

POLITECNICO DI TORINO

Corso di Laurea Magistrale
In Ingegneria Edile

Tesi di Laurea Magistrale
Digitalizzazione BIM dei campus universitari e ri-
qualificazione smart degli spazi di lavoro



Relatore

Prof.ssa Anna Osello

Candidato

Gabriel Ben Abdrabah

Correlatore

Prof.ssa Francesca Maria Ugliotti

A.A.2023/2024

Indice

Abstract.....	3
1 Metodologia BIM per la ristrutturazione.....	10
1.1 Il paradigma del Digital Twin	10
1.2 BIM e il livello di affidabilità.....	14
1.3 Il BIM per la ristrutturazione.....	25
2 Approccio metodologico alla ricerca	33
2.1 Stato dell'arte	33
2.2 Obiettivi.....	49
2.3 Caso studio	50
3 Digitalizzazione stato di fatto.....	52
3.1 Common Data Environment.....	52
3.2 Linee guida di modellazione.....	58
4 Progetto di rifunzionalizzazione.....	102
4.1 Layout degli spazi di lavoro attuale	102
4.2 Layout degli spazi di lavoro ottenuto.....	104
4.3 Analisi dei costi di progettazione.....	114
5 Utilizzo dei dati	122
5.1 Archibus.....	122
5.2 Dalux	129
6 Risultati.....	140
7 Conclusioni	141
8 Bibliografia	144

Abstract



Il Politecnico di Torino sta attuando un piano di espansione e rinnovamento delle proprie strutture. Tale approccio non può trascurare un piano di gestione sia per gli attuali che per i futuri manufatti edilizi. Negli ultimi anni, sia gli spazi di lavoro che i metodi di lavoro hanno subito significativi cambiamenti. In questo contesto, è cruciale riconsiderare gli spazi dei dipartimenti universitari, ancorati a modelli ormai obsoleti.

Lo studio si propone di individuare metodi efficaci per la gestione dei manufatti edilizi, affrontando innanzitutto la sfida della digitalizzazione del costruito, particolarmente rilevante per chi gestisce un gran numero di edifici come il Politecnico di Torino. L'obiettivo è valutare i vantaggi derivanti dall'adozione di un modello digitale, applicabile sia alla manutenzione che alla gestione delle modifiche all'interno del Politecnico per un nuovo ambiente di lavoro più funzionale e dinamico.

Nel corso dello studio, sono stati esaminati diversi approcci. Per la modellazione, si è pensato di sviluppare linee guida al fine di uniformare tutti i modelli ed elementi creati e che potrebbero essere generati in futuro. Inoltre, è stato creato uno script Dynamo per ottimizzare e accelerare il processo di modellazione per i tecnici. Infine, sono state esaminate le potenzialità del programma di gestione della manutenzione Dalux come possibile complemento o sostituto di Archibus, attualmente utilizzato dal Politecnico

Abstract



Polytechnic University of Turin is implementing a plan for the expansion and renewal of its facilities. This approach cannot overlook a management plan for both current and future building structures. In recent years, both workspaces and work methods have undergone significant changes. In this context, it is crucial to reconsider the spaces of university departments, anchored in now obsolete models.

The study aims to identify effective methods for the management of building structures, addressing primarily the challenge of digitizing the built environment, especially relevant for those managing many buildings, such as the Polytechnic University of Turin. The objective is to assess the benefits arising from the adoption of a digital model, applicable to both maintenance and managing changes within the Polytechnic for a new, more functional, and dynamic work environment.

Throughout the study, various approaches have been examined. For modelling, the idea is to develop guidelines to standardize all models and elements created and that could be generated in the future. Additionally, a Dynamo script has been created to optimize and expedite the modelling process for technicians. Finally, the potential of the Dalux maintenance management program has been explored as a possible complement or substitute for Archibus, currently used by Polytechnic.

Figura 1: Livelli di dettaglio (LOG) in ordine crescente.....	16
Figura 2: Livelli di sviluppo (LOI) in ordine crescente.....	17
Figura 3: Definizione di LOD dalla PAS e dalla UNI.....	18
Figura 4: LOD per il Protocollo AIA G202-2013.....	19
Figura 5: LOD secondo UNI 11337 DEL 2017.....	22
Figura 6: Interconnessione tra le diverse figure professionali del processo edilizio.....	28
Figura 7: Diagramma di MacLeamy.....	30
Figura 8: Processo decisionale tramite l'utilizzo del BPM e del BEM.....	35
Figura 9: Edificio esistente della Scuola di Architettura del Maryland....	38
Figura 10: Modello dell'università del Maryland per gli studi effettuati..	40
Figura 11: Dimostratore Smart campus Brescia.....	43
Figura 12: Analisi della ventilazione nel progetto del Smart Campus di Brescia.....	44
Figura 13: Informazioni acquisite e gestite all'interno del progetto BIM facilitates an integrated and intelligent campus; Fonte: [11].....	47
Figura 14: Metodologia utilizzata nella Tesi.....	50
Figura 15: Pianta Politecnico.....	51
Figura 16: CDE-Fonte PAS 1192-2:2013 [Fonte biblus.acca.it].....	52
Figura 17: CDE utilizzato.....	55
Figura 18: Interno cartella WIP del CDE.....	55
Figura 19: Interno cartella SHARED del CDE.....	56
Figura 20: Interno cartella PUBLISHED del CDE.....	56
Figura 21: CDE creato per il progetto.....	57
Figura 22: Gestione dati del Politecnico di Torino.....	68
Figura 23: Modello federato.....	71
Figura 24:Tavola di sezione dell'edificio Q fornita dal Politecnico.....	74
Figura 25: esempio tavola CAD fornita dal Politecnico.....	75
Figura 26: Modellazione strutturale dell'edificio Q esistente.....	76
Figura 27: strutturale completo del lotto (To_cen 02) considerato.....	76
Figura 28: Modello Architettonico completo.....	77
Figura 29 : Dynamo VP (Programmazione visuale) [Fonte autodesk.it]..	79
Figura 30: Programmazione tramite testo [Fonte autodesk.it].....	79
Figura 31: Modifica del file CAD.....	80
Figura 32: Comando per il caricamento del CAD.....	81
Figura 33: Codice Dynamo per caricamento e lettura DWG.....	82
Figura 34: Codice Dynamo creazione polilinee chiuse.....	83

Figura 35: Codice Dynamo acquisizione dati pilastri.....	83
Figura 36: Codice Dynamo eliminazione valori null	84
Figura 37: Creazione liste nomi dei pilastri	85
Figura 38: Lista nomenclatura tipi pilastri	85
Figura 39: Codice Dynamo depurazione nomi doppi	86
Figura 40: Codice Dynamo creazione tipi famiglie pilastri strutturali.....	87
Figura 41: Codice Dynamo nodo di controllo	87
Figura 42: Codice Dynamo depurazione nomi pilastri creati.....	88
Figura 43: Codice Dynamo divisione in due liste ordinate.....	88
Figura 44: Codice Dynamo inserimento dei dati di base e altezza all'interno dei pilastri.....	89
Figura 45: Codice Dynamo inserimento dei pilastri all'interno del modello	89
Figura 46: Codice Dynamo intero	90
Figura 47: Fase caricamento DWG all'interno di Revit	92
Figura 48: Apertura Dynamo.....	92
Figura 49: Esecuzione del codice Dynamo	93
Figura 50 : Visualizzazione dati Pilastri	94
Figura 51: Pianta locali S01.....	95
Figura 52: Abaco locali S01.....	95
Figura 53: Pianta locali PTE.....	96
Figura 54: Abaco Locali PTE	96
Figura 55: Pianta locali P01.....	97
Figura 56: Abaco locali P01	97
Figura 57: Pianta locali P02.....	98
Figura 58: Abaco locali P02	98
Figura 59: Pianta locali P03.....	99
Figura 60: Abaco locali P02.....	99
Figura 61: Pianta locali P04.....	100
Figura 62: Abaco locali P04.....	100
Figura 63: Pianta locali P05.....	101
Figura 64: Abaco locali P05	101
Figura 65: Pianta quarto pino DISEG ante-opera	102
Figura 66: Pianta ridefinizione spazi.....	104
Figura 67: Indicazione Demolizioni e Ricostruzioni progetto.....	106
Figura 68: Abaco murature da demolire	106
Figura 69: Analisi nuove aree considerate.....	108
Figura 70: Zona multifunzionale	109
Figura 71: Aree riunione	110

Figura 72: Area angolo lettura.....	111
Figura 73: Area riunioni singole "phone box".....	112
Figura 74: Area relax	113
Figura 75: Zona lavoro condivisa	114
Figura 76: Visualizzazione pianta metadati attuale del Politecnico di Torino	122
Figura 77: Visualizzazione dati di piano Archibus [Fonte polito.it].....	123
Figura 78: Visualizzazione dati generali della zona To-cen02 [Fonte polito.it]	123
Figura 79: Visualizzazione al Piano quarto dei Locali [Fonte polito.it] ..	124
Figura 80: EIM creato all'interno di Archibus e bidirezionalità con i programmi e i modelli.....	126
Figura 81: Scelta tipo di progetto	130
Figura 82: Plug-in Dalux in Revit.....	131
Figura 83: Interfaccia Dalux modelling.....	132
Figura 84: Visualizzazione 2D Dalux	133
Figura 85: Visualizzazione Sezione 3D	133
Figura 86: Visualizzazione Dalux divisa.....	134
Figura 87 : Segnalazione Dalux BIM viewer	135
Figura 88 : Creazione nuovo compito in Dalux.....	137
Figura 89: Esempio segnalazione porta bloccata Dalux Field.....	137
Figura 90 : Scheda manutenzione porta prodotta da Dalux	138
Tabella 1: Standard considerati	58
Tabella 2 : Definizione locali.....	60
Tabella 3: Nomenclatura elementi strutturali travi e pilastri.....	61
Tabella 4: Nomenclatura Pavimenti	62
Tabella 5: Nomenclatura pareti	63
Tabella 6: Nomenclatura porte	64
Tabella 7: Nomenclatura finestre	65
Tabella 8: Denominazione livelli nel progetto	66
Tabella 9: Formato dati forniti dal Politecnico.....	67
Tabella 10: Formato dati accettati dal Politecnico di Torino.....	68
Tabella 11: LOD oggetti modellati.....	69
Tabella 12: Abaco Ricostruzioni	107
Tabella 13: Computo demolizione muri esistenti.....	115
Tabella 14: Computo ricostruzione pareti.....	116
Tabella 15: Computo pavimenti.....	116

Tabella 16: Computo porte	117
Tabella 17: Abaco computo arredi 1	117
Tabella 18: Abaco computo arredi 2	118
Tabella 19: Abaco computo arredi 3	118
Tabella 20: Abaco computo arredi 4	118
Tabella 21: Abaco computo arredi 5	119
Tabella 22: Abaco computo arredi 6	119
Tabella 23: Abaco computo arredi 7	120
Tabella 24: Abaco computo arredi 8	120
Tabella 25: Abaco computo arredi 9 Totale	121
Tabella 26: Funzionalità Archibus	128
Tabella 27: Lista degli acronimi	143

1 Metodologia BIM per la ristrutturazione

1.1 Il paradigma del Digital Twin

Il termine Digital Twin fu coniato dal professor Micheal Grievers, dell'università del Michigan, nel 2003 che la definì una maniera tecnologicamente avanzata atta a copiare ogni aspetto di un oggetto fisico in digitale, da qui il termine “gemello digitale” [1].

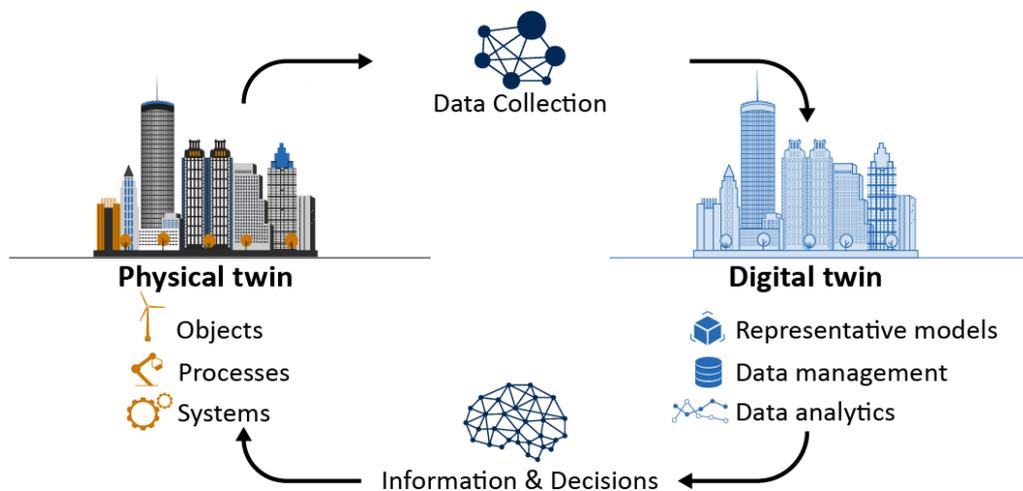
Il Digital Twin è dunque un modello virtuale dell'oggetto studiato che tramite sensori di varia natura, tecnologie wireless e altro, applicate all'oggetto reale raccoglie immagazzina ed elabora informazioni al fine di creare modelli il più fedeli possibile alla realtà.

L'applicazione di questi modelli è molteplice e possono essere utilizzati in diversi momenti del ciclo di vita del prodotto o sistema di oggetti studiati:

- Nella fase di ideazione di un prodotto il DT può aiutare alla progettazione dello stesso per renderlo più performante, avvalendosi di analisi delle prestazioni durante le prove che consentono di prevedere scenari futuri [2];
- Nella fase di realizzazione, Il Digital Twin può aiutare a ottimizzare il processo produttivo [2];
- Nella fase di utilizzo del prodotto, si può utilizzare il Digital Twin al fine di verificare le analisi fatte nelle fasi precedenti e generare modelli di tipo predittivo con lo scopo di poter anticipare eventuali problematiche future [2];

Per descrivere il Digital Twin si fa riferimento a tre parti principali della quale è composto:

- L'oggetto reale compresi tutti gli agenti che potrebbero intervenire su di esso;
- L'oggetto digitale;
- Tutte le informazioni riguardanti l'oggetto reale che vengono trasmesse a quello digitale



Sources: GAO; ladoga/stock.adobe.com. | GAO-23-106453

Figure 1: Il digital twin per il costruito

[Fonte: GAO ladoga/stock.adobe.com]

Il Digital Twin (DT) offre una vasta gamma di possibilità di applicazione nel settore edilizio, coprendo diversi ambiti chiave:

- **Gestione delle Prestazioni:** Il DT consente il monitoraggio in tempo reale delle prestazioni degli edifici, permettendo una gestione proattiva e ottimizzata degli impianti e dei servizi.
- **Manutenzione Predittiva:** Attraverso l'analisi dei dati in tempo reale, il DT facilita la previsione delle esigenze di manutenzione, consentendo interventi tempestivi e la riduzione dei costi associati.

- **Efficienza Energetica:** Applicazioni concrete del DT includono la simulazione di scenari energetici, consentendo la progettazione e l'ottimizzazione di soluzioni per migliorare l'efficienza energetica degli edifici.
- **Progettazione Sostenibile:** Il DT supporta la progettazione di edifici più sostenibili, fornendo una comprensione dettagliata del comportamento strutturale e delle dinamiche interne, promuovendo soluzioni ecocompatibili.
- **Simulazione di Scenari:** Attraverso la modellazione digitale avanzata, il DT permette la simulazione di diversi scenari, facilitando la valutazione delle decisioni progettuali e gestionali.
- **Gestione degli Utenti:** La componente di applicazione del DT interagisce direttamente con gli utenti finali, offrendo soluzioni personalizzate per migliorare l'esperienza e la comodità degli occupanti dell'edificio.
- **Resilienza Strutturale:** Il DT contribuisce alla progettazione di edifici più resilienti, consentendo la valutazione del comportamento strutturale in situazioni critiche e l'implementazione di misure preventive.

In sintesi, il Digital Twin si configura come una risorsa versatile e con diverse potenzialità nel contesto edilizio, rivoluzionando la progettazione, la costruzione e la gestione degli edifici attraverso l'applicazione concreta in diversi ambiti chiave.

1.2 BIM e il livello di affidabilità

Come molte altre tecnologie, anche la definizione di BIM ha subito un'evoluzione nel corso degli anni, in linea con gli obiettivi e le finalità che si sono andati ad attribuire alla metodologia nel tempo. In passato, si sono utilizzati diversi termini per definire il BIM, tra cui Building Information Model, Building Information Modeling e Building Information Management. Si nota come sia la lettera "M" dell'acronimo BIM a rivestire significati differenti a seconda del contesto.

- Il Building Information Model (BIM) è stato inizialmente definito come un modello privo delle informazioni necessarie per poterlo considerare un database. In passato, il BIM era visto solo come una rappresentazione tridimensionale dell'oggetto, ma questa definizione limitata non consentiva la condivisione di informazioni e l'immagazzinamento dei dati. Sebbene il BIM abbia rappresentato un'evoluzione rispetto al disegno 2D, era privo delle sue potenzialità di base.
- Building Information Modeling: Questa è probabilmente la definizione più diffusa al giorno d'oggi. Rispetto al caso precedente, il modello tridimensionale dell'oggetto si intende integrato con una serie di informazioni. Ci si riferisce quindi ad una metodologia che mette in correlazione il modello tridimensionale con i dati relativi agli oggetti che lo compongono, trasformandolo in un vero modello informativo. Con Building Information Modeling si comincia a parlare di altri importanti aspetti della metodologia, tra cui la multidisciplinarietà e l'interoperabilità delle informazioni e dei dati tra diversi software.

- **Building Information Management:** In questo caso l'evoluzione della definizione è da analizzare da un punto di vista più concettuale. Qui l'obiettivo del modello è quello di valutare l'intero ciclo di vita dell'edificio. Viene quindi strutturato in modo tale da contenere informazioni che saranno utili non solo a diversi stakeholders, ma anche in momenti diversi della vita dell'edificio; non limitandosi solo alla fase progettuale e di costruzione, ma espandendosi verso la logistica, la programmazione della manutenzione, la decostruzione e la riqualifica.

Le rappresentazioni digitali di elementi edilizi e non solo sono diventate sempre più accurate e precise sia dal punto di vista prettamente geometrico che informativo. Sorge dunque sempre più l'importanza di definire a priori l'utilizzo che si farà del modello BIM.

Le informazioni e la visualizzazione degli elementi facente parte del progetto dovrebbero dunque seguire la motivazione per la quale sono stati creati o aggiunti nel progetto.

Queste informazioni sono molteplici, come detto, esulano dalla sola rappresentazione geometrica ma racchiudono al loro interno dati come costo, parametri prestazionali, modalità di costruzione o posa e tutte le caratteristiche che potrebbero essere arricchite con la progressione della definizione del progetto.

Serve a questo punto distinguere tra due concetti fondamentali: Il livello di sviluppo (level of development) e il livello di dettaglio (level of detail). Il primo all'interno di un modello BIM si riferisce alla quantità di informazioni rilevanti

per lo sviluppo concreto del progetto e dell'affidabilità delle informazioni inserite. Il secondo indica, invece, la misura del dettaglio grafico di un componente, secondo un approccio definito dalla computer graphics. Bisogna tener conto, comunque, che questi due livelli possono coincidere, nel caso in cui tutte le informazioni riportate nel modello fossero rilevanti per l'impostazione del progetto di costruzione.

Diverso discorso per il livello di sviluppo informativo (LOI), esso rappresenta la misura della quantità di informazioni fornite all'oggetto. Per quest'ultimo parametro il pensiero di fondo è che tutte le informazioni disponibili siano rilevanti per il progetto, diventando dunque solo una misura di sviluppo progettuale di quel particolare componente.

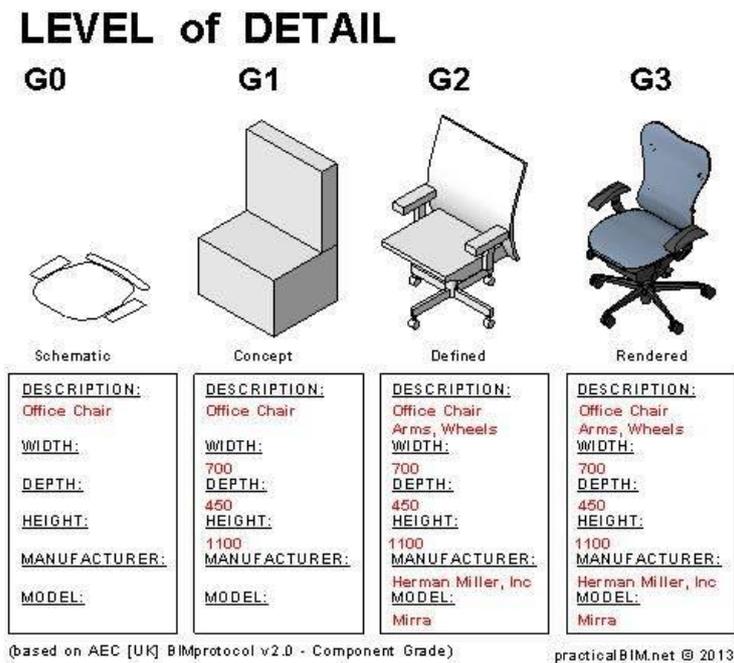


Figura 1: Livelli di dettaglio (LOG) in ordine crescente

[Fonte:www.bin.acca.it]

LEVEL of DEVELOPMENT

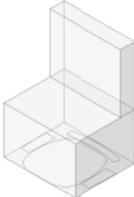
LOD 100	LOD 200	LOD 300	LOD 400	LOD 500
				
Concept (Presentation) DESCRIPTION: Office Chair Arms, Wheels WIDTH: 700 DEPTH: 450 HEIGHT: 1100 MANUFACTURER: Herman Miller, Inc. MODEL: Mirra LOD: 100	Design Development DESCRIPTION: Office Chair Arms, Wheels WIDTH: 700 DEPTH: 450 HEIGHT: 1100 MANUFACTURER: Herman Miller, Inc. MODEL: Mirra LOD: 200	Documentation DESCRIPTION: Office Chair Arms, Wheels WIDTH: 700 DEPTH: 450 HEIGHT: 1100 MANUFACTURER: Herman Miller, Inc. MODEL: Mirra LOD: 300	Construction DESCRIPTION: Office Chair Arms, Wheels WIDTH: 685 DEPTH: 430 HEIGHT: 1085 MANUFACTURER: Herman Miller, Inc. MODEL: Mirra LOD: 400	Facilities Management DESCRIPTION: Office Chair Arms, Wheels WIDTH: 685 DEPTH: 430 HEIGHT: 1085 MANUFACTURER: Herman Miller, Inc. MODEL: Mirra PURCHASE DATE: 01/02/2013
(Only data in red is useable)				practicalBIM.net © 2013

Figura 2: Livelli di sviluppo (LOI) in ordine crescente

[Fonte:www.bin.acca.it]

Di seguito vengono riportate le norme di riferimento a livello internazionale:

- LOD secondo AIA G202-2013 (norme di riferimento per gli Stati Uniti d'America);
- LOD secondo NBS 1192: 2007 e PAS 1192-2: 2007 (norme di riferimento per la Gran Bretagna);
- LOD secondo UNI 11337-4:2017 (norma italiana di riferimento);

Ciò che accomuna la NBS 1192 inglese e UNI 11337-4 italiana è, come già accennato, la concezione di LOD come somma del livello di geometria e livello di informazioni contenute.

PAS 1192 - UK	UNI 11337 - ITA
LOD - Level of Detail	LOD - Livello di Definizione
LOD= LOG + LOI	LOD= LOG + LOI
LOG = Level of Geometry LOI = Level of Information	LOG = Livello Geometrico LOI = Livello Informativo
Definito sui modelli	Definito sulle categorie di oggetti

Figura 3: Definizione di LOD dalla PAS e dalla UNI

[Fonte:www.bin.acca.it]

In tutti e tre i casi, comunque, il LOD si articola in una scala in cui ad ogni livello è assegnata una nomenclatura standard (che varia a seconda della normativa di riferimento) che definisce la quantità e la qualità dei dati inseriti in un modello architettonico.

Le tre normative citate hanno dunque altrettante definizioni per descrivere il livello di sviluppo e dettaglio degli oggetti.

- ❖ I livelli di sviluppo che l'AIA (American Institute of Architects) ha pubblicato per il Protocollo AIA G202-2013 sono:
 - LOD 100 (symbolic representation) – è il modello elementare del progetto e viene rappresentato graficamente con un simbolo o un'altra rappresentazione generica e schematica;
 - LOD 200 (generic system) – l'elemento del modello è rappresentato graficamente all'interno del modello come un oggetto generico con quantità, dimensioni, forma, posizione e orientamento ancora

approssimative. Agli elementi geometrici possono essere collegate anche informazioni non grafiche;

- LOD 300 (specific system) – l'elemento del modello è rappresentato graficamente all'interno del modello come un sistema specifico, in cui l'oggetto ha specifiche quantità, dimensioni, forme, posizione e orientamento. Agli elementi geometrici sono collegate anche informazioni non grafiche più approfondite rispetto al livello precedente;
- LOD 400 (fabrication) – l'elemento del modello è rappresentato graficamente all'interno del modello come un sistema specifico, in cui l'oggetto ha specifiche dimensioni, forma, posizione, quantità e orientamento con ulteriori dettagli per la sua realizzazione, assemblaggio o installazione. Agli elementi geometrici sono collegate informazioni non grafiche più approfondite rispetto al livello precedente;
- LOD 500 (verified representation – as built) – l'elemento del modello è una rappresentazione verificata in cantiere in termini di dimensioni, forma, posizione, quantità e orientamento. Agli elementi geometrici sono collegate informazioni non grafiche definitive.



Figura 4: LOD per il Protocollo AIA G202-2013

[Fonte: www.bin.acca.it]

- ❖ Le definizioni del Regno Unito contenute nella PAS 1192 sono:

- LOD 1 (brief) – modello a blocchi con requisiti di prestazione e vincoli del sito;
- LOD 2 (concept) – modello concettuale o volumetrico comprendente aree e volumi di base, orientamento e costo;
- LOD 3 (developed design) – sistemi generalizzati con quantità, dimensioni, forma, posizione e orientamento approssimativi;
- LOD 4 (production) – modello di progettazione tecnica con elementi modellati accuratamente e coordinati che possono essere utilizzati per stimare i costi e verificare la conformità normativa;
- LOD 5 (installation) – modello adatto alla cantierizzazione e al montaggio, con requisiti accurati e componenti specifiche;
 - LOD 6 (as constructed) – modello con dettagli che descrivono come è stato costruito il bene e che può essere utilizzato nella fase di gestione e manutenzione;
- LOD 7 (in use) – modello di informazioni sugli asset da utilizzare per operazioni di manutenzione e monitoraggio continuo.

Le fasi inglesi sono essenzialmente analoghe alle definizioni statunitensi, sebbene siano numerate in modo diverso.

- ❖ Infine, i livelli di dettaglio stabiliti dalla norma italiana sono:
 - LOD A (oggetto simbolico) – le entità sono rappresentate graficamente attraverso un sistema geometrico simbolico o una raffigurazione di genere presa a riferimento senza vincolo di geometria. Le caratteristiche quantitative e qualitative sono indicative;

- LOD B (oggetto generico) – le entità sono virtualizzate graficamente come un sistema geometrico generico o una geometria d'ingombro. Le caratteristiche qualitative e quantitative sono approssimate;
- LOD C (oggetto definito) – le entità sono virtualizzate graficamente come un sistema geometrico definito. Le caratteristiche qualitative e quantitative sono definite in via generica nel rispetto dei limiti della normativa vigente e delle norme tecniche di riferimento e riferibili a una pluralità di entità similari;
- LOD D (oggetto dettagliato) – le entità sono virtualizzate graficamente come un sistema geometrico dettagliato. Le caratteristiche qualitative e quantitative sono specifiche di una pluralità definita di prodotti similari. È definita l'interfaccia con altri sistemi specifici di costruzione, compresi gli ingombri approssimati di manovra e manutenzione;
- LOD E (oggetto specifico) – le entità sono virtualizzate graficamente come uno specifico sistema geometrico specifico. Le caratteristiche quantitative e qualitative sono specifiche di un singolo sistema produttivo legato al prodotto definito. È definito il livello di dettaglio relativo alla fabbricazione, l'assemblaggio e l'installazione compresi gli specifici ingombri di manovra e manutenzione;
- LOD F (oggetto eseguito) – gli oggetti esprimono la virtualizzazione verificata sul luogo dello specifico sistema produttivo eseguito/costruito. Le caratteristiche quantitative e qualitative sono quelle specifiche del singolo sistema produttivo del prodotto posato e installato. Sono definiti per ogni singolo prodotto gli interventi di

Gestione dei controlli di manutenzione tramite sistemi e modelli informativi 18 gestione, manutenzione e/o riparazione e sostituzione da eseguirsi lungo tutto il ciclo di vita dell'opera;

- LOD G (oggetto aggiornato) – gli oggetti esprimono la virtualizzazione aggiornata dello stato di fatto di una entità in un tempo definito. Sono definiti per ogni singolo prodotto gli interventi di gestione, manutenzione e/o riparazione e sostituzione da eseguirsi lungo tutto il ciclo di vita dell'opera.

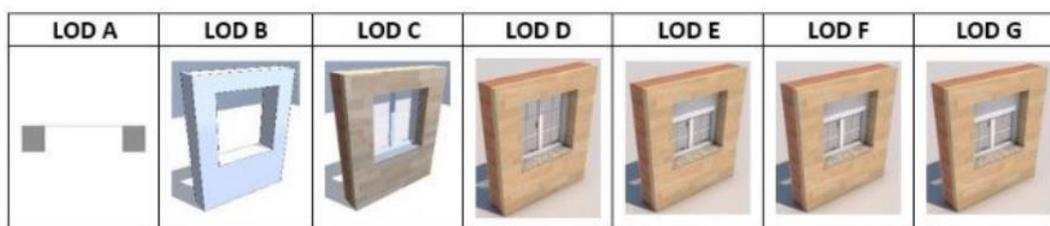


Figura 5: LOD secondo UNI 11337 DEL 2017

[Fonte: WWW.INGENIO-WEB.IT]

Le categorizzazioni sopra elencate nei diversi paesi compreso quello italiano si scontrano ora con un problema più odierno.

L'importazione del patrimonio edilizio all'interno del BIM ovvero il Built Heritage (BH), questo tipo di problema è sorto anche per la sempre più crescente digitalizzazione allettando le figure facente parte l'edilizia con tutti gli evidenti vantaggi che porterebbe un panorama edilizio completamente informatizzato. Questo tipo di visione è però seguita delle relative problematiche dovute all'applicazione di questi metodi sul costruito.

Il primo ostacolo è certamente la poca reperibilità dei documenti relativi alla realizzazione delle opere, questi o per mancata catalogazione che in certi casi

mancanza sono tra i primi ostacoli che il modellatore BIM deve superare rendendo dunque anche meno affidabile il modello stesso.

Questo termine ci porta a parlare dell'ultimo parametro relativo alla descrizione degli oggetti modellati all'interno di un progetto BIM il LOR (Level of Reliability), come descritto nello studio [3] il LOR è inteso come il livello di coerenza globale che definisce qualsiasi oggetto digitale utilizzato.

Ha la forma di un valore numerico frutto della media ponderata dei valori considerati per definire i livelli di coerenza degli oggetti facente parte uno specifico modello HB.

La codifica del Lor tiene conto dell'affidabilità geometrica degli oggetti digitali e della loro corrispondenza ontologica con la fonte reale che desiderano descrivere.

L'affidabilità geometrica del modello è dunque influenzata dai seguenti fattori:

- Parametrizzazione della forma geometrica dell'elemento;
- Identificazione di regole geometriche e compositive;
- Disponibilità, qualità e affidabilità delle fonti d'archivio;
- Confronto tra i dati acquisiti e il modello;
- Possibilità di riconoscere l'acquisizione dei metadati.

I fattori che invece influenzano la corrispondenza ontologica degli oggetti digitali sono molto più complessi da analizzare essendo da un lato il risultato di un'attività più soggettiva e dall'altro richiedenti un'analisi più profonda della sola superficie rilevata.

Al fine di rendere più completo l'analisi dell'affidabilità lo stesso studio propone anche di analizzare altri fattori quali:

- I dati relativi alle fasi di evoluzione dell'oggetto
- Le tecniche di costruzione e i materiali utilizzati

- Le eventuali indagini aggiuntive (ad esempio stratigrafie e analisi in situ)
- Identificazioni per analogia con edifici simili o coevi
- Valutazione dello stato di conservazione generale dei materiali a livello strutturale e superficiale

Tutte queste valutazioni permettono poi di trarre un punteggio che va da 1 a 3 basato sulla valutazione di ognuno dei punti sopra elencati.

Così facendo il valore LOR 1 indica un oggetto digitale “simbolico”, mentre LOR 3 è riservato agli oggetti conosciuti in modo molto dettagliato.

In fine il punteggio viene incorporato nel modello informativo come uno degli attributi dell’oggetto.

1.3 Il BIM per la ristrutturazione

L'utilizzo del BIM nella ristrutturazione ha dimostrato numerosi vantaggi e offre opportunità interessanti per il futuro.

