

POLITECNICO DI TORINO

Dipartimento di Architettura e Design

**Corso di Laurea Magistrale in
Architettura per il Progetto Sostenibile**

Tesi di Laurea Magistrale

IL BIM PER UN DIGITAL TWIN DELL'OSPEDALE

MAURIZIANO



Relatore

Prof. Anna Osello

Candidato

Naomi Atria

Luglio 2022

*“Qualunque cosa tu possa fare, qualunque sogno tu possa sognare,
comincia.*

L'audacia reca in sé genialità, magia e forza. Comincia ora”

(Johann Wolfgang von Goethe)

*A chi mi è stato accanto,
alla mia famiglia,
al mio compagno di vita,
a me.*

Indice

Indice delle figure

ABSTRACT

1 INTRODUZIONE	15
1.1 Nozioni generali sulla progettazione ospedaliera	16
1.2 Classificazione dei modelli organizzativi ricorrenti	17
2 CASO STUDIO	18
2.1 L'Ospedale Mauriziano di Torino	18
2.1.1 Il Mauriziano nell'800	21
2.1.2 L'Ordine Mauriziano e la progettazione del Padiglione Mimo Carle	26
2.1.3 L'ampliamento del1926-1930 su progetto di Giovanni Chevalley	27
2.1.4 Gli anni della Grande Guerra	30
2.1.5 La ricostruzione dopo la Grande Guerra	32
2.1.6 Le ristrutturazioni dell'ultimo decennio	36
2.1.7 Gli ampliamenti recenti	37
2.1.8 Le innovazioni cliniche	39
2.1.9 Le attuali riqualificazioni tecnologiche	41
2.1.10 Gli ultimi lavori conclusi	45
2.2 Obiettivi da raggiungere	47

3	METODOLOGIA	47
4	IL BIM	52
4.1	Cos'è il BIM	52
4.1.1	I vantaggi del BIM	54
4.1.2	Il processo del BIM	56
4.1.3	Le figure chiave del BIM nella UNI 11337 - 7	57
4.1.3.1	CDE MANAGER	58
4.1.3.2	BIM MANAGER	59
4.1.3.3	BIM COORDINATOR	60
4.1.3.4	BIM SPECIALIST	60
4.1.4	Il BIM per la progettazione architettonica	61
4.1.5	Il BIM per la progettazione strutturale	63
4.1.6	Il BIM per la progettazione impiantistica - MEP	64
4.2	La normativa Europea	65
4.3	La normativa Italiana	66
4.4	Il panorama BIM Europeo	67
5	AUMENTO DEI LOD	71
5.1	Cos'è il LOD	71
5.1.1	IL LOD 100 - CONCEPT DESIGN	72
5.1.2	IL LOD 200 - SCHEMATIC DESIGN	72
5.1.3	IL LOD 300 - DETAILED DESIGN	72
5.1.4	IL LOD 350 - CONSTRUCTION DOCUMENTATION	72
5.1.5	IL LOD 400 - FABRICATION AND ASSEMBLY	73
5.1.6	IL LOD 500 - AS BUILT	73

5.2	Le dimensioni del BIM secondo l'UNI 11337	73
5.3	Il sistema dei LOD italiano: UNI 11337-4:2017	76
5.4	Applicazione al caso pratico	80
5.5	Le famiglie di Revit	86
5.5.1	Abaco dei serramenti	93
5.5.2	Confronto degli elementi con la normativa	94
6	MODELLAZIONE MEP	96
6.1	La modellazione meccanica	96
6.1.1	l'inserimento delle famiglie	97
6.1.2	La creazione degli impianti	98
6.1.3	Il confronto con la normativa	102
7	IL DIGITAL TWIN	104
7.1	La nascita del Digital Twin	104
7.2	I gemelli digitali in costruzione	105
7.3	Il Digital Twin per la gestione di un edificio	106
7.3.1	Product Twin	107
7.3.2	Construction Twin	107
7.3.3	Performance Twin	107
8	CONCLUSIONI E SVILUPPI FUTURI	108
8.1	Conclusioni e sviluppi futuri del modello MEP	108
8.2	L'Analisi del ciclo di vita dell'edificio, Facility Management	109

8.3 Approccio alla redazione di un piano di manutenzione	110
9 RINGRAZIAMENTI	113
10 BIBLIOGRAFIA	114
11 SITOGRAFIA	115

INDICE DELLE FIGURE

Figura 1: Planimetria generale Ospedale Mauriziano (caso studio) –

Fonte: <https://www.entrainmauriziano.it/padiglione-1>

Figura 2: Planimetria generale della casa di Santa Croce

Figura 3: Progetto d'ingrandimento della fabbrica ad opera di Bernardo Mosca, 3 Marzo 1837

Figura 4: Pianta e spaccati dei membri al primo piano della Casa di Santa Croce, destinata alla segreteria del Gran Magistero, 14 Agosto 1832.

Figura 5: Ampliamento del locale della Regia Segreteria del Gran Magistero, 12 Settembre 1833.

Figura 6: Planimetria dei fabbricati del Gran Magistero e dell'Ospedale Mauriziano, sito in Torino, sezione Dora isolato n°21 – Santa Croce, marzo 1885.

Figura 7: Planimetria del nuovo Ospedale Mauriziano Umberto I, Piano generale, 1881. AOM, Ospedale Torino, mazzo 56, fascicolo 3. Cromolitografia (Litografia Fratelli Pozzo, Torino)

Figura 8: Studio di una nuova disposizione generale, 1928-1930.

Figura 9: Padiglioni ammalati a pagamento. Pianta Piano Terra, Mappe e Cabrei, Ospedale di Torino, cartella. Ampliamento dell'Ospedale Umberto I.

Figura 10: Padiglioni ammalati a pagamento. Pianta Piano Terra, Mappe e Cabrei, Ospedale di Torino, cartella. Ampliamento dell'Ospedale Umberto I.

Figura 11: Modellazione preliminare di masse concettuali con denominazione dei padiglioni. Aggregazione del padiglione 9 al complesso originale.

Figura 12: Modellazione preliminare di masse concettuali con denominazione dei padiglioni. Aggregazione dei successivi padiglioni.

Figura 13: Modellazione preliminare di masse concettuali con evidenziazione dei padiglioni distrutti dai bombardamenti.

Figura 14: L'abbattimento totale del padiglione 6° seguito dell'incursione aerea, 1942-1943. AOM, Fondo fotografico, busta 55. Stampa su carta alla gelatina a sviluppo.

Figura 15: Ospedale Mauriziano di Torino. Reparto di chirurgia, 4 giugno 1969. AOM, Mappe e Cabrei, cartella Ampliamento dell'Ospedale Umberto I in Torino. Stampa eliografica applicata su cartoncino.

Figura 16: Modellazione preliminare di masse concettuali con denominazione dei padiglioni. Ricostruzione post bellica.

Figura 17: Le innovazioni cliniche.

Figura 18: Gli interventi per le aree funzionali del 1990

Figura 19: Gli interventi per le aree funzionali del 2000.

Figura 20: Gli interventi impiantistici del 2010.

Figura 21: Adeguamento impiantistico del 2010.

Figura 22: La riorganizzazione dei settori del 2010.

Figura 23: Gli ultimi lavori conclusi.

Figura 24: Planimetria generale complesso Ospedaliero Mauriziano, piano A.

Figura 25: Planimetria padiglione 1 complesso Ospedaliero Mauriziano, piano S.

Figura 26: Planimetria padiglione 1 complesso Ospedaliero Mauriziano, piano A.

Figura 27: Planimetria padiglione 1 complesso Ospedaliero Mauriziano, piano B.

Figura 28: Planimetria padiglione 1 complesso Ospedaliero Mauriziano, piano C.

Figura 29: Cos'è il BIM.

Figura 30: Il processo del BIM.

Figura 31: Le figure del BIM.

Figura 32: Gestione di un BIM Manager.

Figura 33: Adozione del BIM in Europa.

<https://www.gisinfrastrutture.it/2020/02/le-mappe-delladozione-del-bim-in-europa/>

Figura 34: CAD vs BIM.

