

- 00_Storico
 - 01_Progettuale
- FM (Facility Management)
 - 00_Mantenzione
 - 00_IFC
 - 01_SchedeInformative (file proprietari come .xls estratto da Dynamo)
- ***L3_Published*** ← Documentazione approvata
 - ARCH
 - 00_ElaboratiPDF
 - 01_Computi
 - FM (Facility Management)
 - 00_Verballi
 - 01_SchedeMantenzione
 - 02_PianoMantenzione
- ***L4_Archive*** ← Documentazione approvata
 - ARCH
 - 00_ElaboratiPDF
 - 01_Computi

Un esempio di codifica dei singoli file, invece, potrebbe essere il seguente *Arch_Esec_L1_AI_rev02.rvt*. In questa nomenclatura, ciascuna parte fornisce informazioni precise:

- ***Arch***: Indica la disciplina di riferimento del documento. Ad esempio, *ARCH* per Architettico, *STR* per Strutture, *IMP* per Impianti;
- ***Esec***: indica la fase progettuale. Si può utilizzare *PRE* per il livello preliminare, *DEF* per quello definitivo, ed *ESEC* per quello esecutivo;
- ***L1***: corrisponde al livello di contenuto informativo e viene indicato con un codice numerico che va da *L0* a *L3*;

- **A1:** indica lo stato approvazione e l'avanzamento del documento all'interno del ciclo di verifica e viene identificato con un codice da A0 a A3;
- **rev02:** rappresenta il numero progressivo di revisione del file.

I prodotti commerciali per la gestione dell'ACDat

Diverse piattaforme software sono presenti sul mercato per rispondere alla gestione dell' ACDat, ognuna con le proprie particolarità e livelli di compatibilità con i formati aperti, inoltre alcuni programmi si differenziano per la maggiore diffusione e capacità di gestire flussi di lavoro complessi anche nei progetti pubblici.

Tra le piattaforme più usate si può citare **Autodesk Construction Cloud (ACC)**, che integra la gestione dei modelli BIM (formati IFC, RVT) con strumenti per il controllo dei processi di progettazione e costruzione. **Trimble Connect** è un'alternativa basata sul cloud che consente la visualizzazione e l'organizzazione dei modelli IFC, PDF e immagini, con un'interfaccia accessibile anche a utenti meno esperti. **usBIM** di ACCA Software è una piattaforma sviluppata in Italia, compatibile con i formati openBIM, adatta alla gestione sia dei progetti edilizi che infrastrutturali. Altri strumenti come **Dalux** e **Thinkproject** sono spesso adottati per progetti di lunga durata e con necessità di gestione distribuita delle informazioni.

Nella selezione di una piattaforma, la Stazione Appaltante deve tener conto del fatto che nessun ambiente può essere imposto come standard operativo ai professionisti incaricati. Questo vincolo è confermato dall'Allegato I.09 del D.lgs. 36/2023, all'art. 1, comma 5 secondo cui:

“[...] 5. Le stazioni appaltanti utilizzano piattaforme interoperabili mediante formati aperti non proprietari. I dati sono elaborati in modelli informativi disciplinari multidimensionali e orientati a oggetti. Le informazioni prodotte sono gestite tramite flussi informativi digitalizzati all'interno di un ambiente di condivisione dei dati e sono condivise tra tutti i partecipanti al progetto, alla costruzione e alla gestione dell'intervento. I dati sono fruibili secondo formati aperti non proprietari e standardizzati da organismi indipendenti, in conformità alle specifiche tecniche di cui al comma 6, in modo da non richiedere l'utilizzo esclusivo di specifiche applicazioni tecnologiche.”

Ne consegue che le stazioni appaltanti non possono imporre l'utilizzo di uno specifico software proprietario. Di conseguenza, anche se i progettisti utilizzano strumenti diversi per la modellazione, sono comunque tenuti a fornire i dati in **formati aperti**. Questi devono essere *riconosciuti da organismi indipendenti*, come ad esempio **ISO**, **CEN** (responsabile del coordinamento delle norme europee, in Italia rappresentato da UNI), **buildingSMART International** (ente no-profit promotore degli standard *openBIM*), OASIS, W3C, ECMA e IETF, enti indipendenti attivi nel definire standard per la rappresentazione di dati, documenti e per l'interoperabilità digitale. L'adozione di questi formati garantisce che le informazioni rimangano accessibili senza il vincolo dell'uso di uno specifico software commerciale.

Ad esempio, il formato **IFC**, usato per i modelli BIM, è **standardizzato da buildingSMART** e descritto nella **norma ISO 16739-1:2019**. Questo significa che qualsiasi software (commerciale o open-source) può leggere e scrivere file IFC, seguendo le regole stabilite dall'organismo. In modo analogo, il formato **PDF/A**, usato per archiviazione digitale, è **normato da ISO 19005**, e non dipende da software come Adobe Acrobat, pur essendo compatibile con esso.

Al contrario, i formati nativi prodotti da singole applicazioni, come i file .rvt (Revit), .pln (Archicad), .ndw (Allplan), non sono considerati “*standard aperti e indipendenti*”. Il loro utilizzo, sebbene ammesso a supporto delle attività operative, non può costituire l'unico mezzo per la condivisione ufficiale dei dati.

L'IFC è quindi il punto di riferimento per le operazioni di controllo, verifica e approvazione dei contenuti informativi.

Nel processo di consegna, il progettista fornisce il modello nel suo formato nativo (ad esempio RVT, PLN, ecc.) come supporto per eventuali attività future, ma la SA effettua tutte le attività di verifica e controllo esclusivamente sul modello IFC. Questo modello viene poi caricato all'interno dell'ACDat, nella cartella “Shared” per il coordinamento tra le diverse discipline oppure nella sezione “Published” quando approvato.

Strumenti per la verifica e la validazione del modello IFC

Il controllo di un modello IFC da parte della Stazione Appaltante è mirato su diversi aspetti quali, l'integrità geometrica, la coerenza semantica, la presenza degli attributi

richiesti (materiali, dati tecnici, stato di conservazione) e il rispetto delle eventuali specifiche stabilite nella matrice LOIN.

Per svolgere queste attività, la SA può utilizzare diversi strumenti software progettati per la lettura e l'analisi dei file IFC. Alcuni di questi strumenti sono gratuiti, altri richiedono una licenza commerciale. **Solibri Office**, ad esempio, è uno degli strumenti più diffusi per il controllo dei modelli, ed è in grado di eseguire verifiche automatiche su regole predefinite (clash detection, code checking) e di esportare report nel formato BCF (BIM Collaboration Format). **BIMcollab ZOOM** è un'altra applicazione molto utilizzata, soprattutto per la gestione degli "issue", ovvero le segnalazioni di errore o incongruenza, che possono essere condivise e gestite anche in modo collaborativo.

Altri strumenti open source o gratuiti includono **usBIM.viewer+**, **IfcOpenShell**, **BlenderBIM**, **FZKViewer**. Questi software consentono la visualizzazione, l'analisi e in alcuni casi la modifica dei modelli IFC, anche senza licenze costose.

L'attività di validazione può seguire un processo standardizzato riassumibile nei seguenti punti:

1. Ricezione del modello IFC dal professionista;
2. Caricamento nel software di verifica (es. Solibri);
3. Analisi automatica delle regole preimpostate (clash, attributi mancanti);
4. Emissione di report in formato PDF o BCF;
5. Condivisione degli errori tramite piattaforma (es. BIMcollab);
6. Correzione da parte del professionista e nuova esportazione IFC.

Questo flusso di lavoro consente alla Stazione Appaltante di mantenere aggiornato il controllo sui modelli senza andare a modificare la modellazione.

7.4 La modellazione geometrica

La costruzione del repertorio degli elementi architettonici necessari per alimentare il modello è stata affrontata attraverso un metodo specifico, basato sull'identificazione,

la scomposizione e la successiva ricomposizione delle tipologie di elementi architettonici che definiscono il prospetto principale dell'edificio analizzato.

Nella fase preliminare, i disegni bidimensionali del prospetto elaborati mediante software CAD hanno fornito una base essenziale per analizzare e comprendere i diversi componenti architettonici che costituiscono il sistema delle facciate.

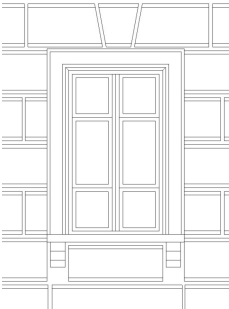
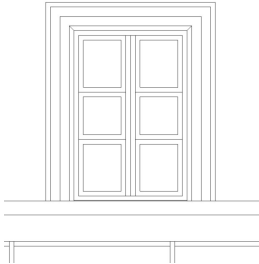
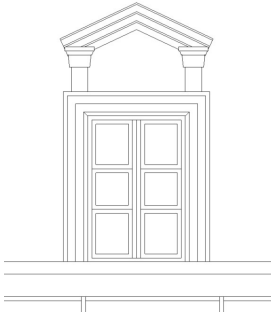
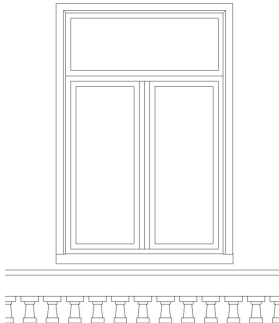
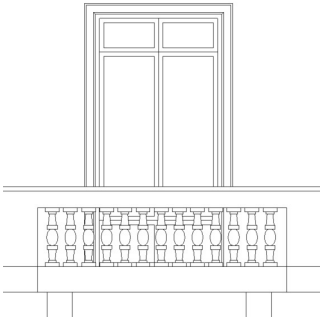
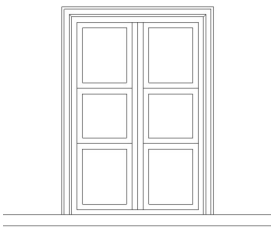
Questo metodo ha permesso di individuare gli elementi ricorrenti, semplificando l'analisi di una struttura complessa. È stato possibile identificare una serie di moduli standardizzabili e ripetibili, distribuiti lungo la facciata principale dell'edificio.

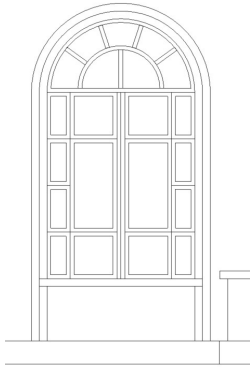
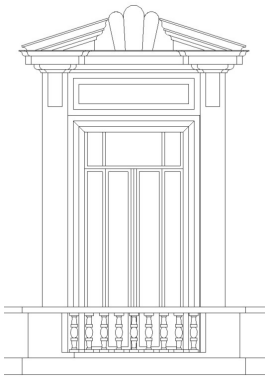
Tra gli elementi ricorrenti e di maggiore complessità geometrica le finestre si distinguono come uno degli elementi più evidenti. Queste sono state concepite inizialmente come *matrici* e successivamente trasformate in *famiglie* all'interno dell'ambiente BIM. Tale approccio ha agevolato il passaggio a una modellazione digitale più organizzata e metodica.



Figura 35 - Porzione del Prospetto Nord elaborato in CAD (Fonte: elaborato dall'autore)

Al fine di fare maggiore chiarezza e avere una migliore organizzazione del lavoro, è stata realizzata una tabella che raccoglie tutte le tipologie di aperture individuate. Parallelamente, è stata sviluppata una nomenclatura sistematica che consente di classificare in modo univoco ciascun elemento secondo le linee guida BIMMS per facilitare il riconoscimento immediato e offrire una struttura logica che rende il processo di lavoro privo di ambiguità.

	Tipo: <i>FIN</i> Sottotipo: <i>ADV</i> Descrizione: <i>1300x2300mm</i> Codice: <i>variabile</i>		Tipo: <i>FIN</i> Sottotipo: <i>ADV</i> Descrizione: <i>Cornice, 1200x1800mm</i> Codice: <i>variabile</i>
Modulo 1	FIN_ADV- 1300x2300mm-01	Modulo 2	FIN_ADV- 1200x1800mm-01
	Tipo: <i>FIN</i> Sottotipo: <i>ADV</i> Descrizione: <i>Timpano, 1300x2300</i> Codice: <i>variabile</i>		Tipo: <i>FIN</i> Sottotipo: <i>TPT</i> Descrizione: <i>1500x2300</i> Codice: <i>variabile</i>
Modulo 3	FIN_ADV- Timpano_1200x1800mm- 01	Modulo 4	FIN_TPT- 1500x2300mm-01
	Tipo: <i>FIN</i> Sottotipo: <i>ADV_PF</i> Descrizione: <i>Portafinestra, 1500x3000</i> Codice: <i>variabile</i>		Tipo: <i>FIN</i> Sottotipo: <i>ADV</i> Descrizione: <i>1200x1800</i> Codice: <i>variabile</i>
Modulo 5	POR_ADB- Portafinestra_1500x3000 mm-01	Modulo 6	FIN_ADV- 1200x1800mm-01

	Tipo: <i>FIN</i> Sottotipo: <i>TPT_ARC</i> Descrizione: <i>1900x2400mm</i> Codice: <i>variabile</i>		Tipo: <i>FIN</i> Sottotipo: <i>TPT_PF</i> Descrizione: <i>1900x2400mm</i> Codice: <i>variabile</i>
Modulo 7	FIN_TPT_ARC- 1900x2400mm-01	Modulo 8	FIN_TPT_PF- 1750x4000mm-01

In una fase successiva, il passaggio dalla matrice alla definizione delle famiglie BIM è stato realizzato attraverso la *scomposizione* della complessità geometrica degli elementi architettonici che componevano i moduli precedentemente individuati. Particolare attenzione è stata dedicata a modanature, cornici ornamentali e altri componenti capaci di trasformarsi in forme tridimensionali mediante operazioni di estrusione lungo un percorso.

Ogni finestra della facciata principale è stata quindi analizzata e suddivisa nei suoi elementi costitutivi, separando l'infisso dall'apparato decorativo associato. In tal modo è stato possibile ottenere una rappresentazione più dettagliata e organizzata, facilitando la transizione verso la modellazione digitale.