Le ricerche condotte in “D. Ilter and E. Ergen, BIM for building refurbishment and maintenance: current status and research directions,” [4] e “R. Hammond, N. O. Nawari, and B. Walters, BIM in sustainable design: strategies for retrofitting/renovation” [5] hanno analizzato nei rispettivi paesi, quali Francia e America, le problematiche relative al bisogno di ristrutturare gran parte del patrimonio edilizio, al fine di rendere più efficienti edifici oramai datati, evitare consumo di suolo in più e diminuire le emissioni. A tal fine il BIM è risultato essere uno strumento ideale per implementare principi di progettazione sostenibile nella ristrutturazione e/o riqualificazione degli edifici esistenti, indipendentemente dalla portata della ristrutturazione. La natura integrativa del BIM consente la collaborazione tra diverse discipline fin dalle fasi iniziali del progetto, consentendo una maggiore efficienza e accuratezza nella valutazione energetica e nelle prestazioni dell'edificio. L'integrazione dell'analisi energetica nelle piattaforme BIM risolve i problemi di trasferimento dati tra diverse applicazioni e facilita la comparazione dei dati sulle prestazioni, consentendo di prendere decisioni più informate durante il processo decisionale della tipologia di ristrutturazione. Inoltre, il BIM offre un supporto nella comprensione delle strutture esistenti, consentendo una diagnosi accurata delle prestazioni passate e delle condizioni attuali. Il BIM può anche contribuire a ottimizzare l'utilizzo delle risorse disponibili, massimizzando l'efficienza dei sistemi e delle soluzioni costruttive. Si è inoltre notato

che anche dalla parte del cliente la metodologia BIM aiuta in una più facile comprensione dell'entità del lavoro e dei risultati previsti, rendendo più appetibile in molti casi il ricorrere alla ristrutturazione anziché la costruzione ex novo. In futuro, con l'evoluzione continua della tecnologia BIM, si prevede che continuerà a sostenere la precisione e l'efficienza delle ristrutturazioni sostenibili, offrendo una base solida per il miglioramento delle prestazioni degli edifici esistenti.

Lo stesso studio sopra citato [4] ha posto particolare attenzione sulla parte del Facility management (FM), in quanto rappresenta la fase più lunga in termini di tempi e costi del progetto in particolare la manutenzione comprende più del' 85% del costo speso per l'intero manufatto.

La letteratura esaminata afferma poi che solo di recente sono emersi studi specifici sull'utilizzo del BIM nella manutenzione o nella ristrutturazione. I ricercatori e i professionisti del settore riconoscono però il potenziale del BIM per svolgere attività di FM, come la gestione dei dati del ciclo di vita dell'edificio, il controllo di qualità, la gestione energetica e dello spazio, la pianificazione e l'esecuzione della manutenzione, la gestione delle emergenze e la pianificazione del retrofit.

Tuttavia, affinché il BIM possa essere utilizzato efficacemente in queste aree, è necessaria un'integrazione dei dati edifici-informazioni del FM, tra cui i sistemi di gestione della manutenzione computerizzata, i sistemi di gestione dei documenti elettronici, i sistemi di gestione dell'energia e i sistemi di automazione degli edifici. A tal fine, è stato sviluppato il "Construction Operations Building Information Exchange" (COBie), un formato standardizzato per la trasmissione delle informazioni agli enti responsabili della gestione e della manutenzione degli edifici.

La ricerca evidenzia alcune sfide nell'adozione di BIM nella FM. Una delle principali sfide riguarda la comprensione dei responsabili delle strutture e dei proprietari degli edifici, che devono definire le esigenze informative nella fase di FM. Altri ostacoli includono la gestione delle terminologie e delle assenze di strutture definite di catalogazione e caratterizzazione del processo manutentivo e dei livelli di dettaglio richiesti dal gruppo che si occupa del FM.

La ristrutturazione e il retrofit sono importanti componenti della FM, ma finora sono state condotte poche ricerche e implementazioni in quest'area. Gli studi esistenti evidenziano la natura integrativa del BIM e indicano le aree in cui il BIM può essere utilizzato per implementare i principi di sostenibilità negli interventi di retrofit o di ristrutturazione. Queste aree comprendono la determinazione dei livelli di certificazione ambientale raggiungibili utilizzando il modello BIM as-built, l'analisi delle caratteristiche dell'edificio, come orientamento, involucro e illuminazione naturale, nonché l'analisi delle funzioni dell'edificio, come consumo energetico, uso dell'acqua, ventilazione e illuminazione.

Dunque, per quanto riguarda l'utilizzo del BIM nel FM, è necessario un ulteriore sviluppo del settore, con una maggiore attenzione alle sfide e alle opportunità che esso offre nel contesto della ristrutturazione e gestione, al fine di migliorare l'efficienza e la sostenibilità delle operazioni all'interno degli edifici.

Ad oggi la diffusione del BIM in Italia si è principalmente concentrata nel settore della progettazione architettonica, accantonando quello che potrebbe essere un'opportunità anche nel settore della progettazione strutturale.

Il BIM va inteso come una metodologia (e non come un semplice strumento software) che consente di generare un modello virtuale contenente tutte le informazioni sull'edificio, non solo riguardante la fase di progetto, ma all'intero ciclo di vita del manufatto.

Uno degli aspetti più interessanti riguardante la progettazione BIM è sicuramente la possibilità di interazione tra le diverse figure professionali che intervengono nella realizzazione dell'opera, in tutte le sue fasi, facendo risparmiare tempo e soldi, ponendo rimedio alla radice di quelli che in un futuro potrebbero essere conflitti progettuali.

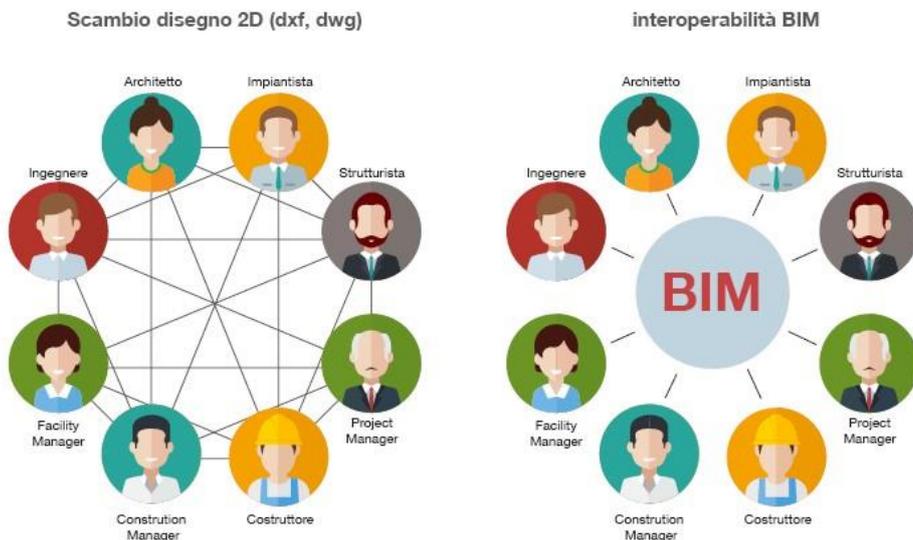


Figura 6: Interconnessione tra le diverse figure professionali del processo edilizio

Fonte: [6]

In particolare, con il BIM è possibile creare più di una rappresentazione tridimensionale, ma un modello che contiene informazioni, dinamiche, interdisciplinari ed in continua evoluzione.

Alla base del BIM ci sono:

- la collaborazione tra le diverse figure interessate nelle diverse fasi del ciclo di vita di una struttura

- la condivisione digitale dei dati e l'interoperabilità mediante formati aperti (openBIM).

Grazie alla metodologia BIM l'edificio viene "costruito" prima della sua realizzazione fisica mediante un modello virtuale e attraverso la collaborazione di tutti gli attori coinvolti nel progetto.

L'openBIM è un approccio cooperativo alla progettazione, alla realizzazione, al funzionamento e alla manutenzione di edifici in base a standard, formati e flussi di lavoro "aperti", che consentono ai soggetti coinvolti in un progetto di condividere i dati con qualsiasi software BIM compatibile.

Un esempio, su come funzioni il lavoro collaborativo del BIM, è successivamente descritto. Il progettista architettonico definisce forme e geometrie sino ad arrivare al modello 3D, successivamente il progettista strutturale definisce gli elementi della struttura (travi, pilastri, fondazioni etc..).

In un secondo momento su un modello che sta già acquisendo molte informazioni potrebbe iniziare a lavorare l'impiantista, esso potrebbe riscontrare divergenze con parti strutturali immesse in precedenza dallo strutturista. Quindi dopodiché in maniera diretta e veloce essi potrebbero trovare soluzioni a problemi che, nel vecchio metodo lavorativo sarebbero sorti magari già in fase di cantiere creando disagi, ritardi e grosse spese.

Il discorso sopra citato è ben riassunto nella nota rappresentazione grafica elaborata da Patrick Mac Leamy, riportata di seguito.

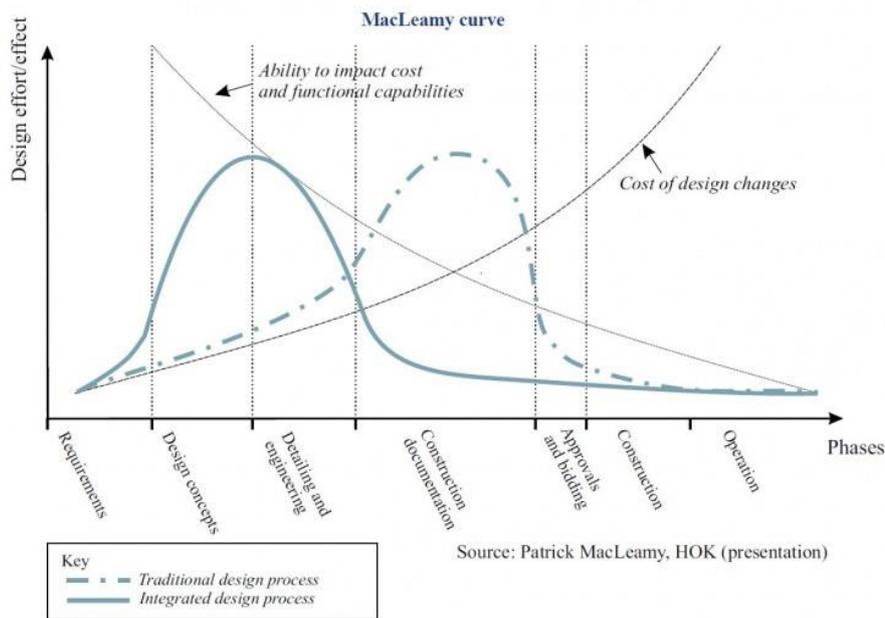


Figura 7: Diagramma di MacLeamy

Fonte : [7]

Queste curve evidenziano come lo sforzo progettuale concentrato nelle fasi iniziali della progettazione (tipico di un approccio integrato) incida in maniera positiva in termini di costi (riduzione), a fronte di quello che abitualmente constatiamo nella realtà, dove il tradizionale processo vede l'ultimazione e il perfezionamento del progetto in fasi più avanzate con costi decisamente maggiori.

Non si tratta, come è evidente, di ridurre gli "sforzi" progettuali, in quanto l'impegno non può che essere commisurato alla qualità di ciò che si intende realizzare (i punti di massimo delle due curve rappresentative dei processi BIM-oriented e tradizionale sono pressoché identici), ma di anticipare nel tempo tali sforzi.

Prende vita, dunque, un nuovo modo di affrontare la progettazione, frutto della sua "percorribilità tecnica" resa possibile dalla disponibilità del modello

virtuale dell'edificio, ma soprattutto della convenienza economica conseguente alla sua messa in campo. La convenienza è ben evidente analizzando l'andamento della curva relativa ai costi delle modifiche progettuali, via via più bassi all'anticiparsi delle correzioni e integrazioni.

È quindi chiaro che, se l'affermarsi del BIM rappresenta un vero e proprio cambiamento di paradigma in maniera di processi, pratiche di lavoro e visione del progetto, tale affermarsi dovrà passare attraverso un cambiamento organizzativo delle strutture di progettazione che è in gran parte un cambiamento culturale.

Oltre ad evolversi dal punto di vista organizzativo, infatti, i progettisti saranno chiamati a non pensare più il progetto in funzione di elaborati 2D ma in termini di modelli digitali e database.

Sulla base della conoscenza della curva di MacLeamy e in seguito alle esperienze ottenute durante l'attività di modellazione nelle varie discipline, si è ipotizzato l'andamento tempo-sforzi necessari.

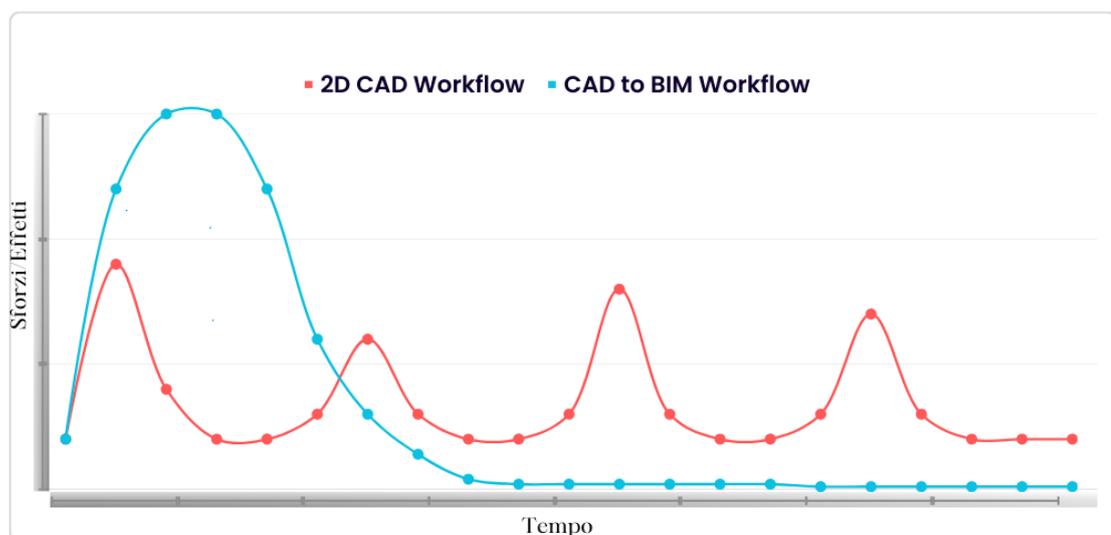


Figure 2: Comparazione curva tempo-effort gestione modifiche CAD workflow e BIM workflow

Il grafico illustra come a monte di un maggiore sforzo iniziale nella digitalizzazione del costruito si riesca col tempo a diminuire l'impegno necessario per le possibili modifiche future dell'edificio, siano queste ristrutturazioni, ampliamenti o modifiche di altro genere. Inoltre, lo stesso discorso vale per le implementazioni di diversi sistemi di FM come metodologie che integrino diverse discipline che modifichino e gestiscano database che contengano tutte le informazioni necessarie per il FM.

2 Approccio metodologico alla ricerca

2.1 Stato dell'arte

Con l'intenzione di sfruttare le potenzialità offerte dal BIM per lo studio, la modifica e la successiva gestione di parti dell'università, è stata effettuata una ricerca per verificare se altre istituzioni accademiche abbiano già adottato questa metodologia di lavoro e in che misura l'abbiano utilizzata per parti specifiche dei loro edifici.

La ricerca ha dimostrato che, al momento, il principale utilizzo della metodologia BIM nelle università che lo adottano è per scopi principalmente incentrati sulla manutenzione e gestione degli edifici e in piccola parte per la ricerca.

In particolare, alcune università utilizzano il BIM per garantire un controllo costante degli impianti termici e idraulici arrivando in certi casi a prevenire eventuali problemi edilizi e migliorare l'efficienza energetica degli edifici.

Si desidera evidenziare alcuni esempi specifici riguardanti l'utilizzo della metodologia BIM all'interno delle università.

Con l'avvento della digitalizzazione degli edifici attraverso la metodologia BIM, si è iniziato a considerare altri aspetti della sfera edilizia, in particolare il rinnovamento in termini di risparmio energetico e riduzione delle emissioni. A tale scopo, intervengono due aspetti della modellazione: il Building Environment Modeling (BEM) e il Building Performance Modeling (BPM).

Il BPM è una metodologia nata con l'obiettivo di valutare le prestazioni energetiche degli edifici al fine di migliorare l'efficienza e ridurre le emissioni di CO₂. Negli ultimi anni, sempre più istituzioni scolastiche e non si stanno avvicinando a questa realtà, impegnandosi nel miglioramento dell'efficienza energetica dei loro edifici con l'obiettivo di ridurre i costi di gestione a lungo termine e avere un impatto positivo sull'ambiente.

Nella parte successiva della progettazione il BEM viene integrato con il BPM al fine di condividere informazioni e facilitare la collaborazione tra i vari stakeholder durante tutte le fasi decisionali riguardante il lavoro o i lavori richiesti.

Esso serve quindi per generare più proposte volte alla riduzione di tutte le tipologie di emissione e sprechi che possono esserci nell'edificio. Una volta selezionate le differenti possibilità progettuali per un particolare lavoro, si valutano anche in funzione della più vantaggiosa in termini di costi-benefici, dove i benefici rappresentano la diminuzione delle emissioni per quanto possibile.

In figura viene riportato uno schema rappresentativo di questo processo progettuale e decisionale al fine di rendere di più facile comprensione il concetto appena descritto.

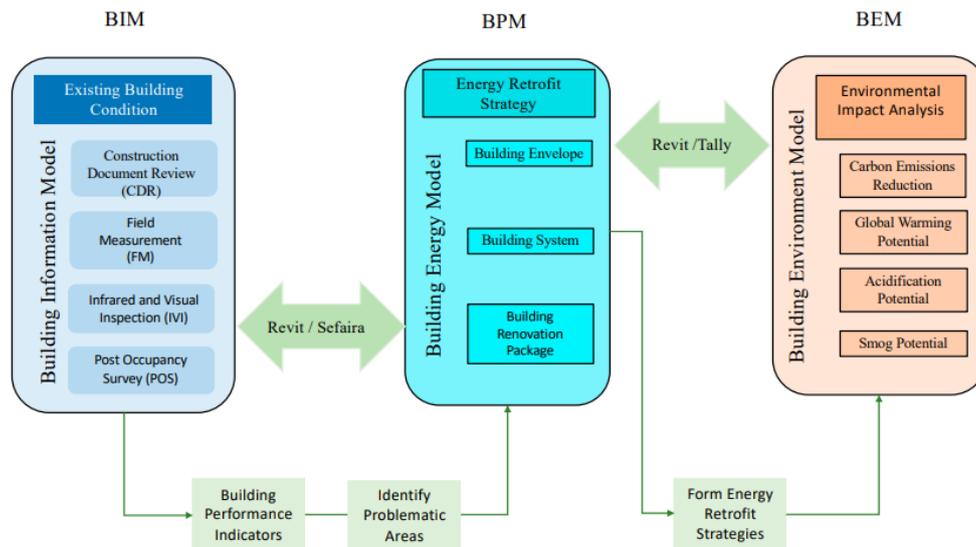


Figura 8: Processo decisionale tramite l'utilizzo del BPM e del BEM

Fonte: [7]

Si vuole ora parlare di un progetto BIM con il fine del miglioramento e dell'efficienza energetica negli edifici esistenti. Il progetto, noto come BIM4EEB (Building Information Modeling for Energy Efficient Buildings Retrofitting),[9] è finanziato dall'Unione Europea che ha stanziato quasi 7 M di euro ed è finalizzato a rendere più efficienti dal punto di vista energetico gli edifici esistenti attraverso l'impiego del BIM.

BIM4EEB ha come obiettivo principale lo sviluppo di una piattaforma open source e interoperabile con uno specifico kit di strumenti dedicati all'ottimizzazione del processo decisionale e della gestione patrimoniale durante i lavori di ristrutturazione degli edifici esistenti. Questo permetterà di rendere tali edifici più efficienti dal punto di vista energetico. La piattaforma è progettata per gestire tutte le fasi rilevanti del processo edilizio e consentire lo scambio di dati tra le parti interessate, inclusi dati provenienti da fonti diverse come dati meteo e ambientali.

Il progetto BIM4EEB coinvolge istituti di standardizzazione e un comitato consultivo che seguirà il progetto, contribuendo sia alla definizione dei requisiti che alla convalida dei risultati. Grazie all'utilizzo di standard armonizzati per l'interoperabilità, il progetto mira a promuovere l'adozione diffusa del BIM nella riqualificazione energetica degli edifici in Europa.

I principali risultati del progetto BIM4EEB includono:

1. Sviluppo di un quadro di riferimento BIM per la riqualificazione energetica degli edifici esistenti.
2. Creazione di un set di strumenti BIM specifici per il processo di retrofit energetico degli edifici.
3. Implementazione di questi strumenti in sei casi studio di edifici situati in Europa.
4. Dimostrazione del potenziale del BIM nella riqualificazione energetica degli edifici, con un risparmio energetico fino al 50% e una riduzione delle emissioni di CO₂ fino al 60%.

Il progetto ha anche prodotto una serie di linee guida e raccomandazioni per l'adozione del BIM nella riqualificazione energetica degli edifici al fine di facilitarne la diffusione e l'adozione a livello europeo.

Il Progetto BIM4EEB rappresenta un importante passo avanti nella ricerca di soluzioni innovative per migliorare l'efficienza energetica degli edifici esistenti. In un'Europa sempre più orientata verso il cambiamento e la

sostenibilità, l'adozione del BIM sta diventando sempre più centrale nell'ottimizzazione della gestione dei progetti edilizi.

A livello europeo, c'è un impulso crescente per accelerare la transizione verso l'uso del BIM, un metodo informatizzato che non solo migliora l'efficienza dei progetti, ma promuove anche la condivisione di dati e conoscenze tra i paesi europei. Un punto cruciale del progetto è la definizione di una piattaforma condivisa basata su standard armonizzati. Questa definizione univoca favorirà la collaborazione tra i paesi europei, rendendo più agevole la condivisione di dati e la collaborazione internazionale per i progetti futuri.

Il ruolo chiave svolto dal Consiglio Consultivo del progetto è fondamentale nell'orientare l'implementazione del BIM a livello europeo. Il suo contributo garantisce che le iniziative siano allineate agli standard internazionali, contribuendo così a una transizione efficiente verso la digitalizzazione nel settore edilizio.

In questo contesto, il BIM4EEB dimostra come l'innovazione possa svolgere un ruolo cruciale nell'accelerare il cambiamento verso edifici più efficienti e sostenibili in tutta Europa, contribuendo a un futuro più verde ed energeticamente efficiente.

Viene ora presentato un progetto dell'Università del Maryland dal titolo "Optimal Renovation Strategies for Education Buildings—A Novel BIM–BPM–BEM Framework."

Questo progetto rappresenta un'importante iniziativa che mira a rivoluzionare l'approccio alla ristrutturazione degli edifici destinati all'istruzione attraverso l'adozione di un'innovativa struttura organizzativa che combina il BIM, il Business Process Management (BPM) e la Building Energy Modeling (BEM) [8].

L'articolo spiega una nuova struttura basata sugli strumenti sopra citati (BIM, BPM, BEM) per identificare le strategie più efficienti dal punto di vista energetico ed economico per la ristrutturazione di edifici scolastici esistenti al fine di raggiungere l'obiettivo di quasi-zero emissioni, minimizzando l'impatto ambientale.

Un edificio universitario, il Building of Architecture dell'Università del Maryland, è stato utilizzato per dimostrare la validità della struttura e un insieme di indicatori delle prestazioni dell'edificio, inclusi la performance energetica, l'impatto ambientale e la soddisfazione degli occupanti, sono stati utilizzati per valutare le strategie di ristrutturazione.



Figura 9: Edificio esistente della Scuola di Architettura del Maryland

Fonte:[7]

Inoltre, questa nuova struttura ha ulteriormente dimostrato l'interoperabilità tra diversi strumenti e piattaforme digitali.

Infine, a seguito di un'analisi dettagliata e di misurazioni, i risultati dello studio del caso hanno evidenziato un particolare profilo energetico e le esigenze di ristrutturazione degli edifici scolastici.

Sono state analizzate otto diverse soluzioni di ristrutturazione, con la soluzione al primo posto che indica un risparmio energetico del 62%, una riduzione delle emissioni di carbonio dell'84% e un risparmio a lungo termine del 53%, sebbene con un costo iniziale relativamente elevato. La soluzione più preferibile si classificava al secondo posto in tutte le categorie, con un costo iniziale moderato.

Questo articolo ha presentato una nuova struttura BIM-BPM-BEM adattata alla ristrutturazione di edifici scolastici. L'obiettivo era selezionare le strategie di ristrutturazione adatte che tenessero conto di tutti gli indicatori di prestazione: riduzione del consumo energetico, riduzione delle emissioni di CO₂, riduzione dell'impatto ambientale e miglioramento della qualità dell'aria interna. Sono state identificate diverse tecniche di ristrutturazione e sono state create più pacchetti di retrofit con quattro obiettivi principali:

- (1) ottimizzare la riduzione della domanda energetica per contribuire all'obiettivo di carbon neutrality dell'UMD;
- (2) migliorare la privacy acustica aggiungendo un ulteriore isolamento acustico;

- (3) migliorare il comfort termico mitigando problemi di surriscaldamento e;
- (4) minimizzare l'impatto ambientale a lungo termine.

In primo luogo, i dati derivati dalle misurazioni sul campo sono stati incrociati con un'indagine post-occupazione e una scansione termografica ad infrarossi per creare un profilo accurato dell'edificio e un modello BIM. Successivamente, il modello BIM è stato definito chiaramente per essere tradotto alla fase BPM, dove è stata simulata la performance energetica di diversi pacchetti di ristrutturazione.

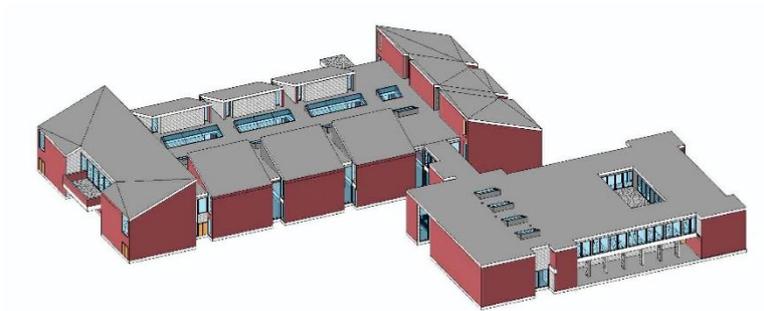


Figura 10: Modello dell'università del Maryland per gli studi effettuati

Fonte: [7]

Gli impatti ambientali di otto proposte di ristrutturazione sono stati quindi confrontati nella fase BEM. Infine, i risultati BPM e BEM e gli indicatori di costo sono stati analizzati insieme per determinare la soluzione di ristrutturazione ottimale per l'edificio esistente.

I dati utilizzati per l'analisi dell'impatto ambientale e la simulazione energetica sono stati derivati direttamente dal modello BIM per garantire l'interoperabilità dei dati.

Questa ricerca colma l'attuale divario tra miglioramento dell'efficienza energetica e mitigazione dell'impatto ambientale. I risultati delle analisi BPM e BEM hanno rivelato che i benefici del risparmio energetico e dei costi non sempre si allineano con il potenziale di riduzione dell'impatto ambientale.

Ad esempio, i pacchetti di ristrutturazione due e quattro hanno prodotto notevoli risparmi di costo, nonché riduzioni di energia e CO₂; tuttavia, hanno anche prodotto il maggiore potenziale di impatto ambientale in tutti e cinque gli indicatori studiati. La consapevolezza dei benefici asimmetrici tra il risparmio energetico e l'impatto ambientale potrebbe incoraggiare le squadre di progettazione e i decisori ad esaminare soluzioni bilanciate per le ristrutturazioni degli edifici. L'efficienza energetica, la qualità ambientale interna e gli impatti ambientali a lungo termine dovrebbero essere integrati e utilizzati insieme in una matrice di valutazione delle prestazioni degli edifici. In questo senso, il pacchetto tre presenta la soluzione ottimale, considerando tutti gli indicatori di prestazione.

Il framework proposto potrebbe essere potenzialmente applicato a progetti su larga scala, come la ristrutturazione di distretti universitari o di interi quartieri.

Lo studio del risparmio energetico su larga scala è un'area di interesse relativamente nuova: il primo studio pubblicato sulla ristrutturazione energetica a livello di distretto è stato trovato nel 2008. Da allora, sono stati pubblicati

diversi studi su larga scala, come l'impatto della ristrutturazione del distretto residenziale di Mosca sull'energia e sulle emissioni.

Strumenti e framework di valutazione e analisi facili da usare aiutano a promuovere l'adozione di pianificazione e implementazione di ristrutturazioni energetiche su larga scala. Un'altra importante osservazione derivante da questo studio è stata l'importanza dell'interoperabilità tra diversi software per facilitare la traduzione e la trasformazione dei dati. Tecnologie digitali avanzate e piattaforme - come BIM (Autodesk Revit), BPM (Sefaira) e BEM (Tally) - rendono possibile per i decisori esaminare tutti gli indicatori di performance all'interno dello stesso framework e prendere decisioni con una comprensione olistica di tutti i vantaggi e gli svantaggi delle strategie di ristrutturazione proposte.

Andando invece ad analizzare l'Italia, sempre prestando attenzione al rapporto che hanno le università e i campus universitari del nostro paese, spicca un progetto portato avanti dall'università di Brescia [10].

Il progetto è inserito nelle attività che affrontano il tema del Smart Campus presso l'Università di Brescia.

L'edificio adibito allo svolgimento delle lezioni è stato utilizzato come dimostratore delle strategie energetiche per migliorare le prestazioni degli edifici esistenti verso obiettivi di energia zero.

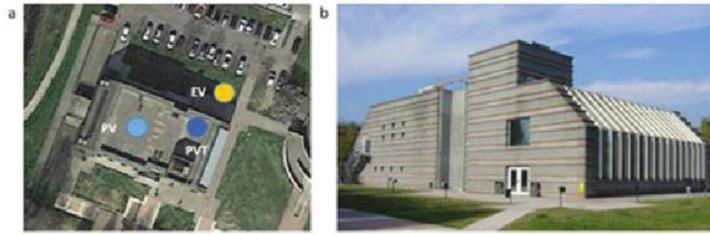


Figura 11: Dimostratore Smart campus Brescia

Fonte [9]

Sistemi innovativi per ridurre il consumo di energia (come riscaldamento, raffreddamento, ventilazione, illuminazione ed attrezzature elettriche) e l'automazione intelligente sono fondamentali nel Progetto Smart Campus School, di cui questa ricerca è un primo passo di sviluppo. Il progetto si basa su tre pilastri principali: ristrutturazione dell'involucro, miglioramento dell'efficienza dei servizi dell'edificio, controllo intelligente della raccolta e della posa in picco dell'energia sulla rete elettrica, utilizzando anche utilizzi energetici diversi dai servizi dell'edificio (ad esempio stazioni di ricarica per veicoli elettrici). Le attività sono state organizzate in fasi, a partire dall'analisi delle possibili misure per migliorare la qualità energetica dell'edificio e valutare l'efficienza delle diverse misure. Allo stesso tempo, è stato sviluppato un piano per un monitoraggio preliminare delle condizioni operative al fine di aumentare la fiducia e la consapevolezza sui consumi energetici. La seconda fase è incentrata sul monitoraggio intelligente dei consumi, il controllo del comportamento degli utenti e la validazione dei criteri tecnici ed economici. Inoltre, il dimostratore mira a definire una pratica di interoperabilità, al fine di migliorare le procedure BIM per BEM.

Nel paper, viene descritta la fase preliminare della ricerca basata sul primo pilastro, valutando la riduzione dell'energia attraverso la ristrutturazione

dell'involucro e la produzione di energia rinnovabile per perseguire un equilibrio energetico tra generazione e consumo.

Nella dimostrazione dello Smart Campus di Brescia, la massima riduzione dell'energia ottenuta è del 37,3%, migliorando le proprietà termiche dell'involucro, proteggendolo dai guadagni solari (ad esempio, dispositivi di ombreggiamento aggiuntivi, riduzione del fattore di guadagno di calore solare delle finestre) e utilizzando una ventilazione efficace. Infatti, la ventilazione naturale può essere adottata durante tutto il giorno, inclusa la ventilazione notturna per rimuovere il calore accumulato nella massa termica dell'edificio.

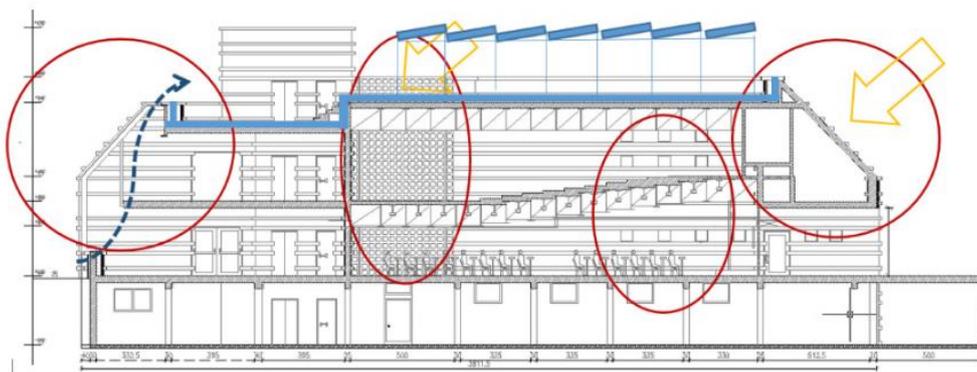


Figura 12: Analisi della ventilazione nel progetto del Smart Campus di Brescia

Fonte [9]

La ventilazione prevista durante l'orario delle lezioni (dalle 7:00 alle 19:00) non è sufficientemente efficace nel rimuovere il carico di raffreddamento, perché durante il giorno l'aria calda in ingresso può essere un peso per il sistema di raffreddamento. Al contrario, la ventilazione notturna nell'atrio consente una riduzione del 20% del fabbisogno energetico dell'intero edificio, anche se la ventilazione continua di tutti gli spazi (ad esempio, atrio e aule) attiva un miglioramento cruciale (ad esempio, dal 20 al quasi 40% di riduzione del raffreddamento). Il consumo energetico ottenuto con un sistema efficiente per

fornire riscaldamento e raffreddamento può essere coperto al 75% dal sistema fotovoltaico progettato, verso un obiettivo di energia zero per l'edificio esistente.