<https://www.gisinfrastrutture.it/2020/02/le-mappe-delladozione-del-bim-in-europa/>

Figura 35: Implemento del BIM in Europa.

<https://www.gisinfrastrutture.it/2020/02/le-mappe-delladozione-del-bim-in-europa/>

Figura 36: Sviluppo dei tre maggiori software BIM.

<https://www.gisinfrastrutture.it/2020/02/le-mappe-delladozione-del-bim-in-europa/>

Figura 37: Adozione del BIM REVIT in Europa.

<https://www.gisinfrastrutture.it/2020/02/le-mappe-delladozione-del-bim-in-europa/>

Figura 38: Adozione del BIM ARCHICAD in Europa.

<https://www.gisinfrastrutture.it/2020/02/le-mappe-delladozione-del-bim-in-europa/>

Figura 39: Adozione del BIM ALLPLAN in Europa.

<https://www.gisinfrastrutture.it/2020/02/le-mappe-delladozione-del-bim-in-europa/>

Figura 40: Le dimensioni del BIM.

Figura 41: Importazione del file CAD su Revit.

Figura 42: Il browser di progetto.

Figura 43: Modellazione dei pilastri.

Figura 44: Modellazione degli elementi orizzontali.

Figura 45: La stratigrafia del solaio.

Figura 46: Le partizioni interne.

Figura 47: l'ambiente esterno.

Figura 48: l'ambiente esterno.

Figura 49: Porta due ante.

Figura 50: Porta semplice un'anta.

Figura 51: Porta di emergenza.

Figura 52: Porta un'anta.

Figura 53: Stralcio abaco delle porte.

Figura 54: Serramento tipo.

Figura 55: Pianta del serramento tipo.

Figura 56: Stralcio abaco dei serramenti.

Figura 57: Stralcio pianta impianti 2D.

Figura 58: Stralcio camera tipo.

Figura 59: Stralcio camera tipo 3D. VISTA 1.

Figura 60: Stralcio camera tipo 3D. VISTA 2.

Figura 61: Gli impianti meccanici.

Figura 62: Visualizzazione interna degli impianti meccanici.

Figura 63: Visualizzazione centralina testa letto.

Figura 64: Dettaglio centralina testa letto.

Figura 65: Il digital twin.

Figura 56: Il facility management.

ABSTRACT

L'Industria delle costruzioni è in continuo mutamento tecnologico.

Il BIM in pochi anni ha rivoluzionato il settore architettonico, ingegneristico e delle costruzioni, aumentando la produttività e l'efficienza, la qualità e la sostenibilità.

Il presente elaborato tratta lo studio degli sviluppi di un modello BIM architettonico e un modello MEP.

Il caso studio scelto è l'Ospedale Mauriziano di Torino.

Partendo dai file 2D realizzati durante il tirocinio è stato possibile lo sviluppo di un modello BIM implementando il modello impiantistico.

1 INTRODUZIONE

Il presente elaborato di tesi fa parte di un lavoro più ampio comprendente, anche, il tirocinio curricolare svolto durante il primo periodo didattico dell'anno accademico 2021/2022.

Il punto di partenza di questo lavoro è stato quello di riuscire ad ottenere più materiale possibile per la creazione del modello BIM dell'oggetto in questione.

Si è scelto, come oggetto, uno dei padiglioni rilevati, dell'ospedale Mauriziano di Torino.

Nelle ore di tirocinio l'attività è stata incentrata sul rilievo dei 17 padiglioni e i relativi aggiornamenti dei file 2D su AutoCad ai fini di avere un base concreta e con un livello di dettaglio abbastanza congruente alla realtà.

Lo scopo principale dell'elaborato sarà quello di studiare nel dettaglio la struttura proposta ai fini di introdurre un futuro piano di manutenzione di cui, attualmente, l'Ospedale è sprovvisto.

1.1 Nozioni generali sulla progettazione ospedaliera

Prima di proseguire con lo sviluppo dello studio dell'Ospedale Mauriziano di Torino, è opportuno capire come si progetta e si organizza un complesso ospedaliero.

1.2 Classificazione dei modelli organizzativi ricorrenti

- **Ospedale a Padiglioni:** Organismo edilizio che segue uno schema di sviluppo orizzontale. I vari fabbricati che lo compongono, di limitata altezza, sono disposti in un'ampia zona solitamente collegati da semplici strade e/o corridoi interni.

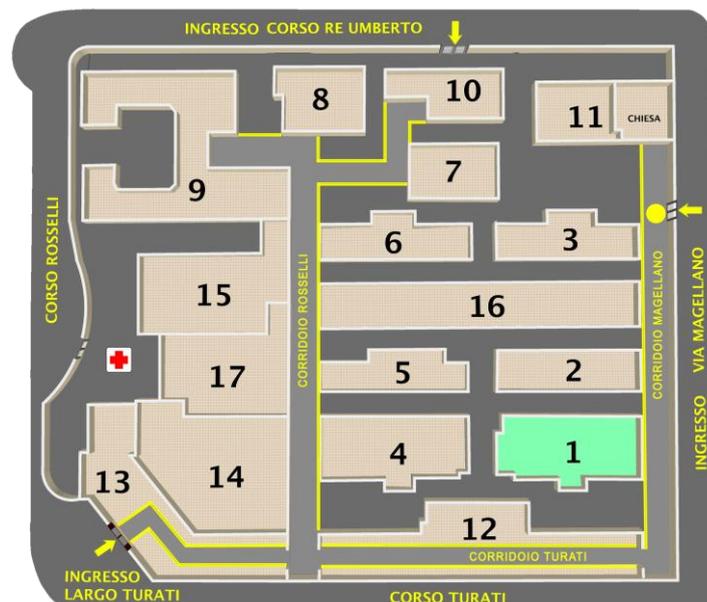


Figura 1: Planimetria generale Ospedale Mauriziano (caso studio)

- **Ospedale a Monoblocco:** Organismo edilizio compatto e sviluppato su più piani;
- **Ospedale a Poliblocco:** Maggiore complessità morfologica dell'organismo edilizio costituito da più corpi di fabbrica interconnessi;
- **Ospedale a Torre:** Organismo con ampia spina centrale che occupa i servizi, i collegamenti verticali, gli spazi destinati alla diagnostica, i locali per piccoli trattamenti medici.
- **Ospedale a Pistra:** Organismo edilizio con un numero contenuto di piani da 1 a 4 in cui la piastra centrale è destinata ai servizi mentre il perimetro esterno ospita le degenze;
- **Ospedale a Pistra/Torre:** Schema tipologico misto con una composizione a sviluppo orizzontale occupata dai servizi, terapia e diagnosi ed uno sviluppo verticale destinato alle degenze.
- **Ospedale a Sviluppo orizzontale:** Questa tipologia, che in generale non supera i quattro livelli, è caratterizzata dalla concentrazione dei servizi posti in una piastra centrale di grandi dimensioni e dalla localizzazione delle degenze sulle zone perimetrali.
- **Ospedale a Galleria:** Consente la realizzazione di grandi spazi interni ad uso pubblico arricchita di funzioni e servizi integrativi

2 CASO STUDIO

2.1 L'Ospedale Mauriziano di Torino

Il caso studio analizzato, l'Ospedale Umberto I conosciuto come Ospedale Mauriziano di Torino fonda la sua esistenza sull'ordine cavalleresco sabauda dei Santi Maurizio e Lazzaro, riconosciuto da Papa Gregorio XIII nel 1572.

L'obiettivo iniziale fu quello di assistere i bisognosi e di lottare contro gli eretici.

In quegli stessi anni, il Duca Emanuele Filiberto di Savoia, assorbì i principi morali dell'ordine cavalleresco sabauda e ne divenne primo gran maestro.

Riuscì a raccogliere 15mila scudi d'oro da tasse e dazi, acquistando terreni a Stupinigi, settimo torinese e persino al di là delle Alpi da destinare ai cavalieri dell'ordine.

Il 27 Aprile 1575 donò, anche, all'ordine un piccolo fabbricato da destinare all'ospedale che divenne il punto di riferimento della città, "Spedale della Sacra Regione dei santi Maurizio e Lazzaro nel quartiere di Porta Dorotea.