Figura 36 - Esempio di suddivisione degli elementi costitutivi l'infisso (Fonte: elaborato dall'autore)

Questa operazione ha comportato dapprima una verifica delle geometrie e delle relative misure, utilizzando come riferimento le sezioni estratte dalla rappresentazione

grafica bidimensionale. Questo processo ha permesso di identificare i *profili* di ciascun componente decorativo, da cui partire per la modellazione. Successivamente, questi profili sono stati parametrizzati affinché potessero essere integrati nel modello digitale con la massima accuratezza e coerenza. Di seguito viene illustrata la costruzione dei profili per l'intero apparato decorativo del *Modulo 8 - FIN_TPT_PF-1750x4000mm-01*:

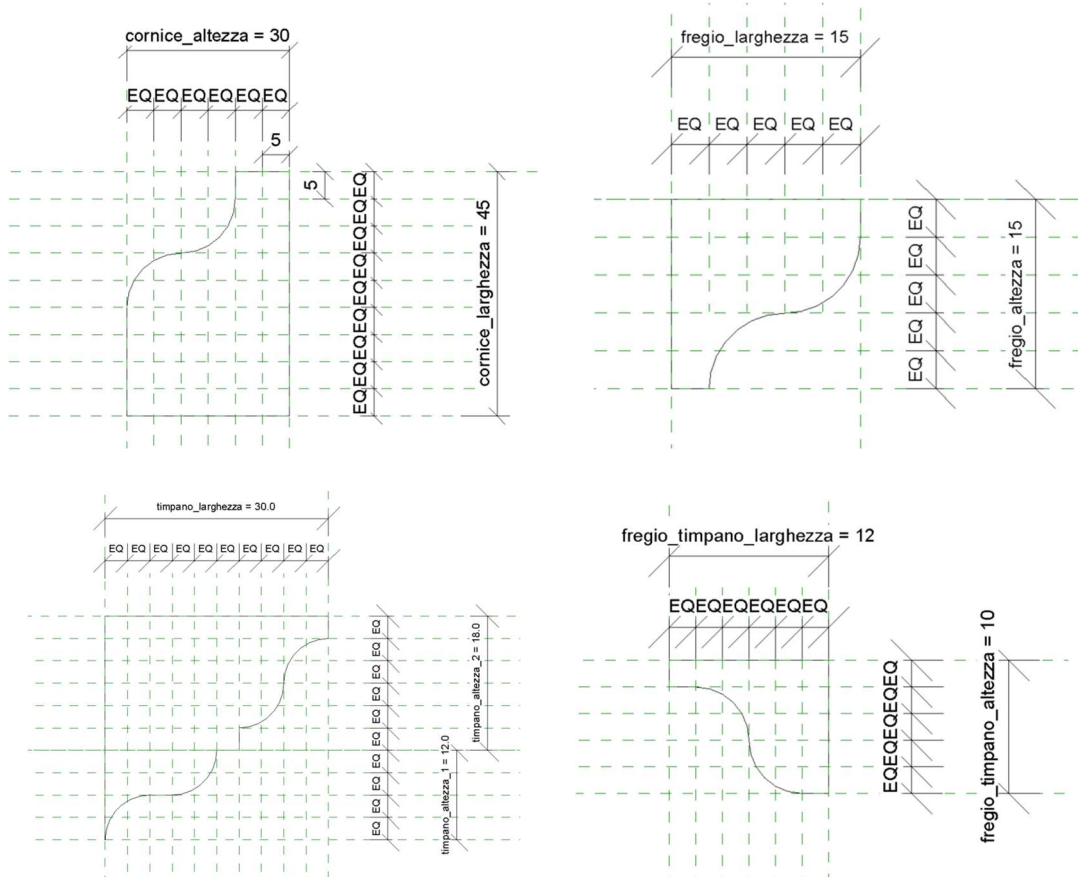


Figura 37 – Costruzione dei profili su Revit utilizzati per l'apparato decorativo (Fonte: elaborato dall'autore)

I profili individuati e trasformati in forme bidimensionali (vedi sopra) rappresentano l'elemento fondamentale da cui prende vita qualsiasi oggetto tridimensionale. Come i singoli ingredienti di una ricetta, i profili sono gli elementi base che, combinandosi, danno vita a oggetti tridimensionali modellati. Questi oggetti, a loro volta, si uniscono per formare un insieme, che nel contesto del modello BIM corrisponde alle famiglie architettoniche.

Nelle immagini sotto riportate viene fornita la prospettiva generata dall'estrusione di un profilo, un processo che permette di trasformare una rappresentazione bidimensionale in una figura tridimensionale complessa.

Di seguito vengono presentati alcuni dei profili descritti in precedenza, evidenziati in blu, insieme al percorso, rappresentato in nero, lungo il quale si svolge il processo di estrusione.

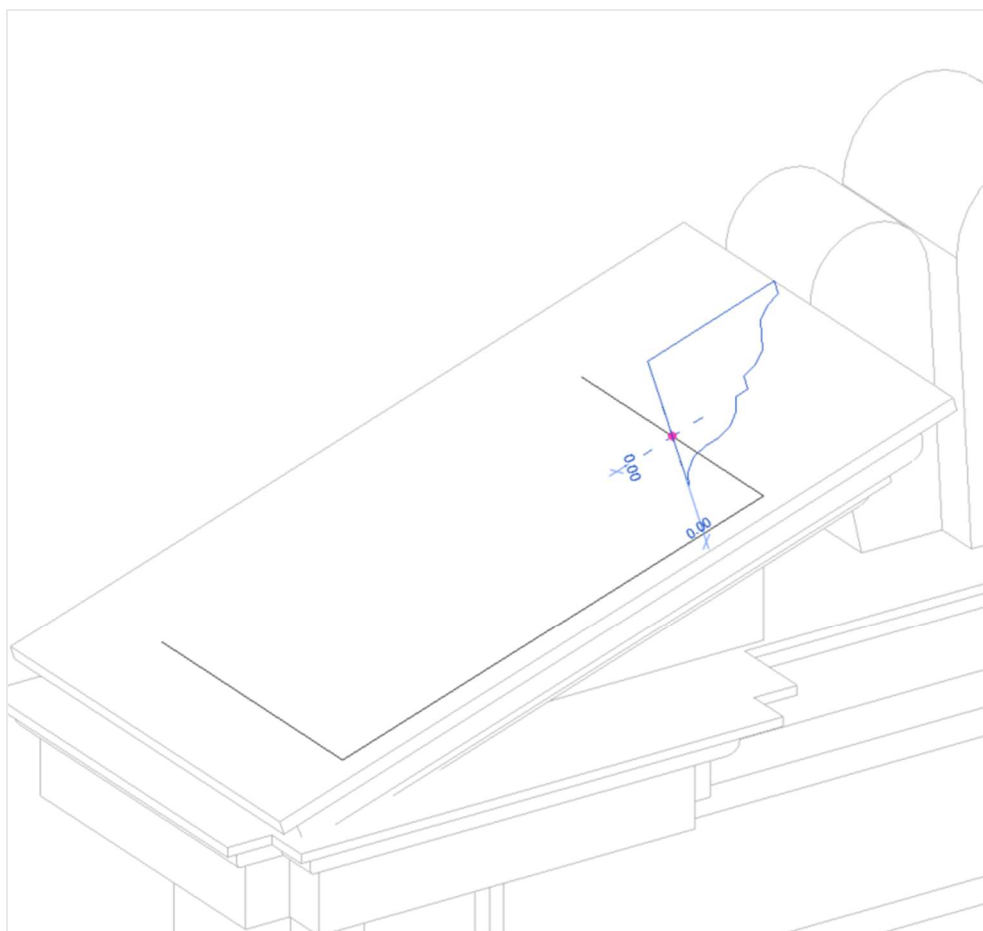


Figura 38 - Estrusione su percorso del profilo utilizzato per la modellazione del timpano (Fonte: elaborato dall'autore)



Figura 39 - Estrusione su percorso del profilo utilizzato per la modellazione della trabeazione (Fonte: elaborato dall'autore)

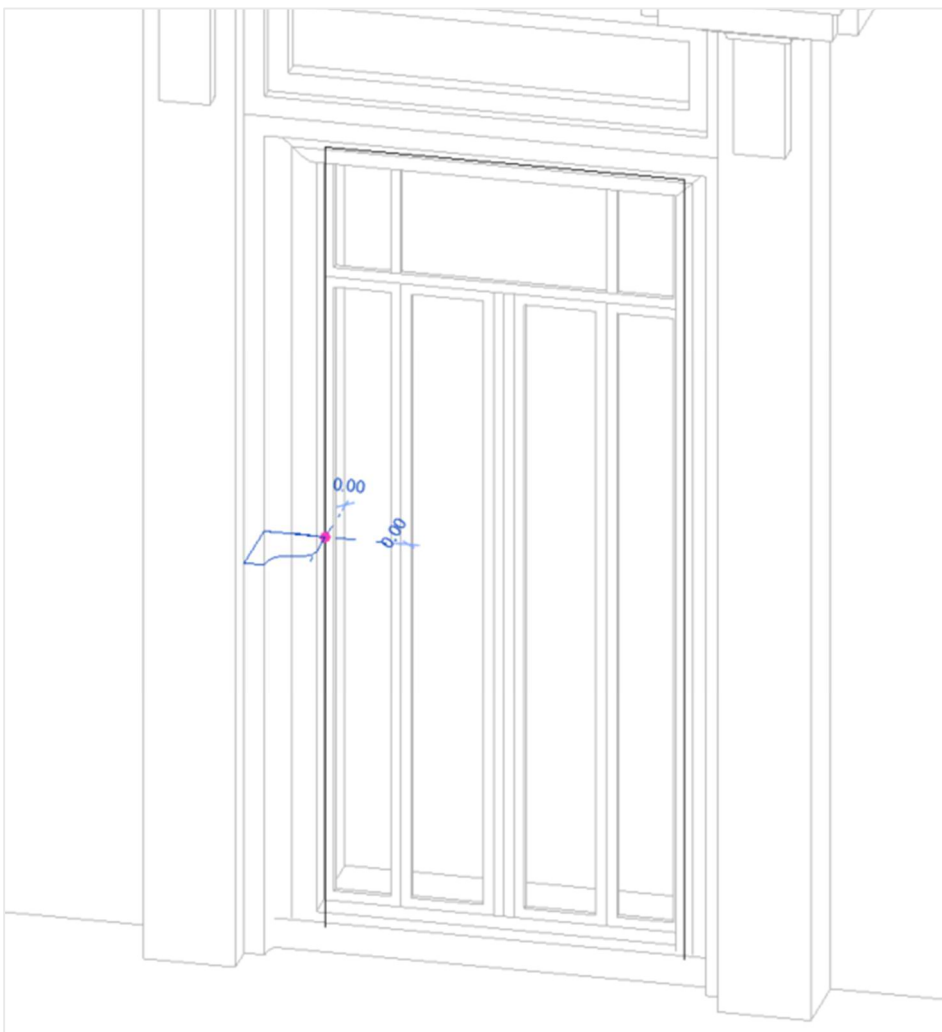


Figura 40 - Estrusione su percorso del profilo utilizzato per la modellazione della cornice (Fonte: elaborato dall'autore)

Per mantenere la coerenza della scomposizione gerarchica e le relazioni tra i componenti identificati, è stata adottata la tecnica della **nidificazione**, così da ottenere oggetti altamente parametrici, nonché oggetti che possono essere facilmente modificati grazie a una maggiore flessibilità nella modifica e nell'aggiornabilità di parametri variabili. La nidificazione implica l'inserimento di una famiglia, definita come *guest*, all'interno di un'altra famiglia, denominata *host*. Questo processo genera una nuova famiglia che include sia le geometrie che i parametri delle famiglie unite.

Nel caso specifico, la famiglia di riferimento selezionata per la modellazione è stata quella della *Metric Window*, “ospitata” dalla famiglia *Muro*. Per ciascun modulo identificato, è stata sviluppata una famiglia dedicata, comprendente sia la superficie vetrata che il telaio corrispondente al modulo in oggetto.

In parallelo, utilizzando lo stesso modello metrico, è stata progettata una famiglia specifica per l'apparato decorativo associato a ciascun modulo. Le geometrie che compongono ogni elemento decorativo sono state create singolarmente e separatamente utilizzando il modello *Metric Profile Reveal*. Attraverso l'assemblaggio di tutti i profili, opportunamente vincolati e adattati al modulo di riferimento, è stato possibile comporre l'apparato decorativo completo, rispettando la configurazione e le proporzioni richieste.

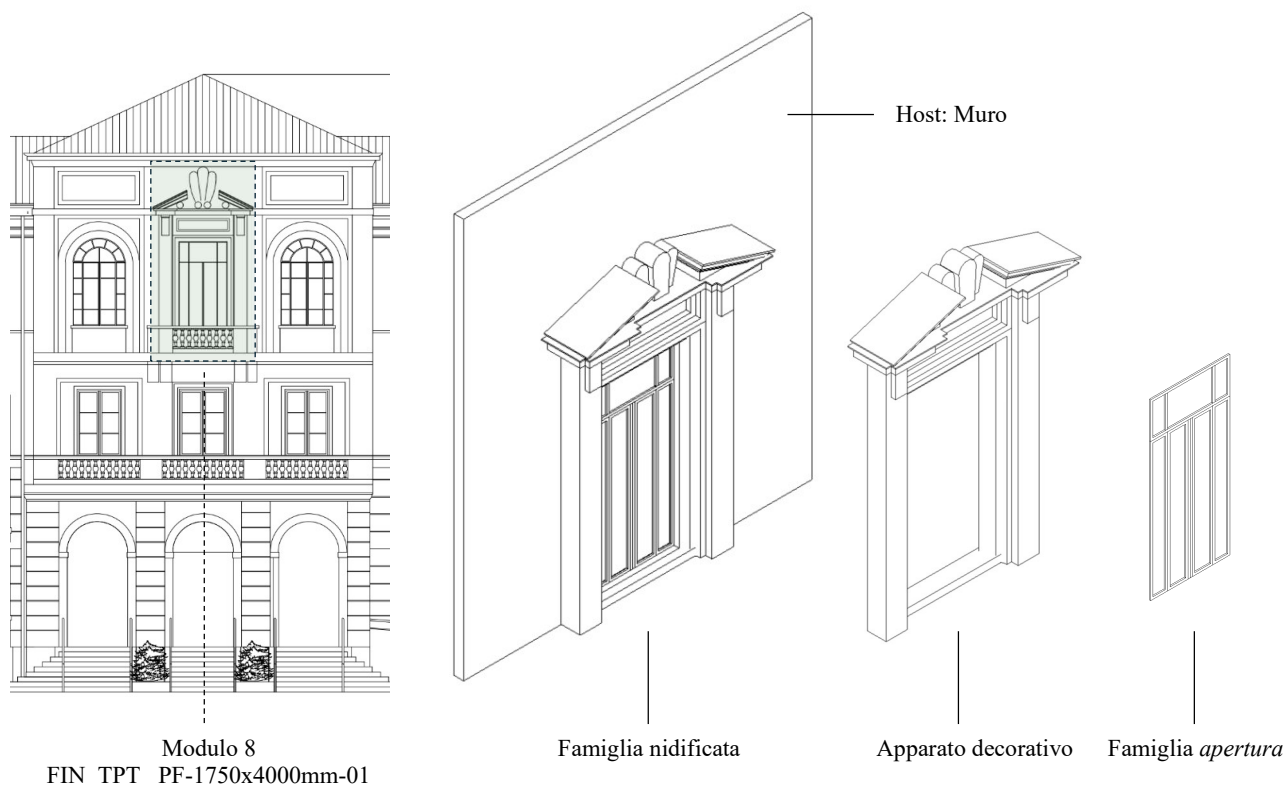


Figura 41 – Esempio di famiglia nidificata e scomposizione (Fonte: elaborato dall'autore)

Gli infissi così progettati risultano costituiti da due componenti principali: la *famiglia delle aperture* e l'*apparato decorativo* associato. Tale apparato decorativo si compone di una serie di oggetti tridimensionali, ciascuno rappresentante una specifica decorazione, permettendo in questo modo, di ottenere un sistema parametrico in cui ogni elemento può essere modificato o personalizzato.