Un altro esempio riguardante l'utilizzo del BIM all'interno del contesto universitario è un articolo intitolato "4D BIM Simulation Guideline for Construction Visualization and Analysis of Renovation Projects: A Case Study," [11] rappresenta un punto di riferimento significativo nell'ambito dell'utilizzo del BIM all'interno delle università.

Esso si concentra sulle sfide affrontate durante la ristrutturazione degli edifici universitari, sottolineando l'importanza di mantenere tali strutture funzionali e sicure per studenti, docenti e personale.

L'articolo mette in evidenza come la ristrutturazione degli edifici universitari sia un processo complesso, influenzato da diversi fattori, tra cui l'età dell'edificio, l'urgenza delle riparazioni e la durata prevista della struttura. Inoltre, la necessità di continuare a utilizzare l'edificio durante la ristrutturazione aggiunge un ulteriore livello di complessità ai progetti.

Per affrontare queste sfide, il paper introduce il concetto di "4D BIM," che consiste nell'applicazione del BIM alla simulazione temporale dei progetti di ristrutturazione. Questa metodologia offre una visione dettagliata del processo di ristrutturazione nel tempo e nello spazio, consentendo ai pianificatori di identificare errori nel programma e di migliorare la gestione dei progetti.

L'articolo fornisce una guida passo-passo per gli utenti di software CAD nell'applicazione del 4D BIM ai progetti di ristrutturazione. Questa guida rappresenta un prezioso strumento per migliorare l'efficienza nella gestione dei progetti di ristrutturazione universitaria, aprendo la strada a futuri sviluppi in questo campo.

Un punto di forza di questo studio è l'analisi di un caso concreto: la ristrutturazione di H.M. Comer Hall. Questo esempio dimostra l'applicabilità del 4D BIM anche a progetti complessi che includono demolizione e costruzione. L'analisi mostra come la simulazione 4D possa identificare sequenze inadatte nel programma, valutare la costruibilità e individuare eventuali disaccordi temporali e spaziali.

Tuttavia, è importante notare che questo studio ha alcune limitazioni, tra cui l'applicazione su un singolo caso di studio e l'assenza di elementi come impianti meccanici, elettrici ed idraulici nel modello 3D. Alcuni miglioramenti futuri potrebbero includere l'applicazione della guida su una gamma più ampia di progetti e l'inclusione di elementi di dettaglio nel modello 3D.

In sintesi, il paper rappresenta un'importante risorsa per comprendere come il BIM possa essere applicato con successo nelle università, offrendo soluzioni innovative per la gestione dei progetti di ristrutturazione e aprendo la strada a futuri sviluppi in questo campo.

Volendo ora mostrare un esempio di possibile progresso nel campo di gestione di un campus universitario viene presentato il progetto “BIM facilitates an integrated and intelligent campus” [12].

Di solito, quando parliamo di un "campus intelligente", ci riferiamo a un'innovativa iniziativa chiamata "Un campus integrato e intelligente". Questo progetto ha creato un nuovo sistema operativo e di manutenzione del campus, basato su un ambiente di dati 3D dedicato al campus. È interessante notare che il progetto ha ricevuto un prestigioso premio nel concorso BIM locale nella categoria universitaria.

La squadra di studenti, guidato da Nan Lu, uno studente del programma MSc BIM, ha spiegato che un campus intelligente, a differenza di un campus smart, ha la capacità di pensare, ragionare e comprendere. Inoltre, può apportare modifiche e imparare ad adattarsi in base alle mutevoli circostanze.

Il progetto è stato suddiviso in tre fasi chiave: la raccolta dei dati, l'elaborazione dei dati e la visualizzazione degli stessi.

Gli studenti hanno utilizzato sensori geospaziali, antenne e microcontrollori per raccogliere dati come temperatura e umidità, integrando le informazioni da vari dipartimenti e questi dati sono stati resi accessibili tramite un'applicazione mobile.



Figura 13: Informazioni acquisite e gestite all'interno del progetto BIM facilitates an integrated and intelligent campus; Fonte: [11]

Successivamente, è stato creato un modello informativo di base del campus che può essere modificato in tempo reale grazie ai dati provenienti dai sensori. Questo

modello è in grado di autocorreggersi in caso di errori, permettendo al sistema di apprendere e adattarsi alle circostanze cambianti.

Il progetto fa parte del modulo Global Smart Cities, all'interno del corso di laurea magistrale in Ingegneria Geospaziale. L'obiettivo principale del progetto è aiutare gli studenti a sviluppare una piattaforma completa, intelligente e integrata che consenta l'interazione con la modellazione 3D delle informazioni.

La squadra di progetto è composta da studenti di laurea magistrale Geospaziale e uno studente di ingegneria civile, tutti supervisionati dal Dr. Georgios Kapogiannis, direttore del corso di laurea magistrale in BIM. Il Dr. Kapogiannis reso fiero dei risultati ottenuti dai suoi studenti e sottolinea che il progetto rappresenta un esempio tangibile di come la pandemia da COVID-19 stia accelerando la digitalizzazione e l'innovazione nelle città intelligenti.

Anche se molti membri del gruppo erano bloccati nelle loro città d'origine e non potevano tornare al campus, hanno lavorato in modo collaborativo utilizzando varie tecnologie, tra cui Autodesk 360, Moodle e diversi strumenti di progettazione come Revit, Naviswork e molti altri.

Il programma di Master in Ingegneria Geospaziale con il programma Building Information Modeling mira a formare una nuova generazione di esperti Geo-BIM, dotandoli di conoscenze e competenze avanzate. Questo programma congiunto tra il Dipartimento di Ingegneria Civile e il Dipartimento di Architettura e Ambiente Costruito offre risorse didattiche all'avanguardia per formare pensatori competenti, innovativi e critici nel campo del Geo-BIM.

2.2 Obiettivi

I vari obiettivi dello studio si possono immaginare come punti da seguire in un percorso atto alla digitalizzazione e riorganizzazione del Politecnico di Torino.

Il primo obiettivo consiste nella digitalizzazione di parte del Politecnico, in particolare gli edifici comprendenti il dipartimento del DISEG, successivamente si vuole generare una serie di linee guida basandosi su vari standard e normative vigenti per la differenziazione, raggruppamento e divisione degli elementi creati nella fase precedente.

Si vuole poi analizzare il problema della modellazione as-build e verificare i possibili vantaggi nell'adozione di Dynamo per la generazione automatica di elementi strutturali. Basandosi poi sugli standard creati verrà analizzato un possibile progetto di rifunzionalizzazione del quarto piano dell'edificio Q passando da una classica situazione a uffici singoli in una più dinamica e multifunzionale di coworking.

In fine verrà valutata la potenzialità del programma Dalux come visualizzatore di modelli 3D e programma di gestione delle manutenzioni ordinarie e no, all'interno degli edifici considerati.

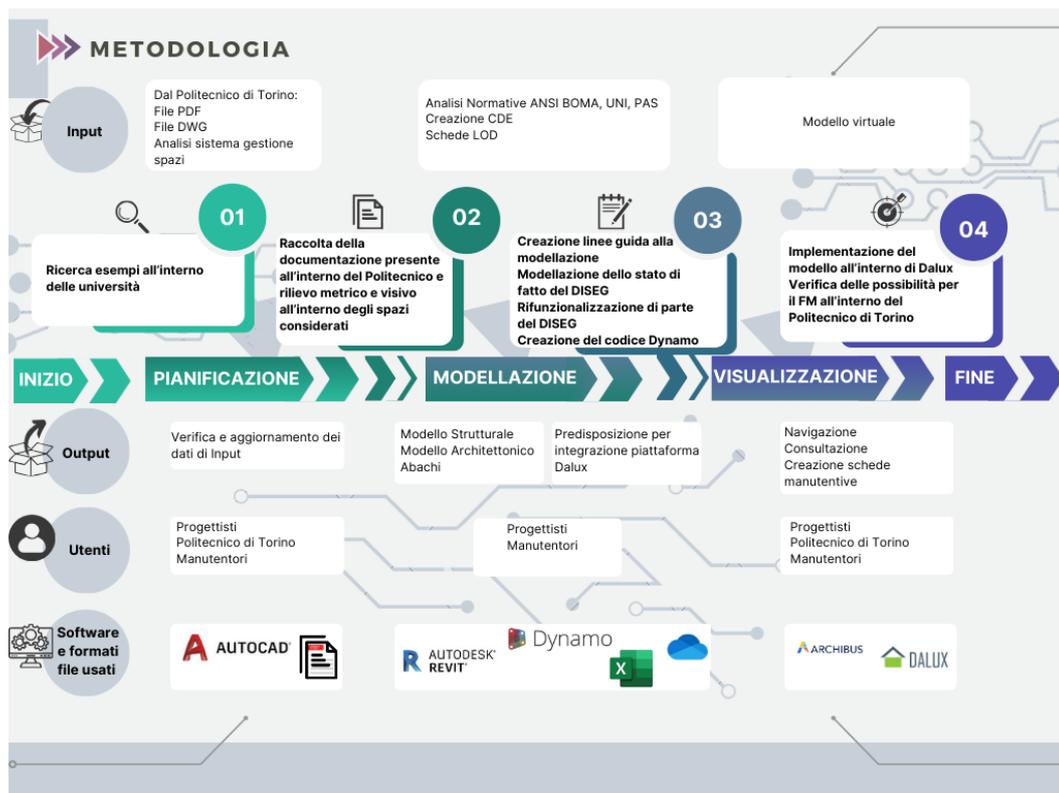


Figura 14: Metodologia utilizzata nella Tesi

2.3 Caso studio

Il Politecnico di Torino è un'istituzione accademica con una vasta gamma di edifici all'interno del suo campus. Nel corso degli anni il Politecnico ha dedicato molte risorse al fine di gestire, catalogare e dividere i suoi edifici attraverso vari programmi e metodologie.

Con l'avvento del BIM però si è immaginato necessaria la creazione di una linea guida per la gestione dei modelli informativi presenti e futuri che fanno parte del Politecnico di Torino.

La zona del presente caso studio è situata all'interno della sede centrale del Politecnico di Torino, esso è stato suddiviso dal Politecnico stesso in varie sottozone e di queste la zona trattata è identificata con la dicitura To_cen02.

All'interno di questa area l'edificio preso in considerazione è denominato come "edificio Q", di questo edificio è stato ipotizzato un intervento mirato solo al quarto piano ove sono situati attualmente gli uffici dei docenti facente parte il collegio di Ingegneria Edile.



Figura 15: Pianta Politecnico

[Fonte polito.it]

Per il caso studio si è ipotizzato che una ditta esterna debba presentare i lavori per la ristrutturazione della zona sopra citata.

Questa ditta dovrà quindi uniformarsi sia come tipologia di elaborati richiesti dalla committenza (il Politecnico di Torino), sia come quantità, tipologia e caratteristiche delle informazioni facente parte tali elaborati.

3 Digitalizzazione stato di fatto

3.1 Common Data Environment

In un progetto BIM parte fondamentale è il corretto flusso e gestione delle informazioni a tal fine deve essere redatto un CDE (Common Data Environment), esso è essenzialmente uno schema che definisce a priori dove debbano essere inseriti i file in base a vari fattori come la fase di lavorazione del file oppure il suo utilizzo.

Il seguente progetto è stato organizzato e gestito secondo la normativa BS PAS 1192-2:2013 esso è lo standard britannico, ovvero il documento guida per la realizzazione di progetti di livello BIM2.

Viene ora mostrata la sua configurazione generale:

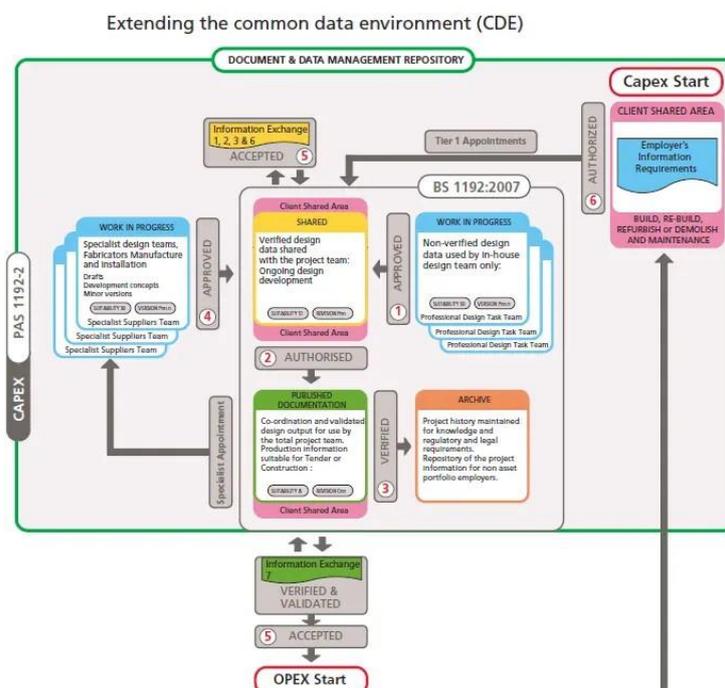


Figura 16: CDE-Fonte PAS 1192-2:2013 [Fonte biblus.acca.it]

Si vanno ora a definire alcune delle parti più importanti del CDE sopra citato.

Iniziando dalla parte più esterna si ha:

- la “client shared area”, essa rappresenta un’area di condivisione dei requisiti informativi forniti dal datore di lavoro e autorizzato dal cliente.
- Una volta definito il gruppo di lavoro di progetto ci si sposta all’interno dell’area già definita dalla normativa BS 1192:2007. I vari gruppi partecipanti al progetto divisi per area di competenza, lavoreranno nelle loro rispettive aree di progetto definite come “WIP” (work in progress), all’interno di questa sezione vengono sviluppate le specifiche parti del progetto e documentazioni. Vengono inoltre svolte le rilavorazioni e revisioni interne per ogni singolo gruppo di lavorazione, questo fino al raggiungimento del concordato grado di sviluppo per la singola parte al fine di essere reso disponibile agli altri gruppi di lavoro. Tuttavia, fino al raggiungimento di questa soglia, tutta la documentazione sarà utilizzabile esclusivamente dal gruppo di tecnici di riferimento dell’area.
- Una volta verificate e approvate tali informazioni, gli elaborati vengono spostati nell’area di condivisione detta “SHARED” affinché gli altri gruppi e parti coinvolte possano accedervi e utilizzarle nella creazione e nello sviluppo dei propri contributi.
- Successivamente alla verifica del datore di lavoro o del coordinatore la documentazione viene spostata in “PUBLISHED” in questa zona di

lavoro è fondamentale che le informazioni inserite siano in linea con i requisiti dichiarati dal cliente.

- Una volta pubblicate queste informazioni possono essere quindi utilizzate per coinvolgere gli specialisti che lavorano nella sezione “WIP” che possono essere anche diversi dal gruppo di progetto iniziale ma che risultano specialisti in particolari lavorazioni necessarie al progetto in questa fase.
- Una volta raggiunto ogni obiettivo fondamentale del progetto, le informazioni e i file finali pubblicati vengono spostati nella sezione “ARCHIVE” come dice la parola stessa un archivio per i riferimenti e i possibili utilizzi futuri delle informazioni.

Il seguente elaborato analizza la situazione dove il Politecnico stia generando e catalogando un modello informativo comprendente l’edificio Q citato in precedenza ed è stato dunque impostato con un CDE analogo a quello sopra riportato.

Per la gestione dei file online è stato usato Microsoft OneDrive, un servizio di storage e backup offerto da Microsoft.

La cartella si presenta nel seguente modo:

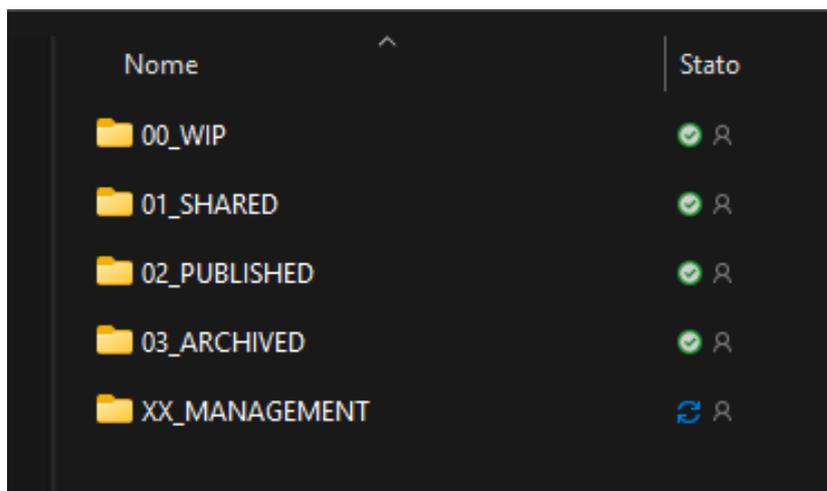


Figura 17: CDE utilizzato

All'interno della cartella WIP come spiegato prima si trovano i vari modelli ed elaborati divisi per area di lavoro:

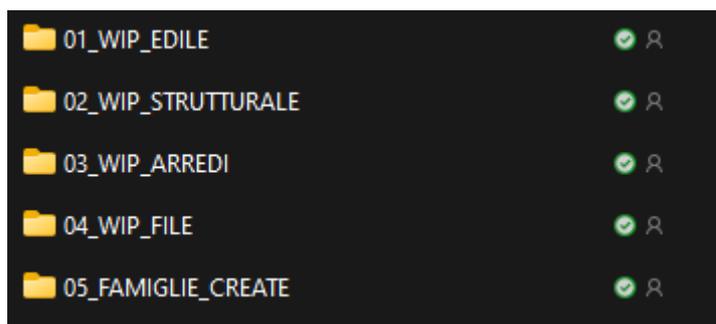


Figura 18: Interno cartella WIP del CDE

Il contenuto poi di ogni cartella è descritto come in figura oltre alle diverse aree di lavoro considerate necessarie per il progetto si trovano anche le cartelle contenenti le famiglie create per i vari modelli e la cartella WIP_FILE contenente file utili a tutte le aree di lavoro.

Nello stesso ordine si trova poi la cartella “SHARED” con la stessa suddivisione in aree lavorative dell’insieme precedente:

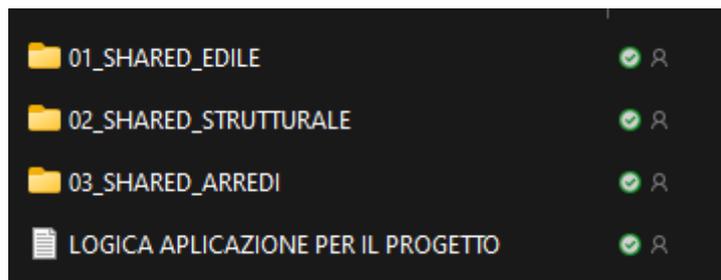


Figura 19: Interno cartella SHARED del CDE

Come si può notare vi è anche un file di testo dove è stato inserito la logica di caricamento per questa sezione del CDE prendendo come già detto, spunto dalla normativa e modellandola per il progetto svolto.

In sintesi, nel file vi è scritto che: all'interno di questa cartella verranno caricati i file aggiornati con cadenza settimanale e/o successivi a una revisione con i validatore del progetto.

Una volta caricati all'interno di questa area con la denominazione: Shared_” area di competenza “_data di caricamento, i file non potranno più essere modificati ma solamente ricaricare la settimana successiva sempre dalla cartella WIP con gli eventuali aggiornamenti, modifiche o progressi.

Nella cartella PUBLISHED la situazione si presenta analoga alla precedente appena descritta:

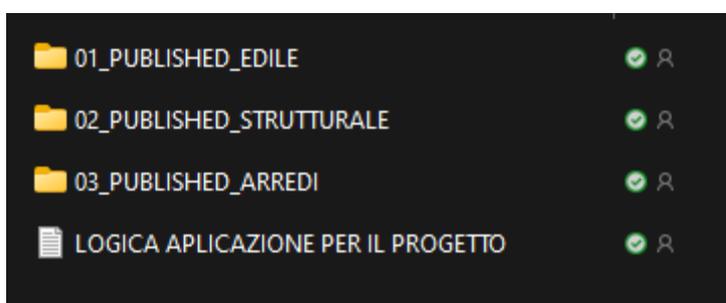


Figura 20: Interno cartella PUBLISHED del CDE

Il file in questa sezione spiega sempre quando e come caricare i file all'interno della cartella. Nella seguente sezione i file verranno caricati quando considerate

raggiunte tutte le parti essenziali del progetto con un adeguato livello di dettaglio, questo avverrà sempre successivamente alla revisione con la professoressa e i file verranno caricati con la seguente nomenclatura: Published_”area di competenza “_data revisione, se successivamente al caricamento dovessero essere necessarie modifiche ulteriori dovrà svolgersi lo stesso iter descritto nel passaggio precedente passando dalla cartella WIP e SHARED prima della successiva pubblicazione nella cartella PUBLISHED.

Le cartelle rimanenti sono l'ARCHIVED e il MANAGEMENT rispettivamente sono servite come: inserimento dei file per parti di lavoro successivi e gestione di tutti i file riguardanti la stesura degli elaborati finali compreso il seguente elaborato.

Ora viene mostrato uno schema riassuntivo del CDE creato per il progetto al fine di chiarire i passaggi appena spiegati.

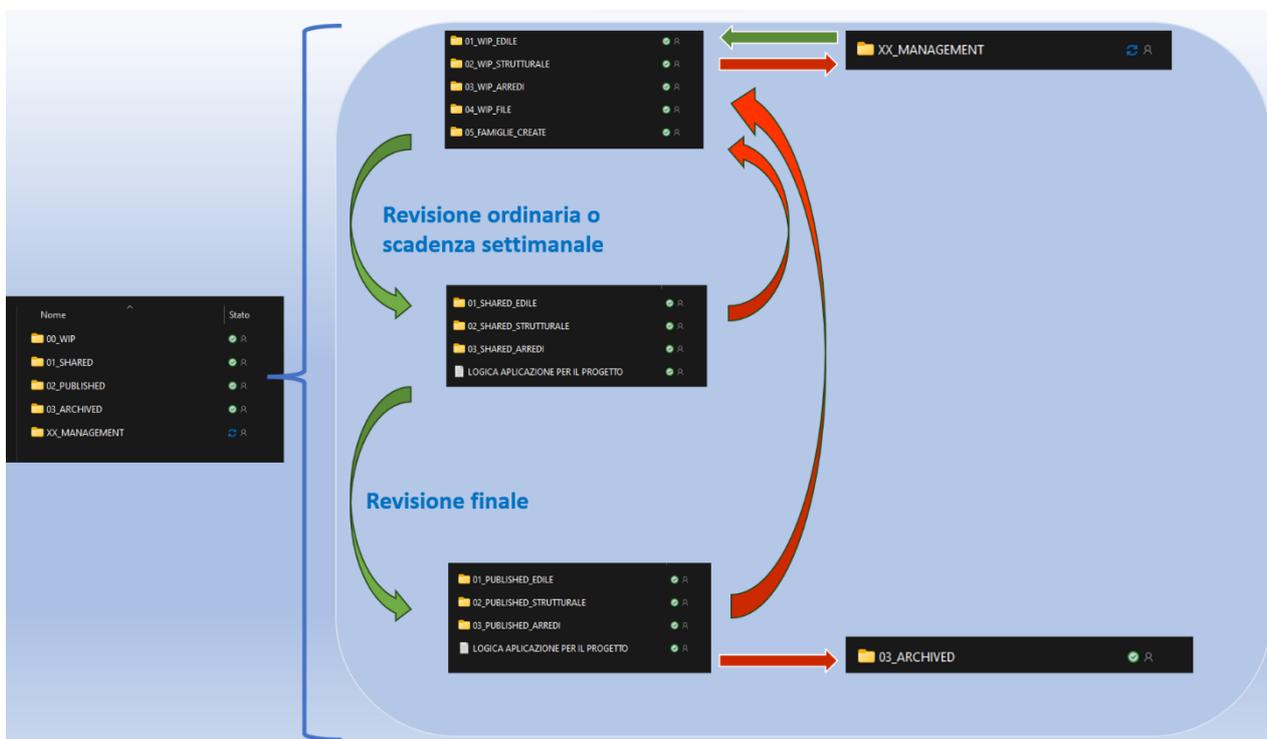


Figura 21: CDE creato per il progetto

3.2 Linee guida di modellazione

Come precedentemente menzionato, una parte sostanziale del presente lavoro di ricerca è dedicata alla formulazione di standard destinati all'utilizzo presso il Politecnico di Torino per la catalogazione e la gestione di tutti i documenti in suo possesso, sia attuali che futuri, che saranno forniti o generati internamente. Per raggiungere questo obiettivo, sono state attentamente esaminate e considerate diverse normative ed impiegate in diverse sezioni specifiche.

Di seguito, è presentata una tabella riassuntiva delle normative prese in considerazione e per cosa sono state applicate.

		Applicazione			
		Classificazione	LOD	CDE	Nomenclatura
S t a n d a r d	UNI 8290:1981	x			
	MasterFormat (2016)	x			
	ANSI BOMA 265.1- 1996	x			
	UNI 11337:2017 Parte 4		x		
	PAS 1192-2:2013			x	x

Tabella 1: Standard considerati

Uno dei principali metodi per una gestione efficace del Facility Management consiste nell'aver una chiara comprensione degli spazi all'interno di un edificio. Tuttavia, è un aspetto spesso trascurato sia durante la fase di progettazione dell'edificio che nella sua gestione. Risulta quindi fondamentale disporre di un elenco aggiornabile e implementabile che identifichi in modo completo tutte le categorie e le tipologie di aree presenti all'interno del progetto. Questo

tipo di dati, in effetti, svolge un ruolo cruciale nell'ottimizzazione e nella creazione di processi di gestione dell'edificio.

Per raggiungere un adeguato livello di gestione dell'edificio tramite il Facility Management, è essenziale eseguire una corretta mappatura degli spazi all'interno della struttura. La mappatura degli spazi può essere effettuata attraverso l'uso di strumenti software, come ad esempio il software Revit, tramite il comando "Room" che consente di ottenere dati precisi relativi alle superfici e ai volumi di ciascuna stanza.

Per garantire una gestione ottimale dell'edificio, è necessario poi assegnare un codice univoco a ogni stanza all'interno della struttura e inserire i dati relativi alla sua funzione. Questo passo è fondamentale per definire la gestione degli spazi in modo efficace.

Per la classificazione e creazione della lista di spazi presenti all'interno dell'edificio è stato adottato come mostrato precedentemente in tabella lo standard internazionale **ANSI BOMA 265.1- 1996** per definire in modo obiettivo le superfici.

In sintesi, una corretta mappatura degli spazi all'interno dell'edificio, supportata da standard internazionali e da una rigorosa documentazione, costituisce una pratica essenziale per garantire una gestione efficiente ed efficace del Facility Management.

Di seguito viene riportata la tabella comprendente le categorie e la tipologia di spazi visualizzati all'interno del progetto.

CATEGORIA	TIPO
WORKING AREA	Office
	Coworking area
	Classroom
	Laboratory
SUPPORT AREA	Administration Office
	Multi functional area
	Meeting room
	Private meeting room
	Phone box
	Printing room
	Reading corner
	Library
	Archive
	Area Relax
AUXILIARY AREA	Atrium
	Corridor
SERVICE	Anti-toilet
	WC
	Shower
	Tecnical room
	Kitchen
	BAR
VERTICAL CONNECTIONS	Indoor stairs
	Outdoor stairs
	Ramp
	Lift
OUTDOOR AREA	Balcony
	Terrace
	Courtyard
	Car Park
	Bike Park
	Green area

Tabella 2 : Definizione locali

Denominazione oggetti all'interno del modello

Nel contesto del nostro approfondimento sul BIM come tecnologia e metodologia di lavoro, è fondamentale esaminare la pianificazione della nomenclatura dei dati, un aspetto cruciale per garantire la corretta gestione delle informazioni.

Si vuole dunque definire delle regole di denominazione che il dipartimento di gestione del Politecnico di Torino potrebbe adottare per suo patrimonio informativo digitale.

Partendo dalla sezione strutturale la nomenclatura delle sue parti è stata immaginata come segue:

Pilasti/Travi		
NOME FAMIGLIA		
	DESCRIZIONE	CODICE
DISCIPLINA	Codice che definisce la disciplina alla quale appartiene l'oggetto modellato (max. 2 caratteri)	AR: Architettonico ST: Strutturale
CATEGORIA	Codice identificativo della Categoria alla quale appartiene l'oggetto modellato (max 3 caratteri)	PIL: Pilastro TRV: Trave
CODICE MATERIALE	Codice che definisce la tipologia di oggetto basandosi sui materiali dello stesso considerando un solo aspetto per la descrizione dello stesso ovvero il core. Verranno se necessario aggiunti i materiali non presenti al momento seguendo la nomenclatura e la numerazione presente.	LTR: Laterizio CA: c.a. CLS: cls ACC: acciaio LGN: Legno Ecc..
NOME TIPO		
PARAMETRO TIPO 1	Campo che descrive la forma della sezione dell'elemento in particolare della sezione per questo motivo a questo campo precederà il termine sez_ (forma della sezione in particolare) seguita dalle misure necessarie per definire l'elemento specifico (max 2 misure) che indichino l'ingombro massimo dell'elemento	sez_circolare_ncm (n=diametro) sez_quadrata_ncm sez Rettangolare_nxmcm sez_t_nxmcm Ecc...

Tabella 3: Nomenclatura elementi strutturali travi e pilastri

Si sono poi considerate le chiusure orizzontali ovvero i pavimenti che a differenza della tabella precedente si dividono in architettonici e strutturali immaginando che la loro nomenclatura si differenzi solo per la prima parte che considera quella determinata disciplina.

Pavimenti		
	DESCRIZIONE	CODICE
DISCIPLINA	Codice che definisce la disciplina alla quale appartiene l'oggetto modellato (max. 2 caratteri)	AR: Architettonico ST: Strutturale
CATEGORIA	Codice identificativo della Categoria alla quale appartiene l'oggetto modellato (max 3 caratteri)	PAV: Pavimento chiusura orizzontale STR: Pavimento esterno (strada)
CODICE MATERIALE	Codice che definisce la tipologia di pavimento basandosi sui materiali dello stesso considerando due aspetti principali per la descrizione dello stesso ovvero il core e l'isolamento, se presente. Verranno se necessario aggiunti i materiali non presenti al momento seguendo la nomenclatura e la numerazione presente.	LAT: Pavimento in laterizio CA: Pavimento e in c.a. CLS: Pavimento in cls ACC: Pavimento in acciaio ASF: Pavimento in asfalto ISO_LNR: Isolamento Lana di roccia ISO_LNV: Isolamento lana di vetro ISO_ARI: Isolamento Aria Ecc..
PARAMETRO TIPO 1	Campo che descrive lo spessore dell'oggetto identificandolo in centimetri	Ex: 10cm Ecc..
PARAMETRO TIPO 2	Campo che descrive il posizionamento dell'oggetto dividendolo tra chiusura orizzontale verso l'esterno e divisione tra ambienti interni	est: pavimenti che separano un ambiente esterno-interno oppure due edifici differenti int: pavimenti che separano un ambiente interno-interno
PARAMETRO TIPO 3	Campo specifico per le murature tagliafuoco (ove questo parametro non è presente le murature vengono considerate NON tagliafuoco)	EX: REI

Tabella 4: Nomenclatura Pavimenti

La stessa logica è stata adottata poi per le pareti, chiusure verticali, includendo entrambe le discipline.

Si vuole in questa parte far capire meglio la definizione del codice materiale, per una più corretta divisione e gestione delle varie tipologie di muri esistenti e che potrebbero in un futuro esistere all'interno del Politecnico il focus è andato in essenzialmente quattro componenti del muro: la sua parte strutturale interna, l'isolamento se presente, lo spessore e la sua capacità o meno di resistere al fuoco.

Pareti		
	DESCRIZIONE	CODICE
DISCIPLINA	Codice che definisce la disciplina alla quale appartiene l'oggetto modellato (max. 2 caratteri)	AR: Architettonico ST: Strutturale
CATEGORIA	Codice identificativo della Categoria alla quale appartiene l'oggetto modellato (max 3 caratteri)	MUR: Parete Opaca PV: Parete vetrata
CODICE MATERIALE	Codice che definisce la tipologia di muro basandosi sui materiali dello stesso considerando 2 aspetti principali per la descrizione dello stesso ovvero il core e l'isolamento, se presente. Verranno se necessario aggiunti i materiali non presenti al momento seguendo la nomenclatura e la numerazione presente.	LAT: Parete in laterizio CA: Parete in c.a. CLS: Parete in cls CRT: Parete in cartongesso VRT: Parete vetrata ISO_LNR: Isolamento Lana di roccia ISO_LNV: Isolamento lana di vetro ISO_ARI: Isolamento Aria Ecc..
PARAMETRO TIPO 1	Campo che descrive lo spessore dell'oggetto identificandolo in centimetri	Ex: 10cm Ecc..
PARAMETRO TIPO 2	Campo che descrive il posizionamento dell'oggetto dividendolo tra chiusura verticale verso l'esterno e divisione ambienti interni	est: muri che separano un ambiente esterno-interno oppure due edifici differenti int: muri che separano un ambiente interno-interno
PARAMETRO TIPO 3	Campo specifico per le murature tagliafuoco (ove questo parametro non è presente le murature vengono considerate NON tagliafuoco)	EX: REI

Tabella 5: Nomenclatura pareti

Si può ora notare come nelle porte e successivamente nelle finestre nella nomenclatura delle famiglie si è inserita una sezione descrizione al fine di poter

definire e suddividere la tipologia di apertura delle porte e finestre e indicare da quanti moduli esse sono composte.