La sede appariva piccola e angusta, costituita principalmente dalla dimora del presidente della Camera dei Conti Luigi Ordinetto conte di Monreale, venduta al duca dell'erede, Giorgio de Mussij.

Nel 1638, il nosocomio eredita una casa nel “cortile del moro”, sotto la parrocchia di san Paolo destinata a completare la lunga infermeria destinata agli uomini, acquistata nel 1635.

Sino alla metà del '600, i posti disponibili erano soltanto 14 destinati alla degenza maschile, destinati ad aumentare ed a diventare 40 posti di degenza maschile e 12 per quella femminile.

Questo aumento è incentivato dalla committenza di Carlo Emanuele II ed in seguito da Maria Giovanna Battista, la quale incaricò l'ingegner Rocco Antonio Rubatto nel 1672 di riprogettare l'ospedale che apparirà come una croce latina generata dall'intersezione tra le degenze ed i locali destinati al servizio e amministrazione di cui, ad oggi, non si sono reperiti documenti grafici.

Questo nucleo sarà, poi, incrementato da uno sviluppo dettato da acquisti negli anni successivi in particolare con l'acquisizione, nel 1780 della casa di Santa Croce.

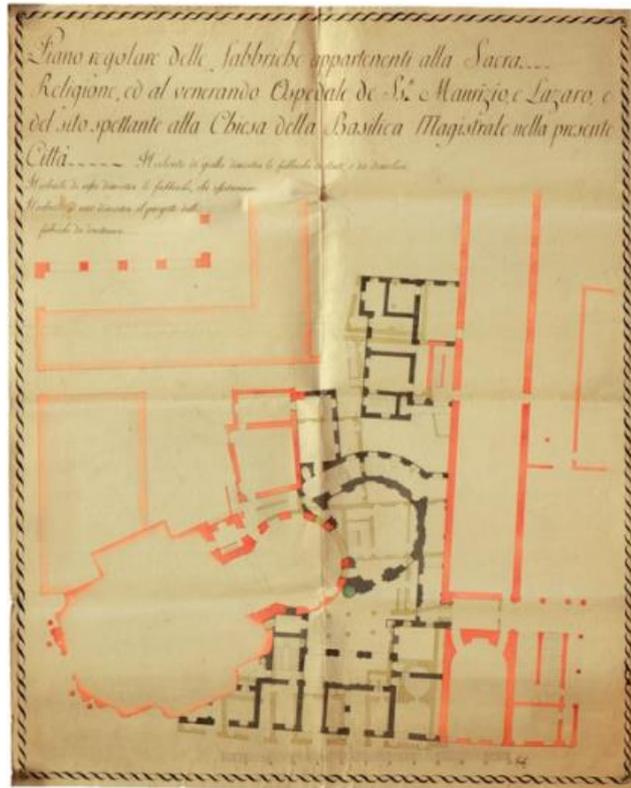


Figura 2: Planimetria generale della casa di Santa Croce

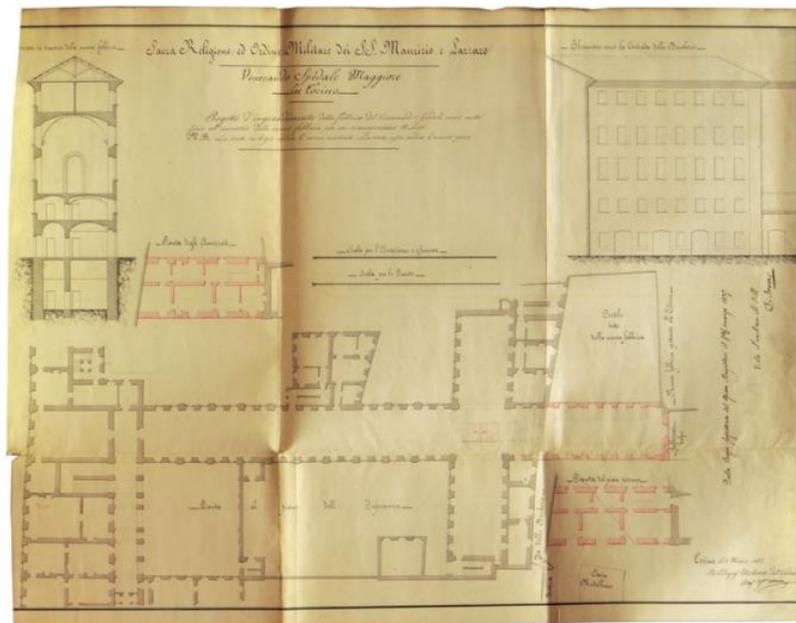


Figura 3: Progetto d'ingrandimento della fabbrica ad opera di Bernardo Mosca, 3 Marzo 1837

2.1.1 Il Mauriziano nell'800

Tra il 1832 e il 1836 viene coinvolto nella riorganizzazione dell'Ospedale, Bernardo Mosca, per il prolungamento dell'infermeria e la realizzazione di un settore per i degenti di un certo lignaggio.

Il progetto definitivo viene presentato il 21 aprile 1837 con una spesa di 60.000 lire ed approvato dal sovrano il 21 giugno 1841.

Nel 1855 si aggiunge una nuova infermeria "la Marie Adelaide" con 69 posti di degenza in più.

Un successivo intervento dell'ingegner Ernesto Camusso, vede la realizzazione di una nuova infermeria dedicata esclusivamente alle donne, all'ultimo piano dell'edificio.

L'Ospedale Magistrale con gli interventi aumentò i posti letto per le degenze sino a 147, un numero del tutto inadatto per le dimensioni della sede.

Era, oramai, improrogabile un intervento che fornisse una nuova sede.

L'ordine mauriziano si interrogò se abbandonare o meno il sito ospedaliero per la costruzione di una nuova struttura che sarebbe costata all'incirca 1.600.000 lire escludendo tutta l'attrezzatura sanitaria e l'arredo necessario ma si riconobbe la necessità di una nuova destinazione che rispondesse a criteri di salubrità e igiene, fuori da un contesto cittadino.

Questo prototipo dell'ospedale moderno era quello emerso dai congressi d'igiene, che raccomandavano una stretta collaborazione tra architettura, economia e igiene, in parallelo all'adozione del modello a

padiglioni del tipo dell'ospedale parigino di Lariboisière (realizzato nel 1846), che pareva permettere la migliore circolazione dell'aria, sentita come pietra miliare della moderna igiene ospedali.

Il nuovo modello a padiglioni fu una tipologia intelligente ed aggiornata alle norme igienico sanitarie del tempo in quanto permetteva la deambulazione e la fruizione dei pazienti e del personale separando le varie patologie per padiglioni così da non mettere in comunicazione pazienti con patologie differenti, gravi e meno gravi, all'interno di un grande lotto alberato composto inizialmente da sette padiglioni comunicanti attraverso dei corridoi di distribuzione/viali interni.

Posta la prima pietra l'11 novembre 1881 da parte del sovrano Umberto I, l'innovativo Ospedale a padiglioni separati venne completato ed inaugurato il 7 giugno 1885.

L'Ospedale sito sull'antico viale Stupinigi (all'altezza dell'attuale corso Filippo Turati) venne progettato dal dottor Giovanni Spantigati, direttore sanitario dell'Ospedale e dall'ingegnere igienista Ambrogio Perincioli.

Il Mauriziano, inizialmente era previsto di un numero ristretto di degenti per lo più composti da infermerie di limitata capienza, dotato di due reparti distinti e separati dai grandi corridoi interni: il reparto per i contagiosi ed il reparto per le idroterapie.

Un accenno è riservato alla piccola chiesa ad impianto rettangolare con cappelle laterali semicircolari e ampia cupola di copertura, affiancata al nuovo nosocomio, a chiusura dell'angolo nord-ovest tra via Magellano e Corso Re Umberto.