Il modello finale risulta essere flessibile con una struttura coerente e ben organizzata, garantendo in tal modo un equilibrio tra adattabilità e rigore progettuale.

7.5 Data enrichment

L'obiettivo del presente lavoro è lo sviluppo di uno strumento volto a facilitare l'accesso alla documentazione aggiornata e a consentire l'estrazione rapida dei dati di interesse. Come illustrato in precedenza, è stata realizzata la modellazione geometrica della facciata oggetto di studio, limitando la rappresentazione agli elementi principali. La scelta orientata alla semplificazione è stata adottata al fine di agevolare la pianificazione delle ispezioni periodiche e la redazione dei registri di manutenzione.

La gestione delle informazioni e della documentazione conservata, sia cartacea che digitale, appare come un processo articolato e, in alcune situazioni, di difficile operatività. Spesso i dati vengono generalmente archiviati sotto forma di documenti fisici o digitali. Se da un lato assicura la conservazione delle informazioni, dall'altro può risultare poco utile nella fase di gestione e consultazione, in particolare quando si deve fare un confronto tra dati di differenti periodi storici.

Nel manufatto oggetto della presente ricerca, è stata svolta un'analisi sia nel suo contesto fisico che storico, permettendo di recepire diversi materiali d'archivio. Parte della documentazione era già stata digitalizzata in ambiente CAD dai tecnici della Città Metropolitana di Torino, ente proprietario del bene. A supporto della modellazione della facciata principale, le fonti utilizzate, sono quelle selezionate dal *Catalogo Unico del Polo Bibliografico SBN*, gestito dall'Università di Torino e identificato con la sigla UTO. Il catalogo sopra indicato raggruppa le biblioteche di diversi istituti, in particolare la *Biblioteca del Seminario di Torino e la Biblioteca della Curia Metropolitana della Diocesi di Torino*, che hanno fornito ulteriore documentazione in formato cartaceo come atti, documenti e rappresentazioni storiche. A completamento del quadro informativo, la CMTO ha messo a disposizione rappresentazioni grafiche per integrare il materiale archivistico cartaceo.

Conclusa la fase di raccolta, organizzazione e analisi della documentazione d'archivio, la gestione dei documenti si è basata su un processo di *data enrichment*: l'impiego di parametri configurabili nel pannello delle *proprietà* ha consentito di incorporare un insieme dettagliato di dati aggiuntivi nei corrispondenti componenti architettonici modellati digitalmente, arricchendo così la complessità e l'utilità del modello.

Possiamo dividere questi parametri in tre categorie principali:

- **parametri di progetto** specifici di un singolo progetto
- **parametri condivisi** utilizzabili tra progetti e famiglie grazie alla loro archiviazione esterna
- **parametri globali** applicabili solo a un file ma non legati a categorie specifiche.

Con riferimento al nostro modello è stata definita una lista di parametri condivisi come dimensioni, materiali, caratteristiche fisiche degli elementi. In aggiunta a queste informazioni possono essere inseriti ulteriori dettagli legati alla manutenzione.

In tal senso è possibile realizzare delle schede dedicate che includano, oltre ai dati identificativi, anche parametri aggiuntivi come le problematiche che si possono riscontrare in fase di manutenzione e gli interventi che necessariamente devono essere eseguiti da personale specializzato.

Durante la manutenzione dell'opera, il tecnico si dovrà occupare di aggiornare le informazioni contenute nelle schede come l'esito dei controlli, la data e ulteriori note; questo permette di monitorare lo stato degli elementi e la possibilità di intervenire in modo puntuale sulla base delle informazioni aggiornate.

A livello pratico, la creazione di tali parametri può avvenire attraverso la funzione specifica "*parametri condivisi*", accessibile dalla sezione "*gestisci*" della barra degli strumenti. Per migliorare l'organizzazione, i parametri condivisi possono essere raggruppati in categorie tematiche. Ad esempio, è possibile creare un gruppo denominato "*Manutenzione*", specificamente dedicato alla gestione delle attività manutentive. Durante la definizione di un nuovo parametro, è necessario configurare alcune proprietà fondamentali, tra cui:

- *Nome*: Identificativo unico del parametro.
- *Disciplina di appartenenza*: Specifica l'ambito tecnico (comune, strutture, impianti, ecc.).
- *Tipologia del dato*: La natura del valore associato al parametro (come lunghezza, testo, area, URL o data).
- *Descrizione*: quando necessario

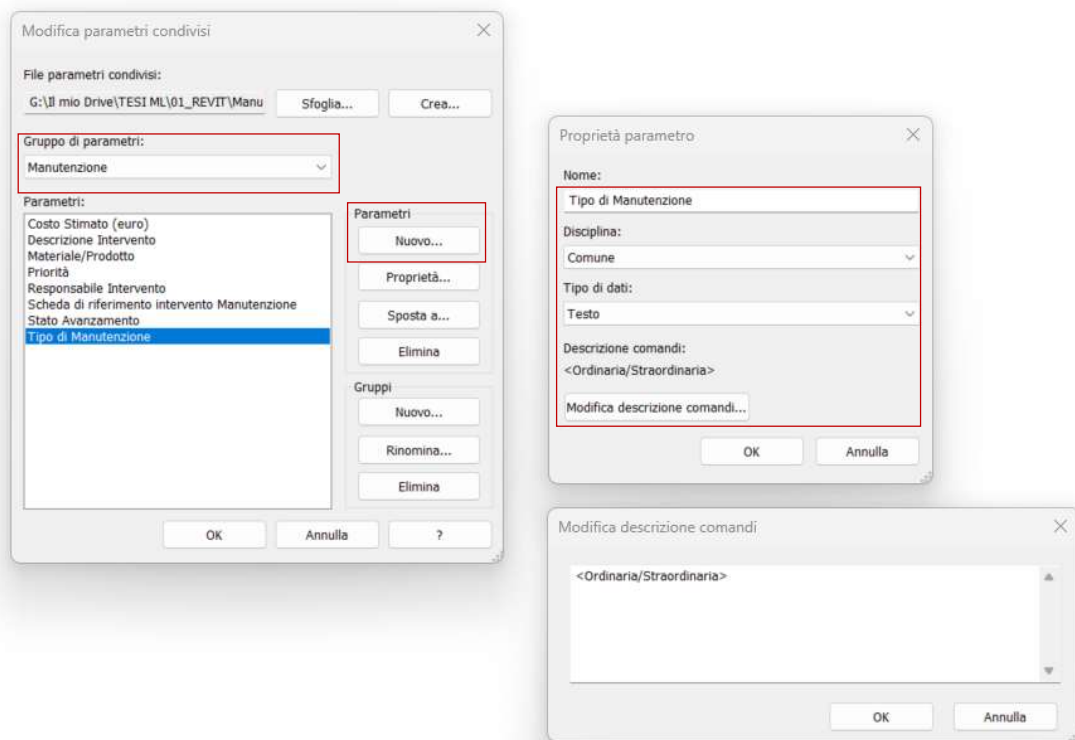


Figura 42 - Definizione di un parametro condiviso (Fonte: elaborato dall'autore)

Una volta definiti i parametri condivisi, il passo successivo consiste nell'aggiungere il parametro al progetto tramite il comando "*parametri progetto*". Il parametro può essere scelto dall'elenco dei parametri condivisi creati o, in alternativa, può essere generato come un nuovo parametro specifico per il progetto. A questo punto, è necessario decidere se il parametro sarà di *tipo* o di *istanza* e, successivamente, indicare a quali categorie associarlo. Inoltre, compilando il campo "*raggruppa parametro in*", che mostrerà un menu a discesa con le opzioni disponibili, è possibile assegnare la tipologia di input da attribuire al parametro (testo, numeri, ecc).

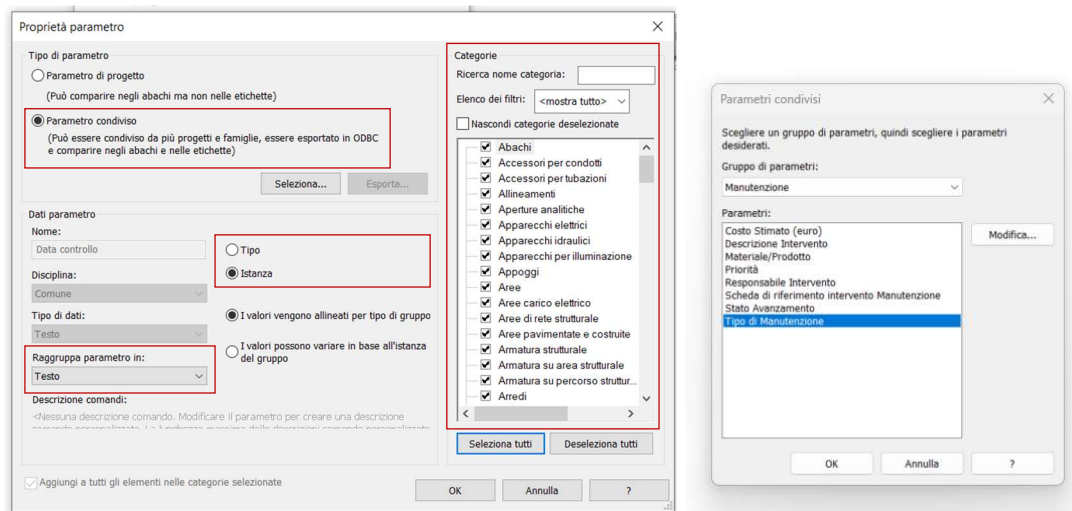


Figura 43 –Modalità di impostazione dei parametri condivisi (Fonte: elaborato dall'autore)

Dalle immagini tratte da Revit, si può osservare che l'ultima fase del processo consiste nella selezione delle categorie a cui assegnare i parametri precedentemente creati. In questo caso, è possibile collegare questi parametri a tutte le categorie disponibili perché, trattandosi di informazioni relative alla manutenzione, possono essere applicate a qualsiasi oggetto presente all'interno del modello.

In questo caso, l'Agenzia del Demanio mette a disposizione un insieme di parametri che riguardano il Facility Management. La quantità e la tipologia dei set da utilizzare vengono poi definite in base alle necessità specifiche del progetto. I nomi attribuiti a questi parametri, nella maggior parte dei casi, conservano le sigle alfanumeriche originali previste dalla normativa di riferimento, come ad esempio COD1, M1, F1 e simili.

STD-SYS_ADM-FACILITY		
PARAMETRO	TIPO DI PARAMETRO	DESCRIZIONE
Sys_S1	Testo	UNI EN 15331 - UNI 11257 - Strategia di Manutenzione1
Sys_COD1	Testo	UNI 11257 - Tipo di intervento di Manutenzione1
Sys_M1	Testo	UNI 11257 - Descrizione Manutenzione1
Sys_F1	Numero	UNI 10951 - UNI 11257 - Frequenza Manutenzione1 in minuti
Sys_C1	Numero	Costo Manutenzione1 in €
Sys_T1	Numero	Tempo di Manutenzione1 in minuti
Sys_R1	Numero	UNI 10951 - UNI 11257 - Risorse operative Manutenzione1 in Unità Uomo
Sys_CA1	Numero	UNI 10951 - UNI 11257 - Costo Attrezzature Manutenzione1 in € Tot./Minuti Vita Utile
Sys_CR1	Numero	UNI 10951 - UNI 11257 - Costo Risorse Manutenzione1 in €/Minuti
Sys_Scheda1	URL	UNI 11257 - URL Scheda di riferimento intervento Manutenzione1

Figura 44 - Tabella Parametri E - Facility

Nel caso analizzato, sono stati scelti alcuni parametri tra quelli elencati nella tabella mostrata in precedenza. Oltre a questi, ne sono stati introdotti altri, pensati appositamente per rispondere alle caratteristiche specifiche del progetto. La tabella seguente raccoglie in modo sintetico l'insieme completo dei parametri impiegati nel modello.

Tabella 1 - Lista dei parametri condivisi

Nome Parametro	Tipo Dato	Descrizione
<i>Tipo di Manutenzione</i>	Testo	Ordinaria / Straordinaria
<i>Descrizione Intervento</i>	Testo multilinea	Specifica dell'attività prevista (es: ripristino, pulitura)
<i>Materiale/Prodotto Usato</i>	Testo	Tipo di materiale previsto (es: malta, resina, idropittura)
<i>Priorità</i>	Testo	Alta / Media / Bassa
<i>Data Intervento</i>	Testo	Quando si prevede l'esecuzione
<i>Responsabile Intervento</i>	Testo	Nome ente o azienda responsabile
<i>Stato Avanzamento</i>	Testo	Da eseguire / In corso / Completato
<i>Costo Stimato (€)</i>	Numero (euro)	Stima dei costi dell'intervento

Successivamente, al fine di documentare e organizzare le informazioni relative agli interventi di manutenzione effettuati (o da effettuare) su ciascun elemento dell'edificio, sono stati definiti specifici parametri di progetto utili a riconoscere e descrivere le patologie riscontrate. A corredo di ciò, si propone una tabella riepilogativa che illustra i parametri di progetto in questione.