Porte		
NOME FAMIGLIA		
	DESCRIZIONE	CODICE
DISCIPLINA	Codice che definisce la disciplina alla quale appartiene l'oggetto modellato (max. 2 caratteri)	AR: Architettonico
CATEGORIA	Codice identificativo della Categoria alla quale appartiene l'oggetto modellato (max 3 caratteri)	POR: Porte
CODICE MATERIALE	Codice che definisce la tipologia di pavimento basandosi sui materiali dello stesso considerando 2 aspetti principali per la descrizione dello stesso ovvero il core e l'isolamento, se presente. Verranno se necessario aggiunti i materiali non presenti al momento seguendo la nomenclatura e la numerazione presente.	LGN: Porta in legno VET: Porta in vetro ACC: Porta in acciaio ALL: Porta in alluminio PVC: Porta in pvc Ecc..
DESCRIZIONE	Campo che differenzia gli elementi in funzione della tipologia di porta. Vengono definiti il numero di battenti della porta e la tipologia di apertura separati da un tratto basso "_"	battente_singola battente_doppia scorrevole_singola scorrevole_doppia battente_singola Ecc..
NOME TIPO		
PARAMETRO TIPO 1	Campo che descrive le dimensioni dell'oggetto identificandolo come altezza x larghezza cm	Ex: 80x210cm Ecc..
PARAMETRO TIPO 2	Campo che descrive il posizionamento dell'oggetto dividendolo tra chiusura verso l'esterno e divisione tra ambienti interni	est: porte che separano un ambiente esterno-interno oppure due edifici differenti int: porte che separano un ambiente interno-interno
PARAMETRO TIPO 3	Campo specifico per le porte tagliafuoco (ove questo parametro non è presente le porte vengono considerate NON tagliafuoco)	EX: REI

Tabella 6: Nomenclatura porte

Finestre		
NOME FAMIGLIA		
	DESCRIZIONE	CODICE
DISCIPLINA	Codice che definisce la disciplina alla quale appartiene l'oggetto modellato (max. 2 caratteri)	AR: Architettonico
CATEGORIA	Codice identificativo della Categoria alla quale appartiene l'oggetto modellato (max 3 caratteri)	FIN Finestre
CODICE MATERIALE	Codice che definisce la tipologia di pavimento basandosi sui materiali dello stesso considerando 2 aspetti principali per la descrizione dello stesso ovvero il core e l'isolamento, se presente. Verranno se necessario aggiunti i materiali non presenti al momento seguendo la nomenclatura e la numerazione presente.	LGN: Porta in legno VET: Porta in vetro ACC: Porta in acciaio ALL: Porta in alluminio PVC: Porta in pvc Ecc..
DESCRIZIONE	Campo che differenzia gli elementi in funzione della tipologia di porta. Vengono definiti il numero di battenti della porta e la tipologia di apertura separati da un tratto basso " _ "	battente_singola battente_doppia scorrevole_singola scorrevole_doppia battente_singola vasistas a_libro Ecc..
NOME TIPO		
PARAMETRO TIPO 1	Campo che descrive le dimensioni dell'oggetto identificandolo come altezza x larghezza cm	Ex: 80x210cm Ecc..
PARAMETRO TIPO 2	Campo che descrive la possibilità o impossibilità di apertura della finestra	apr: finestre con possibilità di apertura totale o parziale fis: finestre che non permettono l'apertura
PARAMETRO TIPO 3	Campo specifico per le finestre tagliafuoco (ove questo parametro non è presente le porte vengono considerate NON tagliafuoco)	EX: REI

Tabella 7: Nomenclatura finestre

Successivamente è stata scelta la denominazione dei livelli del progetto, la scelta ha seguito le denominazioni già presenti nei CAD e nelle sezioni gestite tramite Archibus forniti dal Politecnico.

DENOMINAZIONE LIVELLI		
LIVELLO	Nome	Quota[m]
Primo piano interrato	XS01	-3.38
Piano terra	XP00TE	0
Piano primo	XP01	4
Piano secondo	XP02	8
Piano terzo	XP03	12
Piano quarto	XP04	16
Piano quinto	XP05	19.65

Tabella 8: Denominazione livelli nel progetto

L'intenzione è che i livelli seguiranno tutti la stessa logica delineata nella tabella, dove i modelli situati nei piani superiori al piano terra saranno identificati con la sigla "XP0n", dove "n" rappresenta il numero del piano fuori terra. Allo stesso modo, i piani inferiori al piano terra saranno tutti denominati come "XS0m", con "m" indicante il numero del piano interrato.

In fine il piano terra sarà denominato sempre con la sigla X00PTE.

Formati di fornitura dati

Di seguito vengono specificati i formati dei file che il Politecnico di Torino metterà a disposizione dell'appaltatore per lo svolgimento delle attività concordate.

FORMATO DATI FORNITI DAL POLITECNICO DI TORINO		
Contenuto	Formato	Note
Documenti As-Built	.dwg / .pdf / .docx / .xlsx	L'Appaltatore e il Politecnico di Torino dovranno verificare la versione più aggiornata, che sarà oggetto di validazione da parte del solo Politecnico di Torino
Modello BIM	.rvt	-
Linee guida	.pdf	Le linee guida vengono fornite all'appaltatore solamente dal Politecnico di Torino che potrà caso per caso apportare se necessarie modifiche alle stesse
Parametri condivisi	.txt	-
File modello	.rte	-
Libreria materiali	.adsklib	I materiali se non presenti nel file dovranno seguire le direzioni di nomenclatura forniti dal Politecnico di Torino

Tabella 9: Formato dati forniti dal Politecnico

Una volta concluso un lavoro l'appaltatore sarà tenuto a rilasciare al Politecnico di Torino le documentazioni concordate con lo stesso.

Per far sì che i file forniti dall'appaltatore non si distacchino dalle tipologie utilizzate dal Politecnico di Torino è necessario rilasciare anche uno schema di fornitura dati accettata dal Politecnico.

FORMATO DATI FORNITI DAL'APPALTATORE		
Contenuto	Formato	Note
Report	.pdf / .docx	L'appaltatore è tenuto a descrivere lo stato di avanzamento del modello e le scelte operative, se differenti dalle linee guida (previa approvazione idel Politecnico di Torino).
Modello BIM	.rvt/ .ifc/ .adsklib	L'appaltatore è tenuto a fine lavorazione di fornire al Politecnico di Torino nei formati indicati tutto il materiale necessario al fine di poter aggiornare la sua Banca Dati

Tabella 10: Formato dati accettati dal Politecnico di Torino

Viene ora mostrato uno schema riassuntivo delle interazioni tra l'ambiente BIM e i vari utenti che ci si devono interfacciare:

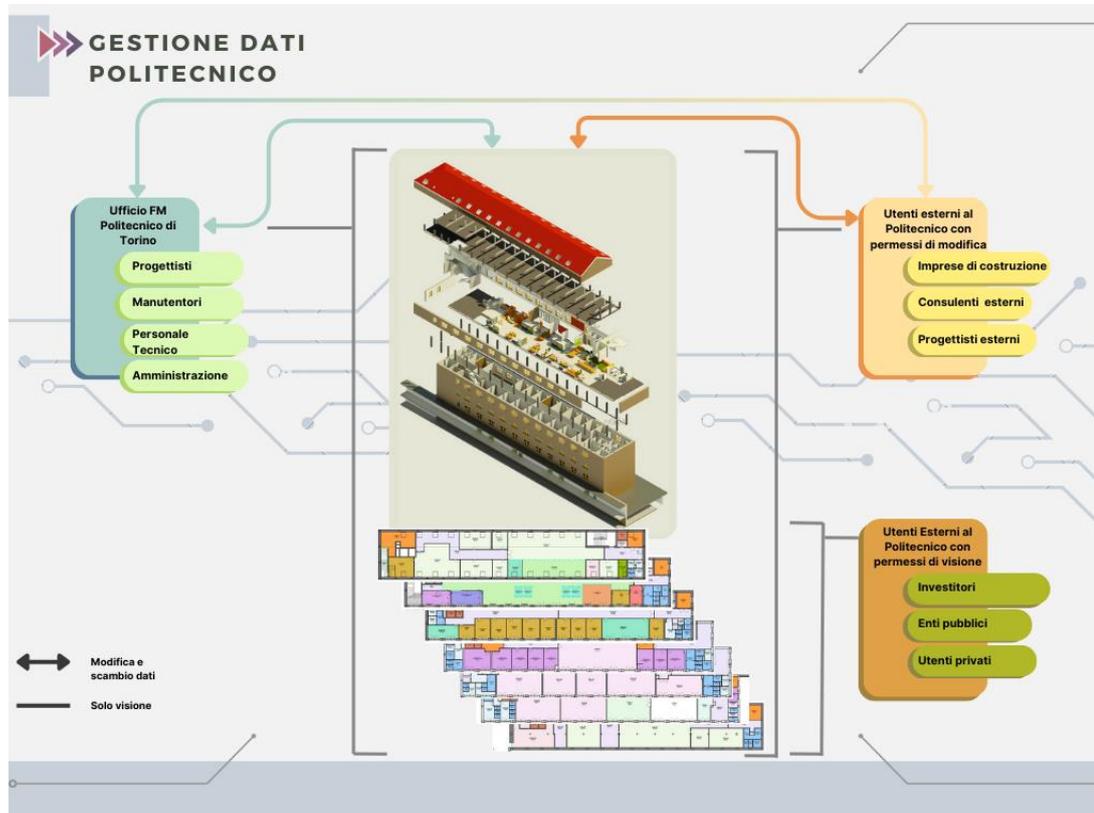


Figura 22: Gestione dati del Politecnico di Torino

Livelli di sviluppo oggetti modellati

Viene dettagliato il sistema di riferimento scelto per determinare il livello di sviluppo grafico (LOG) degli oggetti relativi ai diversi modelli disciplinari, in conformità alle normative esposte in Tabella 1. Ogni obiettivo del processo è caratterizzato da un LOD eterogeneo, come indicato nella tabella riportata di seguito.

Viene poi inserito un ulteriore dato LOR (Level of Reliability) inteso come il livello di coerenza globale del processo di definizione di un oggetto digitale o anche il livello di affidabilità che si è dato a ogni parte del modello creato.

Tale dato è stato indicato con un range che va da 1 a 3 dove per uno si intende un elemento avente pochi elementi di conferma della sua geometria e posizione mentre tre definisce un elemento con la massima sicurezza raggiungibile riguardante i dati della sua geometria e posizione.

LOD oggetti			
Disciplina	Elemento	LOD	LOR
STRUTTURALE	Pilastrini	C	1
	Travi	C	1
	Scale	D	3
	Solai Strutturali	C	1
ARCHITETTONICO	Pareti	D	2
	Pavimenti	D	3
	Controsoffitti	D	3
	Porte	D	3
	Finestre	D	3
	Allestimenti	D	2
MEP	Sistemi di illuminazione	C	3
	Apparecchi servizi igienici	C	3

Tabella 11: LOD oggetti modellati

Struttura per la gestione della modellazione

Di seguito viene illustrata la struttura del modello BIM, suddiviso nelle diverse discipline, per la digitalizzazione del complesso del Politecnico di Torino.

Il modello BIM è organizzato come Modello Federato. Questo tipo di articolazione è stata pianificata considerando la complessità del modello da realizzare e gli attori coinvolti nel processo. Come mostra l'immagine sottostante, la struttura del modello è articolata su tre livelli:

1. Modelli operativi (AR_01, ST_01, ecc.);
2. Modelli di coordinamento disciplinare (COOR Model AR, COOR Model ST, ecc.);
3. Modello unico di coordinamento (COOR Model).

Una visione complessiva del modello digitalizzato (a titolo esemplificativo e non esaustivo) è possibile attraverso il modello di coordinamento: si tratta di un file vuoto in cui sono linkati, in modalità Attachment, i file di coordinamento delle diverse discipline. I modelli di coordinamento delle diverse discipline contengono i modelli operativi della specifica disciplina, linkati in modalità Overlay in ogni modello operativo è poi immaginata una collaborazione tramite l'utilizzo di workset che può permettere di lavorare in un unico modello per ogni sottogruppo di lavoro.

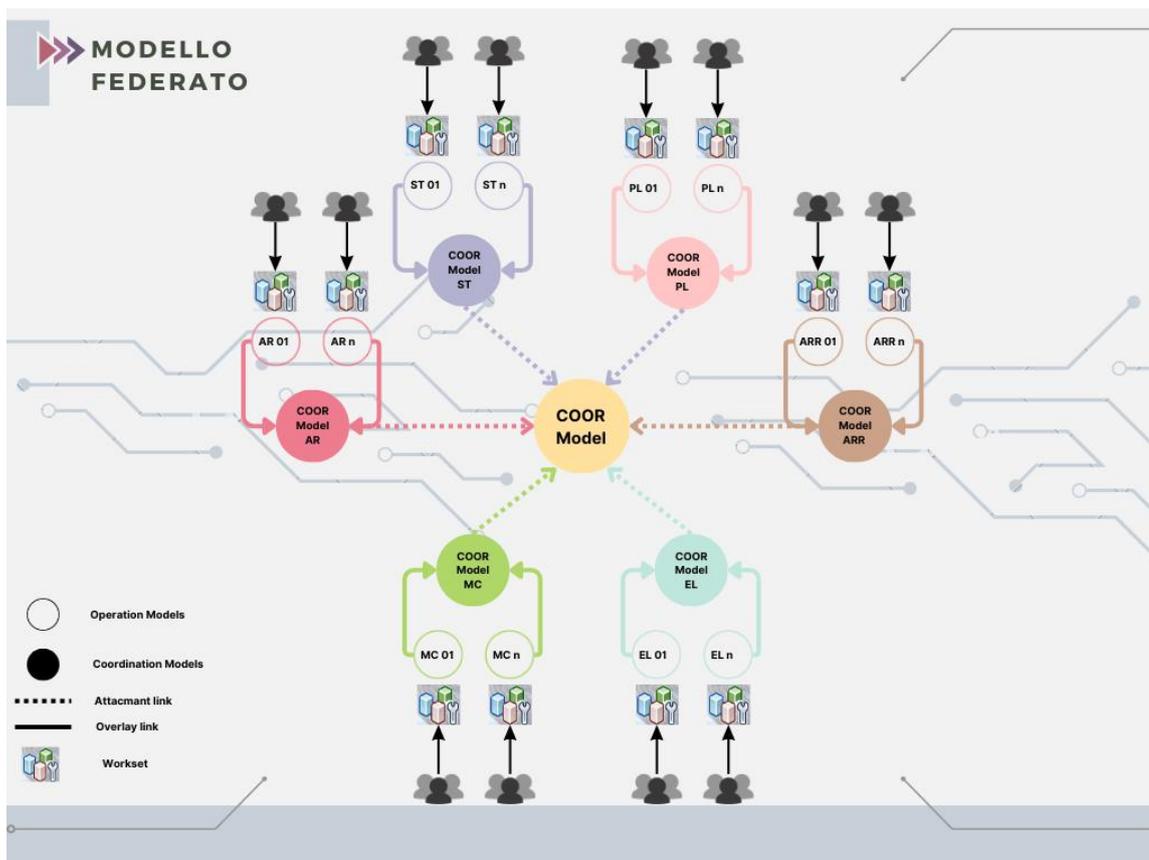


Figura 23: Modello federato

Ci si ritroverà dunque ad avere:

- Un modello unico Architettonico AR diviso in opportuni modelli operativi derivanti dalla suddivisione di area del Politecnico di Torino,
- Un modello unico Strutturale diviso in opportuni modelli operativi derivanti dalla suddivisione di area del Politecnico di Torino,
- Un modello unico Arredo ARR diviso in opportuni modelli operativi derivanti dalla suddivisione di area del Politecnico di Torino,
- Un modello unico Meccanico MC diviso in opportuni modelli operativi derivanti dalla suddivisione di area del Politecnico di Torino.
- Un modello unico Elettrico EL diviso in opportuni modelli operativi derivanti dalla suddivisione di area del Politecnico di Torino.

- Un modello unico Idrico PL diviso in opportuni modelli operativi derivanti dalla suddivisione di area del Politecnico di Torino.

Modellazione classica

Prima di analizzare come è stato affrontato il problema della modellazione tramite l'utilizzo di Dynamo è opportuno soffermarsi nel riflettere su cosa sia la modellazione as-built e su come venga fatta tuttora.

Come nel caso del Digital Twin un modello BIM as-built e la ricostruzione digitale di un edificio esistente.

Esso può essere realizzato durante o post costruzione dell'edificio reale e si configura come un contenitore informativo che coniuga al modello 3D i dati e le informazioni geometriche e non dell'edificio costruito, le informazioni possono essere ad esempio schede tecniche, documentazione fotografica, CAD, manuali ecc. Inoltre, i dati contenuti dipendono dallo scopo per cui è stato pensato e realizzato il modello.

In termini più generali, un modello as-built è un elaborato che descrive con più o meno precisione (questo in funzione del LOD e quindi dell'utilità del modello) la posizione degli elementi strutturali, meccanici, idraulici, elettrici ed architettonici, con l'obbiettivo di ricreare una rappresentazione accurata dello stato di fatto dell'edificio al momento in cui è stato eseguito il rilievo. Di fatti il processo di sviluppo di un modello as-built inizia con la ricerca e catalogazione di tutti il materiale informativo riguardante l'edificio in questione, questo materiale può essere in vari formati da quelli più moderni di vari formati digitali sino nei casi di edifici datati in formati cartacei. Una volta appurato il livello di dettaglio ottenibile con la documentazione e molto spesso necessario un rilievo geometrico dell'edificio per poter definire il grado di

affidabilità in primis del materiale trovato e tal volta per poter acquisire informazioni mancati che potrebbero rivelarsi essenziali per la corretta realizzazione del modello.

Essenzialmente per ottenere un modello as-built si possono seguire due strade:

- Eseguire il modello BIM durante la costruzione dell'edificio e modificarlo passo, passo secondo le opere realizzate effettivamente in cantiere.
- Procedere con l'acquisizione della geometria del manufatto esistente con appositi strumenti e metodi (laser scanner, fotogrammetria, ecc.) integrandole come già detto a informazioni ottenute dalla documentazione fornita.

Un utilizzo pratico di questo clone virtuale potrà quindi essere l'aggiornamento nel tempo con le informazioni relative agli interventi di manutenzione oppure agli interventi che potrà subire l'edificio durante il corso della sua vita utile o ancora la possibilità di realizzare simulazioni di nuovi interventi e valutarne la fattibilità tecnica ed il ritorno di investimento stimato.

Vogliamo ora soffermarci su questi ultimi utilizzi del modello digitale, nell'elaborato è stato effettuato anche un modello dell'edificio preso in considerazione tale Edificio-Q e zone limitrofe facente tutti parte della più grande zona denominata To_cen 02.

Questo edificio è situato, come detto, nella sede centrale del politecnico più precisamente tra corso Castelfidardo e Corso Duca degli Abruzzi e caratterizzato da cinque piani fuori terra di cui l'ultimo (il laboratorio del dipartimento del DISEG) mansardato, è poi presente anche un piano interrato.

Il piano terra è collegato alle altre parti del Politecnico attraverso il corridoio centrale che costeggia l'edificio lungo il suo lato maggiore per tutta la sua lunghezza e sempre al piano terra è presente uno dei Bar del Politecnico denominato Denise.

Il progetto as-built dell'edificio è stato dapprima creato attraverso i file forniti dalla amministrazione del Politecnico.

In particolare, comprendevano delle piante in formato CAD, una per ogni piano del politecnico e delle tavole in formato pdf rappresentanti l'edificio in questione prima e dopo una rifunzionalizzazione che fece passare l'edificio originario da tre piani fuori terra agli attuali cinque.

Viene ora mostrata una delle tavole citate:

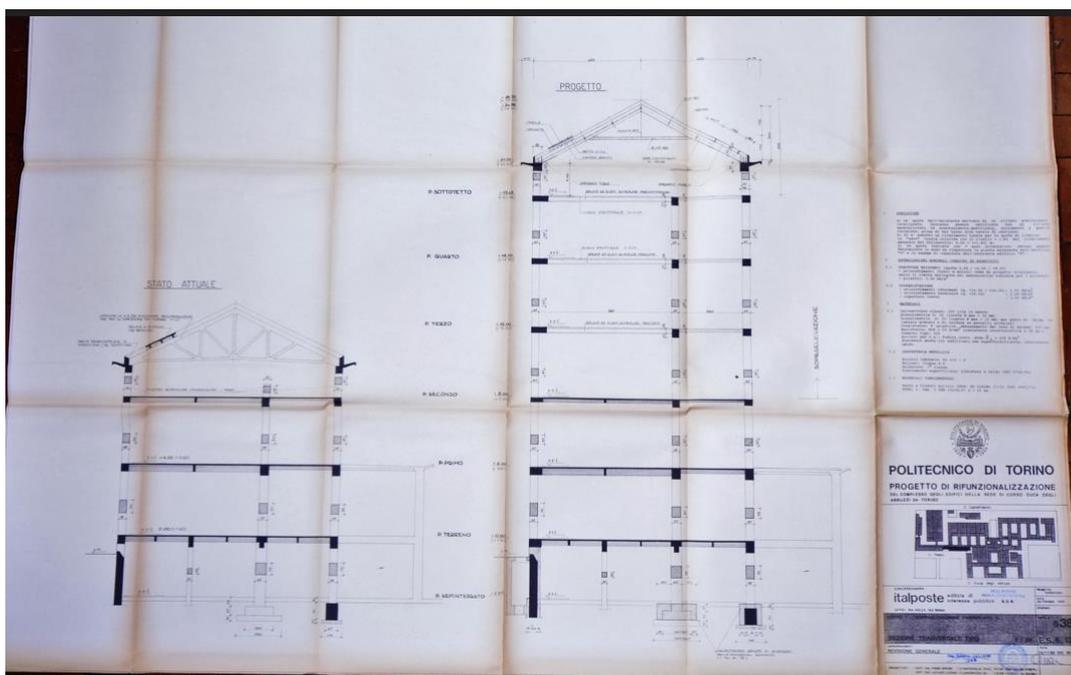


Figura 24: Tavola di sezione dell'edificio Q fornita dal Politecnico

Mentre invece le tavole CAD si presentavano nel seguente modo:

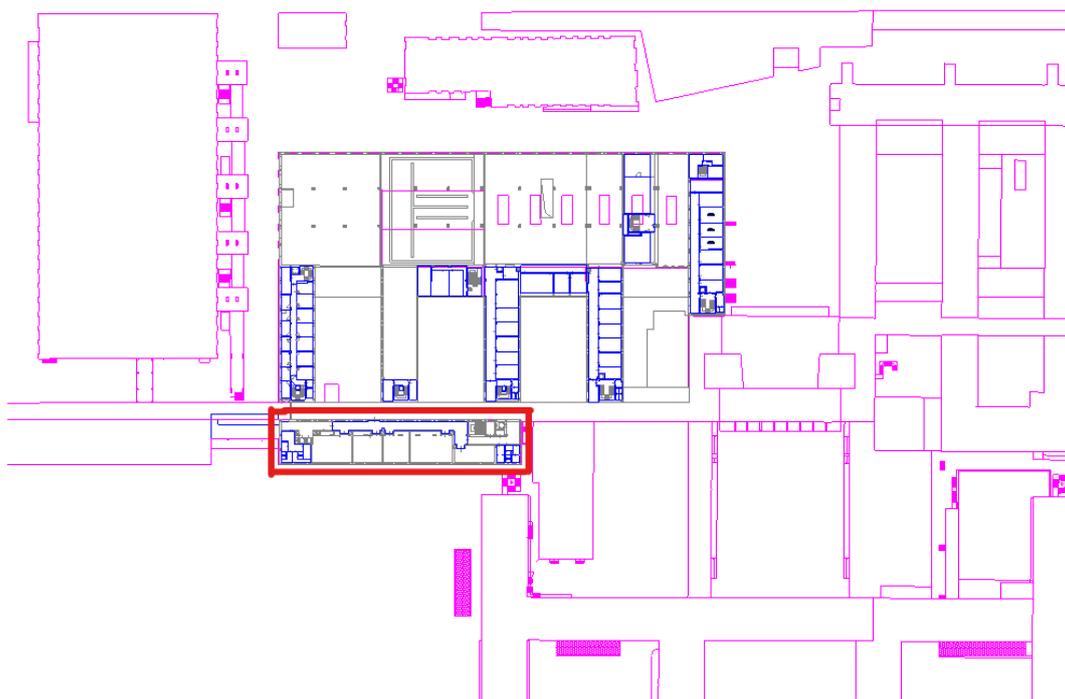


Figura 25: esempio tavola CAD fornita dal Politecnico

Come si può notare è stato evidenziato in colore rosso l'edificio Q per poterlo rendere più facilmente riconoscibile, l'immagine in questione rappresenta il piano primo dell'edificio Q e di conseguenza anche degli edifici limitrofi sezionati dal piano di taglio.

Per la modellazione è stato usato il software BIM REVIT facente parte dell'universo Autodesk nella sua versione 2022, grazie all'ausilio dei file sopra citati si è da prima creata la parte strutturale dell'edificio, ovvero lo scheletro.

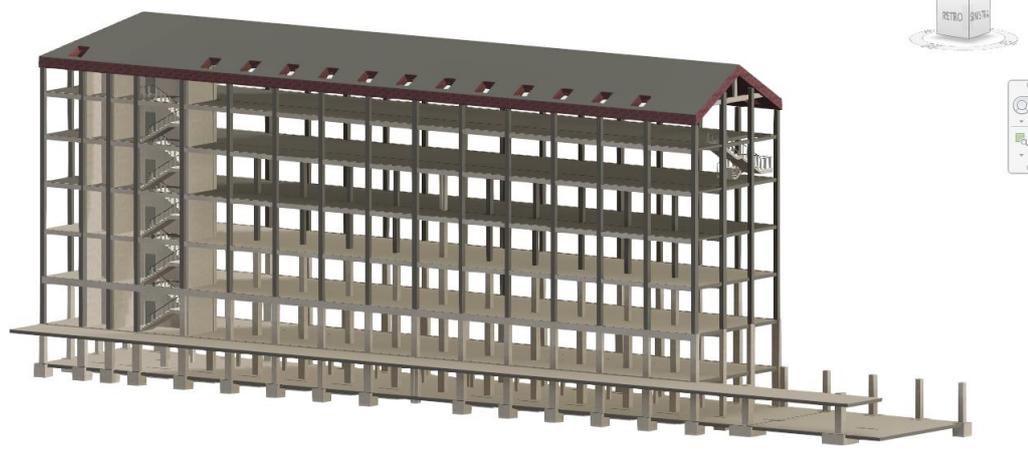


Figura 26: Modellazione strutturale dell'edificio Q esistente

Questa prima parte è stata modellata quasi interamente con le informazioni riportate nei file in possesso, essendo la parte strutturale di un edificio di difficile verifica a meno di non eseguire rilievi specializzati.

Sono stati poi successivamente modellati anche gli altri edifici limitrofi facente parte sempre della stessa zona definita in precedenza (To_cen 02) dove ci si è affidati principalmente ai file CAD come nel caso dell'edificio Q

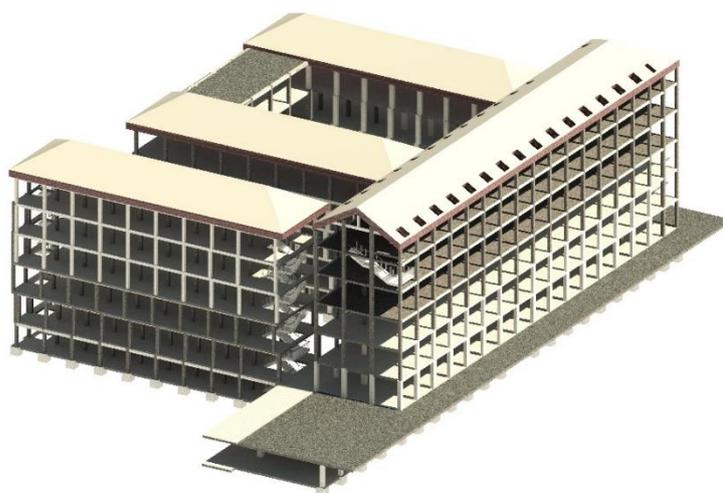


Figura 27: strutturale completo del lotto (To_cen 02) considerato

Come si può vedere nell'immagine sovrastante la parte strutturale del progetto si è composta della modellazione degli elementi strutturali principali quali:

pilastri, fondazioni, travi, solai strutturarli e le scale; considerate anch'esse nella parte strutturale perché in molti casi autoportanti o con una struttura portante assestante e differenziata dall'edificio anche per questioni legate alla sicurezza in casi di emergenza e sgombero degli edifici stessi.

Successivamente ci si è concentrati nella modellazione architettonica; come anticipato nel capitolo precedenti parte del lavoro si è svolto nel dividere con una determinata logica ogni parte del progetto tramite l'utilizzo di un common data environment e tramite esso si è modellato separatamente le parti strutturali da quelle architettoniche e anche dalle parti di arredamento.

Si è dunque utilizzato i link per far parlare ogni parte del progetto, difatti ogni volta che una parte strutturale o architettonica veniva modificata non intaccava nessuna parte degli altri modelli poiché con l'utilizzo di questa metodologia i due modelli risultano effettivamente separati e vengono messi uno sull'altro senza vere e proprie interazioni all'interno del programma.



Figura 28: Modello Architettonico completo

L'immagine mostra l'estensione totale del modello finale, come si può notare parte del modello è stato concluso con delle masse questo perché quelle parti erano all'interno di zone non considerate ma che confinavano e in certi casi si intersecavano con la zona presa in considerazione nella modellazione.

Modellazione avanzata tramite Dynamo

Dynamo è un'applicazione open source basata sul visual programming (programmazione visuale) o VPL (visual programming language) esso consente di ottenere una personalizzazione avanzata nel flusso di lavoro relativo alle informazioni edilizie e alla modellazione.

Un utente può grazie a Dynamo programmare un proprio flusso di lavoro al fine di automatizzare un'azione oppure estrapolare informazioni e rielaborarle per eseguire diversi lavori.

Tutto questo è possibile anche senza una vera e propria competenza in ambito di sviluppo e programmazione data la sua interfaccia di dialogo suddivisa per blocchi.

La programmazione visuale di fatti è un modo alternativo al classico linguaggio attraverso righe di codice, essa è di fatto formata da blocchi di codice, (in linguaggio tecnico nodi) precompilati che svolgono una funzione più o meno complessa e forniscono uno o più output in funzione del loro obiettivo.

Di seguito viene mostrato un esempio per comprendere più chiaramente quale sia la differenza tra programmazione classica ovvero tramite codice e la programmazione visuale utilizzata da Dynamo.

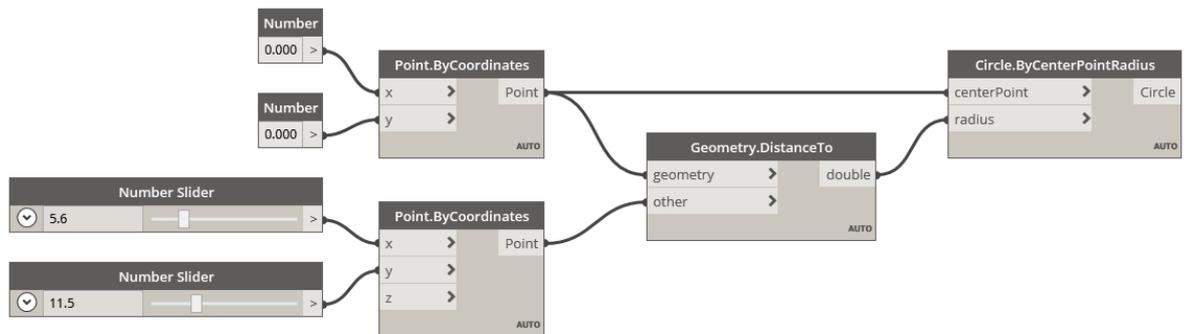


Figura 29 : Dynamo VP (Programmazione visuale) [Fonte autodesk.it]

```

myPoint = Point.ByCoordinates(0.0,0.0,0.0);
x = 5.6;
y = 11.5;
attractorPoint = Point.ByCoordinates(x,y,0.0);
dist = myPoint.DistanceTo(attractorPoint);
myCircle = Circle.ByCenterPointRadius(myPoint,dist);

```

Figura 30: Programmazione tramite testo [Fonte autodesk.it]

Nelle due immagini sovrastanti l'obiettivo era il medesimo, ovvero la creazione di un cerchio partendo dal punto centrale posto in coordinate X, Y, Z (0; 0; 0) e avente raggio derivante dalla distanza tra il punto centrale appena definito e un punto assegnato con coordinate XY in questo caso X, Y (5.6; 11.5).

Si può già notare come la programmazione visuale permetta, anche a chi non è avvezzo all'utilizzo di codice per programmare, di poter facilmente intuire qual è l'obiettivo del programma potendo analizzare nodo per nodo e aiutandosi sia con la lettura del titolo del nodo stesso che con il collegamento

che c'è tra un nodo e l'altro per capire più facilmente qual è il tipo di collegamento tra i vari dati al fine di ottenere un determinato risultato.

Questo tipo di programmazione permette inoltre di focalizzarsi più sull'obiettivo del programma, ragionando quasi interamente sulle interazioni logiche che ci sono tra le varie parti del programma stesso, piuttosto che nella forma o, meglio dire, nella grammatica di come queste interazioni vengono scritte, parte altrettanto complessa di molti dei programmi che utilizzano la tipologia di codice testuale.

In questo modo la programmazione visuale abbassa la complessità legata a una programmazione testuale e si rivolge in questo modo a un pubblico più ampio ma in particolare ai progettisti.