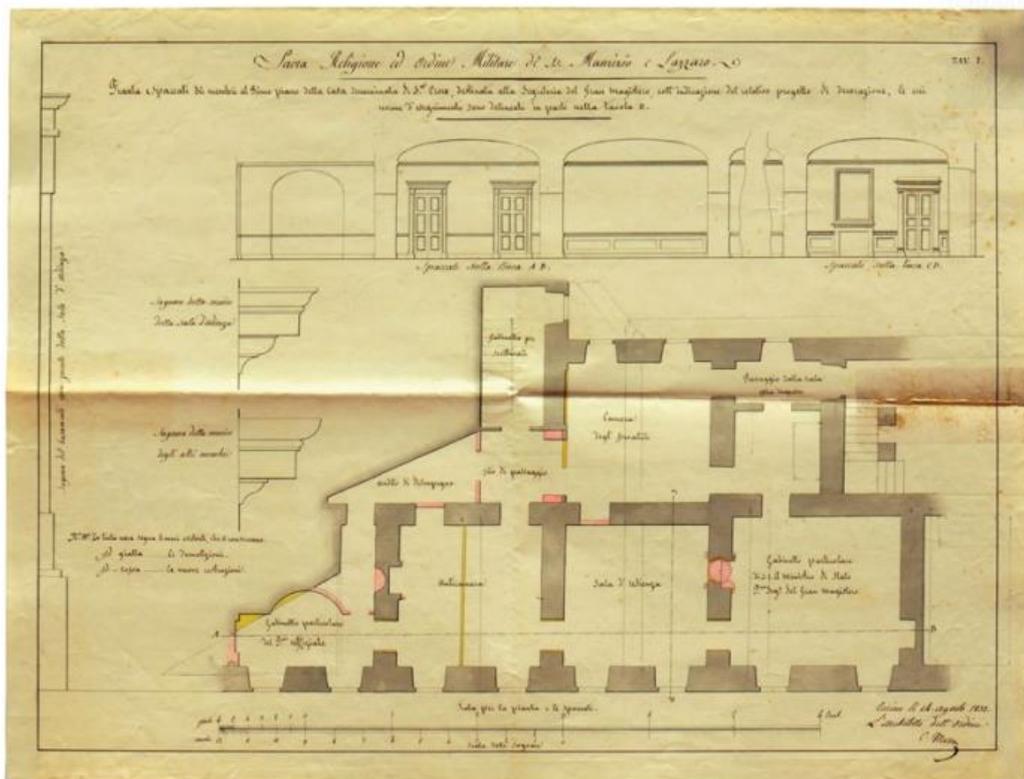


Figura 4: Pianta e spaccati dei membri al primo piano della Casa di Santa Croce, destinata alla segreteria del Gran Magistero, 14 Agosto 1832.

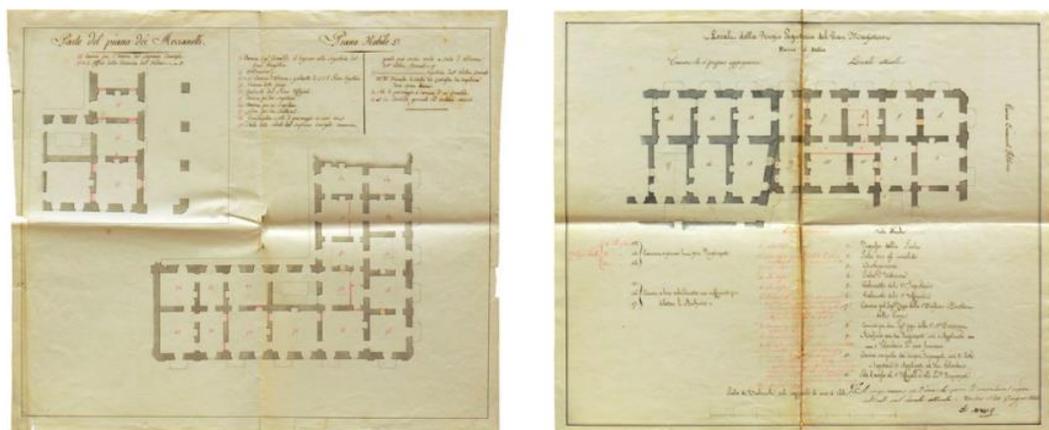


Figura 5: Ampliamento del locale della Regia Segreteria del Gran Magistero, 12 Settembre 1833.

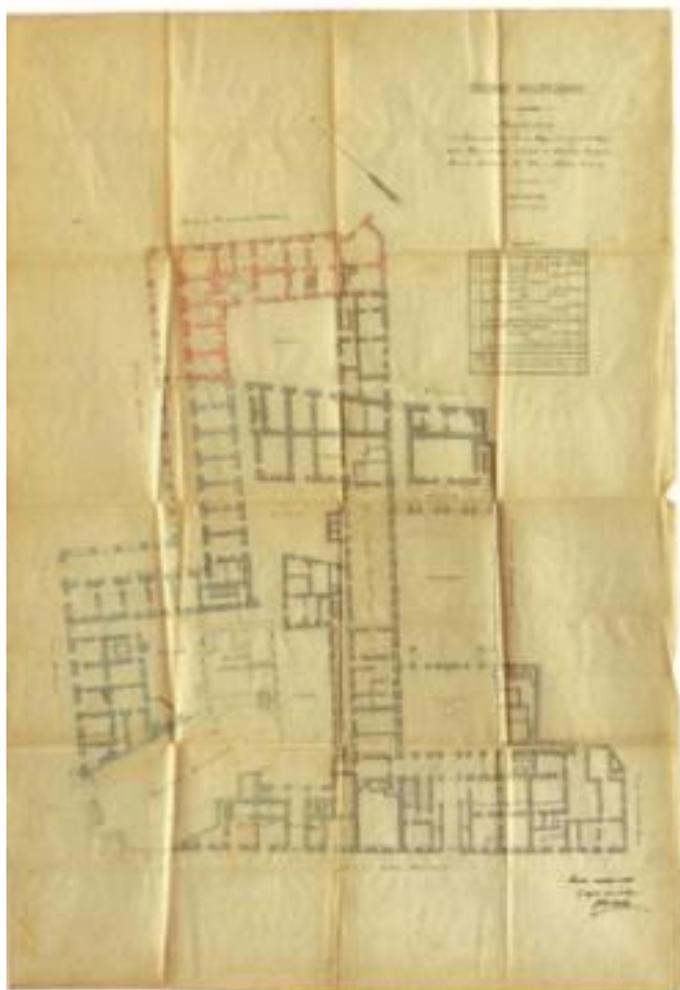


Figura 6: Planimetria dei fabbricati del Gran Magistero e dell'Ospedale Mauriziano, sito in Torino, sezione Dora isolato n°21 - Santa Croce, marzo 1885.



Figura 7: Planimetria del nuovo Ospedale Mauriziano Umberto I, Piano generale, 1881. AOM, Ospedale Torino, mazzo 56, fascicolo 3. Cromolitografia (Litografia Fratelli Pozzo, Torino).

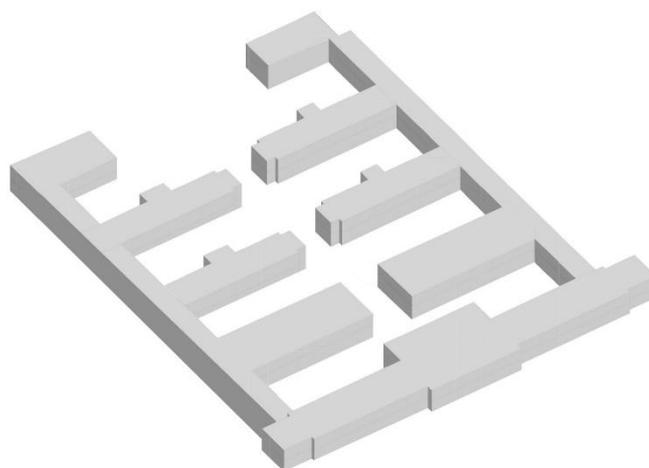


Figura 8: Modellazione preliminare di masse concettuali del nuovo Ospedale Umberto I.

2.1.2 L'Ordine Mauriziano e la progettazione del Padiglione Mimo Carle

Nell'oramai ex capitale l'assetto stradale si stava ancor più consolidando e nel 1910 viene realizzato il prolungamento di corso Re Umberto.