Tabella 2 - Lista dei parametri di progetto

Nome Parametro	Tipo Dato	Descrizione
<i>Tipo Patologia</i>	Testo	Fessurazione, distacco, umidità, efflorescenze, erosione, ecc..
<i>Gravità</i>	Testo	Lieve / Moderata / Grave
<i>Descrizione/Osservazioni</i>	Testo	Note aggiuntive (es: posizione precisa, osservazioni)

<i>Data Rilevamento</i>	Testo	Data di ispezione/rilevamento
<i>Immagine Patologia</i>	Immagine	Collegamento a immagine

La metodologia utilizzata ha permesso di creare un database in cui sono raccolte informazioni sullo stato di conservazione dell'edificio e dei suoi singoli componenti. In questo modo, si ottiene una rappresentazione dettagliata e verificabile delle condizioni attuali del bene.

Per illustrare il procedimento, si è preso come esempio uno dei pilastri del pronao, scelto perché tra gli elementi più danneggiati della facciata analizzata.



Figura 45 - Immagine fotografica del pilastro di riferimento (Fonte: elaborato dall'autore)

In questo caso, i parametri legati alle patologie sono definiti come dati di tipo binario (yes/no) e possono essere selezionati per ciascun elemento del modello, qualora venga rilevata o meno la presenza della patologia.

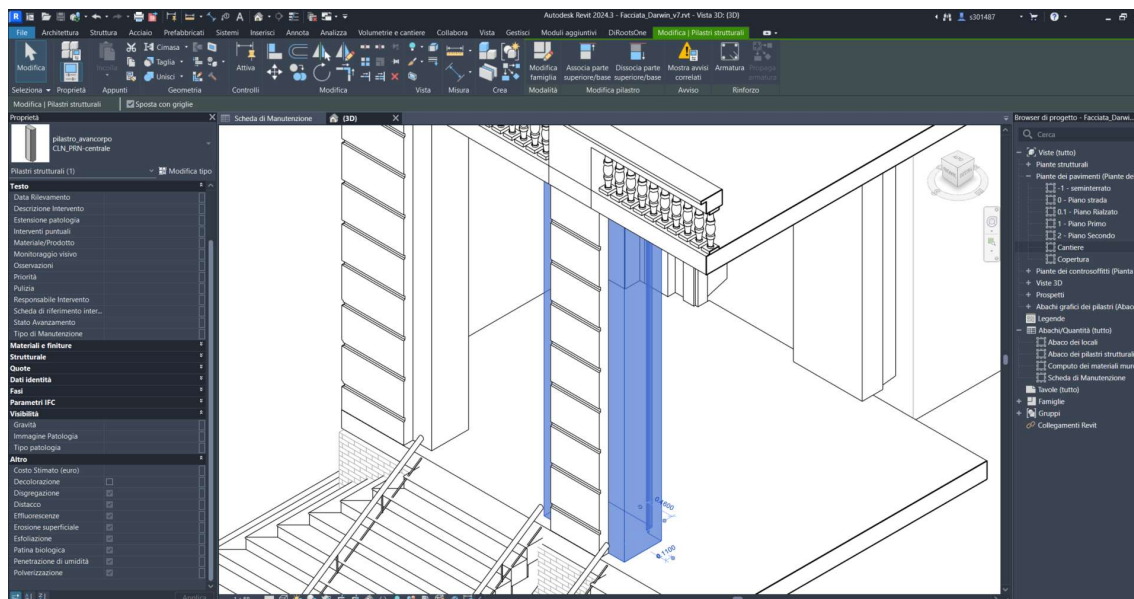


Figura 46 – Interfaccia di Revit con individuazione del pilastro in oggetto e relativi parametri (Fonte: elaborato dall'autore)

Visibilità	
Gravità	☐
Immagine Patologia	☐
Tipo patologia	☐
Altro	
Costo Stimato (euro)	☐
Decolorazione	☐
Disgregazione	☒
Distacco	☒
Effluorescenze	☒
Erosione superficiale	☒
Esfoliazione	☒
Patina biologica	☒
Penetrazione di umidità	☒
Polverizzazione	☒

Figura 47 - Elenco delle patologie inserite nel modello Revit (Fonte: elaborato dall'autore)

Dunque, dopo aver integrato tutti i parametri precedentemente descritti, a ciascun elemento sono state associate alcune patologie ricorrenti, selezionate a partire dalle anomalie rilevate durante l'analisi del caso studio. Sono stati inoltre aggiunti ulteriori parametri relativi alle attività di manutenzione previste e alle verifiche da effettuare.

Questo insieme di dati, consente di creare *abachi* strutturati i quali costituiscono la base per la redazione della Scheda di Manutenzione, direttamente estraibile da Revit. L'elenco delle patologie, degli interventi e delle verifiche può essere modificato in ogni

momento, a seconda delle esigenze operative, rendendo lo strumento flessibile e adattabile a diversi contesti applicativi.

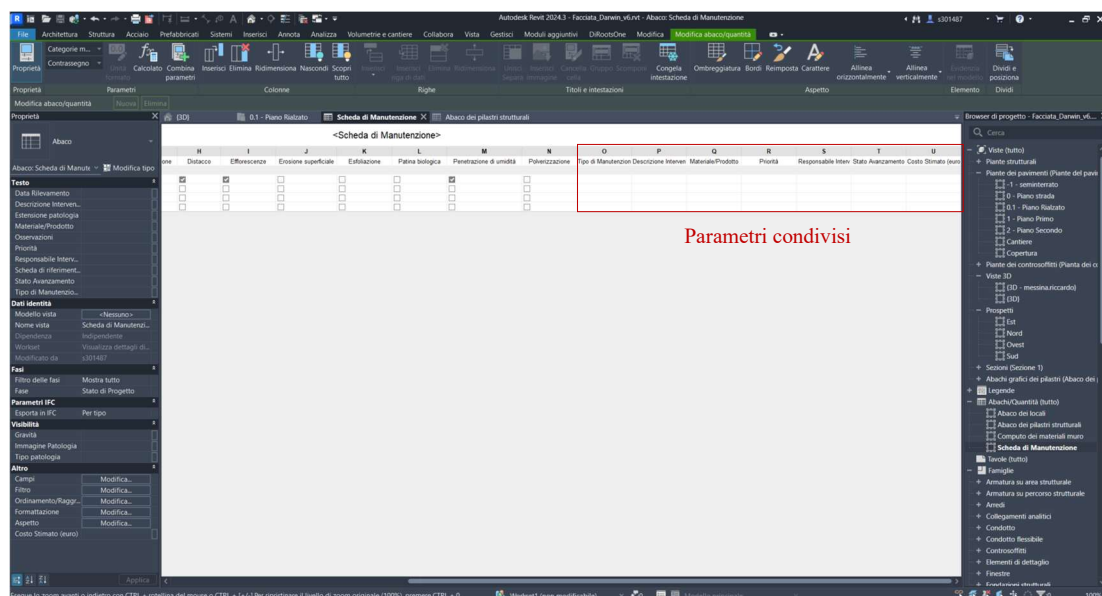
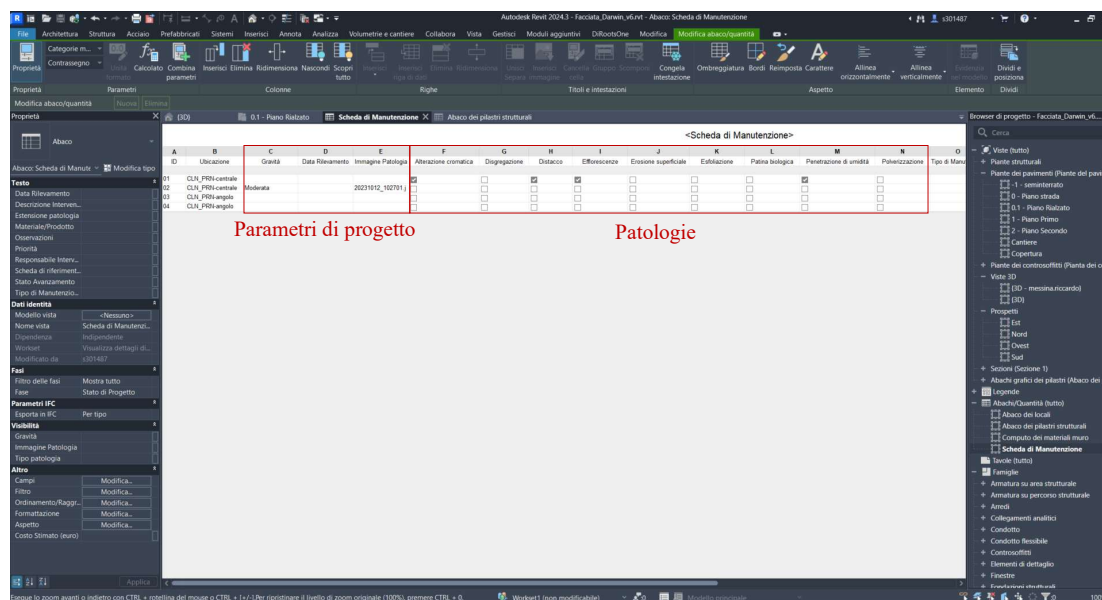


Figura 48 - Interfaccia di Revit con Scheda di Manutenzione - compilazione a cura de manutentore (Fonte: elaborato dall'autore)

Quindi, dopo aver esportato gli abachi dal modello Revit, è possibile lavorare su di essi utilizzando Excel, un ambiente decisamente più conosciuto, versatile e facilmente utilizzabile anche da chi non ha una formazione specifica nel campo del BIM. Di conseguenza, la comunicazione e la condivisione delle informazioni tra i diversi attori del progetto diventano più fluide. Una volta compilati i campi e inserite le informazioni da parte del manutentore o di altri operatori qualificati, il file Excel può essere

reimportato in Revit, aggiornando così l'abaco all'interno del modello con dati più recenti. Lo scambio tra Revit e file esterni può essere facilitato utilizzando dei componenti aggiuntivi all'interno del software stesso come ad esempio **DiRoots One**, un plug-in che migliora la gestione tra i dati di Revit e altre piattaforme, **BIM One Import/Export Excel**, che consente di esportare e importare i parametri con Excel, ed infine **Dynamo**, che attraverso una programmazione visuale permette di automatizzare la creazione di parametri su Revit.

La bidirezionalità di questi strumenti permette di aggiornare e modificare i dati sia nel modello BIM che nel file Excel, garantendo una sincronizzazione immediata tra le due applicazioni.

Va sottolineato che questo esempio si adatta a un progetto caratterizzato da un numero relativamente limitato di elementi geometrici e di informazioni. In contesti più complessi, come progetti di maggiore portata con un numero significativamente superiore di oggetti modellati, diventa fondamentale adottare metodologie semplificate o automatizzate per la compilazione e la gestione dei parametri di progetto. Questo sistema consente di mantenere uno storico dettagliato degli interventi effettuati e di quelli programmati, assicurando al contempo che le informazioni siano sempre aggiornate senza rischiare la perdita dei dati pregressi.

Restituzione della patologia nel modello

Nel contesto della rappresentazione del degrado all'interno di un modello BIM, Revit consente di visualizzare in modo chiaro e sistematico le principali patologie che interessano le superfici degli edifici storici, come fessurazioni, distacchi d'intonaco, tracce di umidità, erosioni o alterazioni cromatiche. Questa modalità di restituzione è stata sperimentata e applicata in diversi progetti di ricerca, tra cui si trova il caso pubblicato nel *Quadrimestrale di cultura, storia e tecniche della conservazione per il progetto*, diretto da Marco Dezzi Bardeschi³⁴. In particolare, viene descritto il rilievo e la modellazione del Deposito Locomotive di Torino, in cui si è proceduto a

³⁴ 'ANANKE, numero speciale GeoRes novembre 2017: "*Geomatics and Restoration: Conservation of Cultural Heritage in the Digital Era*", la prima Conferenza internazionale su geomatica e restauro (22 - 24 maggio 2017, Firenze) *Quadrimestrale di cultura, storia e tecniche della conservazione per il progetto*.

rappresentare graficamente i fenomeni di degrado a partire da una nuvola di punti ad alta densità, acquisita tramite laser scanner, e successivamente modellata in ambiente BIM. Il risultato ottenuto è una restituzione chiara e dettagliata delle condizioni materiche dell'edificio, da cui è possibile ricavare una lettura stratificata del manufatto.

Un altro esempio significativo è lo studio condotto da Aricò e altri sulla Chiesa di Santa Maria della Grotta a Marsala, descritto nell'articolo "*Scan-to-BIM Process and Architectural Conservation: Towards an Effective Tool for the Thematic Mapping of Decay and Alteration Phenomena*"³⁵. In questo lavoro, il rilievo digitale e la modellazione tridimensionale dell'edificio sono stati integrati con una lettura ed analisi dettagliata dello stato conservativo delle murature interne ed esterne. Anche in tale progetto, il punto di partenza è stata la nuvola di punti, da cui è stato possibile individuare lo stato di degrado, poi rappresentato mediante un sistema di mappature tematiche all'interno del modello, come sotto raffigurato.

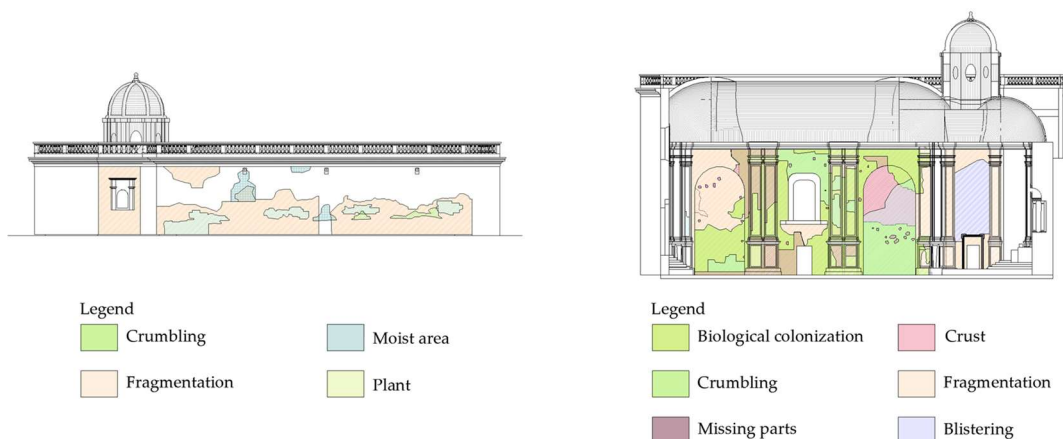


Figura 49 - Mappa dei degradi: su muro esterno (a sinistra), su muro interno (a destra). (Fonte: researchgate.net)

In entrambi i casi il metodo adottato segue un flusso operativo ben strutturato. Partendo dall'acquisizione della nuvola di punti mediante rilievo fotogrammetrico o laser scanning, si passa alla successiva modellazione tridimensionale. Il modello BIM viene realizzato seguendo le geometrie dell'edificio, cercando di rispecchiare il più possibile lo stato di fatto. Terminata questa fase, si esegue l'osservazione diretta delle superfici

³⁵ Aricò, Manuela & Ferro, Claudia & La Guardia, Marcello & Lo Brutto, Mauro & Taranto, Germana & Ventimiglia, Gaspare. (2024). Scan-to-BIM Process and Architectural Conservation: Towards an Effective Tool for the Thematic Mapping of Decay and Alteration Phenomena.

attraverso un confronto tra i dati geometrici e le immagini fotografiche per individuare le patologie presenti.