Ci si è dunque posti il problema della modellazione tramite Dynamo, questo perché convinti che un futuro sviluppo di questo tipo di programmi potrà agevolare non poco il lavoro dei tecnici soprattutto in situazioni dove, come in questo caso, si parte da dei dati principalmente in formato CAD.

La parte considerata per l'utilizzo del programma Dynamo è stata il primo piano dell'edificio Q.

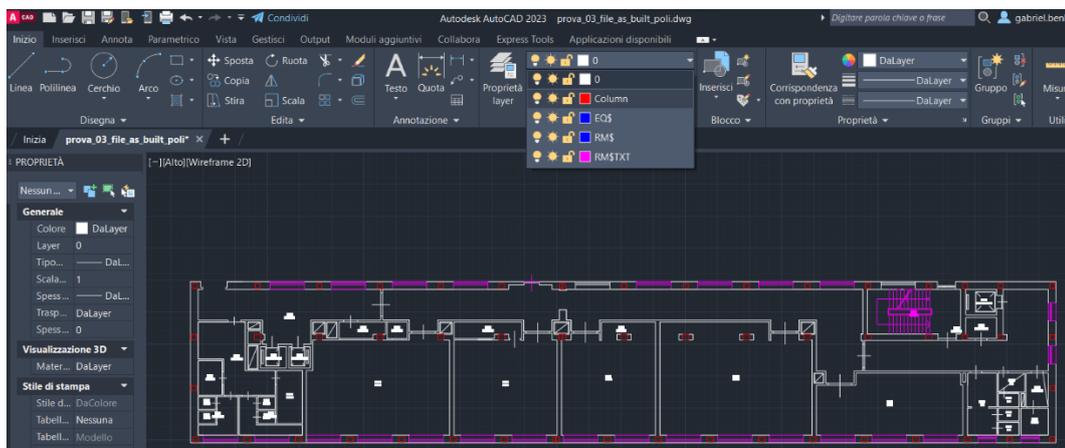


Figura 31: Modifica del file CAD

Dapprima è stato necessario effettuare un lavoro di pulizia sul file CAD di tutto quello che non fosse l'edificio considerato.

In secondo luogo, data la natura di come è stato pensato il codice e di cosa si è voluto considerare, ovvero i pilastri strutturali, è stato necessario modificare il Layer dei pilastri per tutto il piano.

Il problema è sorto perché nel file CAD originale i pilastri e i muri avevano lo stesso Layer e questo avrebbe causato un problema non sormontabile per l'applicazione del codice realizzato.

Come si può vedere nell'immagine sovrastante il nuovo Layer creato appositamente per i pilastri è stato denominato “Column” e colorato di rosso anche per renderlo di più facile individuazione.

Una volta apportata questa modifica il file CAD è stato importato all'interno del programma REVIT tramite il comando collegamento.

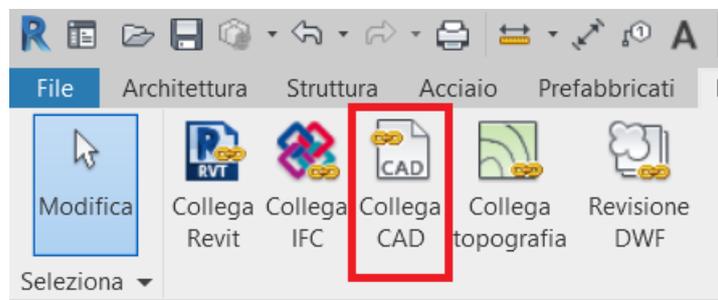


Figura 32: Comando per il caricamento del CAD

Questo tipo di collegamento funziona allo stesso modo dei link per gli altri modelli ed è il metodo migliore al fine sia di non appesantire il modello sia per la possibilità di poter apportare se necessario altre modifiche al file originale CAD che saranno quindi automaticamente caricate nel file inserito all'interno di REVIT.

Viene ora spiegato nei suoi blocchi principali il codice creato con Dynamo:

- La prima parte consiste nel far sì che il programma legga correttamente sia il file CAD caricato e più nello specifico il Layer costituente i pilastri.

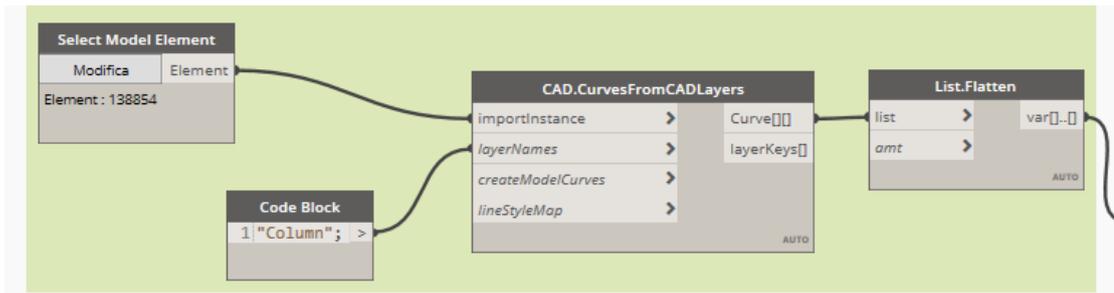


Figura 33: Codice Dynamo per caricamento e lettura DWG

Già in questa prima parte si può notare il motivo della modifica apportata al file CAD, il nodo di lettura delle curve facente parte il file richiede anche il dato riguardante il nome del Layer che si vuole considerare; in questo modo si può da subito sia leggere e isolare solo i pilastri visto che fanno parte tutti dello stesso Layer ed essendo che nessun altro elemento è stato disegnato con lo stesso.

- Il codice poi prosegue con la parte dove vengono arrotondate i segmenti facente parte la sezione dei pilastri, questo perché i numeri con troppe cifre dopo la virgola potrebbero causare problemi con la creazione delle tipologie di pilastri.



Figura 34: Codice Dynamo creazione polilinee chiuse

Successivamente i segmenti prima citati vengono inseriti in una lista di gruppi di curve creata secondo la logica dove ogni gruppo è formato da segmenti collegati tra loro almeno per un punto, questa logica è basata sulla distanza tra i punti di inizio e fine delle curve, successivamente i gruppi di curve vengono trasformate in polilinee per poter essere gestite dal nodo successivo.

- La parte successiva del codice si incarica di acquisire le polilinee appena create ed estrapolare i dati relativi alla base e l'altezza della sezione dei pilastri, inoltre, definisce la posizione del punto centrale di queste polilinee che coincide con il centro della sezione dei pilastri, questo dato sarà successivamente utilizzato per il posizionamento dei pilastri.

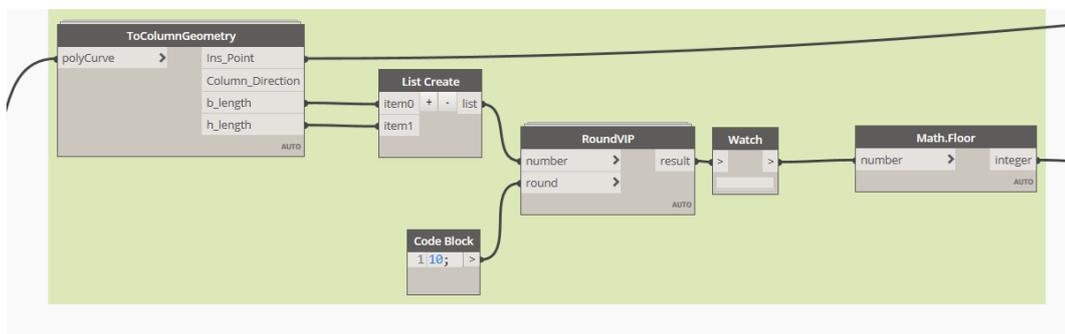


Figura 35: Codice Dynamo acquisizione dati pilastri

Arrivati a questo punto si conoscono già sia le posizioni che i valori di base e altezza dei pilastri, con questi dati si può dunque proseguire con la creazione effettiva sia dei pilastri che il loro posizionamento.

- È stato creato prima di proseguire un gruppo di nodi incaricato di eliminare i valori nulli dalla lista dei valori trovati questo al fine di evitare la propagazione di errori nella parte successiva del codice.

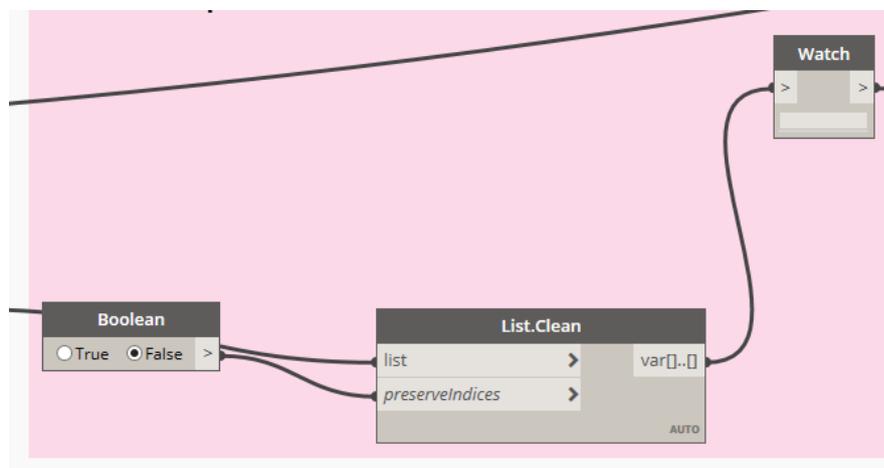


Figura 36: Codice Dynamo eliminazione valori null

- Nella parte successiva del codice la lista contenente i dati di base e altezza dei pilastri sono stati riorganizzati e uniti secondo la nomenclatura che si è voluto ottenere, questa divisione e poi unione della lista si è ottenuta grazie all'ordine con il quale sono stati estrapolati i dati di base altezza della sezione di pilastri, questi dati di fatto hanno mantenuto l'ordine derivato dall'acquisizione delle polilinee e quindi la successione dei dati stessi corrisponde a prima la base e poi l'altezza di ogni sezione dei pilastri.

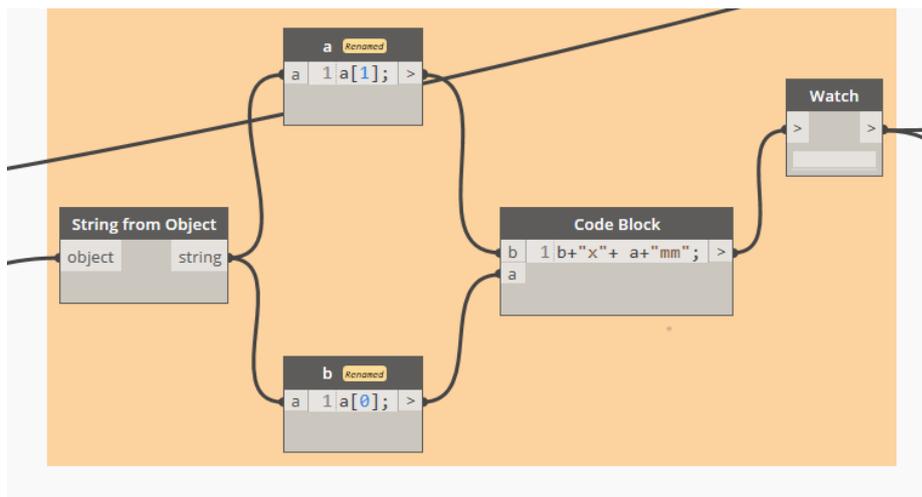


Figura 37: Creazione liste nomi dei pilastri

La lista dei nomi che verranno poi dati ai tipi di pilastri si presenta nel seguente modo:

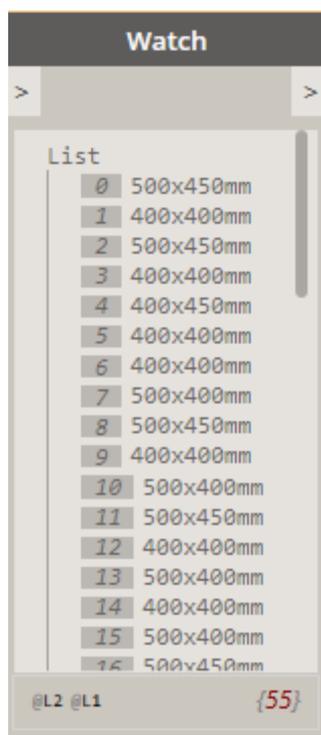


Figura 38: Lista nomenclatura tipi pilastri

Come si può notare dall'ultimo nodo partono due ramificazioni questo perché in questa parte del codice ci sarà una biforcazione dove dapprima dovranno essere creati come già detto i veri e propri tipi di pilastri utilizzando i nomi

appena creati, mentre successivamente quella stessa lista con i pilastri nell'ordine corretto verrà infine utilizzata per il posizionamento all'interno del modello dei pilastri.

- Per la creazione dei pilastri partendo dai nomi si è da prima depurata la lista da tutti i nomi che apparivano più di una volta, ottenendo così una lista che al suo interno fornisce anche l'effettivo numero di tipologie di pilastri da creare che in questo caso era sette.

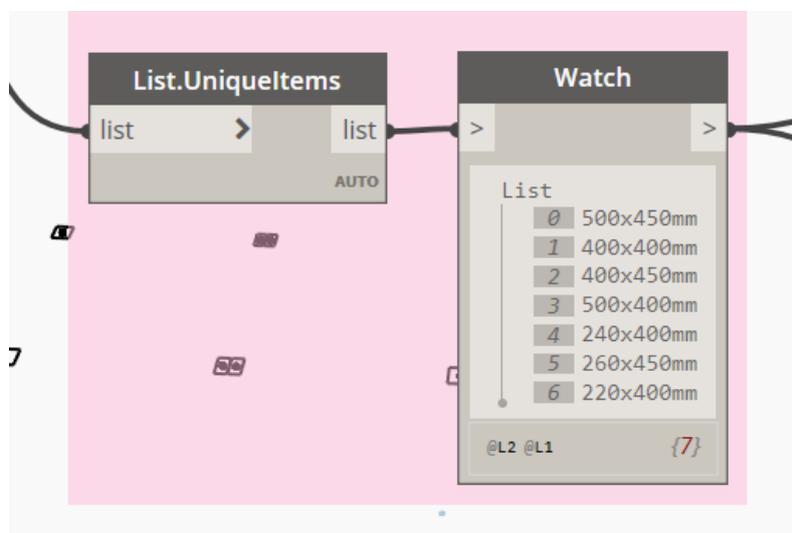


Figura 39: Codice Dynamo depurazione nomi doppi

- Il successivo insieme di nodi è servito per la creazione dei nuovi tipi di famiglie di colonne strutturali, per fare questo è stato necessario definire la tipologia di categoria gli elementi alla quale si volesse fare riferimento, definire gli elementi e ovviamente anche i nomi da dare

a questi nuovi elementi.

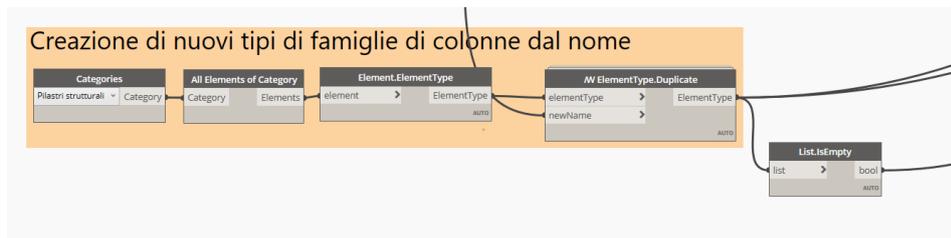


Figura 40: Codice Dynamo creazione tipi famiglie pilastri strutturali

Come si può notare in basso a destra, l'ultimo nodo di questo gruppo è utilizzato per verificare se la lista finale di elementi creati sia piena e quindi con gli elementi effettivamente creati o vuota, quindi con gli elementi ancora inesistenti, questo serve perché con l'ausilio del nodo visibile nell'immagine sottostante il codice può far sì che prima di proseguire deve verificare che questa parte di codice debba essere completata; così facendo i pilastri potranno essere correttamente inseriti e posizionati nel modello solo dopo la creazione degli stessi cosa che altrimenti avrebbe causato un errore.



Figura 41: Codice Dynamo nodo di controllo

A questo punto del codice i pilastri sono stati creati e si conosce già la loro posizione finale per l'inserimento nel modello, il passo successivo è quello di inserire i dati di base altezza all'interno dei pilastri appena creati essendo che i pilastri in questione in questo momento hanno sì la giusta nomenclatura ma possiedono tutti gli stessi dati di sezione per quanto riguarda la base e l'altezza,

ultima parte prima del posizionamento degli stessi sarà infatti modificare questi dati utilizzando sempre la lista creata in precedenza.

- La prima parte di questo processo è l'eliminazione di tutto quello che non è il solo valore numerico della base dell'altezza delle sette tipologie di pilastri identificati.

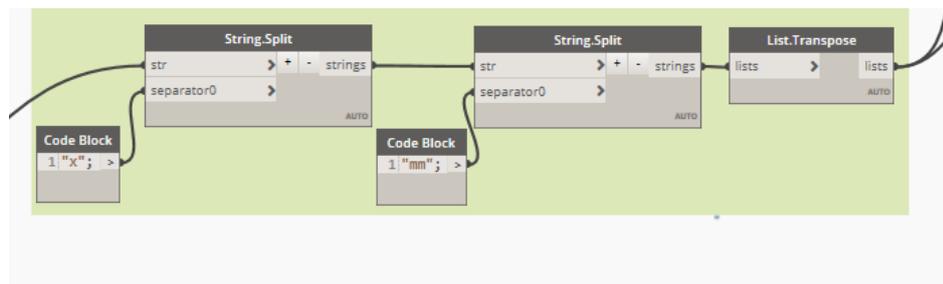


Figura 42: Codice Dynamo depurazione nomi pilastri creati

- Successivamente verranno divisi in due liste le basi e le altezze dei sette pilastri, queste due liste dovranno mantenere il giusto ordine reciproco per poter essere inserite come dato corretto all'interno del proprio tipo di pilastro.

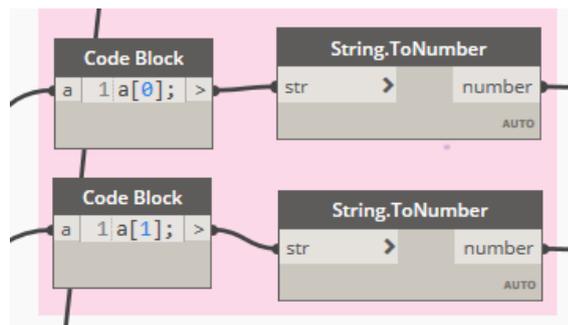


Figura 43: Codice Dynamo divisione in due liste ordinate

- L'ultima parte consiste nell'inserimento dei dati di base e altezza appena estrapolti e divisi in due liste separate all'interno delle loro tipologie di pilastro create precedentemente, così facendo i dati di

base e altezza modificheranno ogni pilastro con le corrette dimensioni ottenendo i corretti pilastri da inserire all'interno del modello.

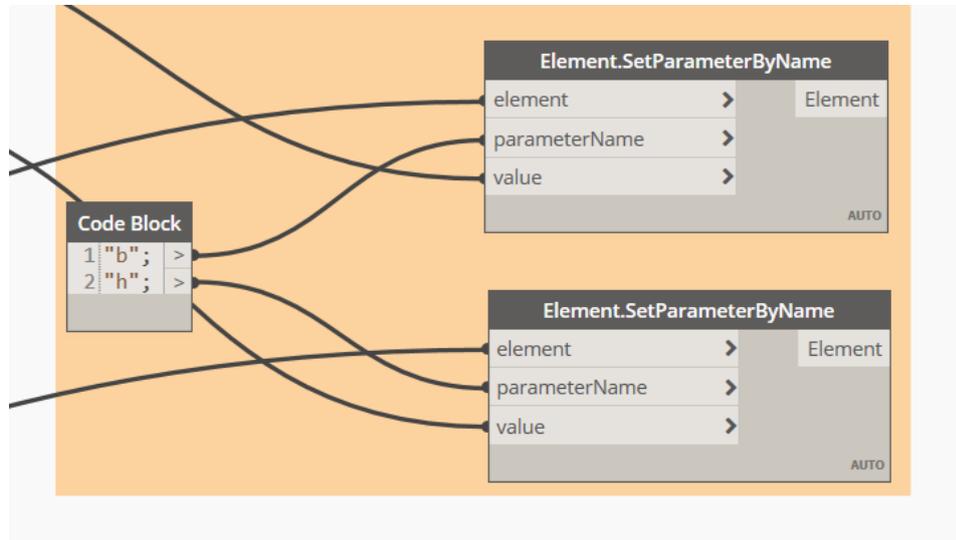


Figura 44: Codice Dynamo inserimento dei dati di base e altezza all'interno dei pilastri

- Si è dunque arrivati all'ultima parte del codice dove i pilastri correttamente nominati e aventi le giuste dimensioni di base altezza relativa alla sezione vengono posizionati all'interno del modello tramite l'utilizzo del punto centrale trovato in precedenza.

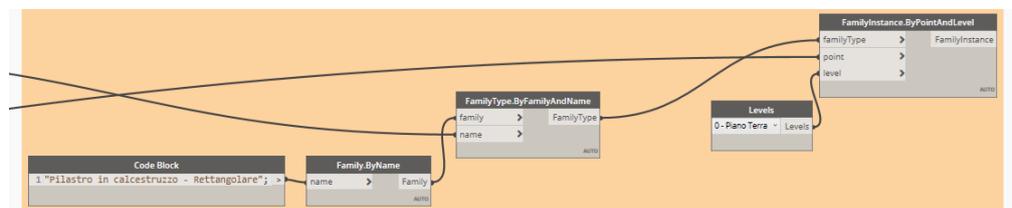


Figura 45: Codice Dynamo inserimento dei pilastri all'interno del modello

Verrà ora a titolo esplicativo mostrato il codice Dynamo per intero:

Riassumendo quanto detto in precedenza, tramite il codice Dynamo descritto è possibile, partendo da un file CAD, definire i dati relativi alle dimensioni della sezione dei pilastri presenti all'interno del file, definire inoltre la loro posizione spaziale all'interno del modello, creare le tipologie di pilastri basandosi sui dati prima elencati e in fine posizzionarli correttamente all'interno del modello.

Verrà ora mostrato come si presenta all'interno del modello di prova il codice appena spiegato.

Dapprima si può notare come all'interno del modello ci sia solamente il file CAD importato con le relative modifiche già descritte in precedenza ovvero il cambio di Layer per quanto riguarda i pilastri e la sua nomenclatura con la sigla "Column".

Come già anticipato questa prova è stata condotta solamente su una parte del modello strutturale riguardante l'edificio in particolare sul primo piano dell'edificio in questione questo perché si è voluto focalizzare particolare attenzione non tanto sul poter modellare più elementi possibili ma sull'efficacia del metodo nell'utilizzo del codice questo stesso metodo potrà essere usato in tutte le altre parti del modello ovviamente con le stesse modalità e accorgimenti che sono stati citati precedentemente e quelli che saranno tra poco descritti.

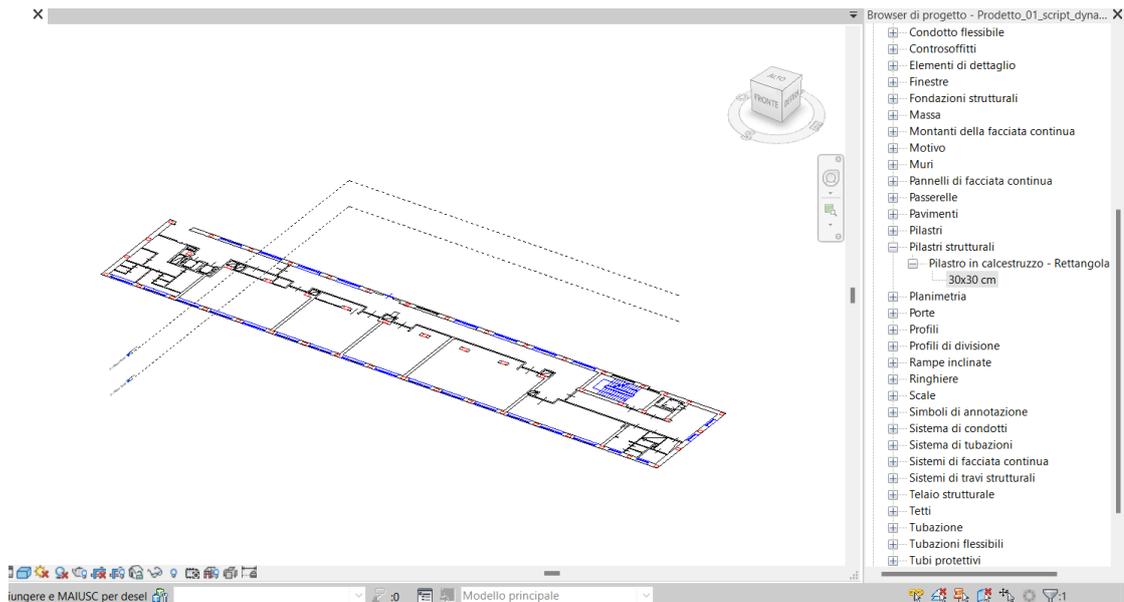


Figura 47: Fase caricamento DWG all'interno di Revit

Come si può notare nell'immagine una volta caricato il DWG l'unica tipologia di pilastro strutturale presente all'interno del modello era il pilastro sezione 30x30 cm famiglia presente di base all'interno della libreria Revit.

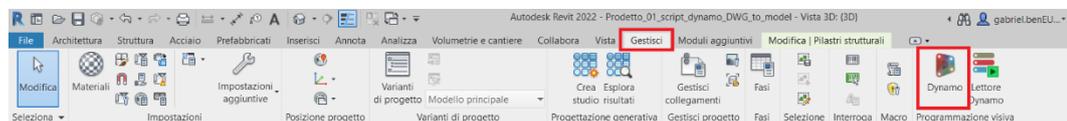


Figura 48: Apertura Dynamo

La prima cosa da fare poi sarà sicuramente avviare il programma Dynamo presente nella sezione gestisci di Revit e aprire il file Dynamo creato e descritto in precedenza.

Va però fatto una precisazione, prima di avviare il codice è necessario inserire all'interno del modello un pilastro tipologia 30x30 cm già presente all'interno del modello, questo perché purtroppo il codice non riesce a generare le nuove tipologie di pilastri se non ve n'è una almeno già presente nell'area di lavoro.

Questo per come è strutturato il codice, le nuove tipologie di pilastri verranno copiate come tipo da quello già preesistente e se questa non si trova all'interno dell'area di modellazione di Revit il programma purtroppo non crea i nuovi pilastri.

Ovviamente questa problematica risulta esserci solamente durante il primo avvio del codice anche perché una volta creati i primi pilastri e inseriti nella posizione corretta i successivi che verranno creati con la stessa metodologia non avranno bisogno di questo primo pilastro perché già quelli creati in precedenza fungeranno per questa mansione.

Una volta fatti tutti questi passaggi non bisognerà far altro che avviare il codice e verranno create i tipi di pilastri che prima non esistevano all'interno del modello e posizionati esattamente sopra la sagoma del DWG caricato.

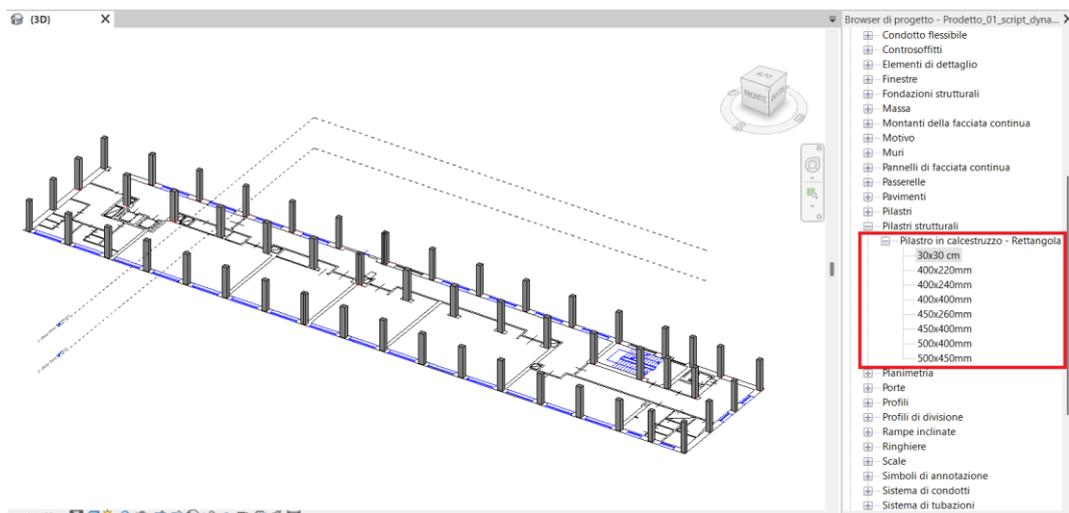


Figura 49: Esecuzione del codice Dynamo

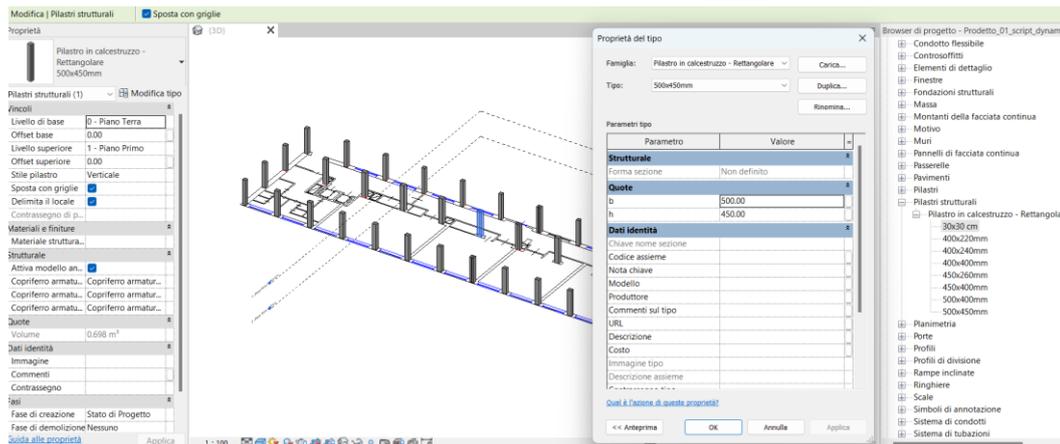


Figura 50 : Visualizzazione dati Pilastrini

Viene mostrato il risultato finale del codice come si può vedere i pilastrini risultano creati e posizionati inoltre le nuove famiglie di pilastrini risultano avere tutte la giusta nomenclatura e all'interno delle loro proprietà le caratteristiche di base altezza sono tutte correttamente inserite basandosi sempre sui dati ottenuti dal CAD.

L'implementazione di programmi capaci di modellare automaticamente basandosi su dei file CAD rappresenta un notevole passo avanti nell'ambito della progettazione modellazione strutturale.

Diminuendo la necessità di dover creare manualmente molti elementi ripetitivi si semplifica il processo di progettazione e si riducono in alcuni casi impossibili errori umani, ciò si traduce in una maggiore efficienza complessiva nella realizzazione dei progetti edilizi.

Inserimento dati

Una volta raggiunto il livello di modellazione prefissato si è pensato anche all'inserimento di dati come le room, ovvero le denominazioni dei locali e la numerazione sempre tenendo conto delle linee guida precedentemente descritte.

Il Politecnico aveva già questo tipo di dato all'interno dei propri CAD, dove è specificato sia la destinazione d'uso di un locale che la numerazione.

Si è però notato che la numerazione adottata dal Politecnico poteva essere meglio gestita e migliorata inserendo al suo interno anche dati che richiamassero al piano oltre che al solo edificio nella quale quel determinato locale è situato.

Vengono quindi ora mostrate piante piano per piano dell'edificio Q alla quale si vuole fare riferimento anche per le modifiche successive.