Il professore Antonio Carle, titolare di due cliniche chirurgiche e benefattore dell'ospedale Mauriziano, propone la costruzione di un nuovo padiglione che si affacci sul corso appena realizzato.

Nello stesso anno offre 200.000 lire all'ospedale per tale realizzazione chiedendo di intitolare il padiglione al figlio prematuramente scomparso "Mimo Carle".

La proposta viene accettata dal sovrano ma Carle la rettifica offrendo anziché 200.000 lire, il padiglione completamente costruito ed arredato a sue spese.

Il padiglione venne progettato nel 1911 da Giovanni Tempioni, già esperto nella realizzazione di interventi ospedalieri che rispondessero ad esigenze e requisiti

Igienico-sanitarie dell'epoca.

Il padiglione è interamente dedicato alle malattie dell'apparato digerente ed è dotato di 40 letti; il piano seminterrato ospita cucina, biblioteca e ambulatori mentre il piano rialzato ed il primo piano ospitano le degenze gratuite e a pagamento; il sottotetto, infine, è riservato agli inservienti. Un grande passo avanti è stato fatto con l'inserimento di due ascensori, uno elettrico e l'altro idraulico e di due montacarichi.

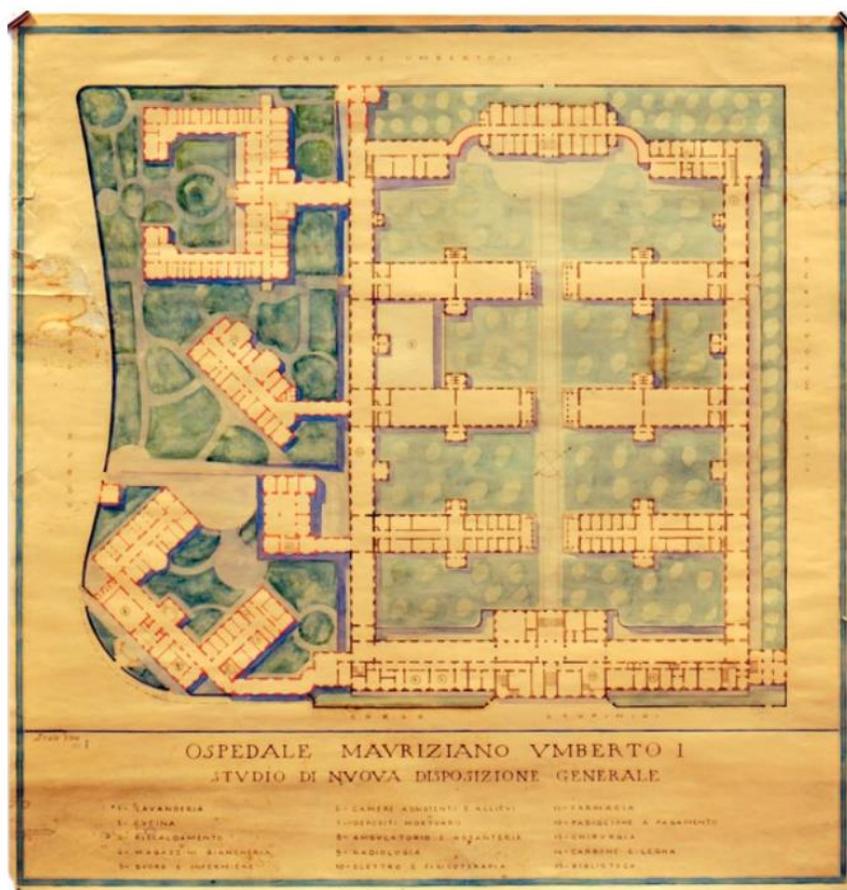


Figura 9: Studio di una nuova disposizione generale, 1928-1930.

2.1.3 L'ampliamento del 1926-1930 su progetto di Giovanni Chevalley

Nel 1926, il nosocomio acquista una grande porzione di terreno di oltre 14.000 mq da destinare alla struttura. Il progetto è realizzato da Giovanni Chevalley e prevede un nuovo blocco di padiglioni su corso Re Umberto, destinato agli ammalati a pagamento, quasi fosse una corte chiusa con un atrio centrale aperto in cui è inserito uno spazio verde (attuale padiglione 9).

In seguito sono stati previsti ulteriori ampliamenti che hanno cambiato l'assetto del nuovo Mauriziano.

Sono stati inseriti i seguenti ed attuali padiglioni:

PAD 8; PAD 10;

PAD 13; PAD 15;

PAD 17.

Sono stati, inoltre, ampliati i seguenti ed attuali padiglioni:

PAD 1; PAD 2;

PAD 4; PAD 5;

PAD 8; PAD 12.

Il padiglione 11, è, inoltre, stato affiancato dalla nuova costruzione della Cappella ospedaliera.

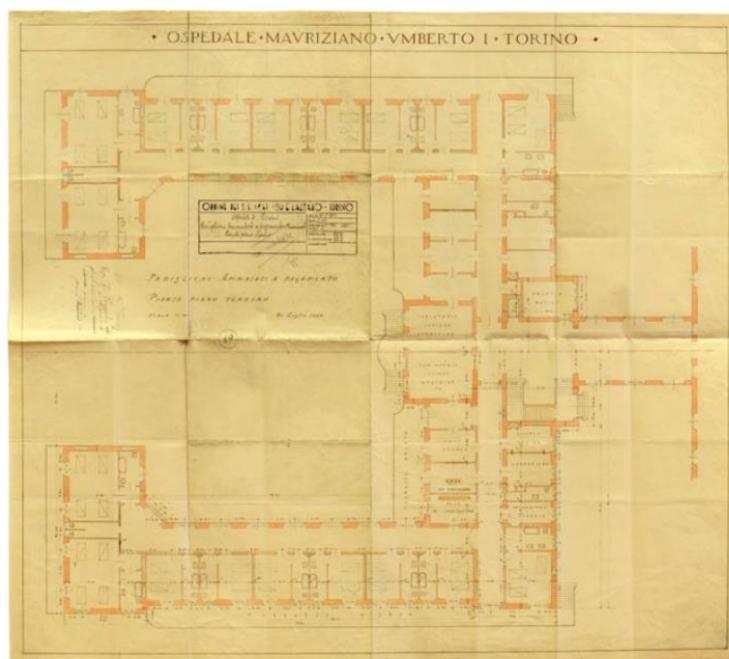


Figura 10: Padiglioni ammalati a pagamento. Pianta Piano Terra, Mappe e Cabrei, Ospedale di Torino, cartella. Ampliamento dell'Ospedale Umberto I.

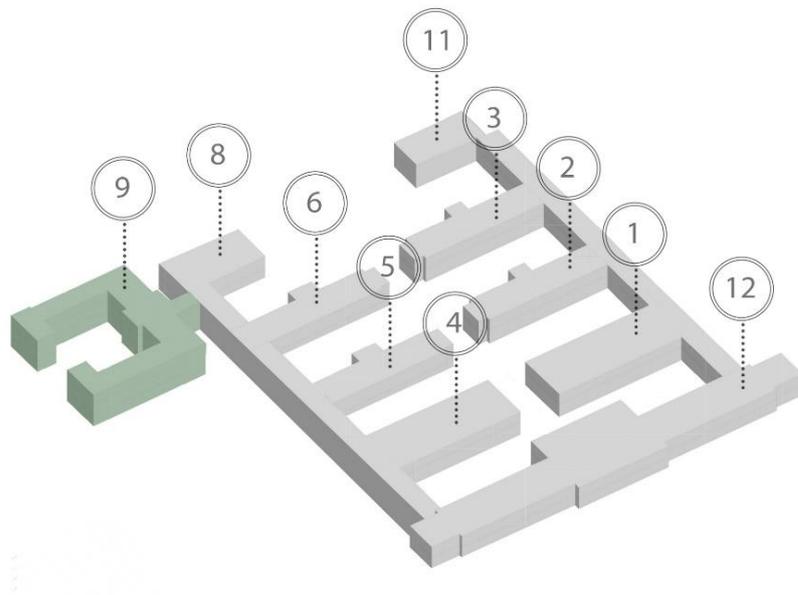


Figura 11: Modellazione preliminare di masse concettuali con denominazione dei padiglioni. Aggregazione del padiglione 9 al complesso originale.