Le alterazioni individuate, vengono poi classificate secondo criteri tecnici basati su normative di riferimento, come la UNI 11182:2006, che fornisce un sistema descrittivo utile per analizzare i materiali lapidei e i principali fenomeni di degrado visibile.

Una volta effettuata la catalogazione, si procede con la rappresentazione grafica vera e propria. A ciascun tipo di degrado viene associata una famiglia generica, modellata in modo da adattarsi alla porzione specifica d'interesse dell'edificio. Le diverse anomalie vengono poi evidenziate applicando filtri grafici e colorazioni convenzionali, per rendere leggibile e coerente la restituzione su piante, sezioni e prospetti.

Nel caso studio oggetto di questa ricerca, è stato sperimentato lo stesso approccio limitatamente ad un pilastro del pronao. In mancanza di una nuvola di punti, si è partiti dal modello tridimensionale digitalizzato, generato come descritto nei capitoli precedenti, integrato da rilievi fotografici ottenuti durante un sopralluogo. Il procedimento adottato ha seguito, per quanto possibile, lo stesso schema applicato nei casi studio citati.

Dall'analisi delle immagini sono state individuate alcune patologie presenti sulla struttura. Una volta delineate le anomalie presenti, è stata creata una famiglia parametrica *generica* per ognuna di esse; in particolare, le famiglie generate rappresentano le seguenti anomalie: distacchi, efflorescenze, patine dovute all'umidità e alterazioni cromatiche.

Una volta caricata l'immagine all'interno dell'editor famiglie e scalata in funzione delle reali dimensioni del pilastro, è stata utilizzata come se fosse un "lucido" per creare degli elementi nel modo più fedele possibile.

Si precisa che le immagini a disposizione non erano angolate in maniera parallela al pilastro, bensì leggermente ruotate. Per tale motivo si è cercato di riprodurre delle geometrie che andassero a rispettare i reali contorni dell'oggetto in questione. Di seguito viene mostrato il processo suddetto relativo ai distacchi.

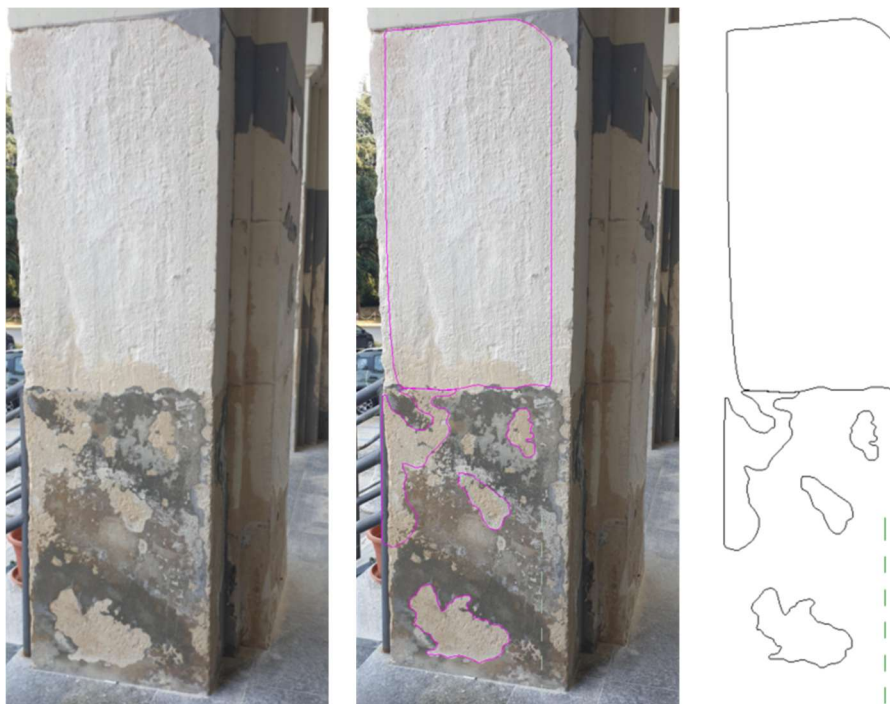


Figura 50 - Individuazione del degrado “distacco” nel pilastro in esame (Fonte: elaborato dall'autore)

È certo che, un risultato molto più accurato, si otterrebbe avendo a disposizione la nuvola di punti, che permette una rappresentazione molto più precisa del reale stato di degrado della struttura.

Una volta creata la famiglia e definita l'area relativa per ogni singola patologia, questa è stata inserita nel modello, nella porzione di pilastro corrispondente.

Le fasi sopra descritte hanno permesso, quindi, di creare una mappatura dei degradi presenti sull'area esaminata. In figura viene mostrato il risultato del lavoro.



Figura 51 - Modellazione sul modello Revit delle anomalie riscontrate (Fonte: elaborato dall'autore)

Si può quindi sostenere che un elemento distintivo del progetto è proprio la parametrizzazione adottata per strutturare queste informazioni, che consente di ottenere dati quantitativi e misurabili.

Le informazioni indicate nei parametri del singolo elemento, risultano utili al fine di poter redigere computi metrici estimativi e analisi dei costi degli interventi di manutenzione in maniera più rapida e accurata rispetto ai metodi tradizionali.

7.6 Gestione delle informazioni in ambiente Dynamo

Entrando più nel merito della questione, **Dynamo** rappresenta una soluzione più articolata ma molto più potente. Si tratta di un ambiente di programmazione visiva che si integra con Revit, consentendo agli utenti di automatizzare e personalizzare operazioni all'interno del software. Funziona attraverso un'interfaccia basata su nodi, dove ogni nodo rappresenta una funzione o un'operazione specifica. Gli utenti possono collegare questi nodi in sequenze logiche per creare flussi di lavoro complessi senza

la necessità di scrivere un codice di programmazione tradizionale. Sebbene il linguaggio di base di Dynamo sia Python, l'interfaccia grafica consente di interagire con i dati e le operazioni in modo visivo, semplificando la programmazione e ampliando le capacità di progettazione di Revit.

Più che un semplice automatismo, quindi, Dynamo si configura come una piattaforma per la gestione parametrica delle informazioni, in grado di interagire con database esterni, generare filtri e logiche e attivare processi dinamici all'interno del modello.

Un primo esempio concreto riguarda l'identificazione e la schedatura sistematica degli elementi da ispezionare periodicamente. In edifici di pregio storico, tali elementi includono spesso superfici affrescate, apparati decorativi lignei, capitelli lapidei o coperture storiche. Tramite Dynamo, è possibile generare *script* che filtrano automaticamente tali componenti per categoria, famiglia o posizione (utilizzando ad esempio parametri condivisi), ed estrarre da essi un set di informazioni chiave – come l'ID elemento, l'ubicazione (livello e stanza), lo stato di conservazione e la data dell'ultimo intervento – da esportare in un foglio Excel. Questo approccio è descritto anche nel lavoro di *Dore e Murphy (2017)*³⁶, in cui si sottolinea l'importanza dell'automazione nella documentazione continua dei beni storici tramite HBIM.

Durante le fasi di ispezione, il personale incaricato, può aggiornare il file Excel con le informazioni rilevate, ad esempio “presenza di microfessurazioni”, “presenza di patina biologica” e aggiornare i parametri del modello Revit in maniera automatizzata, riducendo significativamente il rischio di errori di trascrizione e consentendo un aggiornamento coerente dell'intero sistema informativo. Un esempio di questa sperimentazione è, ad esempio, la modellazione HBIM della Cattedrale di Parma, dove i progettisti *Bruno e Roncella (2018)*³⁷ hanno elaborato script ad hoc per la gestione dei dati conservativi legati alle superfici architettoniche.

Un altro ambito operativo riguarda la manutenzione programmata. A ciascun elemento può essere associato un intervallo temporale per la verifica o l'intervento (ad esempio, ogni 6 mesi per gli infissi in legno o ogni 12 mesi per i manti di copertura). Dynamo

³⁶ Dore, C., & Murphy, M. (2017). Current state of the art Historic Building Information Modelling. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, XLII-2/W5, 185–192.

³⁷ Bruno, S., & Roncella, R. (2018). A restoration-oriented HBIM system for Cultural Heritage documentation: The case study of Parma Cathedral. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, XLII-2, 171–178.

permette di confrontare automaticamente, mediante un calendario integrato, la data corrente con quella prevista per il prossimo intervento, restituendo nel modello un sistema di codifica visiva, ad esempio attraverso l'attribuzione di colori in base all'urgenza: rosso per interventi scaduti, arancione per quelli prossimi e verde per quelli non imminenti. Tale visualizzazione ha una funzione di supporto decisionale e operativo, come evidenziato da *Volk et al. (2014)*³⁸ nell'analisi dei requisiti informativi dei modelli BIM per edifici esistenti.

Nel presente studio applicativo, il flusso operativo è stato implementato mediante l'impiego di Dynamo, con l'intento di generare automaticamente un file in formato Excel contenente i parametri descritti nel capitolo precedente. Tale procedura è finalizzata allo sviluppo di uno script parametrico generalizzato, concepito per essere applicabile all'intero insieme di elementi del modello informativo BIM per i quali siano previsti interventi di tipo manutentivo.

In particolare, lo script per l'esportazione del file Excel, si articola in quattro fasi illustrate di seguito:

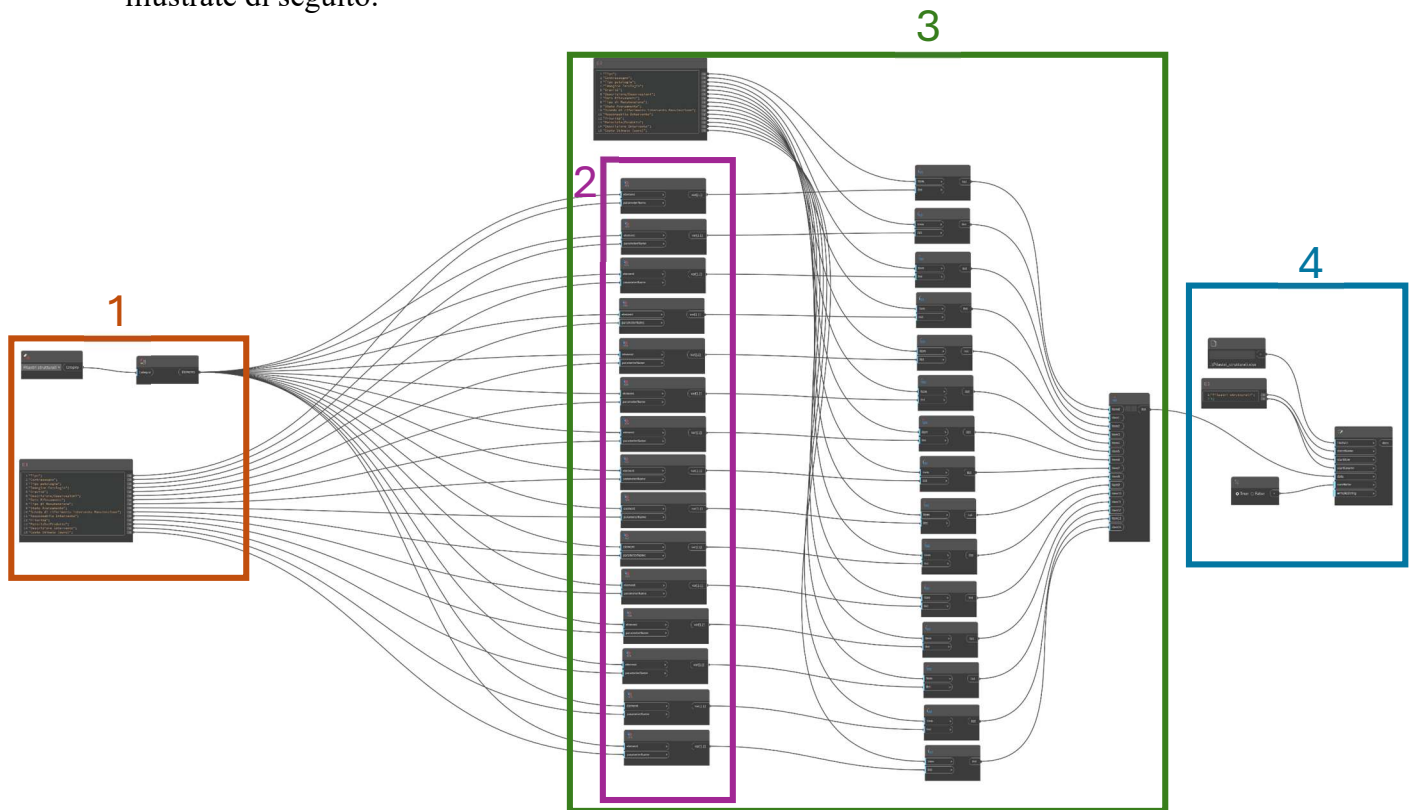


Figura 52 - Script Dynamo per esportazione abaco in Excel (Fonte: elaborato dall'autore)

³⁸ 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.

La fase 1 prevede la selezione della categoria dell'elemento per la quale si intende generare l'abaco in formato Excel, unitamente alla definizione di una stringa (Code Block) contenente l'elenco dei parametri informativi che il manutentore sarà tenuto a compilare al termine dell'intervento manutentivo.