- Piano S01 (piano interrato meno 1)

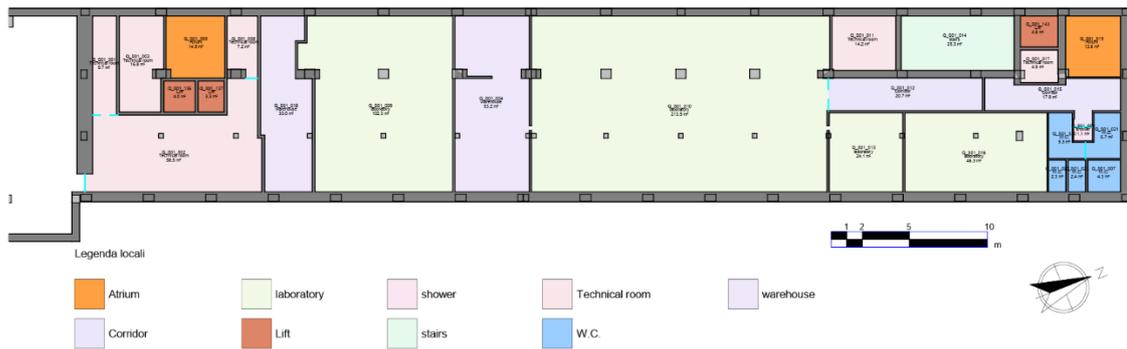


Figura 51: Pianta locali S01

<Abaco dei locali S01>			
A	B	C	D
Area	Nome	Numero	Livello
9.69 m ²	Technical room	Q_S01_001	XS01
58.51 m ²	Technical room	Q_S01_002	XS01
16.78 m ²	Technical room	Q_S01_003	XS01
53.24 m ²	warehouse	Q_S01_004	XS01
14.86 m ²	Atrium	Q_S01_005	XS01
1.08 m ²	shower	Q_S01_006	XS01
4.31 m ²	W.C.	Q_S01_007	XS01
7.17 m ²	Technical room	Q_S01_008	XS01
102.34 m ²	laboratory	Q_S01_009	XS01
213.89 m ²	laboratory	Q_S01_010	XS01
14.24 m ²	Technical room	Q_S01_011	XS01
20.69 m ²	Corridor	Q_S01_012	XS01
24.13 m ²	laboratory	Q_S01_013	XS01
25.33 m ²	stairs	Q_S01_014	XS01
17.87 m ²	Corridor	Q_S01_015	XS01
46.32 m ²	laboratory	Q_S01_016	XS01
4.90 m ²	Technical room	Q_S01_017	XS01
33.03 m ²	warehouse	Q_S01_018	XS01
13.83 m ²	Atrium	Q_S01_019	XS01
5.32 m ²	W.C.	Q_S01_020	XS01
5.68 m ²	W.C.	Q_S01_021	XS01
2.26 m ²	W.C.	Q_S01_022	XS01
2.38 m ²	W.C.	Q_S01_023	XS01
4.00 m ²	Lift	Q_S01_136	XS01
3.30 m ²	Lift	Q_S01_137	XS01
4.79 m ²	Lift	Q_S01_143	XS01

Figura 52: Abaco locali S01

- Piano P00TE (piano terra)



Figura 53: Pianta locali PTE

<Abaco dei locali PTE>			
A	B	C	D
Area	Nome	Numero	Livello
7.28 m ²	W.C.	Q_PTE_001	XP00TE
7.40 m ²	W.C.	Q_PTE_002	XP00TE
12.32 m ²	Anti-toilet	Q_PTE_003	XP00TE
15.27 m ²	Technical room	Q_PTE_004	XP00TE
14.05 m ²	Anti-toilet	Q_PTE_005	XP00TE
20.23 m ²	Office	Q_PTE_006	XP00TE
12.78 m ²	Atrium	Q_PTE_007	XP00TE
95.77 m ²	Classroom	Q_PTE_008	XP00TE
98.31 m ²	Classroom	Q_PTE_009	XP00TE
91.94 m ²	BAR	Q_PTE_010	XP00TE
19.63 m ²	BAR	Q_PTE_011	XP00TE
116.50 m ²	BAR	Q_PTE_012	XP00TE
25.42 m ²	stairs	Q_PTE_013	XP00TE
3.20 m ²	Technical room	Q_PTE_014	XP00TE
9.28 m ²	Atrium	Q_PTE_015	XP00TE
23.41 m ²	Kitchen	Q_PTE_016	XP00TE
26.58 m ²	warehouse	Q_PTE_017	XP00TE
7.89 m ²	Administration Office	Q_PTE_018	XP00TE
4.85 m ²	Technical room	Q_PTE_019	XP00TE
2.51 m ²	warehouse	Q_PTE_020	XP00TE
3.54 m ²	warehouse	Q_PTE_021	XP00TE
2.32 m ²	warehouse	Q_PTE_022	XP00TE
8.82 m ²	Atrium	Q_PTE_023	XP00TE
9.68 m ²	Office	Q_PTE_024	XP00TE
11.82 m ²	Anti-toilet	Q_PTE_028	XP00TE
1.50 m ²	W.C.	Q_PTE_029	XP00TE
1.37 m ²	W.C.	Q_PTE_030	XP00TE
1.37 m ²	W.C.	Q_PTE_031	XP00TE
1.37 m ²	W.C.	Q_PTE_032	XP00TE
2.18 m ²	W.C.	Q_PTE_033	XP00TE
1.77 m ²	W.C.	Q_PTE_034	XP00TE
1.45 m ²	W.C.	Q_PTE_035	XP00TE
1.42 m ²	W.C.	Q_PTE_036	XP00TE
1.41 m ²	W.C.	Q_PTE_037	XP00TE
3.99 m ²	Lift	Q_PTE_136	XP00TE
3.31 m ²	Lift	Q_PTE_137	XP00TE
4.73 m ²	Lift	Q_PTE_143	XP00TE

Figura 54: Abaco Locali PTE

- Piano P01 (primo piano)

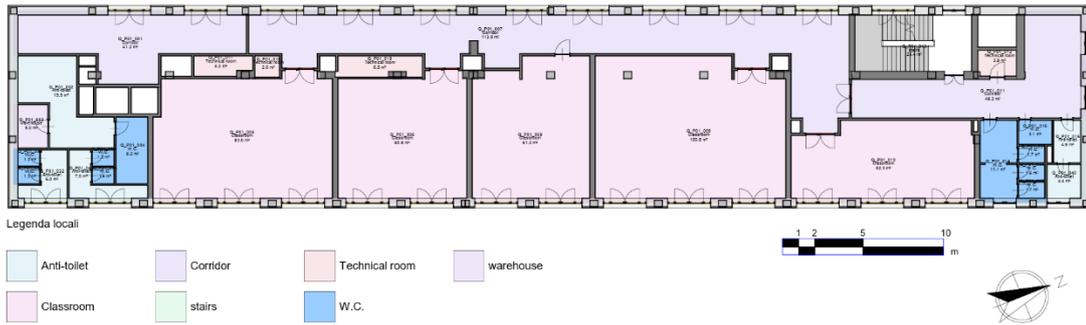


Figura 55: Pianta locali P01

<Abaco dei locali P01>			
A	B	C	D
Area	Nome	Numero	Livello
41.20 m ²	Corridor	Q_P01_001	XP01
19.92 m ²	Anti-toilet	Q_P01_002	XP01
5.04 m ²	warehouse	Q_P01_003	XP01
8.18 m ²	W.C.	Q_P01_004	XP01
83.00 m ²	Classroom	Q_P01_005	XP01
60.77 m ²	Classroom	Q_P01_006	XP01
113.92 m ²	Corridor	Q_P01_007	XP01
61.21 m ²	Classroom	Q_P01_008	XP01
100.83 m ²	Classroom	Q_P01_009	XP01
52.25 m ²	Classroom	Q_P01_010	XP01
48.29 m ²	Corridor	Q_P01_011	XP01
3.81 m ²	Technical room	Q_P01_012	XP01
25.42 m ²	stairs	Q_P01_013	XP01
11.05 m ²	W.C.	Q_P01_014	XP01
3.10 m ²	W.C.	Q_P01_015	XP01
4.56 m ²	Anti-toilet	Q_P01_016	XP01
4.25 m ²	Technical room	Q_P01_017	XP01
2.00 m ²	Technical room	Q_P01_018	XP01
6.51 m ²	Technical room	Q_P01_019	XP01
6.02 m ²	Anti-toilet	Q_P01_032	XP01
1.35 m ²	W.C.	Q_P01_033	XP01
1.35 m ²	W.C.	Q_P01_034	XP01
1.35 m ²	W.C.	Q_P01_035	XP01
1.35 m ²	W.C.	Q_P01_036	XP01
1.70 m ²	W.C.	Q_P01_037	XP01
1.62 m ²	W.C.	Q_P01_038	XP01
1.67 m ²	W.C.	Q_P01_039	XP01
4.41 m ²	Anti-toilet	Q_P01_040	XP01
6.99 m ²	Anti-toilet	Q_P01_041	XP01

Figura 56: Abaco locali P01

- Pano P02 (secondo piano)

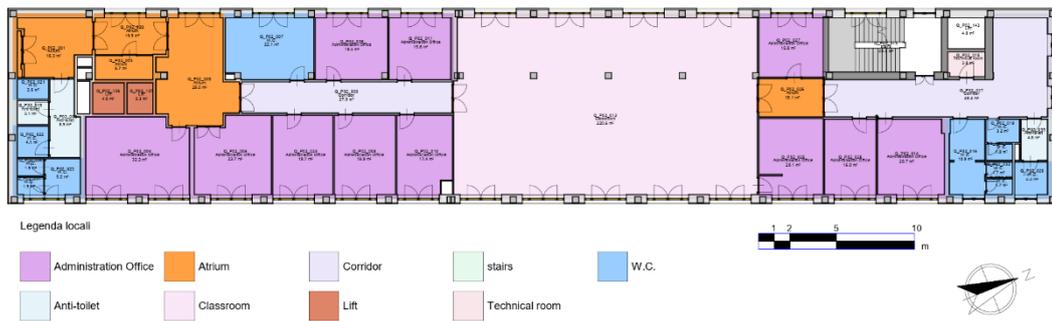


Figura 57: Pianta locali P02

<Abaco dei locali P02>			
A	B	C	D
Area	Nome	Numero	Livello
27.02 m ²	Corridor	Q_P02_000	XP02
18.30 m ²	Atrium	Q_P02_001	XP02
8.85 m ²	Anti-toilet	Q_P02_002	XP02
5.73 m ²	Atrium	Q_P02_003	XP02
32.22 m ²	Administration Office	Q_P02_004	XP02
29.02 m ²	Atrium	Q_P02_005	XP02
23.67 m ²	Administration Office	Q_P02_006	XP02
22.10 m ²	W.C.	Q_P02_007	XP02
19.94 m ²	Administration Office	Q_P02_008	XP02
18.36 m ²	Administration Office	Q_P02_009	XP02
17.39 m ²	Administration Office	Q_P02_010	XP02
15.84 m ²	Administration Office	Q_P02_011	XP02
220.63 m ²	Classroom	Q_P02_012	XP02
25.43 m ²	stairs	Q_P02_013	XP02
20.70 m ²	Administration Office	Q_P02_014	XP02
3.81 m ²	Technical room	Q_P02_015	XP02
10.90 m ²	W.C.	Q_P02_016	XP02
48.42 m ²	Corridor	Q_P02_017	XP02
3.18 m ²	W.C.	Q_P02_018	XP02
3.09 m ²	Anti-toilet	Q_P02_019	XP02
4.41 m ²	W.C.	Q_P02_020	XP02
2.58 m ²	W.C.	Q_P02_021	XP02
4.05 m ²	W.C.	Q_P02_022	XP02
5.23 m ²	W.C.	Q_P02_023	XP02
19.70 m ²	Administration Office	Q_P02_024	XP02
20.08 m ²	Administration Office	Q_P02_025	XP02
10.14 m ²	Atrium	Q_P02_026	XP02
15.80 m ²	Administration Office	Q_P02_027	XP02
15.98 m ²	Administration Office	Q_P02_028	XP02
10.86 m ²	Atrium	Q_P02_029	XP02
1.87 m ²	W.C.	Q_P02_030	XP02
1.87 m ²	W.C.	Q_P02_031	XP02
1.67 m ²	W.C.	Q_P02_032	XP02
1.73 m ²	W.C.	Q_P02_033	XP02
1.75 m ²	W.C.	Q_P02_034	XP02
4.56 m ²	Anti-toilet	Q_P02_035	XP02
4.00 m ²	Lift	Q_P02_136	XP02
3.30 m ²	Lift	Q_P02_137	XP02
4.80 m ²	Lift	Q_P02_143	XP02

Figura 58: Abaco locali P02

- Piano P03 (terzo piano)



Figura 59: Pianta locali P03

<Abaco dei locali P03>			
A	B	C	D
Area	Nome	Numero	Livello
80.47 m ²	Corridor	Q_P03_000	XP03
21.20 m ²	Atrium	Q_P03_001	XP03
25.16 m ²	meeting room	Q_P03_002	XP03
5.78 m ²	W.C.	Q_P03_003	XP03
12.75 m ²	Office	Q_P03_004	XP03
20.84 m ²	Office	Q_P03_005	XP03
18.72 m ²	Office	Q_P03_006	XP03
18.28 m ²	Office	Q_P03_007	XP03
18.73 m ²	Office	Q_P03_008	XP03
18.99 m ²	Office	Q_P03_009	XP03
8.07 m ²	Corridor	Q_P03_010	XP03
17.12 m ²	Office	Q_P03_011	XP03
18.73 m ²	Office	Q_P03_012	XP03
18.60 m ²	Office	Q_P03_013	XP03
20.93 m ²	Office	Q_P03_014	XP03
18.49 m ²	Office	Q_P03_015	XP03
18.01 m ²	Office	Q_P03_016	XP03
19.23 m ²	Office	Q_P03_017	XP03
18.52 m ²	Office	Q_P03_018	XP03
17.12 m ²	Office	Q_P03_019	XP03
18.35 m ²	Office	Q_P03_020	XP03
13.68 m ²	Atrium	Q_P03_021	XP03
18.73 m ²	Office	Q_P03_022	XP03
54.54 m ²	Corridor	Q_P03_023	XP03
57.29 m ²	meeting room	Q_P03_024	XP03
1.30 m ²	W.C.	Q_P03_025	XP03
9.72 m ²	Anti-toilet	Q_P03_026	XP03
3.82 m ²	Technical room	Q_P03_027	XP03
2.16 m ²	Anti-toilet	Q_P03_028	XP03
17.29 m ²	Office	Q_P03_029	XP03
4.56 m ²	W.C.	Q_P03_030	XP03
22.09 m ²	Corridor	Q_P03_031	XP03
3.71 m ²	Anti-toilet	Q_P03_032	XP03
4.50 m ²	Anti-toilet	Q_P03_033	XP03
1.52 m ²	W.C.	Q_P03_034	XP03
1.58 m ²	W.C.	Q_P03_035	XP03
1.04 m ²	W.C.	Q_P03_036	XP03
4.62 m ²	W.C.	Q_P03_037	XP03
1.29 m ²	W.C.	Q_P03_038	XP03
2.41 m ²	warehouse	Q_P03_039	XP03
25.41 m ²	stairs	Q_P03_040	XP03
3.34 m ²	warehouse	Q_P03_041	XP03
4.00 m ²	Lift	Q_P03_136	XP03
3.30 m ²	Lift	Q_P03_137	XP03
4.80 m ²	Lift	Q_P03_143	XP03

Figura 60: Abaco locali P02

- Piano P04 (quarto piano)

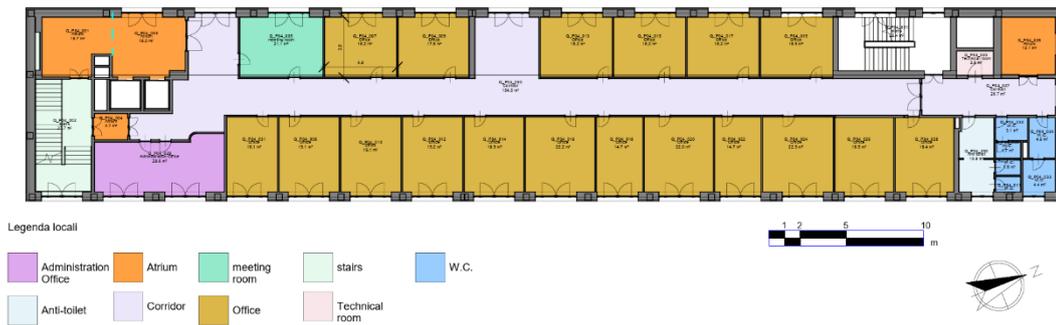


Figura 61: Pianta locali P04

<Abaco dei locali P04>			
A	B	C	D
Area	Nome	Numero	Livello
154.53 m ²	Corridor	Q_P04_000	XP04
15.74 m ²	Atrium	Q_P04_001	XP04
27.67 m ²	stairs	Q_P04_002	XP04
18.02 m ²	Atrium	Q_P04_003	XP04
3.65 m ²	Atrium	Q_P04_004	XP04
21.07 m ²	meeting room	Q_P04_005	XP04
1.62 m ²	W.C.	Q_P04_006	XP04
18.21 m ²	Office	Q_P04_007	XP04
19.14 m ²	Office	Q_P04_008	XP04
17.79 m ²	Office	Q_P04_009	XP04
19.14 m ²	Office	Q_P04_010	XP04
1.67 m ²	W.C.	Q_P04_011	XP04
19.16 m ²	Office	Q_P04_012	XP04
18.16 m ²	Office	Q_P04_013	XP04
18.90 m ²	Office	Q_P04_014	XP04
18.16 m ²	Office	Q_P04_015	XP04
22.19 m ²	Office	Q_P04_016	XP04
18.16 m ²	Office	Q_P04_017	XP04
14.70 m ²	Office	Q_P04_018	XP04
18.49 m ²	Office	Q_P04_019	XP04
22.00 m ²	Office	Q_P04_020	XP04
25.41 m ²	stairs	Q_P04_021	XP04
14.70 m ²	Office	Q_P04_022	XP04
3.84 m ²	Technical room	Q_P04_023	XP04
22.50 m ²	Office	Q_P04_024	XP04
13.15 m ²	Atrium	Q_P04_025	XP04
18.48 m ²	Office	Q_P04_026	XP04
20.73 m ²	Corridor	Q_P04_027	XP04
18.45 m ²	Office	Q_P04_028	XP04
28.64 m ²	Administration Office	Q_P04_029	XP04
10.79 m ²	Anti-toilet	Q_P04_030	XP04
16.14 m ²	Office	Q_P04_031	XP04
3.11 m ²	W.C.	Q_P04_032	XP04
4.41 m ²	W.C.	Q_P04_033	XP04
4.56 m ²	W.C.	Q_P04_034	XP04
1.70 m ²	W.C.	Q_P04_035	XP04

Figura 62: Abaco locali P04

- Piano P05 (quinto piano)

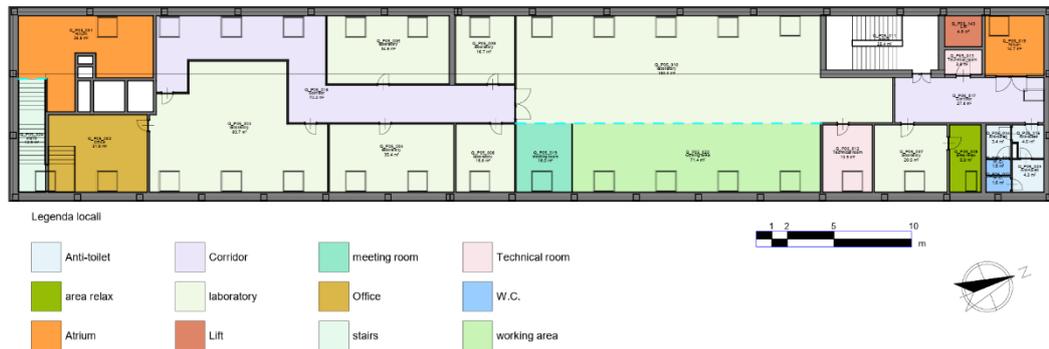


Figura 63: Pianta locali P05

<Abaco dei locali P05>			
A	B	C	D
Area	Nome	Numero	Livello
36.80 m ²	Atrium	Q_P05_001	XP05
31.92 m ²	Office	Q_P05_002	XP05
80.66 m ²	laboratory	Q_P05_003	XP05
35.42 m ²	laboratory	Q_P05_004	XP05
34.56 m ²	laboratory	Q_P05_005	XP05
16.62 m ²	laboratory	Q_P05_006	XP05
20.45 m ²	laboratory	Q_P05_007	XP05
8.83 m ²	area relax	Q_P05_008	XP05
16.74 m ²	laboratory	Q_P05_009	XP05
149.99 m ²	laboratory	Q_P05_010	XP05
25.41 m ²	stairs	Q_P05_011	XP05
13.86 m ²	Technical room	Q_P05_012	XP05
3.84 m ²	Technical room	Q_P05_013	XP05
3.42 m ²	Anti-toilet	Q_P05_014	XP05
14.68 m ²	Atrium	Q_P05_015	XP05
4.03 m ²	Anti-toilet	Q_P05_016	XP05
27.84 m ²	Corridor	Q_P05_017	XP05
74.22 m ²	Corridor	Q_P05_018	XP05
16.02 m ²	meeting room	Q_P05_019	XP05
71.43 m ²	working area	Q_P05_020	XP05
1.59 m ²	W.C.	Q_P05_021	XP05
1.65 m ²	W.C.	Q_P05_022	XP05
4.28 m ²	Anti-toilet	Q_P05_023	XP05
12.88 m ²	stairs	Q_P05_024	XP05
4.80 m ²	Lift	Q_P05_143	XP05

Figura 64: Abaco locali P05

4 Progetto di rifunzionalizzazione

4.1 Layout degli spazi di lavoro attuale

Al quarto piano dell'edificio Q sono attualmente presenti molteplici uffici dei professori del dipartimento DISEG, la morfologia del piano è la classica divisione per stanze poste sui due lati finestrati dell'edificio divise al centro da un corridoio cieco per maggior parte della sua lunghezza.



Figura 65: Pianta quarto piano DISEG ante-opera

Le aree facente parte il piano sono le seguenti:

- Atrio con la colorazione viola presente in 3 diverse zone con un'area totale di $50,6 \text{ m}^2$,
- Il corridoio in colore arancione con un'estensione totale di $173,3 \text{ m}^2$ è il secondo,
- Il locale tecnico in grigio di grandezza $3,8 \text{ m}^2$,
- Una sala riunione grande $21,1 \text{ m}^2$ in porpora,
- Un ufficio dell'amministrazione del Politecnico di Torino con superficie $26,6 \text{ m}^2$ colorato in azzurro,
- Quattro bagni per una grandezza di 28 m^2 in blu,
- In fine i diciotto uffici colorati in verde avente un'estensione di $334,5 \text{ m}^2$.

La stessa situazione si presenta anche in altre parti dell'edificio, come al piano terzo ma verrà comunque preso in considerazione un rinnovamento solo del piano quarto ai fini della tesi.

4.2 Layout degli spazi di lavoro ottenuto

Le modifiche apportate al piano sono derivanti da una logica di innovazione e cambiamento incentrate su un nuovo modo di pensare l'ambiente lavorativo.

Gli spazi di lavorazione condivisa anche detti coworking sono un fenomeno che si è accentuato notevolmente nell'ultimo decennio con un particolare picco nell'ultimo periodo della quale in parte è stata sicuramente responsabile la pandemia. La decisione di apportare questa modifica è stata presa considerando che un ambiente di lavoro condiviso offre maggiore flessibilità e stimola la creatività e l'innovazione degli utenti. Lavorando a stretto contatto con persone che svolgono diverse mansioni, gli utenti hanno la possibilità di interagire e, eventualmente, scoprire nuovi metodi per eseguire i propri compiti.

Come prima cosa si è immaginato a livello spaziale come potesse cambiare l'ambiente lavorativo del quarto piano partendo dallo stato di fatto presentato nella sezione precedente.



Figura 66: Panta ridefinizione spazi

Come si può notare dall'immagine gli spazi ottenuti sono molteplici:

- “Administration office”, rimasto pressoché identico ma meno di un miglioramento della forma.

- “Area relax” prima non presente
- “Meeting room”, divisi in vari spazi a partire dal più grade immaginato per le riunioni generali avente la possibilità di dividersi in 2 spazi più piccoli per poter contenere più riunioni nello stesso momento, varie poi aree per riunioni di gruppi più contenuti sparsi nell’ambiente.
- “Multi-functional area”, un ambiente pensato per la presentazione di progetti, workshop o per varie attività in concomitanza con gli studenti.
- “Phone box”, ambienti immaginati dove le singole persone possano svolgere riunioni telematiche o chiamate senza disturbare le altre persone e avendo riservatezza.
- “Printing room” un ambiente separato dalle zone di lavoro per la stampa di file prima assente nel piano.
- “Waiting room”, un’area di attesa per gli ospiti dei docenti e ricercatori inserita di fronte a una delle entrate del piano.
- “Reading corner”, un’ambiente pensato per la lettura o consultazione di materiale all’interno del piano.
- “Working area”, zona atta al lavoro che si svilupperà per tutto il piano con diverse tipologie di postazioni di lavoro al fine di potersi meglio combaciare con più esigenze possibili dei fruitori.

Demolizioni e ricostruzioni necessarie

In primo luogo, è stato necessario individuare quali elementi demolire e successivamente ricostruire per ottenere gli spazi di lavoro elencati.

Utilizzando le fasi all’interni del modello creato è possibile segnalare graficamente e generare una tavola che descriva questa fase.



Figura 67: Indicazione Demolizioni e Ricostruzioni progetto

Sono poi stati generati degli abachi sempre grazie alle informazioni inserite all'interno del modello dove vengono stilate le liste delle pareti murarie demolite e poi ricostruite in questa fase.

<Abaco Demolizioni>					
A	B	C	D	E	F
Famiglia e tipo	Fase di demolizione	Fase di creazione	Lunghezza	Area	Vincolo di base
Muro di base: AR_MUR_LAT_10cm_int	Stato di Progetto	Stato di Fatto	5.2	17.70 m ²	XP04
Muro di base: AR_MUR_LAT_10cm_int	Stato di Progetto	Stato di Fatto	5.3	17.89 m ²	XP04
Muro di base: AR_MUR_LAT_10cm_int	Stato di Progetto	Stato di Fatto	39.5	129.79 m ²	XP04
Muro di base: AR_MUR_LAT_10cm_int	Stato di Progetto	Stato di Fatto	5.3	17.89 m ²	XP04
Muro di base: AR_MUR_LAT_10cm_int	Stato di Progetto	Stato di Fatto	5.3	17.89 m ²	XP04
Muro di base: AR_MUR_LAT_10cm_int	Stato di Progetto	Stato di Fatto	5.3	17.89 m ²	XP04
Muro di base: AR_MUR_LAT_10cm_int	Stato di Progetto	Stato di Fatto	5.3	17.89 m ²	XP04
Muro di base: AR_MUR_LAT_10cm_int	Stato di Progetto	Stato di Fatto	5.3	17.89 m ²	XP04
Muro di base: AR_MUR_LAT_10cm_int	Stato di Progetto	Stato di Fatto	5.3	17.89 m ²	XP04
Muro di base: AR_MUR_LAT_10cm_int	Stato di Progetto	Stato di Fatto	5.3	17.89 m ²	XP04
Muro di base: AR_MUR_LAT_10cm_int	Stato di Progetto	Stato di Fatto	5.3	17.89 m ²	XP04
Muro di base: AR_MUR_LAT_10cm_int	Stato di Progetto	Stato di Fatto	5.3	17.89 m ²	XP04
Muro di base: AR_MUR_CLS_15cm_int	Stato di Progetto	Stato di Fatto	5.3	17.89 m ²	XP04
Muro di base: AR_MUR_LAT_10cm_int	Stato di Progetto	Stato di Fatto	1.9	6.59 m ²	XP04
Muro di base: AR_MUR_LAT_10cm_int	Stato di Progetto	Stato di Fatto	0.8	3.42 m ²	XP04
Muro di base: AR_MUR_CLS_15cm_int	Stato di Progetto	Stato di Fatto	6.3	19.41 m ²	XP04
Muro di base: AR_MUR_CLS_15cm_int	Stato di Progetto	Stato di Fatto	1.9	3.68 m ²	XP04
Muro di base: AR_MUR_LAT_10cm_int	Stato di Progetto	Stato di Fatto	4.2	13.13 m ²	XP04
Muro di base: AR_MUR_LAT_10cm_int	Stato di Progetto	Stato di Fatto	15.1	51.22 m ²	XP04
Muro di base: AR_MUR_LAT_10cm_int	Stato di Progetto	Stato di Fatto	4.2	14.23 m ²	XP04
Muro di base: AR_MUR_LAT_10cm_int	Stato di Progetto	Stato di Fatto	4.2	14.23 m ²	XP04
Muro di base: AR_MUR_LAT_10cm_int	Stato di Progetto	Stato di Fatto	4.2	14.60 m ²	XP04
Muro di base: AR_MUR_LAT_10cm_int	Stato di Progetto	Stato di Fatto	19.0	63.29 m ²	XP04
Muro di base: AR_MUR_LAT_10cm_int	Stato di Progetto	Stato di Fatto	4.2	14.23 m ²	XP04
Muro di base: AR_MUR_LAT_10cm_int	Stato di Progetto	Stato di Fatto	4.2	14.23 m ²	XP04
Muro di base: AR_MUR_LAT_10cm_int	Stato di Progetto	Stato di Fatto	4.2	14.23 m ²	XP04
Muro di base: AR_MUR_CLS_15cm_int	Stato di Progetto	Stato di Fatto	4.5	16.38 m ²	XP04

Figura 68: Abaco murature da demolire

<Abaco Ricostruzioni>					
A	B	C	D	E	F
Famiglia e tipo	Fase di demolizione	Fase di creazione	Lunghezza	Area	Vincolo di base
Muro di base: AR_MUR_CRT_ISO_LNV_14cm_int	Nessuno	Stato di Progetto	5.2	15.25 m ²	XP04
Muro di base: AR_MUR_CRT_ISO_LNR_7cm_int	Nessuno	Stato di Progetto	4.1	14.23 m ²	XP04
Facciata continua: AR_PV_ALL_10cm_int	Nessuno	Stato di Progetto	8.4	21.04 m ²	XP04
Facciata continua: AR_PV_ALL_10cm_int	Nessuno	Stato di Progetto	4.6	11.11 m ²	XP04
Muro di base: AR_MUR_CRT_ISO_LNV_14cm_int	Nessuno	Stato di Progetto	4.1	13.33 m ²	XP04
Muro di base: AR_MUR_CRT_ISO_LNV_14cm_int	Nessuno	Stato di Progetto	7.4	23.00 m ²	XP04
Muro di base: AR_MUR_CRT_ISO_LNV_14cm_int	Nessuno	Stato di Progetto	3.9	12.26 m ²	XP04
Muro di base: AR_MUR_CRT_ISO_LNR_7cm_int	Nessuno	Stato di Progetto	3.9	10.08 m ²	XP04
Muro di base: AR_MUR_CRT_ISO_LNR_14cm_int	Nessuno	Stato di Progetto	2.8	7.01 m ²	XP04
Facciata continua: AR_MUR_LGN_10cm_int	Nessuno	Stato di Progetto	3.9	10.70 m ²	XP04
Facciata continua: AR_MUR_LGN_10cm_int	Nessuno	Stato di Progetto	5.4	15.12 m ²	XP04
Muro di base: AR_MUR_CRT_ISO_LNV_14cm_int	Nessuno	Stato di Progetto	4.1	4.12 m ²	XP04
Muro di base: AR_MUR_CRT_ISO_LNV_14cm_int	Nessuno	Stato di Progetto	8.5	4.28 m ²	XP04
Muro di base: AR_MUR_CRT_ISO_LNV_14cm_int	Nessuno	Stato di Progetto	4.6	3.75 m ²	XP04

Tabella 12: Abaco Ricostruzioni

Come si può notare i muri di nuova costruzione immaginati nel progetto seguono già le linee guida riguardanti la nomenclatura esposte nel capitolo precedente.

Nuovi spazi ottenuti

Per la ristrutturazione e l'ampliamento degli ambienti facente parte l'ufficio, è stato imprescindibile condurre un'analisi approfondita di contesti analoghi e trarre ispirazione da diverse realtà. Questo approccio ci ha guidato nella comprensione di quali ambienti siano attualmente essenziali all'interno di un ufficio che si possa considerare all'avanguardia.

A tal fine, desideriamo presentare un estratto rappresentativo di diversi esempi relativi alle aree che sono state esaminate, evidenziando il nostro processo di ricerca e selezione.



Figura 69: Analisi nuove aree considerate

la prima area considerata per il rinnovamento è stata quella multifunzionale, Un'area multifunzionale all'interno di un'università è una zona progettata per svolgere diverse funzioni o attività. Queste aree sono solitamente pensate per essere flessibili e adattabili alle esigenze mutevoli della comunità universitaria. Possono includere spazi per conferenze, incontri, eventi culturali, attività ricreative, aree di studio, e altro ancora. L'obiettivo principale di un'area multifunzionale è fornire un ambiente versatile che possa supportare una vasta gamma di attività per arricchire l'esperienza accademica e sociale degli studenti e della comunità universitaria nel suo complesso.

A questo proposito l'ambiente immaginato comprende una gradinata in legno compensato con diversi posti a sedere, all'interno della stessa si è immaginato uno spazio dove all'occorrenza inserire o prendere ulteriori sedie per eventuali convegni o workshop, è poi presente una panca con altri posti a sedere il tutto di fronte a diverse lavagne.

Si è pensato data la logica della zona a una pavimentazione superficiale in erba sintetica.



Figura 70: Zona multifunzionale

Una delle aree più cruciali all'interno di un ufficio è rappresentata dalle sale riunioni.

Come evidenziato in precedenza, la progettazione non si è limitata a una sala riunioni tradizionale sufficientemente ampia per accogliere tutti gli utenti dell'ufficio, ma ha contemplato anche aree più ridotte per consentire riunioni separate per gruppi più ristretti.

Questa soluzione offre la possibilità di condurre simultaneamente diverse riunioni o incontri con gli studenti, senza interferire con le attività delle altre persone all'interno dello stesso piano. Per realizzare questo obiettivo, si è optato per l'utilizzo di box, come ad esempio le Framery Q o 2Q office pod. Questi spazi multifunzionali e insonorizzati sono progettati per ospitare da 1 a 4 persone, risultando ideali per riunioni, sessioni di brainstorming e

conversazioni individuali di rilievo, senza causare disturbi nell'ambiente lavorativo dell'ufficio. Il design premiato di questi box occupa un minimo spazio a terra, integrandosi armoniosamente nell'ambiente ufficio.

È stata poi pensata anche un aggiornamento per quanto riguarda la sala riunioni principale, oltre ad un ampliamento della stessa è di fatto possibile tramite l'utilizzo di una parete con apertura a fisarmonica ampliare o dividere in due la sala sempre in un'ottica di maggiore efficienza e flessibilità nell'utilizzo di questi spazi.