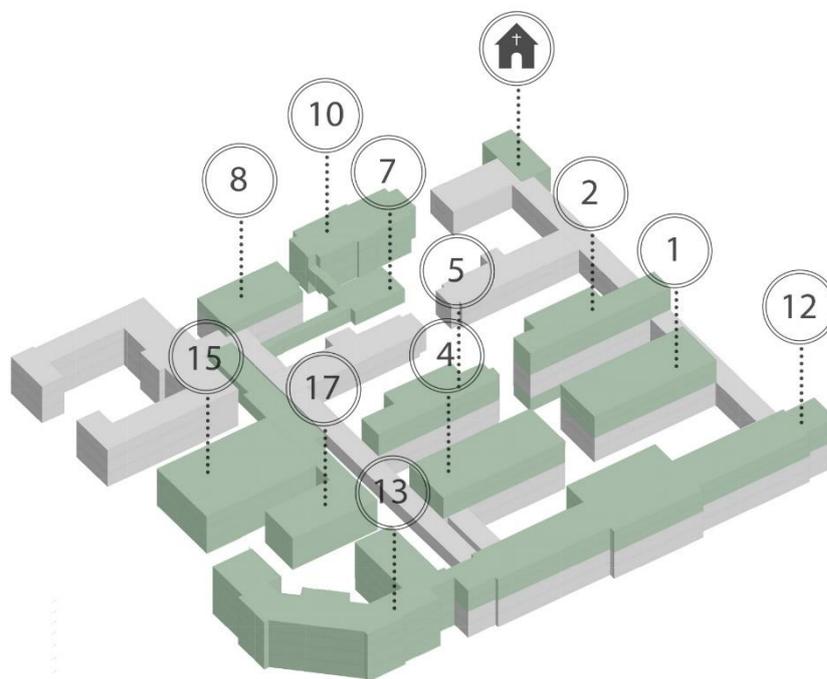


Figura 12: Modellazione preliminare di masse concettuali con denominazione dei padiglioni. Aggregazione dei successivi padiglioni.

2.1.4 Gli anni della Grande Guerra

Durante gli anni della seconda guerra mondiale il complesso subisce gravi danni dettati dai vari bombardamenti. Subì 9 attacchi della RAF tra il 1942 ed il 1943; l'ultimo bombardamento fu effettuato da aerei dell'USAAF.

Al termine del conflitto si contano più di 50 attacchi e 39 bombardamenti che furono fatali per la vita dell'ospedale.

Attacchi della RAF:

Bombardamento: 18 Novembre 1942;

Bombardamento: 20 Novembre 1942;

Bombardamento: 28 Novembre 1942;

Bombardamento: 08 Dicembre 1942;

Bombardamento: 09 Dicembre 1942;

Bombardamento: 13 Luglio 1943;

Bombardamento: 08 Agosto 1943;

Bombardamento: 13 Agosto 1943;

Bombardamento: 17 Agosto 1943;

Attacco dell'USAAF:

Bombardamento: 01 Dicembre 1943;

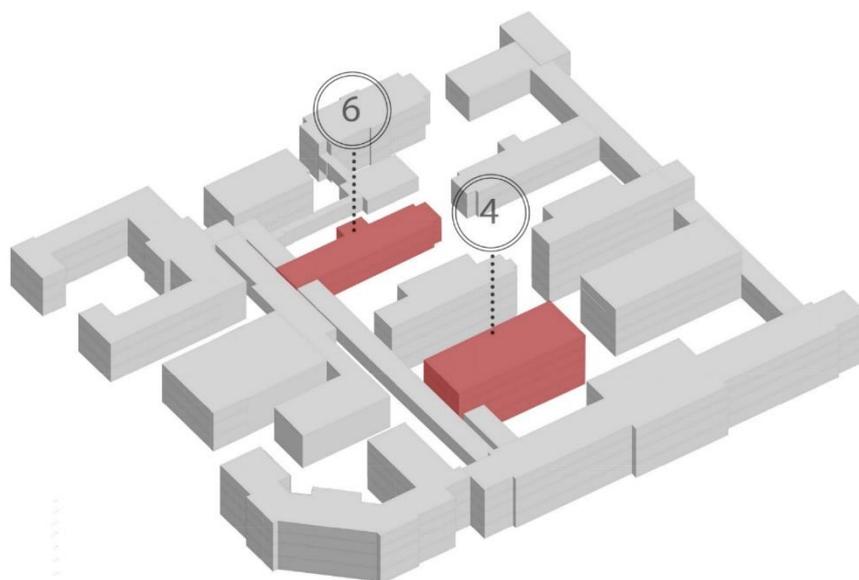


Figura 13: Modellazione preliminare di masse concettuali con evidenziazione dei padiglioni distrutti dai bombardamenti.



Figura 14: L'abbattimento totale del padiglione 6° seguito dell'incursione aerea, 1942-1943. AOM, Fondo fotografico, busta 55. Stampa su carta alla gelatina a sviluppo.

2.1.5 La ricostruzione dopo la Grande Guerra

Il secondo dopoguerra è caratterizzato da spese e rifacimenti per la ricostruzione del mauriziano. L'ingegner Gaspare Pestalozza, personalità di spicco per la progettazione ospedaliera, è chiamato per il rifacimento dei padiglioni 6 (1948-1949), 2 (1960-1961), 5 (1962-1967).

In questi anni, specialmente con la ricostruzione del padiglione 5, si riorganizza tutto il sistema degli spazi secondo una nuova logica ossia l'uso dei padiglioni verticali, puntando sullo sviluppo in altezza.

Seguendo l'evolvere delle norme nazionali e regionali, l'Ospedale Mauriziano viene fatto oggetto di una notevole ridefinizione progettuale, sia in termini di spazi che di dotazioni tecnologiche, impiantistiche ed infrastrutturali. Il termine "ristrutturazione generale" è davvero adatto alla portata economica e funzionale dell'iniziativa stessa.

L'Arch. Valletti, con l'Ing. Fantozzi e l'Ing. Berno, va a riplasmare i seguenti ambiti esistenti:

- i padiglioni di degenza n.1 e n. 4;
- il padiglione 8;
- prevede la costruzione del nuovo padiglione 16 dedicato a cucina, mensa e magazzini generali;
- la realizzazione di un nuovo DEA intorno al padiglione 14;
- la realizzazione di una nuova area bunker per la radioterapia.

Insieme a quanto sopra vengono inserite tutte le necessarie dotazioni impiantistiche, relative al condizionamento ambientale, agli impianti

elettrici, gas medicinali e cabine di trasformazione dell'energia elettrica, unitamente ad una nuova centrale idrica e frigorifera.

L'intervento nel suo insieme comporta un costo complessivo pari a 71 miliardi di lire, di cui 40 concessi dallo Stato con la Regione Piemonte e per la restante parte pari a 31 miliardi con fondi propri dell'allora Ordine Mauriziano.

La ristrutturazione generale sin qui descritta ha comportato di fatto una cantierizzazione complessiva per una durata di circa 6 anni.

Se da un lato la ristrutturazione generale consente per la parte funzionale, clinica ed impiantistica di fare un epocale salto di qualità al complesso ospedaliero Umberto I di Torino, dall'altra porterà una serie di alterazioni morfologiche e tipologiche tali da cambiare per sempre la sua storica impostazione originaria per padiglioni.

Dopo la ristrutturazione generale degli anni 90 che richiede comunque una serie di adattamenti funzionali e procedurali notevoli, l'allora Ingegnere Capo dell'Ordine Mauriziano

Dott. Franco Rabino porta a compimento la realizzazione di tutto il nuovo padiglione della Cardiochirurgia.

Tale importante iniziativa, resa possibile grazie ad un finanziamento specifico della Regione Piemonte e dello Stato è caratterizzata dalla funzionalità di:

- n. 2 sale operatorie per la cardiochirurgia e chirurgia vascolare;
- n. 1 area di rianimazione cardiovascolare;
- aree logistiche di supporto medico ed infermieristico;
- nuovi collegamenti verticali di servizio e di emergenza dedicati;

- formazione di una nuova area tecnologica al piano superiore che avrebbe riunito tutte le dotazioni impiantistiche dedicate all'area chirurgica stessa.