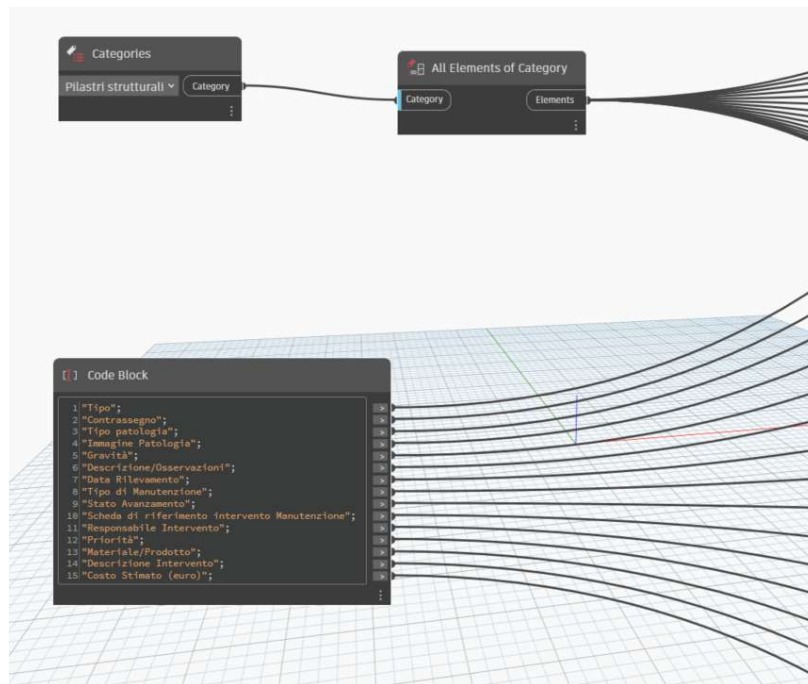


Figura 53 - Zoom script Dynamo - Fase 1 (Fonte: elaborato dall'autore)

La fase 2 del processo consiste nell'estrazione dei valori contenuti in ogni parametro appartenente alla categoria selezionata. Questa operazione viene eseguita mediante l'impiego della funzione *Element.GetParameterValueByName*, la quale richiede in input l'elenco degli elementi della categoria di interesse (identificati come *Element*) e il nome del parametro di cui si intende recuperare i valori (*Parameter Value*). Ciascun nodo *Element.GetParameterValueByName* restituisce l'insieme dei valori relativi a un singolo parametro; pertanto, è stato necessario replicare il nodo per ogni parametro che si desidera includere nel file di output.

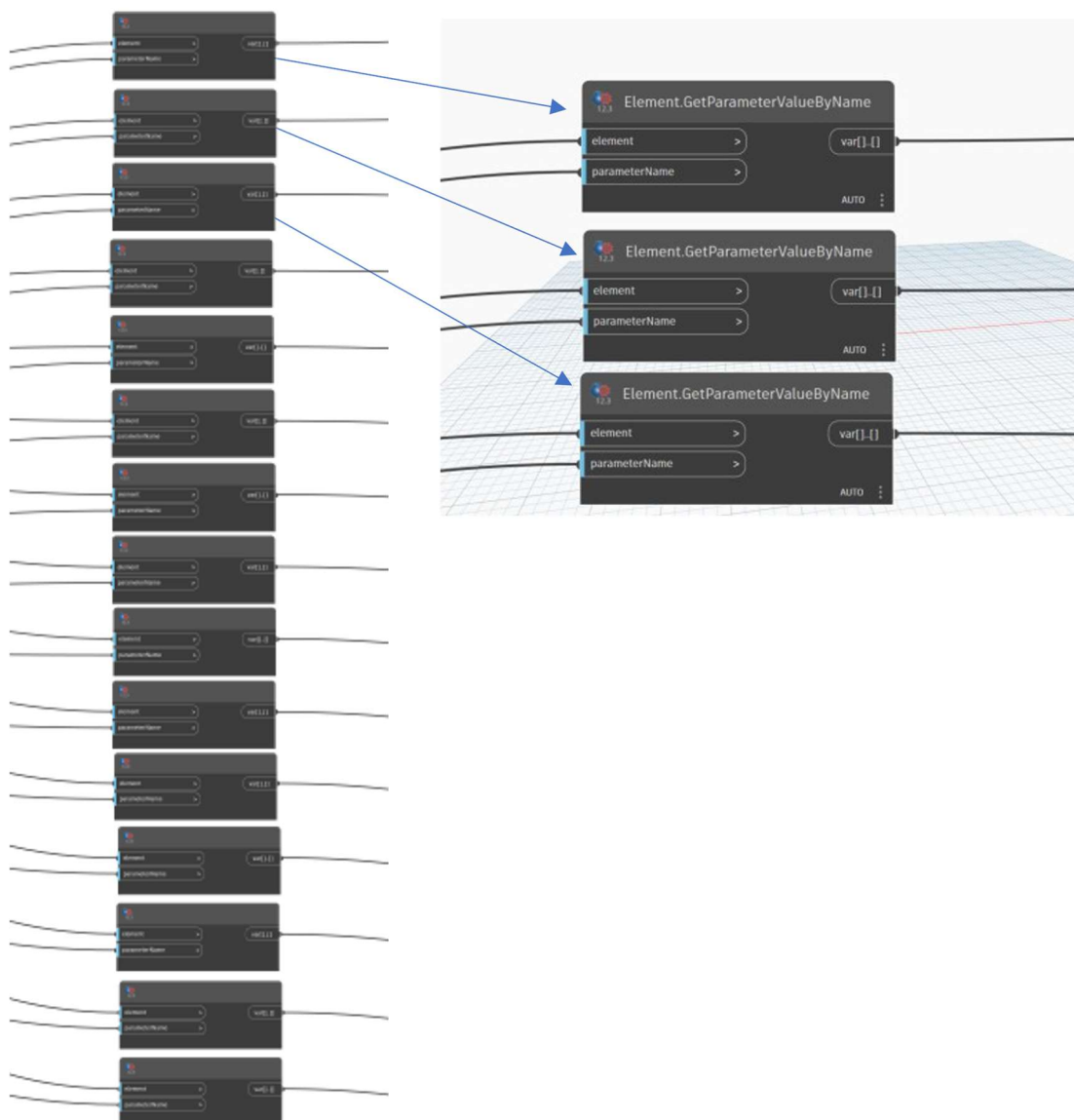


Figura 54 - Zoom script Dynamo - Fase 2 (Fonte: elaborato dall'autore)

La funzione descritta nella fase precedente consente di estrarre correttamente i valori associati ai singoli parametri; tuttavia, tali valori risultano privi di un'etichetta identificativa, ovvero del nome del parametro corrispondente. Di conseguenza, nella fase successiva si interviene per risolvere questa criticità, antepponendo a ciascuna lista di valori il nome del parametro di riferimento. L'operazione viene eseguita tramite l'utilizzo della funzione *List.AddItemToFront*, la quale consente di inserire un elemento (in questo caso una stringa contenente il nome del parametro) all'inizio di una lista esistente. I due input richiesti dalla funzione sono il nome del parametro (*Item*) e la relativa lista di valori (*List*).

Una volta fatto quanto sopra, si procede con la creazione della lista definitiva di parametri e valori di cui sarà composto l'abaco (fase 3), mediante la funzione *List.Create*, dove ogni item rappresenta una delle liste prima descritte (vedi fase 2).

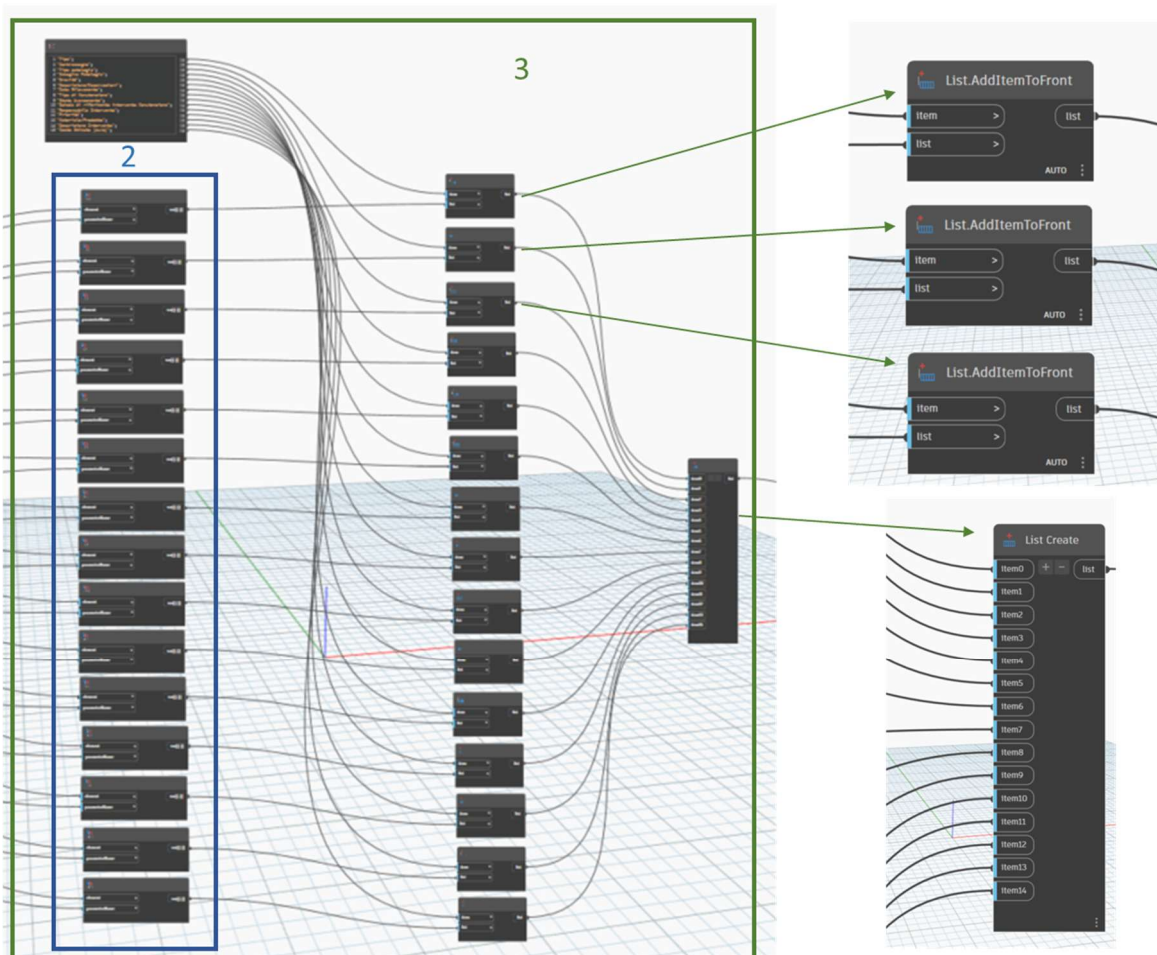


Figura 55 - Zoom script Dynamo - Fase 3 (Fonte: elaborato dall'autore)

Si conclude infine con l'esportazione dell'abaco in file Excel, tramite la funzione *Data.ExportToExcel*.

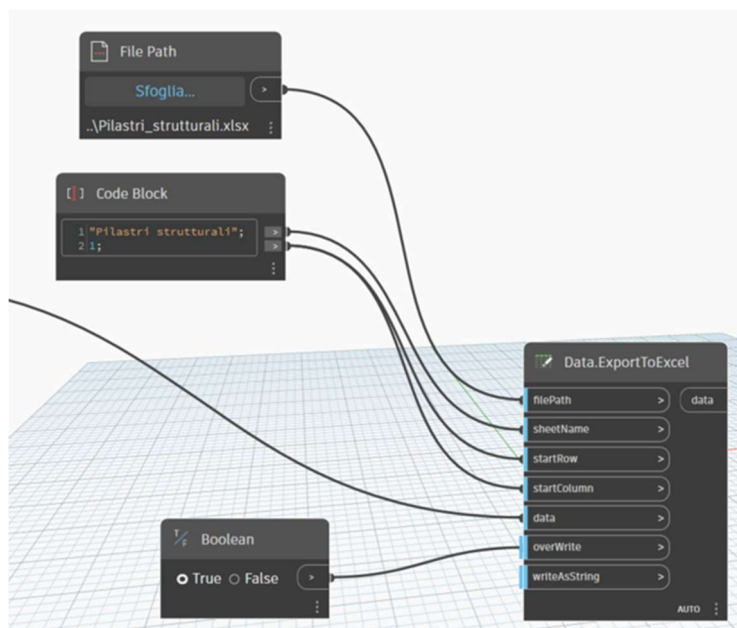


Figura 56 - Zoom script Dynamo - Fase 4 (Fonte: elaborato dall'autore)

Questa funzione richiede in input il percorso in cui salvare il file in formato .xlsx, il nome del foglio di lavoro da creare, la riga e la colonna da cui inizierà la compilazione della tabella, oltre alla lista prodotta nella fase precedente.

In tal modo si otterrà un file Excel come quello rappresentato di seguito:

	A	B	C	D	E	F	G
1							
2		Tipo	Family Type: CLN_PRN-centrale	Family Type: CLN_PRN-centrale	Family Type: CLN_PRN-angolo	Family Type: CLN_PRN-angolo	
3		Contrassegno	1	2	1	2	
4		Tipo patologia					
5		Immagine Patologia					
6		Gravità					
7		Descrizione/Osservazioni					
8		Data Rilevamento					
9		Tipo di Manutenzione					
10		Stato Avanzamento					
11		Scheda di riferimento intervento Manutenzione					
12		Responsabile Intervento					
13		Priorità					
14		Materiale/Prodotto					
15		Descrizione Intervento					
16		Costo Stimato (euro)					
17							
18							

Figura 57 - File Excel generato dall'esportazione Dynamo (Fonte: elaborato dall'autore)

Questi saranno i campi che dovranno essere compilati a valle di ogni singola manutenzione, a cura del soggetto che la effettua. In tal modo si avrà contezza di quanto effettuato e dello stato aggiornato degli elementi dell'edificio.