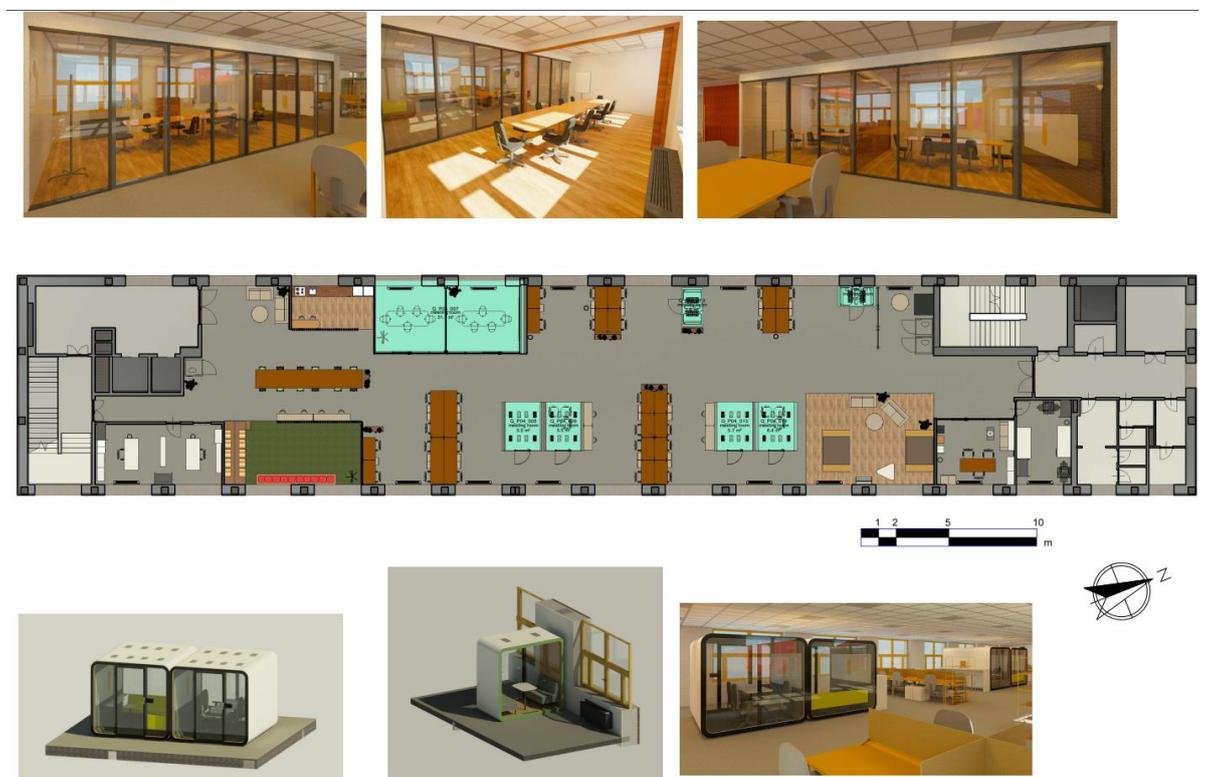


Figura 71: Aree riunione

Nel contesto dell'evoluzione degli spazi di apprendimento e relax all'interno sia degli uffici che nelle università, un elemento fondamentale riguarda la configurazione di aree specificamente destinate alla lettura all'interno.

In questa prospettiva più ampia, le università stanno concentrando particolare attenzione sulla progettazione di angoli dedicati alla lettura.

Con questo pensiero si è immaginato un luogo dove professori, ricercatori e studenti potessero consultare libri o elaborati in confort e tranquillità.



Figura 72: Area angolo lettura

Immaginando situazioni odierne dove le video conferenze sono all'ordine del giorno si è pensato a luoghi dove il singolo utente possa svolgere la propria riunione sempre nell'ottica di minor disturbo possibile per gli altri membri del piano e massima concentrazione e comodità per il fruitore. A questo proposito la stessa azienda prima citata, Framery, ha tra le sue forniture anche le così dette "phone box" chiamate Farmery One che sono per l'appunto dei locali

adibiti ad accogliere una sola persona alla volta e dove ci si può adeguatamente isolare.

Questo tipo di ambienti sono ovviamente compatti e come per le altre forniture perfettamente adattabili alle caratteristiche delle aree dove vengono inseriti.



Figura 73: Area riunioni singole "phone box"

All'interno del piano è stata inserita poi un'area relax fornita di frigo, pensili e piano cottura dove gli insegnanti e collaboratori possono trovarvi ristoro per pause pranzo o pause di metà giornata.

Questo tipo di spazio, come gran parte degli altri descritti, non era contemplato all'interno del piano e gli utenti erano costretti a ogni pausa di doversi spostare al piano terra per poter consumare cibi o bevande dai bar presenti o distributori automatici.

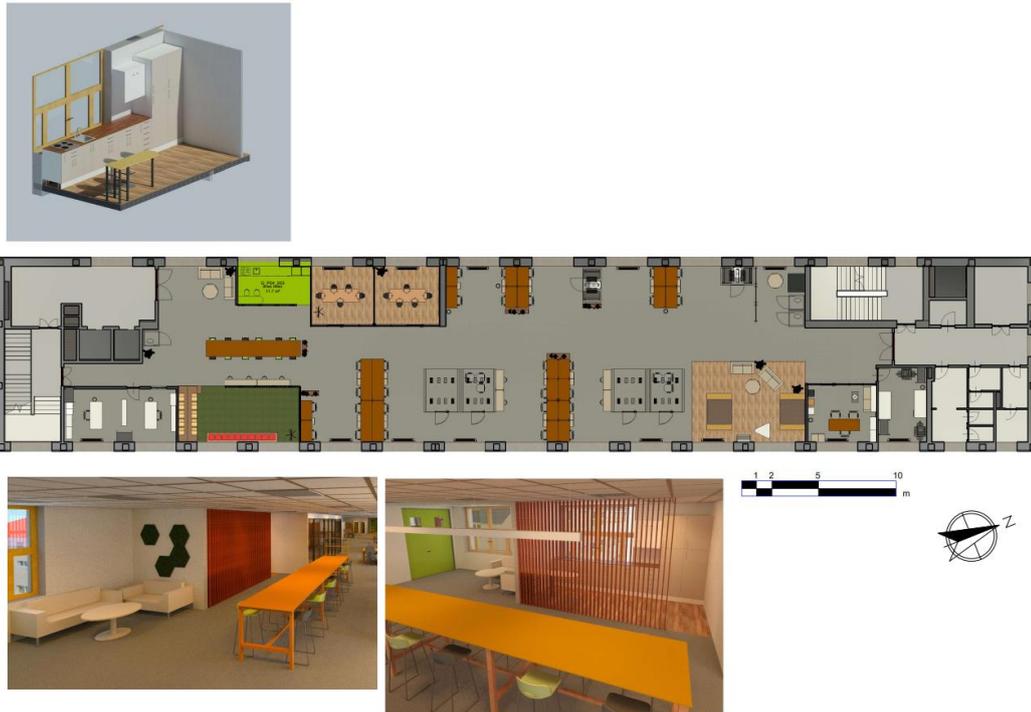


Figura 74: Area relax

Una componente essenziale del progetto complessivo è indubbiamente la "working area", un'area dedicata al lavoro per insegnanti collaboratori e studenti. Quest'area è concepita per garantire l'accessibilità a tutti questi partecipanti ed è progettata con flessibilità nelle diverse regioni. Partendo dall'entrata sud, è evidente una lunga tavolata con diverse postazioni, creando un ambiente dinamico adatto a molte persone che devono collaborare su un progetto comune. Questa zona è pertanto più adatta agli studenti, ai borsisti o ai ricercatori, ed è strategicamente posizionata in prossimità della zona multifunzionale e dell'area relax, anch'esse concepite come spazi dinamici e vivaci.

Muovendosi verso la zona nord del piano, si trovano le vere e proprie postazioni di lavoro, comprese le varie sale riunioni precedentemente descritte. Questa area è specificamente progettata per i professori e i collaboratori, concepita come una zona meno dinamica. Infine, all'estremità si trova l'ufficio

principale, adiacente all'angolo lettura, rendendo quest'ultima stanza la meno caotica dell'intero piano.

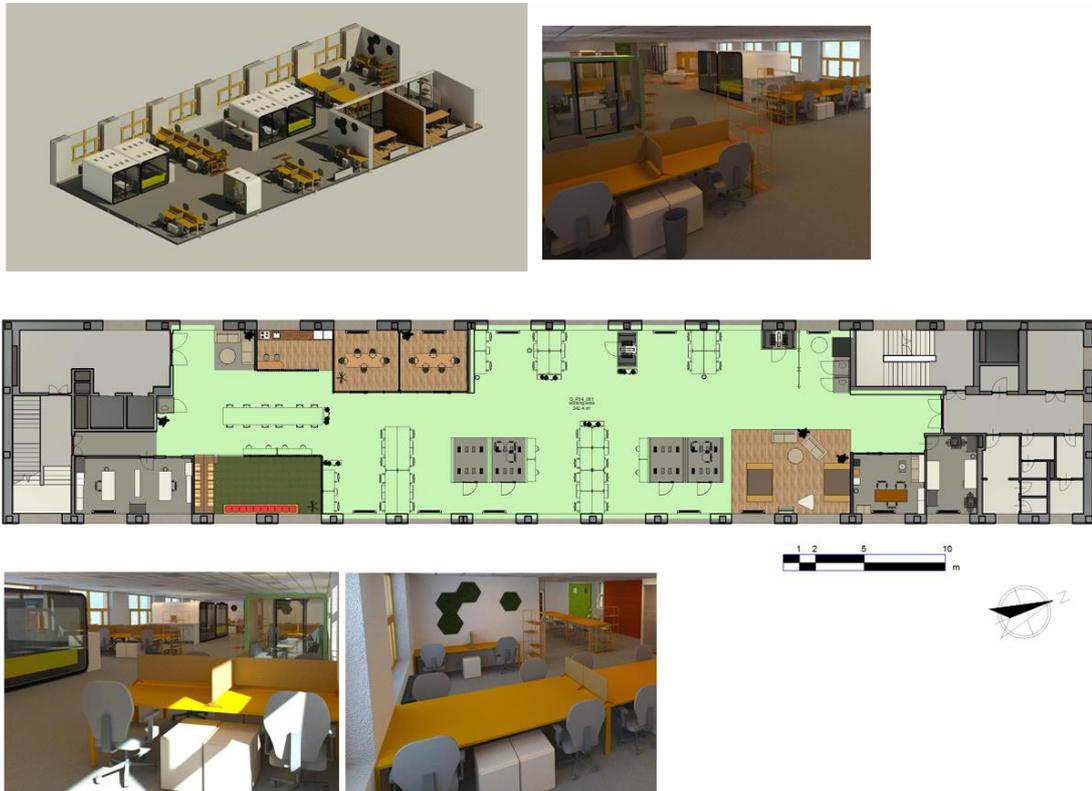


Figura 75: Zona lavoro condivisa

4.3 Analisi dei costi di progettazione

Nel progetto di rifunionalizzazione appena descritto si è successivamente svolta una prima stima dei costi, divisa per fasi di progetto.

Per stilare queste stime sono stati creati dei nuovi parametri all'interno del modello relativi al costo dei materiali, della mano d'opera e della posa in opera.

Una volta inseriti i relativi valori si è successivamente utilizzato lo strumento Abaco delle quantità per calcolare e sommare tutte le parti.

Per quanto riguarda le demolizioni sono state presi in considerazioni solamente le pareti murarie questo perché parte preponderante della fase di demolizione.

<Computo Demolizioni Muri>							
A	B	C	D	E	F	G	H
Famiglia	Tipo	Fase di demolizio	Fase di creazion	Lunghezza	Area	costo demolizione	Costo Tot
Muro di base	AR_MUR_LAT_10cm_int	Stato di Progetto	Stato di Fatto	5.2	17.70 m ²	25	443
Muro di base	AR_MUR_LAT_10cm_int	Stato di Progetto	Stato di Fatto	5.3	17.89 m ²	25	447
Muro di base	AR_MUR_LAT_10cm_int	Stato di Progetto	Stato di Fatto	39.5	129.79 m ²	25	3245
Muro di base	AR_MUR_LAT_10cm_int	Stato di Progetto	Stato di Fatto	5.3	17.89 m ²	25	447
Muro di base	AR_MUR_LAT_10cm_int	Stato di Progetto	Stato di Fatto	5.3	17.89 m ²	25	447
Muro di base	AR_MUR_LAT_10cm_int	Stato di Progetto	Stato di Fatto	5.3	17.89 m ²	25	447
Muro di base	AR_MUR_LAT_10cm_int	Stato di Progetto	Stato di Fatto	5.3	17.89 m ²	25	447
Muro di base	AR_MUR_LAT_10cm_int	Stato di Progetto	Stato di Fatto	5.3	17.89 m ²	25	447
Muro di base	AR_MUR_LAT_10cm_int	Stato di Progetto	Stato di Fatto	5.3	17.89 m ²	25	447
Muro di base	AR_MUR_LAT_10cm_int	Stato di Progetto	Stato di Fatto	5.3	17.89 m ²	25	447
Muro di base	AR_MUR_LAT_10cm_int	Stato di Progetto	Stato di Fatto	5.3	17.89 m ²	25	447
Muro di base	AR_MUR_LAT_10cm_int	Stato di Progetto	Stato di Fatto	5.3	17.89 m ²	25	447
Muro di base	AR_MUR_LAT_10cm_int	Stato di Progetto	Stato di Fatto	5.3	17.89 m ²	25	447
Muro di base	AR_MUR_CLS_15cm_int	Stato di Progetto	Stato di Fatto	5.3	17.89 m ²	40	715
Muro di base	AR_MUR_LAT_10cm_int	Stato di Progetto	Stato di Fatto	1.9	6.59 m ²	25	165
Muro di base	AR_MUR_LAT_10cm_int	Stato di Progetto	Stato di Fatto	0.8	3.42 m ²	25	86
Muro di base	AR_MUR_CLS_15cm_int	Stato di Progetto	Stato di Fatto	6.3	19.41 m ²	40	777
Muro di base	AR_MUR_CLS_15cm_int	Stato di Progetto	Stato di Fatto	1.9	3.68 m ²	40	147
Muro di base	AR_MUR_LAT_10cm_int	Stato di Progetto	Stato di Fatto	4.2	13.13 m ²	25	328
Muro di base	AR_MUR_LAT_10cm_int	Stato di Progetto	Stato di Fatto	15.1	51.22 m ²	25	1280
Muro di base	AR_MUR_LAT_10cm_int	Stato di Progetto	Stato di Fatto	4.2	14.23 m ²	25	356
Muro di base	AR_MUR_LAT_10cm_int	Stato di Progetto	Stato di Fatto	4.2	14.23 m ²	25	356
Muro di base	AR_MUR_LAT_10cm_int	Stato di Progetto	Stato di Fatto	4.2	14.60 m ²	25	365
Muro di base	AR_MUR_LAT_10cm_int	Stato di Progetto	Stato di Fatto	19.0	63.29 m ²	25	1582
Muro di base	AR_MUR_LAT_10cm_int	Stato di Progetto	Stato di Fatto	4.2	14.23 m ²	25	356
Muro di base	AR_MUR_LAT_10cm_int	Stato di Progetto	Stato di Fatto	4.2	14.23 m ²	25	356
Muro di base	AR_MUR_LAT_10cm_int	Stato di Progetto	Stato di Fatto	4.2	14.23 m ²	25	356
Muro di base	AR_MUR_LAT_10cm_int	Stato di Progetto	Stato di Fatto	4.2	14.23 m ²	25	356
Muro di base	AR_MUR_CLS_15cm_int	Stato di Progetto	Stato di Fatto	4.5	16.38 m ²	40	655
							16039

Tabella 13: Computo demolizione muri esistenti

Dopo la demolizione ora si mostrano le categorie considerate nella ricostruzione:

<Computo Muri>						
A	B	C	D	E	F	G
Area	Famiglia	Tipo	Costo	Costo mano d'opera	Fase di creazione	Costo Tot
21.04 m²	Facciata continua	AR_PV_ALL_10cm_int	100.00	180.00	Stato di Progetto	5472
11.11 m²	Facciata continua	AR_PV_ALL_10cm_int	100.00	180.00	Stato di Progetto	2890
10.70 m²	Facciata continua	AR_MUR_LGN_10cm_int	120.00	100.00	Stato di Progetto	2186
13.55 m²	Facciata continua	AR_MUR_LGN_10cm_int	120.00	100.00	Stato di Progetto	2770
						13318
15.25 m²	Muro di base	AR_MUR_CRT_ISO_LNV_14cm_int	55.00	25.00	Stato di Progetto	1133
14.23 m²	Muro di base	AR_MUR_CRT_ISO_LNR_7cm_int	40.00	20.00	Stato di Progetto	793
13.33 m²	Muro di base	AR_MUR_CRT_ISO_LNV_14cm_int	55.00	25.00	Stato di Progetto	991
23.00 m²	Muro di base	AR_MUR_CRT_ISO_LNV_14cm_int	55.00	25.00	Stato di Progetto	1710
12.08 m²	Muro di base	AR_MUR_CRT_ISO_LNV_14cm_int	55.00	25.00	Stato di Progetto	898
10.08 m²	Muro di base	AR_MUR_CRT_ISO_LNR_7cm_int	40.00	20.00	Stato di Progetto	562
7.01 m²	Muro di base	AR_MUR_CRT_ISO_LNR_14cm_int	35.00	20.00	Stato di Progetto	358
4.12 m²	Muro di base	AR_MUR_CRT_ISO_LNV_14cm_int	55.00	25.00	Stato di Progetto	307
4.28 m²	Muro di base	AR_MUR_CRT_ISO_LNV_14cm_int	55.00	25.00	Stato di Progetto	318
3.75 m²	Muro di base	AR_MUR_CRT_ISO_LNV_14cm_int	55.00	25.00	Stato di Progetto	279
2.30 m²	Muro di base	AR_MUR_CRT_5cm_int	35.00	20.00	Stato di Progetto	118
						7466
						20784

Tabella 14: Computo ricostruzione pareti

<Computo Pavimenti>					
A	B	C	D	E	F
Tipo	Fase di creazione	Area	Costo	Posa in opera a m²	Costo Totale
AR_PAV_PRQ_2cm	Stato di Progetto	11.70 m²	30.00	15.00	526.57
AR_PAV_ERB_2cm	Stato di Progetto	28.76 m²	5.00	5.00	287.62
AR_PAV_PRQ_2cm	Stato di Progetto	38.56 m²	30.00	15.00	1735.17
AR_PAV_MOQ_2cm	Stato di Progetto	388.95 m²	16.46	5.00	8346.83
AR_PAV_MOQ_2cm	Stato di Progetto	31.69 m²	16.46	5.00	680.09
AR_PAV_MOQ_2cm	Stato di Progetto	25.00 m²	16.46	5.00	536.42
AR_PAV_MOQ_2cm	Stato di Progetto	16.85 m²	16.46	5.00	361.57
AR_PAV_MOQ_2cm	Stato di Progetto	15.42 m²	16.46	5.00	330.98
AR_PAV_PRQ_2cm	Stato di Progetto	30.92 m²	30.00	15.00	1391.32
AR_PAV_GRE_2cm	Stato di Progetto	34.69 m²	20.00	16.00	1248.77
AR_PAV_GRE_2cm	Stato di Progetto	18.25 m²	20.00	16.00	657.06
AR_PAV_PST_2cm	Stato di Progetto	11.26 m²	20.00	16.00	405.31
AR_PAV_PST_2cm	Stato di Progetto	3.53 m²	20.00	16.00	126.95
AR_PAV_PST_2cm	Stato di Progetto	2.01 m²	20.00	16.00	72.20
AR_PAV_PST_2cm	Stato di Progetto	1.92 m²	20.00	16.00	69.06
AR_PAV_PST_2cm	Stato di Progetto	1.83 m²	20.00	16.00	65.92
AR_PAV_PST_2cm	Stato di Progetto	4.76 m²	20.00	16.00	171.36
AR_PAV_PST_2cm	Stato di Progetto	4.68 m²	20.00	16.00	168.42
AR_PAV_GRE_2cm	Stato di Progetto	13.62 m²	20.00	16.00	490.34
AR_PAV_GRE_2cm	Stato di Progetto	22.63 m²	20.00	16.00	814.74
AR_PAV_GRE_2cm	Stato di Progetto	4.08 m²	20.00	16.00	147.04
AR_PAV_GRE_2cm	Stato di Progetto	9.76 m²	20.00	16.00	351.21
					18984.95

Tabella 15: Computo pavimenti

<Computo Porte>		
A	B	C
Famiglia	Tipo	Costo
AR_POR_MAN_battente_singola	80x210cm_LAM	300.00
AR_POR_battente_quadrapla	250X360cm_Porta_	2000.00
AR_POR_MAN_battente_singola	80x210cm_LAM	300.00
AR_POR_non_apribile	100x100cm_VET	250.00
		2850.00

Tabella 16: Computo porte

Si è poi stilato un abaco della fornitura e arredo ufficio con la stessa volontà di stimare un plausibile costo per l'intervento.

<Abaco costi degli arredi>			
A	B	C	D
Famiglia	Tipo	Costo	Descrizione
cestino	28x28x50_nero	25.00	Portaombrelli in rete metallica
cestino	28x28x50_nero	25.00	Portaombrelli in rete metallica
cestino	28x28x50_nero	25.00	Portaombrelli in rete metallica
cestino	28x28x50_nero	25.00	Portaombrelli in rete metallica
cestino	28x28x50_nero	25.00	Portaombrelli in rete metallica
cestino	28x28x50_nero	25.00	Portaombrelli in rete metallica
		175.00	
divisoni_porta_piante	divisoni_porta_piante	15.00	
		75.00	

Tabella 17: Abaco computo arredi 1

SED_UFF_n2	44x44x83_plastica	65.00	Sedia in plastica nera
SED_UFF_n2	44x44x83_plastica	65.00	Sedia in plastica nera
		130.00	
SED_UFF_n3	40x42x90_nero	50.00	Trespolo in plastica con foro
SED_UFF_n3	40x42x90_verde	45.00	Trespolo in plastica con foro
SED_UFF_n3	40x42x90_nero	50.00	Trespolo in plastica con foro
SED_UFF_n3	40x42x90_verde	45.00	Trespolo in plastica con foro
SED_UFF_n3	40x42x90_nero	50.00	Trespolo in plastica con foro
SED_UFF_n3	40x42x90_nero	50.00	Trespolo in plastica con foro
SED_UFF_n3	40x42x90_verde	45.00	Trespolo in plastica con foro
SED_UFF_n3	40x42x90_verde	45.00	Trespolo in plastica con foro
SED_UFF_n3	40x42x90_nero	50.00	Trespolo in plastica con foro
SED_UFF_n3	40x42x90_nero	50.00	Trespolo in plastica con foro
SED_UFF_n3	40x42x90_verde	45.00	Trespolo in plastica con foro
SED_UFF_n3	40x42x90_verde	45.00	Trespolo in plastica con foro
		570.00	
SED_UFF_n4	40x35x85	70.00	Sgabello tondeggiate
SED_UFF_n4	40x35x85	70.00	Sgabello tondeggiate
SED_UFF_n4	40x35x85	70.00	Sgabello tondeggiate
SED_UFF_n4	40x35x85	70.00	Sgabello tondeggiate
SED_UFF_n4	40x35x85	70.00	Sgabello tondeggiate
SED_UFF_n4	40x35x85	70.00	Sgabello tondeggiate
SED_UFF_n4	40x35x85	70.00	Sgabello tondeggiate
SED_UFF_n4	40x35x85	70.00	Sgabello tondeggiate
SED_UFF_n4	40x35x85	70.00	Sgabello tondeggiate
SED_UFF_n4	40x35x85	70.00	Sgabello tondeggiate
		700.00	
stampante	stampante	200.00	
stampante	stampante	200.00	
		400.00	
		26430.00	

Tabella 25: Abaco computo arredi 9 Totale

5 Utilizzo dei dati

5.1 Archibus

Attualmente il Politecnico di Torino attraverso un'implementazione online del programma Archibus consente agli aventi diritto attraverso credenziali, accesso a una sezione di sito dove poter interrogare e visualizzare i metadati il possesso del Politecnico e caricati all'interno dei database.

Questo tipo di integrazione è avvenuta attraverso l'interoperabilità tra Autodesk e Archibus un programma di facility management incentrato sull'obiettivo del raggiungimento del facility 4.0.

Si può di fatto vedere nell'immagine le divisioni e i nomi attribuiti a ciascuna zona del Politecnico in particolare quella considerata durante la tesi ovvero la To-cen02



Figura 76: Visualizzazione pianta metadati attuale del Politecnico di Torino

[Fonte polito.it]

Gli oggetti più comuni da caricare per l'inserimento del programma sono i metadati relativi a:

- Locali
- Attrezzature meccaniche
- Dispositivi di illuminazione

Dettaglio Piano e Planimetrie									
Visualizza	Codice piano	Nome piano	Area lorda interna m²	Area collegamenti verticali m²	Area locabile m²	Area servizi m²	Area utilizzabile m²	Rapporto di efficienza (UFR)	Conteggio occupazione
	XPO1	Piano Primo	3.459,89	374,74	3.085,15	866,58	2.218,57		71,91
	XPO2	Piano Secondo	3.540,38	303,74	3.236,64	661,15	2.575,49		75,57
	XPO3	Piano Terzo	2.932,72	230,21	2.702,51	604,83	1.897,68		73,73
	XPO4	Piano Quarto	1.532,54	186,96	1.345,58	398,83	946,75		70,36
	XPO5	Piano Quinto	733,49	42,37	691,12	111,33	579,79		77,62
	XPOC	Piano Copertura	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00
	XPTE	Piano Terra	7.345,98	408,91	6.937,07	1.552,75	5.384,32		77,62
	XSO1	Piano Primo interrato	7.434,26	270,92	7.163,34	3.641,62	3.521,72		49,16

Documenti Collegati al Fabbricato				
ID documento	Nome documento	Descrizione	Classificazione	Documento
22	Planimetria Aula 15B	selezione il locale dalla planimetria del pia...		Aula 15B_TO_CEN02_XPO1_0005.pdf
23	Planimetria Aula 11B	selezione il locale dalla planimetria del pia...		Aula 11B_TO_CEN02_XPO1_0006.pdf
24	Planimetria Aula 9B	selezione il locale dalla planimetria del pia...		Aula 9B_TO_CEN02_XPO1_0008.pdf
25	Planimetria Aula 7B	selezione il locale dalla planimetria del pia...		Aula 7B_TO_CEN02_XPO1_0009.pdf
26	Planimetria Aula 9B	selezione il locale dalla planimetria del pia...		Aula 9B_TO_CEN02_XPO1_0010.pdf
27	Planimetria Aula 13	selezione il locale dalla planimetria del pia...		Aula 13_TO_CEN02_XPTE_0008.pdf
28	Planimetria Aula 11	selezione il locale dalla planimetria del pia...		Aula 11_TO_CEN02_XPTE_0009.pdf
29	Planimetria Aula 15	selezione il locale dalla planimetria del pia...		Aula 15_TO_CEN02_XSO1_0005.pdf
30	Planimetria Aula 35	selezione il locale dalla planimetria del pia...		Aula 35_TO_CEN02_XSO1_0007.pdf
31	Planimetria Aula 55	selezione il locale dalla planimetria del pia...		Aula 55_TO_CEN02_XSO1_0009.pdf
32	Planimetria Aula 75	selezione il locale dalla planimetria del pia...		Aula 75_TO_CEN02_XSO1_0011.pdf
36	Planimetria Aula 95	selezione il locale dalla planimetria del pia...		Aula 95_TO_CEN02_XSO1_0013.pdf
37	Planimetria Aula 115	selezione il locale dalla planimetria del pia...		Aula 115_TO_CEN02_XSO1_0014.pdf
79	Planimetria Aula 135	selezione il locale dalla planimetria del pia...		Aula 135_TO_CEN02_XSO1_0015.pdf
175	Planimetria aula 7	illocare sul nome del file nel campo 'Documenti'		Aula 7_TO_CEN02_XPTE_0001.pdf

Figura 77: Visualizzazione dati di piano Archibus [Fonte polito.it]

Dettaglio Fabbricato												
Anagrafica Fabbricato												
Codice edificio TO_CEN02			Sede: Sede Centrale - Corso Duca degli Abruzzi			Nome edificio: Area Sud - Parte 2						
Città: Torino			Area Locale: 26.998,17			Indirizzo: 1 Via Pirella, 6/A						
Comments: Dipartimento: DENERG - DISEG - DIATI, Aula, Bar			Area Utilizzabile: 16.944,55									
Consistenze Fabbricato: Area Sud - Parte 2 (TO_CEN02)												
Reparto - Divisione	Totale	Categorie										
		A - Area Verticale	B - Area Servizio	C - Area Supporto	D - Ufficio	E - Aula Didattica	F - Laboratorio	G - Area Studio	H - Area Supporto Tecnico	I - Uto Speciale	L - Da definire	M - Area Esterna
Totale	Numero Locali: 1.070 Area Totale (mq): 39.687,21	153 1.817,85	225 7.836,77	18 530,50	288 4.796,18	18 2.082,29	81 7.300,91	6 334,19	4 47,95	4 256,99	23 263,03	100 14.420,46
Non Presente	Numero Locali: 84 Area Totale (mq): 376,24	27 87,97	1 19,67									26 290,10
ATENEO UNIVERSITA'AMM	Numero Locali: 100 Area Totale (mq): 11.001,22	67 157,68	33 1.887,47		1 20,16							19 8.536,51
ATENEO UNIVERSITA'ATENEO	Numero Locali: 189 Area Totale (mq): 9.151,63	15 320,61	103 1.612,42		15 1.622,37							54 5.201,29
DIPARTIMENTO DENERG	Numero Locali: 239 Area Totale (mq): 5.916,95	24 404,67	76 1.077,82	5 209,70	101 1.906,83	18 1.348,99		2 93,91				12 263,03
DIPARTIMENTO DIATI	Numero Locali: 138 Area Totale (mq): 4.273,77	15 298,72	51 750,59	2 19,87	53 1.078,57	1 75,96	16 2.022,36					
DIPARTIMENTO DISEG	Numero Locali: 332 Area Totale (mq): 8.349,25	27 348,80	153 2.375,11	8 251,02	87 1.700,60	2 153,31	47 3.329,56	3 129,34	4 47,95			1 13,56
DIREZIONE ISAD	Numero Locali: 2 Area Totale (mq): 231,29		1 15,14			1 221,15						
DIREZIONE PRODES	Numero Locali: 3 Area Totale (mq): 52,45				3 52,45							
ENTE ESTERNO - ASSOCIAZIO-CAMBI DENISE	Numero Locali: 11 Area Totale (mq): 283,56		7 43,55								1 3	
ENTE ESTERNO - ASSOCIAZIO-CIUS	Numero Locali: 1 Area Totale (mq): 9,88											
ENTE ESTERNO - ASSOCIAZIO-POLINC	Numero Locali: 2 Area Totale (mq): 44,97										1 24,81	

Figura 78: Visualizzazione dati generali della zona To-cen02 [Fonte polito.it]

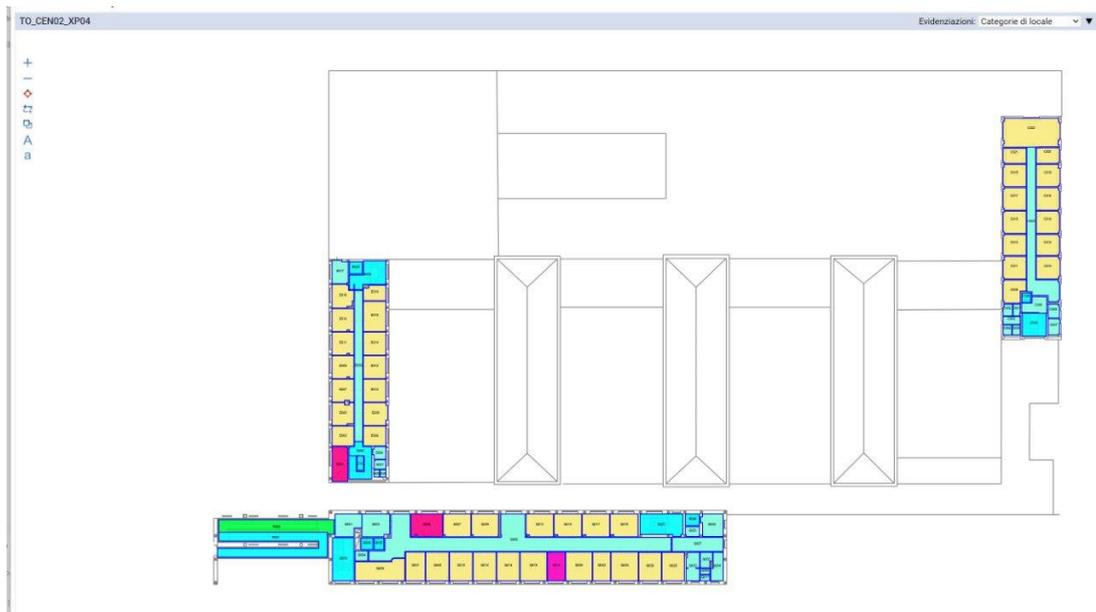


Figura 79: Visualizzazione al Piano quarto dei Locali [Fonte polito.it]

Come evidenziato nelle immagini, le visualizzazioni dei dati e delle piante risultano piuttosto efficaci. Tuttavia, si nota una lacuna per quanto riguarda la possibilità per gli utenti esterni di navigare all'interno di un eventuale modello tridimensionale, dal quale forse sono stati estratti i metadati. Inoltre, manca la possibilità per l'utente di accedere a informazioni specifiche relative agli oggetti presenti all'interno della pianta come porte o finestre.

È evidente che l'interrogazione delle aree avviene principalmente attraverso il filtro dei locali, con la possibilità di modificare il criterio di raggruppamento in base a vari fattori come la destinazione d'uso o il dipartimento d'appartenenza.

Prendendo poi in considerazione anche altri progetti dove sono state testate le potenzialità di Archibus si possono stilare alcune considerazioni sui punti di forza del prodotto.