Veniva così a concludersi il nuovo Padiglione 15 articolato per una parte sui volumi preesistenti con l'aggiunta di una importante sopraelevazione strutturale, compattando così il blocco operatorio dell'ospedale Umberto I, dove al piano terreno sono presenti n. 8 sale operatorie generali, ed al 1° piano appunto l'area della Cardiochirurgia appena descritta.

Tra gli interventi più rappresentativi del periodo in evidenza, viene inoltre realizzata una nuova Area di Emodinamica costituita da n. 3 sale interventistiche e spazi di supporto medico infermieristico.

I padiglioni 2, 5 e 6 vengono dotati di scale esterne di emergenza antincendio.

Viene altresì realizzata una nuova cabina elettrica tra il padiglione 12 e il padiglione 1 per dare funzionalità all'anello in MT/BT (bassa tensione) di alimentazione elettrica del complesso ospedaliero.

Il sistema di gestione delle acque reflue viene di fatto completamente ricostruito sulla base delle nuove esigenze funzionali.

Al Padiglione 13 seminterrato viene completamente ristrutturata tutta l'area diagnostica della Medicina Nucleare con un intervento complessivo su 300 mq di superficie utile. Anche il Laboratorio RIA viene ristrutturato ed adeguato ai nuovi requisiti funzionali necessari.

Al Padiglione 6° viene collocata la dialisi ospedaliera, secondo spazi nuovi e con percorsi idonei alla logistica di supporto ed alle dotazioni impiantistiche; l'attività della dialisi preesistente era collocata in una

sede esterna al complesso ospedaliero, in spazi superati rispetto alle nuove esigenze cliniche.

Al Padiglione 6C viene realizzata una nuova saletta chirurgica per interventi specialistici (chirurgia plastica e della mano) unitamente agli spazi e percorsi ad essa dedicati.



Figura 15: Ospedale Mauriziano di Torino. Reparto di chirurgia, 4 giugno 1969. AOM, Mappe e Cabrei, cartella Ampliamento dell'Ospedale Umberto I in Torino. Stampa eliografica applicata su cartoncino.

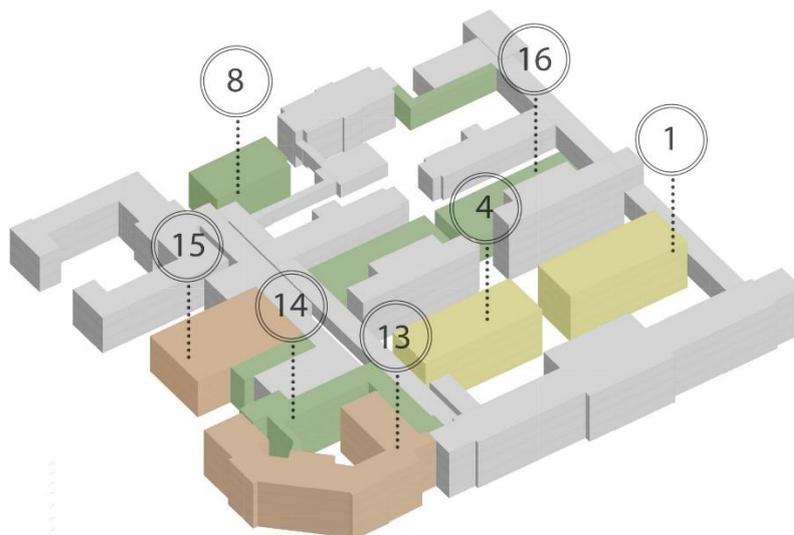


Figura 16: Modellazione preliminare di masse concettuali con denominazione dei padiglioni. Ricostruzione post bellica.

2.1.6 Le ristrutturazioni dell'ultimo decennio

Durante i recenti anni il percorso giuridico amministrativo dell'ospedale mauriziano cambia; per quel che riguarda l'ospedale stesso e l'azienda ospedaliera ordine mauriziano che porta avanti la gestione del complesso mentre la Fondazione Ordine Mauriziano si occupa delle gestioni esterne. L'intero complesso viene migliorato attraverso una serie di interventi finanziati dalla Regione Piemonte.

Tali interventi prevedono:

- una nuova terapia intensiva neonatale;
- nuove sale parto e travaglio;
- gli ambulatori intramoenia;
- la degenza di cardiocirurgia ed il collegamento al blocco operatorio cardio;
- il padiglione 3 day hospital e l'aria di preparazione farmaci;
- la nuova odontostomatologia;
- il nuovo CUP sul corridoio Rosselli;
- l'area diagnostica della senologia al padiglione 14;
- la riabilitazione neuro fisiatrice;
- le nuove degenze al padiglione 2;
- il dipartimento materno infantile;
- il nuovo reparto di ematologia e terapie cellulari;
- l'evoluzione tipologica della radiologia centrale;
- il condizionamento dei padiglioni 1 e 4.

In seguito, dal 2005 sono state finanziate ulteriori modernizzazioni da parte della compagnia di San Paolo tra cui il nuovo pronto soccorso –

DEA articolato su una superficie pari a 2200 mq, l'UTIC al piano superiore con una superficie di 900 m quadri e dal 2011 vengono realizzate le unità Pronto soccorso e UTIC; solo dopo il 2011 vengono realizzati i volumi per rianimazione centrale sopra al pronto soccorso, una nuova unità diagnostica di endoscopia al piano seminterrato con scale di collegamento dedicate all'attività medico-infermieristica e ai pazienti.

Con questo sistematico aggiornamento funzionale "per ambiti" dell'Ospedale Umberto I, viene garantita la corretta ed oltremodo indispensabile modernizzazione del complesso attraverso le sue parti più importanti per il rapporto con l'utenza, con lo stesso personale assegnato e per la qualità dei servizi offerti.

2.1.7 Gli ampliamenti recenti

Grazie ad una serie di concreti finanziamenti all'Azienda Ospedaliera da parte dello Stato (art. 20 L. 67/88) e della Regione Piemonte, vengono ad essere realizzati nuovi volumi sul versante sud del complesso ospedaliero.

In primis il nuovo Pronto Soccorso – Dea, articolato su di una superficie pari a 2.200,00 mq.

Lo stesso, per le sue articolazioni funzionali e spazi assegnati, viene ad essere costruito come un sistema ospedale completo all'interno dell'Umberto I.

Trovano infatti funzionalità i seguenti ambiti:

- Area attesa triage
- Amb. Codici rossi
- Amb. Codici giallo – verdi
- Amb. Degenza temporanea
- Diagnostica TAC – RX
- Sala operatoria

Unitamente al nuovo Pronto Soccorso viene edificata l'Utic al Piano superiore, con una superficie impegnata pari a 900 mq.

Le n. 2 unità (Pronto Soccorso e Utic) prendono avvio dal 2011.

Appena a seguire vengono realizzati i volumi per la Rianimazione Centrale, sopra al Pronto Soccorso.

Al piano seminterrato viene realizzata una nuova unità diagnostica di Endoscopia con n. 5 sale dedicate unitamente ai locali di supporto all'attività medico – infermieristica ed ai pazienti.

Con queste n. 4 nuove realizzazioni volumetriche si verrà quindi a completare la parte sud del complesso ospedaliero, con una connotazione funzionale per buona parte dedicata all'emergenza.

Quale indispensabile sintesi di quanto realizzato, detti volumi vengono a costituire l'ossatura di un sistema di percorsi clinico – assistenziale di immediata fruibilità.

Nel dettaglio, intorno al nuovo Pronto Soccorso sono quindi stati attivati gli ambiti specialistici, strettamente correlati all'emergenza.

In questa originale e privilegiata cerniera funzionale trovano posto le seguenti attività:

- Al piano seminterrato: Emodinamica, Elettrofisiologica, Endoscopia;
- Al piano terreno: Pronto Soccorso – Dea di 2° livello;
- Al 1° piano: UTIC e Rianimazione Centrale.