Una volta compilata la tabella, il file potrà essere importato all'interno del modello, aggiornando i singoli campi dell'abaco. Anche per il processo di import dei dati, è stato elaborato un SVrkflow con Dynamo che si articola principalmente in tre fasi, di seguito illustrate:

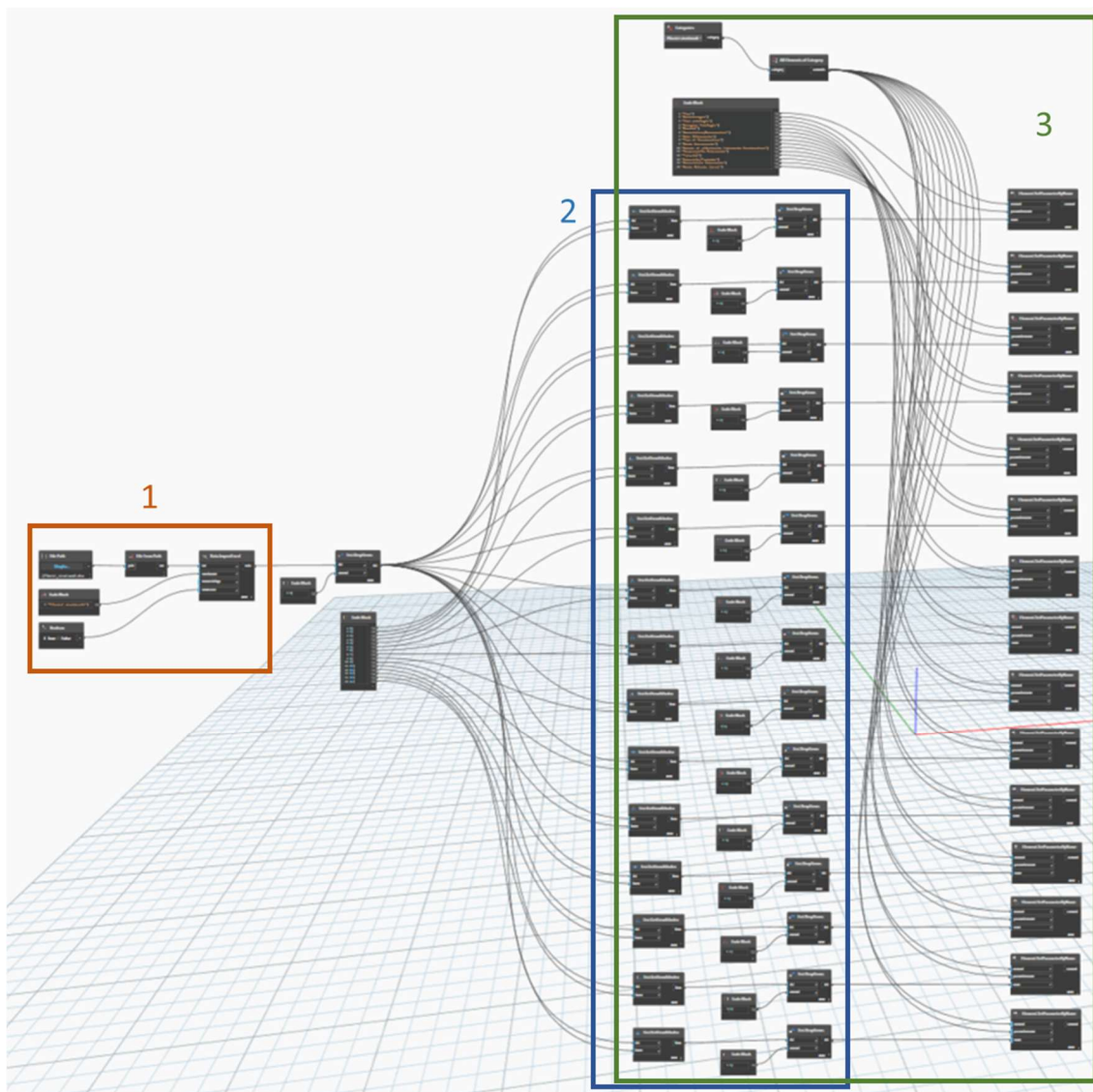


Figura 58 - Script Dynamo per l'importazione dati in Revit (Fonte: elaborato dall'autore)

La fase 1 consiste nell'indicare al software il percorso ed il nome del foglio di lavoro dell'abaco da importare.

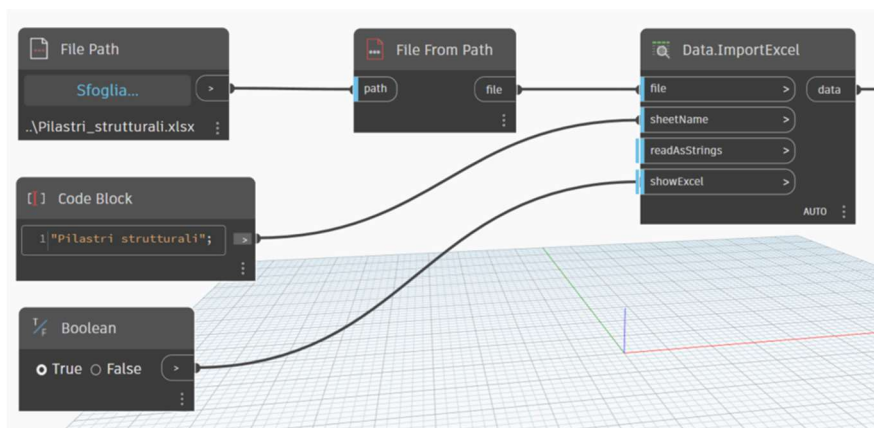


Figura 59 - Zoom script Dynamo per l'importazione - Fase 1 (Fonte: elaborato dall'autore)

Analogamente a quanto fatto con lo script di esportazione dei dati, anche per quello di importazione, vengono creati tanti blocchi di funzioni quanti sono i parametri da aggiornare nel modello (2).

In particolare, ogni blocco indicato in figura contiene due funzioni:

- *List.GetItemAtIndex*: preleva dai dati contenuti nel file Excel, solo la lista di valori appartenenti al parametro con un certo *Index*;
- *List.DropItems*: mira ad eliminare l'intestazione dei parametri, poiché già presenti nel modello; in tal modo vengono aggiornati solo ed esclusivamente i valori dei parametri stessi.

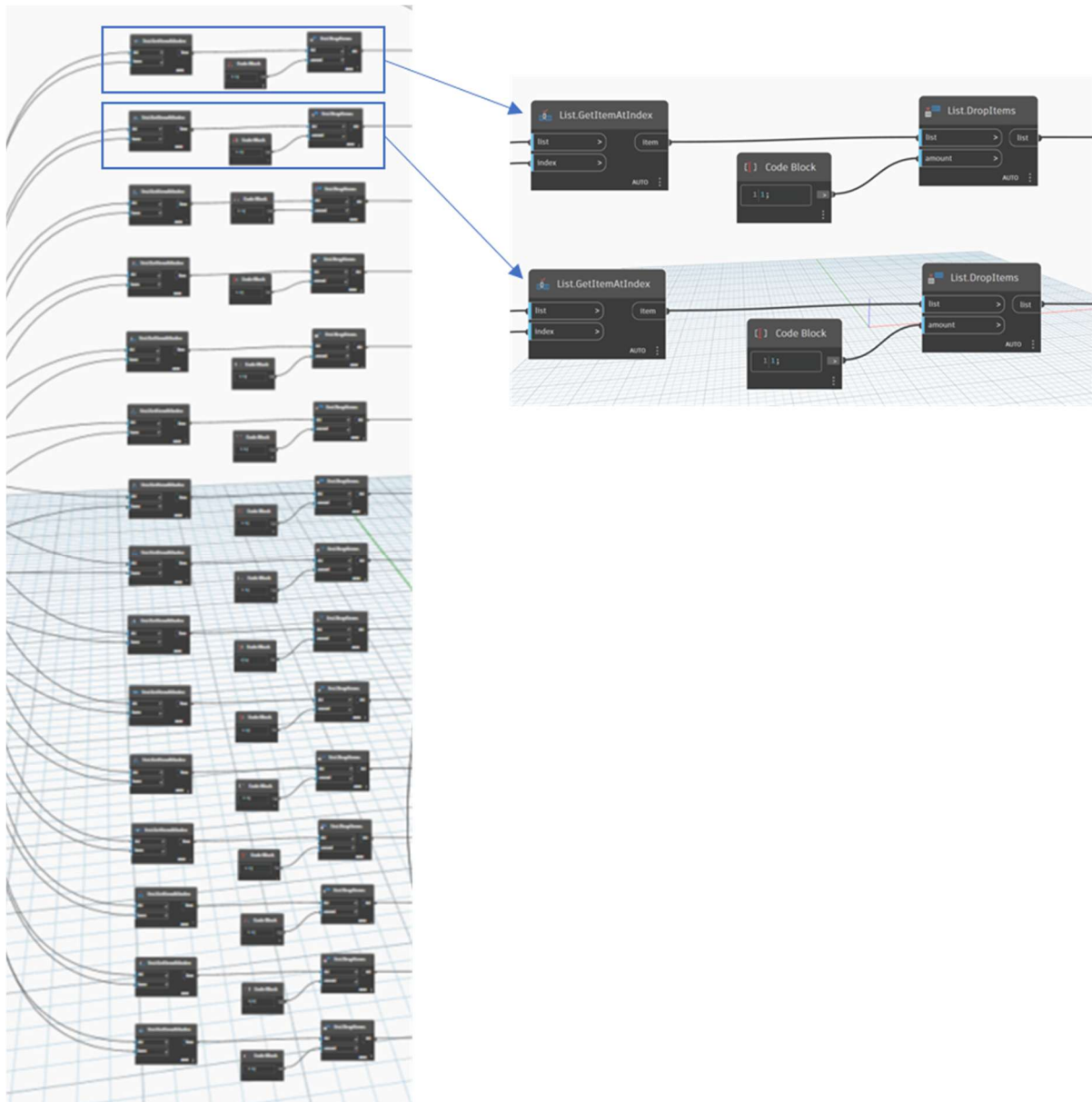


Figura 60 - Zoom script Dynamo per l'importazione - Fase 2 (Fonte: elaborato dall'autore)

Infine, attraverso l'impiego della funzione *Element.SetParameterByName*, si procede all'aggiornamento dei valori dei parametri selezionati direttamente all'interno del modello BIM.

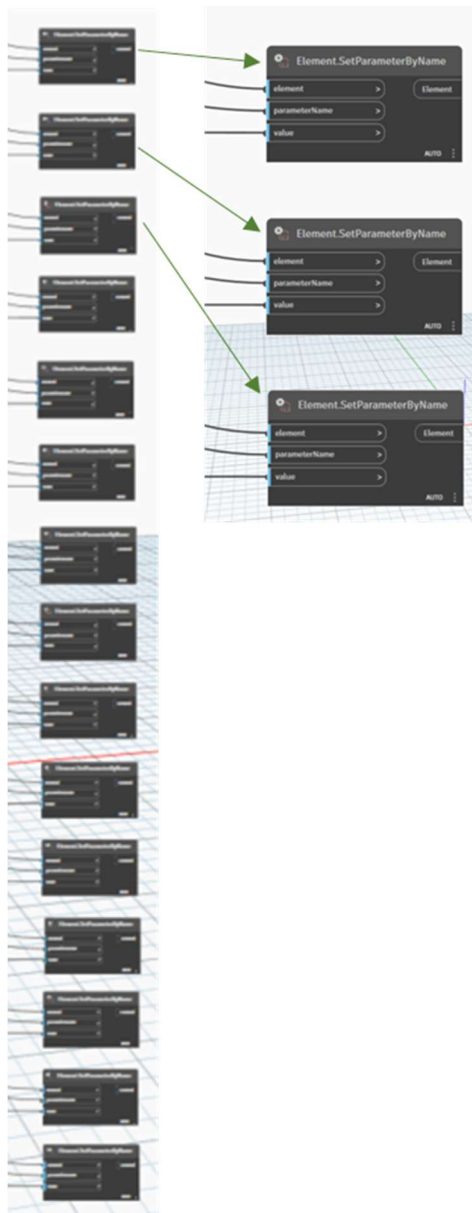


Figura 61 - Zoom script Dynamo per l'importazione - Fase 3 (Fonte: elaborato dall'autore)

Tale funzione richiede in input l'insieme degli elementi appartenenti all'abaco (*element*), il nome del parametro da modificare (*parameterName*) e la lista dei nuovi valori da assegnare (*value*). In questo modo, per ciascun elemento del modello, il parametro specificato viene aggiornato con i dati elaborati nelle fasi precedenti del flusso coerentemente a quanto indicato dal manutentore.

L'utilizzo di Dynamo, dunque, consente di trasformare il modello BIM da semplice contenitore informativo a strumento dinamico per la gestione tecnica e documentale della manutenzione nel tempo. Ciò risulta particolarmente utile nel caso di edifici storici, dove la necessità di tracciabilità, aggiornamento e coerenza informativa è particolarmente elevata, e dove gli strumenti digitali possono contribuire a una più efficace conservazione e valorizzazione del bene.

Conclusioni

Le costruzioni di carattere storico nel nostro paese rappresentano il 25% del patrimonio edilizio esistente: le recenti analisi di settore evidenziano che il mercato delle ristrutturazioni per le suddette tipologie di edifici è in crescita, con la presenza di numerose imprese specializzate nel campo. Un aspetto da evidenziare è che nel recupero degli edifici storici si va oltre al semplice rifacimento della facciata o di alcuni elementi architettonici, si intende anche mantenere i materiali, i metodi di realizzazione, riportare alla città un pezzo di storia mettendo insieme le nuove tecnologie con la tradizione culturale dell'edificio stesso.

Seguendo tale direzione, in questo lavoro è stata esplorata l'applicazione del BIM, in particolare dell'HBIM, evidenziando come questo metodo stia trasformando la gestione degli interventi sugli edifici esistenti, con un'attenzione specifica a quelli vincolati. L'analisi si è concentrata sulla documentazione e manutenzione del patrimonio edilizio, prendendo come riferimento il Liceo Darwin di Rivoli.

Possiamo sintetizzare la ricerca sviluppata in fasi ben distinte. Una prima fase di inquadramento teorico e normativo del BIM in cui è stata affrontata l'adattabilità di questa metodologia agli edifici storici, per poi passare ad una rassegna critica delle esperienze già documentate per individuare pratiche consolidate, problematiche ricorrenti e suggerimenti utili per la definizione di un modello sperimentale. In una seconda fase l'analisi si è concentrata sui benefici derivanti dall'utilizzo del BIM nelle attività di Facility Management. Ad oggi, infatti, la metodologia BIM è prevalentemente applicata alla fase di progettazione e, in parte, alla fase di costruzione, ma le fasi di gestione e dismissione dell'edificio restano ancora un po' aleatorie: se ne discute molto ma mancano ancora esempi concreti importanti che definiscono con chiarezza quelle che sono le attività di manutenzione e di dismissione dell'edificio. Questo avviene proprio perché ci troviamo ancora in una fase transitoria.