Parlando della pianificazione degli interventi di manutenzione, si possono individuare tre fasi distinte, dettagliate come segue:

- ❖ Costruzione di un'anagrafica tecnica degli asset e relativa documentazione:
 - Questa fase coinvolge la creazione di un registro dettagliato degli asset soggetti a manutenzione.
 - Include l'organizzazione di informazioni tecniche e documentazione associata, come manuali di manutenzione e libretti d'uso.
- ❖ Programmazione della manutenzione e registro degli interventi:
 - In questa fase, si pianificano gli interventi di manutenzione e si registrano su un calendario elettronico condiviso.
 - La registrazione dettagliata degli interventi essenziali per monitorare l'efficienza delle operazioni di manutenzione
- ❖ Analisi delle performance, con registrazione e analisi dei dati raccolti:
 - Dopo ogni intervento di manutenzione, vengono raccolti dati sulle performance degli asset.

L'analisi di questi dati è cruciale per valutare l'efficacia del piano di manutenzione e identificare aree di miglioramento.

Riguardo al confronto iniziale, l'interoperabilità tra il BIM e il software è un elemento chiave per sviluppare la gestione delle attività attraverso la piattaforma. ARCHIBUS 3D Navigator integra i dati BIM, facilitando la gestione degli edifici progettati in ambienti come Revit. Questa integrazione è centrale per ottimizzare il ciclo di vita degli immobili, le operazioni di gestione e la pianificazione strategica della manutenzione. ARCHIBUS consente anche

l'importazione diretta dei dati COBIE e offre la possibilità di condividere i dati in un database centralizzato. Il modello informativo aziendale (EIM) fornito dal software offre un quadro operativo comune per mostrare agli stakeholder sia operativi che strategici i risultati delle azioni e l'impatto delle scelte effettuate.

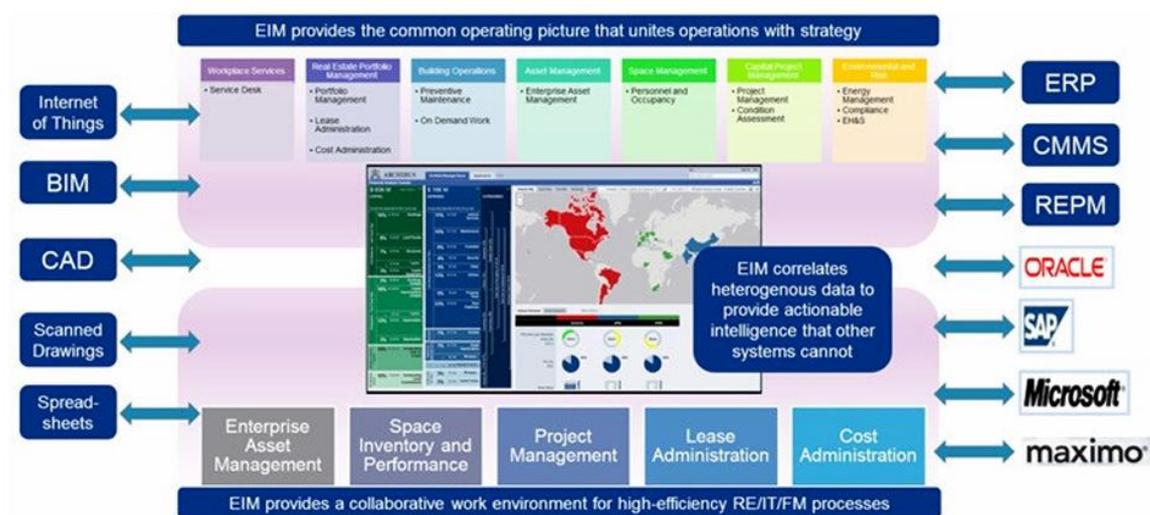


Figura 80: EIM creato all'interno di Archibus e bidirezionalità con i programmi e i modelli

[Fonte WWW.EFMNET.com]

ARCHIBUS Enterprise Information Modeling integra completamente tutte le informazioni nella sua suite di applicazioni, creando una prospettiva completa dell'impresa. Fornisce un ambiente collaborativo che sincronizza le attività operative con gli obiettivi strategici per massimizzare le prestazioni aziendali. Concentrandoci sulla gestione della manutenzione, l'applicazione "Manutenzione preventiva" di ARCHIBUS offre strumenti e report per definire e gestire un programma completo di manutenzione preventiva a intervalli regolari.

Attraverso questa applicazione, è possibile:

- Definire attività chiave come ispezione, calibrazione, regolazione, pulizia, lubrificazione e gestione dei ricambi.
- Programmare questi processi ad intervalli appropriati per prevenire guasti ed eseguire una manutenzione accurata.
- Una volta stabilito il programma, è possibile istruire il sistema a generare automaticamente gli ordini di lavoro per l'esecuzione delle attività definite.

L'obiettivo dell'automazione della manutenzione preventiva è consentire alle organizzazioni di minimizzare il rischio di omissioni nelle attività critiche di manutenzione e di evitare errori. Tra i vantaggi di questa automatizzazione si includono:

- Riduzione dei costi operativi.
- Automatizzazione della generazione degli ordini di lavoro.
- Miglioramento dell'efficienza nei controlli, offrendo ai responsabili della manutenzione un'interfaccia intuitiva per la creazione e la programmazione del lavoro.
- Maggiore efficienza nel funzionamento delle apparecchiature.
- Bilanciamento del carico di lavoro per il personale addetto.
- Acquisizione di una cronologia della manutenzione.
- Creazione automatica di uno storico manutentivo.

Ora, sarà presentata una tabella, in linea con quanto delineato nel paragrafo introduttivo sull'analisi del software, che riepiloga le funzionalità della piattaforma ARCHIBUS rilevanti per le attività di manutenzione.

Funzionalità Archibus	
Funzionalità specifica	Risultato
Interoperabilità con modello BIM	Ottimale
Gestione della documentazione	Buona
Pianificazione manutenzione preventiva	Ottimale
Creazione di un Database interno	SI
Creazione report personalizzati	SI
Integrazione con sistemi mobili	SI
Integrazione con sistemi mobili	SI
Utilizzo Offline	SI
Creazione storico	SI

Tabella 26: Funzionalità Archibus

Dopo aver esaminato le esigenze del programma in termini di input necessari e valutato l'attuale stato della gestione presso il Politecnico, è possibile affermare che i modelli precedentemente sviluppati non sono immediatamente sincronizzabili con Archibus. Tuttavia, molte delle specifiche richieste sono già contenute nei modelli esistenti, fornendo un solido punto di partenza per la sincronizzazione con Archibus.

È fondamentale però concentrarsi sulle potenzialità offerte dalla sostituzione degli attuali software CAD con modelli BIM come nel progetto che è già stato avviato dal Politecnico. Questo comporterà un notevole miglioramento nella resa grafica, consentendo un'interazione bidirezionale più efficace con il database.

In sintesi, il processo di integrazione con Archibus non solo sarà possibile, ma anche arricchirà ulteriormente la piattaforma gestita dal Politecnico, consentendo una gestione più efficiente e avanzata delle informazioni e delle caratteristiche dei modelli.

5.2 Dalux

Si sono analizzate alcune delle potenzialità del programma Dalux utilizzando anzitutto all'interno della tesi immaginandolo come un'eventuale applicazione anche utilizzabile dal Politecnico di Torino come strumento, comparandolo all'attuale Archibus utilizzato.

Dalux è un programma software che contribuisce a rendere più intelligente, facile ed efficiente l'industria delle costruzioni. È utilizzato, ad esempio, come visualizzatore di modelli 3D e comprende strumenti di misurazione, la capacità di combinare disegni 2D e modelli 3D, nonché la condivisione semplice di file e documenti.

In Dalux, è possibile marcare direttamente sul disegno e quindi inviarlo alla rispettiva parte responsabile nel progetto per affrontare il problema, il che facilita, tra le altre cose, la fase di ispezione.

Il programma fornisce agli stakeholder del progetto una panoramica in tempo reale sull'avanzamento del progetto garantendo così massima trasparenza sono stato attuale. Parte della forza ed elasticità di Dalux è il fatto di essere disponibile su computer, tablet e telefoni cellulari (Dalux, 2020).

Va ora spiegato che esistono due principali modi per utilizzare il programma Dalux, esso infatti si differenzia in funzione di chi lo sta usando ma soprattutto per cosa lo si sta usando, queste due mansioni sono il lavoro di modellazione e gestione BIM e il lavoro di gestione, manutenzione o controllo sul campo tramite l'utilizzo del visualizzatore.

Quando si apre un nuovo progetto da Dalux, infatti, il programma stesso chiede di scegliere quale delle due tipologie si vuole applicare al progetto che si sta facendo.



Figura 81: Scelta tipo di progetto

Nel caso in questione sono state realizzate e gestite ambedue le modalità nel progetto, questo ha fatto sì che si potesse verificare la bontà di utilizzo del programma nella fase sia di modellazione che in quella della possibilità di utilizzo dello stesso al fine di manutenzione e gestione delle strutture del Politecnico di Torino.

Per poter utilizzare ambedue i metodi offerti dal programma bisogna prima caricare all'interno dello stesso il modello Revit, per fare questo Dalux offre la possibilità di scaricare un plug-in che si può inserire all'interno di Revit.

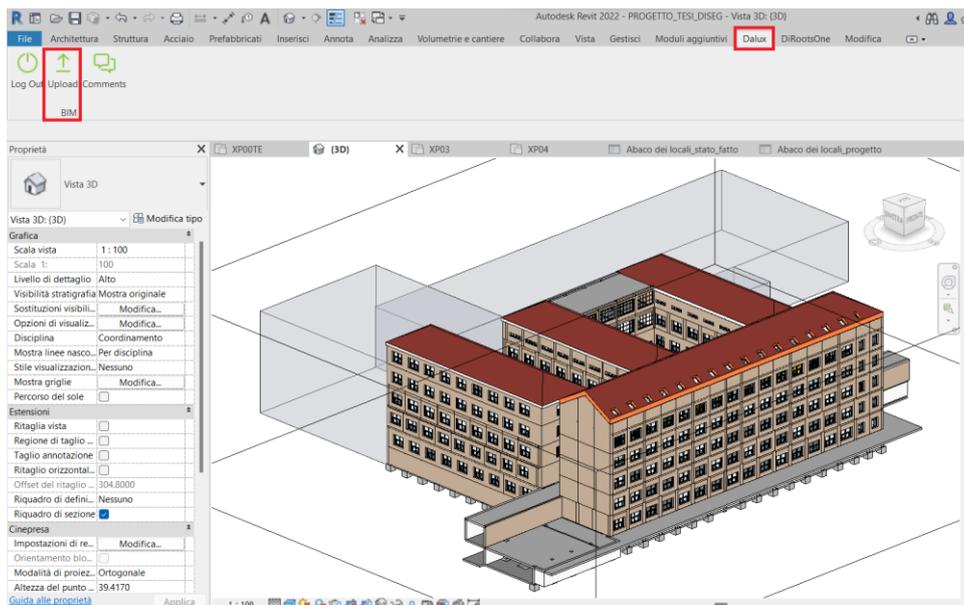


Figura 82: Plug-in Dalux in Revit

Tramite questo metodo basta cliccare il pulsante di upload e scegliere in quale progetto caricare il modello così facendo una volta aperta l'app Dalux da qualsiasi dispositivo si voglia procedere, sia questo pc, cellulare o tablet, si potrà caricare la versione aggiornata del modello.

Particolare attenzione va posta nel scegliere le viste che si vogliono caricare all'interno di Dalux, si può infatti scegliere più di una vista per piano bisogna però scegliere con attenzione quale vista si vuole importare essendo che le stesse verranno utilizzate anche per la navigazione 3D all'interno del programma quando si userà la navigazione a schermo condiviso, se si sceglieranno infatti viste coincidenti con controsoffitti o pavimenti la navigazione all'interno del modello sarà limitata nella visuale; per tale motivo bisogna infatti prima regolare l'altezza delle visualizzazioni di pianta all'interno del modello per verificare che non vi sia conflitto con nessuna parte architettonica o strutturale.



Figura 83: Interfaccia Dalux modelling

Navigazione all'interno di Dalux

Per navigare all'interno di Dalux ci sono essenzialmente quattro possibilità, come si può vedere nella figura precedente sono definite dai quattro simboli in alto a sinistra; i metodi sono i seguenti:

- La possibilità di navigare tramite movimento tridimensionale utilizzando mouse e rotella, questo metodo permette di spostarsi in tutte e tre le dimensioni e la rotella serve per avvicinarsi o allontanarsi al punto che si sta vedendo a schermo; e la metodologia usata per vedere l'intero modello all'interno dello spazio di lavoro di Dalux nell'immagine sovrastante.
- Vi è poi la possibilità di selezionare un piano tra quelli caricati dal modello Revit e visualizzare solo la pianta 2D. Da questa visuale si può in ogni momento passare alla visualizzazione 3D pigiando in qualsiasi parte della pianta e selezionando il pulsante con scritto 3D che appare dove si schiaccia.



Figura 84: Visualizzazione 2D Dalux

- La visualizzazione denominata come sezione 3D prende come riferimento una delle qualsiasi piante caricate e posiziona il modello 3D sezionandolo all'altezza della stessa potendo quindi navigare all'interno dello stesso visualizzando dall'alto quello visto nella visualizzazione 2D ma con la possibilità spostando la visuale di visionare anche le altre parti del modello non presenti in quella vista.



Figura 85: Visualizzazione Sezione 3D

In questa modalità come si può notare rimane sottostante la visualizzazione 2D della pianta, come se fosse un foglio utilizzato per segnalare a video la posizione della pianta rispetto a tutto il modello.

- L'ultima metodologia è sicuramente la più interessante, si chiama “Dividi” e consiste nel mostrare a schermo, una volta decisa la pianta del pavimento dove si intende navigare, entrambe le visuali, quella 3D la pianta 2D con la possibilità di puntare e muoversi utilizzando l’una o l’altra con l’ausilio di un puntatore che indica costantemente la posizione e la direzione dove si sta guardando.

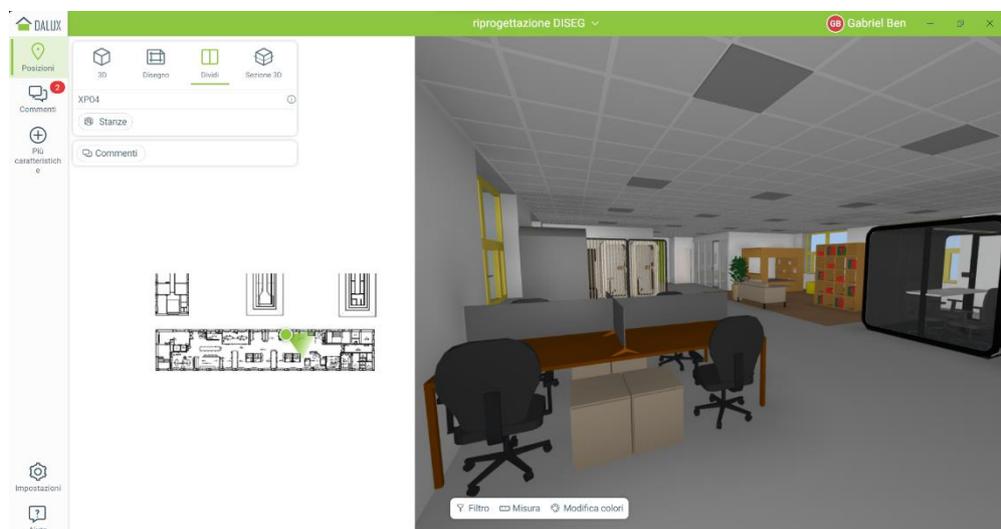


Figura 86: Visualizzazione Dalux divisa

Questa modalità è sicuramente la più utile durante le fasi di manutenzione sul campo perché permette di capire dove ci si trova all’interno dell’edificio.

Le modalità di visualizzazione appena descritte sono le medesime in entrambe le tipologie di progetto “BIM viewer” e “Field basic” la vera diversità sta, come accennato, nell’utilizzo che si fa del modello.

Segnalazioni compiti all’interno di Dalux

BIM viewer è la parte di programma pensata per la progettazione BIM e lo dimostra il metodo di assegnazione dei compiti e la tipologia di visualizzazione utilizzata per farli.

Infatti, i “commenti” così chiamati all’interno di Dalux sono assegnabili solo nelle visualizzazioni 3D non a schermo diviso come mostrato nell’immagine 53, essi si presentano nel seguente modo:

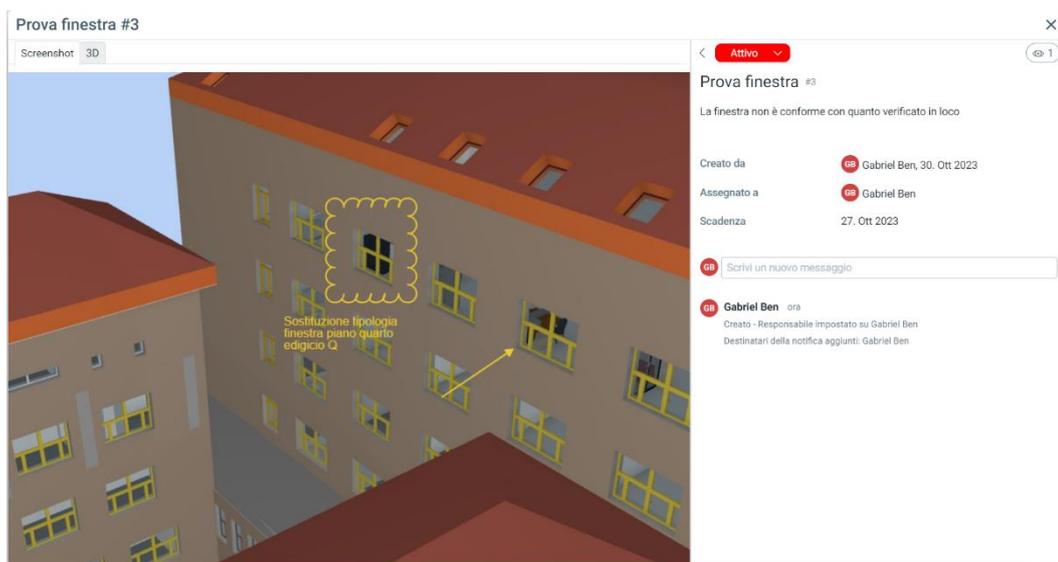


Figura 87 : Segnalazione Dalux BIM viewer

Come si può notare nell’immagine vi è la possibilità di inserire forme frecce o testo all’interno della segnalazione al fine di rendere il più preciso e semplice il lavoro correzione o modifica per gli altri utenti all’interno del progetto.

Come si può notare è possibile inoltre aggiungere commenti, segnalare a chi spetta il compito in questione e impostare anche una data di scadenza per la risoluzione della stessa.

Quando l’utente incaricato della risoluzione apre la segnalazione può, sempre per maggior chiarezza, aprire la visualizzazione 3D visibile in alto nel segnalino della pagina per far sì che si apra direttamente il modello all’interno di Dalux nella stessa posizione di dove il segnalatore ha creato il commento.

Una volta poi risolta la problematica l'utente incaricato può premere sulla barra rossa con su scritto Attivo e segnalare l'avvenuto compimento della mansione.

Va detto poi che all'interno del programma vi è anche la possibilità di gestire le segnalazioni per gruppi di lavoro come strutturale, architettonico MEP etc... Di questi gruppi poi dovrebbero ricevere le notifiche dei compiti da svolgere solo dal revisore che dovrebbe svolgere il compito di BIM Coordinator all'interno del progetto.

Questa divisione permette ordine e verifica di ogni problematica all'interno del modello, nel caso studiato non è stato necessario questa tipologia di divisione essendo che le notifiche sono funzionata più come una prova della funzionalità e validità del programma.

All'interno della tipologia di progetto Field la tipologia di spostamento o visualizzazione rimane invariata; il cambiamento avviene nell'utilità che si fa di questa tipologia di progetto all'interno di Dalux e infatti i "commenti" descritti precedentemente lasciano il posto ai "compiti" questi vengono inseriti nella tipologia di visualizzazione "Divisa".

Si immagina ora nel caso di un progetto ancora in fase di costruzione un operatore che deve verificare in cantiere incongruenze, modifiche e varianti che debbano essere corrette all'interno del modello BIM, oppure nel caso di un edificio esistente l'aspetto della manutenzione dello stesso attraverso gli strumenti di visualizzazione di Dalux.

Per par capire meglio l'utilizzo di Dalux nel campo del Facility Management si immaginerà ora un caso in cui un operatore dovrà segnalare un malfunzionamento a una porta.

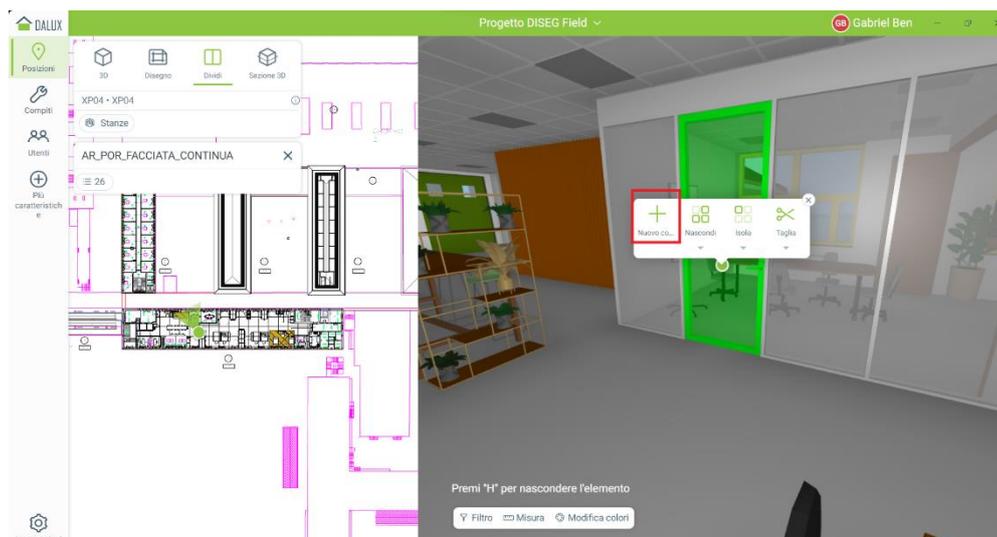


Figura 88 : Creazione nuovo compito in Dalux

Una volta nella visualizzazione “Divisa” bisogna selezionare l’elemento che si vuole segnalare, in questo caso la porta a facciata continua della sala riunioni, vanno quindi inseriti i dati necessari per la segnalazione.

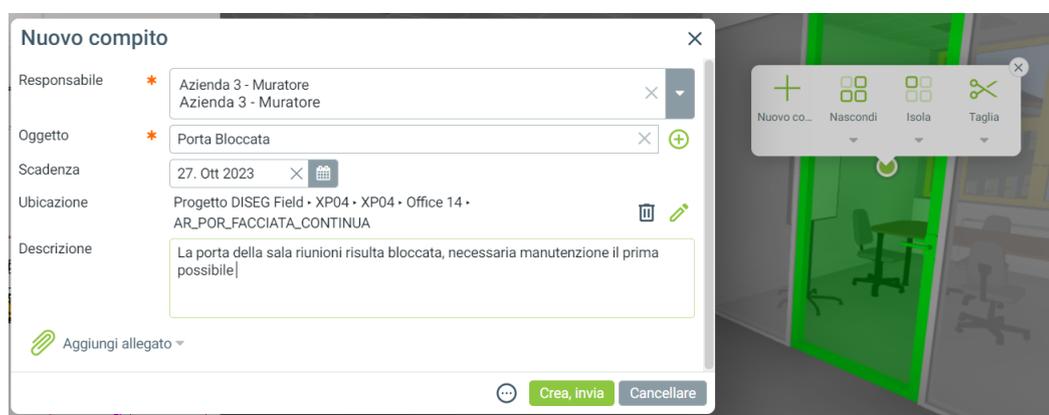


Figura 89: Esempio segnalazione porta bloccata Dalux Field

I dati in questione sono: il responsabile alla quale assegnare il compito in questione, un oggetto che servirà poi per riconoscere il compito nella lista di compiti presenti all’interno del programma, una data di scadenza del compito questa però non obbligatoria, l’ubicazione dell’oggetto segnalato e la sua nominazione all’interno del modello che vengono inserite automaticamente e se

necessaria al fine di migliorare la comprensione della mansione da svolgere una descrizione.

Una volta inviata la segnalazione viene prodotta dal programma una scheda di manutenzione automatica con tutti i dati inseriti e con altri ancora atti a una più facile comprensione dell'ubicazione dell'oggetto segnalato.

T3 Porta Bloccata
Compito

Progetto	Progetto DISEG Field	Pacchetto di lavoro	Azienda 3 - Muratore
Progetto n.	02	Flusso di lavoro	-
Edificio	Progetto DISEG Field	Data creata	31. ott 2023, 01:15
Livello	XP04	Scadenza	27. ott 2023
Disegno	XP04	Creato da	Gabriel Ben, Semana
Stanza	Office 14		
oggetto 3D	AR_POR_FACCIATA_CONTINUA		

31. ott 2023, 01:15	Creato da:	Gabriel Ben, Semana
Assegnato a -	Assegnatario:	-
	Titolo:	Porta Bloccata
	Scadenza:	27. ott 2023
	Descrizione:	La porta della sala riunioni risulta bloccata, necessaria manutenzione il prima possibile

Dalux Field Stampato 31. ott 2023, 01:25
Gabriel Ben

Figura 90 : Scheda manutenzione porta prodotta da Dalux

Questa scheda può essere stampata o mandata in formato pdf a chi avrà il compito di svolgere la mansione, oppure può essere visualizzata all'interno di cellulari o tablet in dotazione agli operatori che potranno una volta finito segnalare l'avvenuto compimento della mansione tramite quelli.

Gli operai possono comunque accedere al modello anche in assenza di connessione internet una volta che hanno salvato il modello all'interno della loro applicazione.

Grazie a questa applicazione chiamata Dalux Field gli operai hanno accesso a disegni e modelli che le aziende caricano potendo visualizzare l'ultima versione del progetto. Questo facilita il compito degli operai nell'eseguire determinate attività, come ad esempio le ispezioni di sicurezza o come visto le verifiche ordinarie all'interno degli edifici.

6 Risultati

La tesi ha raggiunto l'obiettivo prefissato producendo risultati che delineano orientamenti e soluzioni per ottimizzare la gestione di un ambiente BIM al Politecnico di Torino. Inizialmente, sono state formulate linee guida per guidare potenziali espansioni future del progetto di digitalizzazione BIM del Politecnico.

Successivamente, è stato condotto un processo di modellazione della sezione del Politecnico che include il dipartimento DISEG, seguendo fedelmente le linee guida precedentemente stabilite.

Un passo ulteriore è stato compiuto attraverso l'implementazione di uno script Dynamo, semplificando la modellazione e il posizionamento automatico delle maglie di pilastri basato esclusivamente sul file CAD iniziale.

È stata poi eseguita la rifunzionalizzazione dell'intero quarto piano dell'edificio Q, introducendo uno stile di co-working più dinamico e moderno.

Infine, sono state testate implementate con i modelli creati le potenzialità le programma Dalux come strumento principale per gestire le interferenze nella modellazione interna dei fabbricati, come visualizzatore dei vari modelli e segnalatore per la manutenzione all'interno dei fabbricati considerati, segnando un passo significativo verso l'efficienza nella gestione interna di un'amministrazione pubblica come Politecnico di Torino.

7 Conclusioni

Con il progresso tecnologico in tutti i settori, la sfera dell'edilizia non può restare indietro. Consapevoli che stiamo affrontando anche cambiamenti normativi, è imperativo accelerare l'adozione della digitalizzazione basata sul BIM per i dati relativi agli edifici, sia di nuova costruzione che esistenti. Ciò è dovuto al fatto che il costo associato a queste tecnologie oramai consolidate è notevolmente inferiore rispetto al farsi trovare impreparati di fronte a una trasformazione ormai in atto.

I risultati ottenuti nel corso di questa tesi sono soddisfacenti e aprono nuovi orizzonti sul tema della realtà virtuale e aumentata.

Si immaginano sviluppi futuri anche nella modellazione automatizzata della quale si è visto un esempio nell'elaborato, si immagina dunque che in un futuro la digitalizzazione richiederà più dei controllori che dei veri e propri fautori dei modelli informativi rendendo sempre più rapida precisa ed efficace l'implementazione del BIM in ogni ambito edilizio.

Questa transizione richiederà inevitabilmente modifiche sostanziali da parte dei principali attori del settore, con un particolare accento sull'aumento degli investimenti nello sviluppo. La tesi ha esaminato approfonditamente numerose problematiche ancora presenti nell'ambito dell'ingegneria edile, civile e, più in generale, nell'edilizia, offrendo soluzioni potenziali legate anche alla gestione dei dati informativi, con l'obiettivo di migliorare la amministrazione degli edifici attraverso modelli informativi digitali.

Va sottolineato che questa tesi rappresenta solo un contributo parziale, poiché esistono già numerose possibilità sul mercato. Tuttavia, se non integrate e gestite tempestivamente nel processo edilizio, queste opportunità

rischieranno solo di ampliare il divario tra l'ambito edilizio e gli altri settori tecnologici.

Lista degli acronimi

LISTA DEGLI ACRONIMI	
ACRONIMO	DESCRIZIONE
BIM	Building Information Modelling/Model
BPM	Building Performance Model
BEM	Building Environment Model
CAD	Computer-Aided Design
COBie	Construction Operations Building Information Exchange
FM	Facility Management
HBIM	Historic Building Information Modelling
LOD	Level of Detail/ Level of Development
LOI	Level of Information
LOR	Level of Reliability
.ifc	Formato Industry Foundation Classes
.rvt	Formato Revit
.pdf	Portable Document Format
.dwg	contrazione di drawing, disegno
.docx	Documento di Microsoft Word Open XML
.xlsx	Microsoft Excel
.txt	Documento di testo standard

Tabella 27: Lista degli acronimi

8 Bibliografia

- [1] M. Grieves, “Digital Twin: Manufacturing Excellence through Virtual Factory Replication,” Mar. 2015.
- [2] C. Semeraro, M. Lezoche, H. Panetto, and M. Dassisti, “Digital twin paradigm: A systematic literature review,” *Computers in Industry*, vol. 130, p. 103469, Sep. 2021, doi: 10.1016/j.compind.2021.103469.
- [3] C. Bianchini and S. Nicastro, “From BIM to H-BIM,” in *2018 3rd Digital Heritage International Congress (DigitalHERITAGE) held jointly with 2018 24th International Conference on Virtual Systems & Multimedia (VSMM 2018)*, Oct. 2018, pp. 1–4. doi: 10.1109/DigitalHeritage.2018.8810087.
- [4] D. Ilter and E. Ergen, “BIM for building refurbishment and maintenance: current status and research directions,” *Structural survey*, vol. 33, no. 3, pp. 228–256, 2015.
- [5] R. Hammond, N. O. Nawari, and B. Walters, “BIM in sustainable design: strategies for retrofitting/renovation,” in *Computing in Civil and Building Engineering (2014)*, 2014, pp. 1969–1977.
- [6] “Nuovo corso al CFS: il BIM (Building Information Modeling) per l’edilizia moderna – CFS Edilizia Avellino.” Accessed: Jun. 07, 2023. [Online]. Available: <https://www.cfsedilizia.av.it/il-bim-building-information-modeling-per-ledilizia-moderna/>
- [7] BibLus-net, “Vantaggi dei BIM: come il Building Information Modeling cambia il nostro modo di lavorare,” BibLus-net. Accessed: Jun. 07, 2023. [Online]. Available: <https://biblus.acca.it/come-il-bim-cambia-il-nostro-modo-di-lavorare/>
- [8] M. Hu, “Optimal Renovation Strategies for Education Buildings—A Novel BIM–BPM–BEM Framework,” *Sustainability*, vol. 10, no. 9, Art. no. 9, Sep. 2018, doi: 10.3390/su10093287.
- [9] B. Daniotti *et al.*, “Workshop: BIM4EEB: A BIM-Based Toolkit for Efficient rEnovation in Buildings,” *Proceedings*, vol. 65, no. 1, Art. no. 1, 2021, doi: 10.3390/proceedings2020065017.
- [10] E. De Angelis, A. L. C. Ciribini, L. C. Tagliabue, and M. Paneroni, “The Brescia Smart Campus Demonstrator. Renovation toward a zero Energy Classroom Building,” *Procedia Engineering*, vol. 118, pp. 735–743, Jan. 2015, doi: 10.1016/j.proeng.2015.08.508.
- [11] M. A. Alzarrad, G. P. Moynihan, A. Parajuli, and M. Mehra, “4D BIM Simulation Guideline for Construction Visualization and Analysis of Renovation Projects: A Case Study,” *Frontiers in Built Environment*,

vol. 7, 2021, Accessed: Oct. 28, 2023. [Online]. Available:
<https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fbuil.2021.617031>
[12]“BIM facilitates an integrated and intelligent campus - University of
Nottingham Ningbo China.” Accessed: Oct. 28, 2023. [Online]. Available:
[https://www.nottingham.edu.cn/en/science-engineering/news/arti-
cle.aspx?id=128e0af3-a112-479f-8163-2ef4ffd48066&language=en-GB](https://www.nottingham.edu.cn/en/science-engineering/news/article.aspx?id=128e0af3-a112-479f-8163-2ef4ffd48066&language=en-GB)

GUIDA AL BIM- La rivoluzione digitale dell'edilizia;

GUIDA AL BIM- La rivoluzione digitale dell'edilizia- seconda edizione;

BIM building information Modelling VERSO IL CATASTO DEL FU-
TURO.