Il caso del Liceo Darwin ha portato alla luce, nel 2008, il problema della gestione e manutenzione degli edifici, costituendo il punto di partenza per riflettere su come il monitoraggio continuo sullo stato degli edifici possa evitare il sorgere di eventi dannosi. Dunque, partendo dall'analisi di elaborati grafici, rilievi fotografici e fonti archivistiche disponibili, è stato costruito un modello informativo focalizzato sulla facciata nord dell'edificio. Sebbene non siano stati utilizzati rilievi ad alta precisione

come nuvole di punti o ortofoto, il modello è stato realizzato con l'obiettivo di rappresentarlo nel modo più fedele possibile alla realtà costruita. Il risultato è un file interoperabile, progettato per facilitare la condivisione e la comprensione delle informazioni tra tecnici specializzati e il personale addetto alla manutenzione.

Con un esempio pratico effettuato su un elemento architettonico preso come riferimento, ovvero uno dei pilastri del pronao, è stato mostrato come la mappatura e la classificazione dei degradi e delle patologie renda immediata la lettura dello stato di conservazione, velocizzando la loro identificazione e semplificando notevolmente la pianificazione e l'esecuzione degli interventi manutentivi.

Per la committenza pubblica, questo processo può rappresentare un cambiamento significativo: non si consegna più un progetto statico e limitato, ma si realizza un sistema informativo strutturato secondo criteri precisi, che accompagna l'edificio durante tutte le sue fasi di vita. In tal modo, il committente dispone di una banca dati dinamica, aggiornata e pronta ad essere utilizzata per futuri interventi.

Un altro aspetto emerso durante l'esperienza di tirocinio riguarda la formazione del personale interno, il quale ad oggi non ha sufficiente competenza per gestire modelli digitali complessi. Spesso l'amministrazione si affida ad esperti esterni per la redazione e il controllo dei documenti, limitando la gestione del flusso informativo con il rischio di mantenere il processo di digitalizzazione su un piano puramente formale invece che operativo. In tale senso, è necessario rafforzare i percorsi di formazione del personale, un'iniziativa già avviata, ma ancora insufficiente rispetto alle competenze richieste per interpretare e gestire i modelli, gli ambienti digitali e le informazioni per i processi manutentivi. Solo in questo modo è possibile rendere la committenza sempre più autonoma nella gestione delle proprie risorse digitali.

Appare, quindi, necessaria l'adozione di alcune strategie per la trasformazione interna degli enti pubblici come, appunto, la formazione di figure specializzate secondo la UNI 11337-7, l'adozione di protocolli digitali conformi alla UNI EN ISO 19650, la standardizzazione dei flussi informativi tramite, ad esempio, strumenti come il Capitolato Informativo, il Piano di Gestione Informativa e una buona strutturazione degli Ambienti di Condivisione Dati, l'avvio di casi pilota per testare il ciclo informativo completo e, ovviamente, la dotazione di software e piattaforme interoperabili per la gestione e la validazione dei modelli.

Quando si parla delle dimensioni del BIM, 3D, 4D, 5D, queste vengono sfruttate per i primi anni del progetto; ma logicamente, parlando di Facility, la fase gestionale richiede un arco temporale molto più esteso che può andare dai 20, 30, 40 anni, a seconda dell'immobile. Sta proprio qui l'importanza di riuscire a elaborare dei modelli, e delle logiche che stanno dietro alla modellazione stessa, che siano idonee al passaggio verso la manutenzione e la gestione a lungo termine, trasformando il modello BIM nel famoso *digital twin* capace di accompagnare l'edificio per tutta la sua vita utile.

Questo è un passaggio fondamentale perché se si pensa alla possibilità di avere un modello sviluppato nel modo corretto, curato nei minimi dettagli (non significa necessariamente "ipermodellato" ma sviluppato nell'ottica del facility, quindi di un uso futuro), in cui vengono inserite le informazioni dettagliate e aggiornate, come i dati dell'installazione di un componente, la marca, il codice del prodotto ecc, si tratta di un lavoro che consente di avere sempre e solo un'unica fonte di informazioni aggiornata e affidabile. Dunque, disporre di un modello che è "cresciuto" nel tempo con l'edificio, permette di migliorare l'efficienza nella gestione degli immobili portandola a livelli estremamente elevati. Oltre che a fornire anche una storicità e una tracciabilità delle attività: la semplice registrazione dell'installazione di un prodotto che arriva direttamente dal cantiere, può attivare ed elaborare attraverso il modello quelle che sono le attività di manutenzioni programmate, avendo, di conseguenza, una ricaduta diretta sul contenimento dei costi e dei tempi. Dunque, la possibilità di centralizzare i dati e ottenere una visione ben precisa delle attività da svolgere è sicuramente uno dei principali vantaggi del BIM applicato al Facility Management.

In un'era in cui il principio "il tempo è denaro" si fa sempre più forte, è importante riuscire anche a ottimizzare le prestazioni degli edifici, intervenendo in tempi brevi nel modo più efficace possibile. In quest'ottica il modello BIM associato al Facility apre la strada all'elaborazione del famoso *digital twin* capace di accompagnare l'edificio per tutta la sua vita utile: si tratta, quindi, di un metodo di utilizzo del modello BIM integrato e arricchito da sistemi di sensoristica capaci non solo di monitorare lo stato dell'immobile e dei suoi componenti ma, addirittura, di effettuare analisi predittive per identificare eventuali anomalie. Non è solo un discorso di gestione dei dati, ma si tratta di un processo che permette di migliorare le prestazioni complessive dell'edificio, anche in termini di efficienza economica.

Può sembrare a volte banale insistere sull'importanza di inserire i dati all'interno del modello, ma in realtà non lo è poi così tanto perché spesso, ancora oggi, capita che i modelli vengano “abbandonati” alla fine della costruzione, andando a perdere tutto il loro potenziale nell'intero ciclo di vita. Quando, infatti, si modellano degli oggetti, bisognerebbe integrare fin da subito alcuni parametri che, in un'ottica di integrazione col mondo IoT, permettono un domani di tener traccia dell'utilizzo degli stessi e, di conseguenza, far sì che si possano attuare strategie di manutenzione preventiva: il software, infatti, legge e raccoglie i dati provenienti dai sensori installati in cantiere e permette di gestire le informazioni all'interno del modello stesso. Quindi, nell'ottica di una gestione futura degli interventi, l'inserimento di informazioni ben strutturate e organizzate diventa importantissimo.

Oltre a quanto detto finora, c'è anche la questione legata al tema della sicurezza: infatti attraverso il modello BIM e un software di gestione di BIM Facility, è possibile affrontare le problematiche legate alla sicurezza degli edifici. Attraverso queste piattaforme si possono identificare, ad esempio, i sistemi antincendio, gli accessi alle aree sensibili, le vie di fuga e più in generale i protocolli di sicurezza. Uno dei principali vantaggi, infatti, sta nella possibilità di simulare determinati scenari di emergenza e pianificare, poi, i piani di evacuazione direttamente all'interno del sistema. In più, grazie alla sensoristica integrata per il rilevamento di fumo, calore, ecc., si possono monitorare in tempo reale le condizioni di sicurezza in modo da rispondere tempestivamente a eventuali situazioni di pericolo. Di conseguenza, il Facility non può essere visto come una fase che sta alla fine di un progetto, ma dev'essere considerato come parte integrante del progetto stesso.

Questa tesi, dunque, vuole rappresentare un invito a riflettere sull'importanza e sul potenziale che ha l'integrazione di questi sistemi all'uso della metodologia BIM e su come la gestione del patrimonio costruito possa evolvere notevolmente attraverso l'uso consapevole delle tecnologie digitali: non si tratta più di concetti utopici ma di un'opportunità che si può toccare con mano, una realtà concreta che viaggia verso una direzione ormai ben avviata per il futuro.

Riferimenti bibliografici

Logothetis S., Delinasiou A., and Stylianidis, E.: *Building Information Modelling for Cultural Heritage: A review*, ISPRS Ann. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci., II-5/W3, 177–183, 2015.

Dore C., Murphy M.: *Current state of the art Historic Building Information Modelling. The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, XLII-2/W5, 185–192, 2017

García E.S., García-Valdecabres J., Blasco M.J.V.: *The use of HBIM models as a tool for dissemination and public use management of historical architecture: A review*. International Journal of Sustainable Development and Planning, Vol. 13, No. 1, pp. 96-107, 2018.

Oreni D., Brumana R., Della Torre S., Banfi, F., Barazzetti, L., and Previtali, M.: *Survey turned into HBIM: the restoration and the work involved concerning the Basilica di Collemaggio after the earthquake (L'Aquila)*, ISPRS Ann. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci., II-5, 267–273, 2014.

S. Brusaporci, P. Maiezza e A. Tata: *Computational Design for As-Built Modeling of Architectural Heritage in HBIM processes*, in Conference 2018 Metrology for Archaeology and Cultural Heritage (MetroArchaeo), Cassino, Italy, pp. 199-203, 2018.

Parisi P., Lo Turco M., e Giovannini, E. C.: *The Value of Knowledge through HBIM Models: Historic Documentation with a semantic approach*, Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci., XLII-2/W9, 581–588, 2019.

Bianchini C., Inglese C., e Ippolito A.: *Il contributo della rappresentazione nel Building Information Modeling (BIM) per la gestione del costruito*. DisegnareCon, 9(16), 101–109, 2016.

Inzerillo L. et al: *BIM e beni architettonici: verso una metodologia operativa per la conoscenza e la gestione del patrimonio culturale*. In *Disegnarecon*, n.16, pp. 16.1-16.9, 2016.

Denard Hugh: *A new introduction to The London Charter*, p. 60, 2012.

J. Ruskin: *The Seven Lamps of Architecture*, 1849, trad. it. *Le sette Lampade dell'Architettura*, Milano, p. 228, 1981.

C. Boito: *Questioni pratiche di Belle Arti*, Hoepli, Milano 1893.

V. M. Sessa: *La disciplina dei beni culturali di interesse religioso*, Electa, Milano, pag. 72, 2005.

S. Della Torre, P. Gasparoli: *La definizione di manutenzione contenuta nel Codice dei Beni culturali: un'analisi del testo e delle sue implicazioni. Riferimenti e confronto con le attività manutentive sul costruito*, in V. Fiore, *La cultura della manutenzione del progetto edilizio e urbano*, Atti del convegno nazionale (Siracusa 24-25 maggio 2007), Lettera Ventidue, Siracusa 2008, pag.160.

P. Marconi: *Il restauro e l'architetto*, Marsilio, Venezia 1993.

Legge 11 febbraio 1994, n. 109 – *Legge quadro in materia di lavori pubblici*

UNI 11257:2007 - *Criteri per la stesura del piano e del programma di Manutenzione*.

R. N. Wahida, G. Milton, N. Hamadan, N. M. I. B. N. Lah e A. H. Mohammed: *Building Condition Assessment Imperative and Process*, in *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, vol. 65, pp. 775–780, dicembre 2012.

ISO 15686-1:2011, *Buildings and constructed assets — Service life planning — Part 1: General principles and framework*, International Organization for Standardization, 2011.

Salzano A., Parisi C. M., Campa G., e Nicolella M.: *Existing assets maintenance management: Optimizing maintenance procedures and costs through BIM tools*, in *Automation in Construction*, vol. 149, 104788, 2023.

ISO 19650-3:2020, *Organization and digitization of information about buildings and civil engineering works, including building information modelling (BIM) — Information management using building information modelling — Part 3: Operational phase of the assets*.

F. da Silva, G. F. M. de Souza: *Maintenance Management Improvement Framework for Asset Management*, *Lecture Notes in Mechanical Engineering*, pp. 3–13, 2022

Agenzia del Demanio, *Linee Guida di Processo BIM Corporate (BIMCM)*, 2019.

Agenzia del Demanio, *Linee Guida per Produzione Informativa BIM (BIMMS)*, 2021.

UNI 11337-7:2018, 3.12 - *Edilizia e opere di ingegneria civile - Gestione digitale dei processi informativi delle costruzioni - Parte 7: Requisiti di conoscenza, abilità e competenza delle figure coinvolte nella gestione e nella modellazione informativa*

UNI 11337-7:2018, 3.13 - *Edilizia e opere di ingegneria civile - Gestione digitale dei processi informativi delle costruzioni - Parte 7: Requisiti di conoscenza, abilità e competenza delle figure coinvolte nella gestione e nella modellazione informativa*

UNI 11337-7:2018, 3.14 - *Edilizia e opere di ingegneria civile - Gestione digitale dei processi informativi delle costruzioni - Parte 7: Requisiti di conoscenza, abilità e competenza delle figure coinvolte nella gestione e nella modellazione informativa*

‘ANANKE, numero speciale GeoRes: *Geomatics and Restoration: Conservation of Cultural Heritage in the Digital Era*, *Quadrimestrale di cultura, storia e tecniche della conservazione per il progetto*, novembre 2017.

M. Aricò, C. Ferro, M. La Guardia, M. Lo Brutto, G. Taranto, G. Ventimiglia: *Scan-to-BIM Process and Architectural Conservation: Towards an Effective Tool for the Thematic Mapping of Decay and Alteration Phenomena*, 2024.

Bruno S., Roncella R.: *A restoration-oriented HBIM system for Cultural Heritage documentation: The case study of Parma Cathedral*. The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, XLII–2, 171–178, 2018.

Volk R., Stengel J., Schultmann F.: *Building Information Modeling (BIM) for existing buildings – Literature review and future needs*. *Automation in Construction*, 38, 109–127, 2014.

Sitografia

<https://catalogo-unito.sebina.it/SebinaOpac/.do>

https://torino.corriere.it/cronaca/19_novembre_21/undici-anni-fa-crollo-liceo-darwin-morte-vito-scafidi-64f07a2c-0c93-11ea-89cc-e514bdace0f8.shtml

<https://urbanistica.comune.rivoli.to.it/urbanistica/p-r-g-c-piano-regolatore-generale-comunale/>

<https://www.acca.it/software-piano-manutenzione>

<https://www.buildingsmartitalia.org/standard/standard-bs/information-delivery-specification-ids/>

<https://www.ingenio-web.it/articoli/sistema-dei-lod-italiano-uni-11337-4-2017/>

<https://www.ingenio-web.it/articoli/standard-bim-il-mondo-dopo-la-iso-19650/>

https://www.lastampa.it/torino/2022/02/15/news/sale_a_13_il_numero_delle_scuole_occupate_nel_torinese-2855773/

<https://www.liceodarwin.net/pagine/la-storia>

https://www.regione.piemonte.it/statico_piemonte_informa/piemonteinforma/wwwregionepiemonteit/notizie/piemonteinforma/diario/archivio/2010/maggio/subito-i-lavori-nel-liceo-darwin-di-rivoli.html

<https://www.teologiatorino.it/biblioteca/>

https://www.youtube.com/watch?v=sW_VXAC3dW0