I 3 livelli sono necessariamente collegati tra loro con n. 5 impianti elevatori oltre alle scale di servizio

e di emergenza, sullo stesso fronte; complanari al Padiglione Emergenza vi sono gli spazi del blocco operatorio generale e della Cardiochirurgia.

L'insieme fin qui elencato costituisce quindi un'importante "valore aggiunto" all'Ospedale Umberto I, consentendo allo stesso un livello di attività sanitaria rispondente ai più elevati standard regionali vigenti in tema di accreditamento della struttura ospedaliera.

La tipologia iniziale "per padiglioni" viene in questo caso integrata con un sistema misto "a piastra" con un incremento complessivo di 4500 mq.

2.1.8 Le innovazioni cliniche

Nell'Ospedale Umberto I è sempre stata dedicata particolare attenzione alle innovazioni che la tecnologia e la scienza del nostro tempo hanno realizzato e messo a disposizione.

Trova quindi sempre più spazio quella serie di attività sanitarie articolate sulle più avanzate dotazioni strumentali che prende il nome di Ingegneria Clinica.

Sotto questa veste di ospedale ottocentesco adeguato e per certi aspetti trasformato, trovano collocazione dotazioni cliniche di prim'ordine che rappresentano ad oggi lo stato dell'arte del progresso tecnologico.

Si riportano qui di seguito in doverosa sintesi gli elementi più rappresentativi di questo capitolo:

- n.2 acceleratori lineari per la radioterapia;
- n.1 sala per l'elettrofisiologia emodinamica-stereotassi;
- n.1 sala ibrida nel blocco operatorio di cardiocirurgia;
- n.1 angiografo per la radiologia vascolare;
- n.1 angiografo per l'Emodinamica;
- n.1 tac gamma camera in medicina nucleare;
- n.1 tac 16 slides presso il nuovo pronto soccorso;
- n.1 tac 64 slides presso la radiologia centrale;
- la camera calda della medicina nucleare;
- il mammografo presso la senologia;
- la Risonanza Magnetica;
- il blocco operatorio generale aggiornato nelle sue peculiarità cliniche principali.

La costante attenzione dedicata dall'Azienda Ospedaliera alla funzionalità delle dotazioni cliniche ed al suo continuo aggiornamento ha consentito in questi anni un notevole progresso della qualità offerta all'interno nel suo complesso.

A tale proposito va un doveroso ringraziamento, tra gli altri, alla Compagnia di San Paolo che in questi anni ha garantito importanti finanziamenti all'Ospedale Umberto I, proprio per consentire il raggiungimento dei livelli di qualità attuali.



Figura 17: Le innovazioni cliniche.

2.1.9 Le attuali riqualificazioni tecnologiche

Di recente l'Ospedale Umberto I vede un costante aggiornamento delle sue dotazioni tecnologiche.

Non solo i nuovi spazi e le dotazioni cliniche vengono resi moderni e funzionali.

Nell'ottica dell'efficientamento energetico e funzionale vengono poste in essere una serie di dotazioni impiantistiche indispensabili all'attività sanitaria ed alla funzionalità del complesso ospedaliero:

- la nuova area siero del Laboratorio Analisi;
- la posta pneumatica centralizzata;
- il teleriscaldamento;
- le nuove caldaie ad acqua e a vapore ad alto rendimento;

- la centrale frigorifera con n. 3 produttori di acqua refrigerata;
- i nuovi impianti elevatori;
- la centrale di sterilizzazione;
- i gruppi elettrogeni e gli ups che garantiscono la necessaria energia elettrica in emergenza;
- il condizionamento avanzato delle aree chirurgiche.

Lo storico complesso ospedaliero, progettato nel 1880 dal Dott. Spantigati e dall'Ing. Perincioli, realizzato 130 anni or sono riesce a rappresentare oggi un piccolo capolavoro di tecnologia finalizzata all'attività sanitaria di eccellenza.

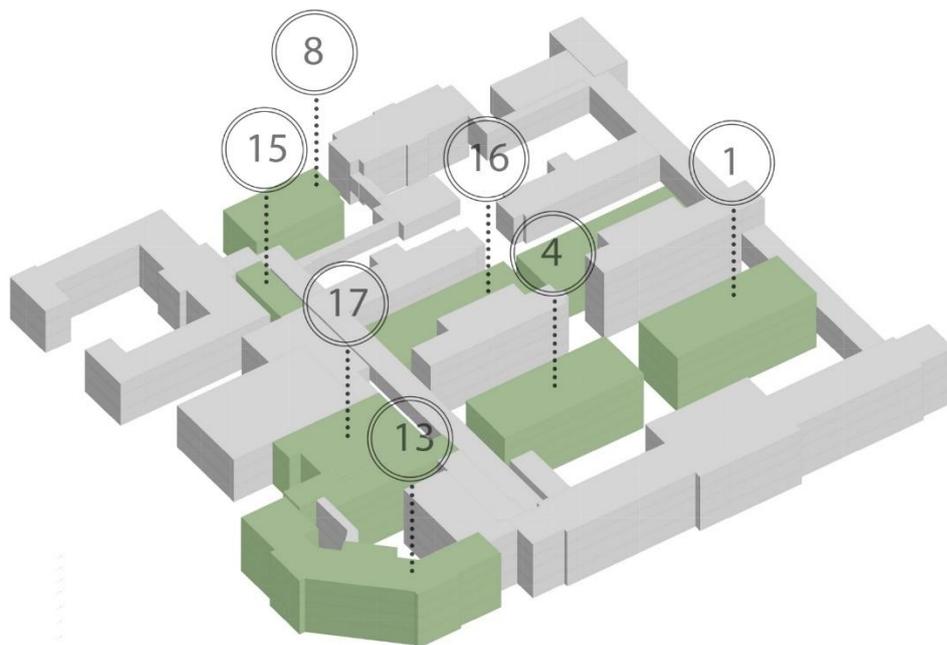


Figura 18: Gli interventi per le aree funzionali del 1990

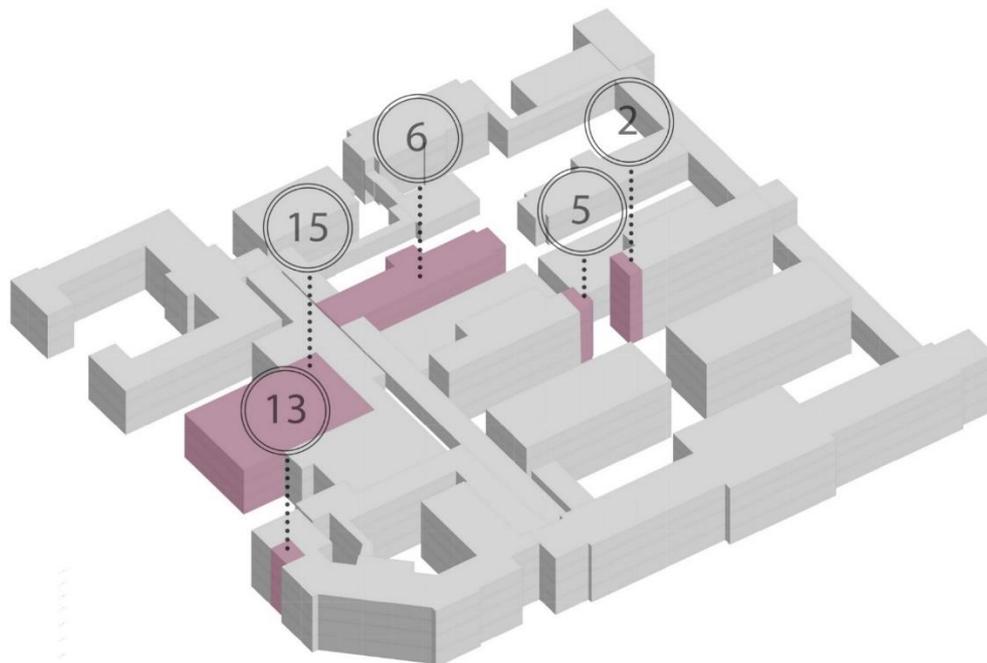


Figura 19: Gli interventi per le aree funzionali del 2000.

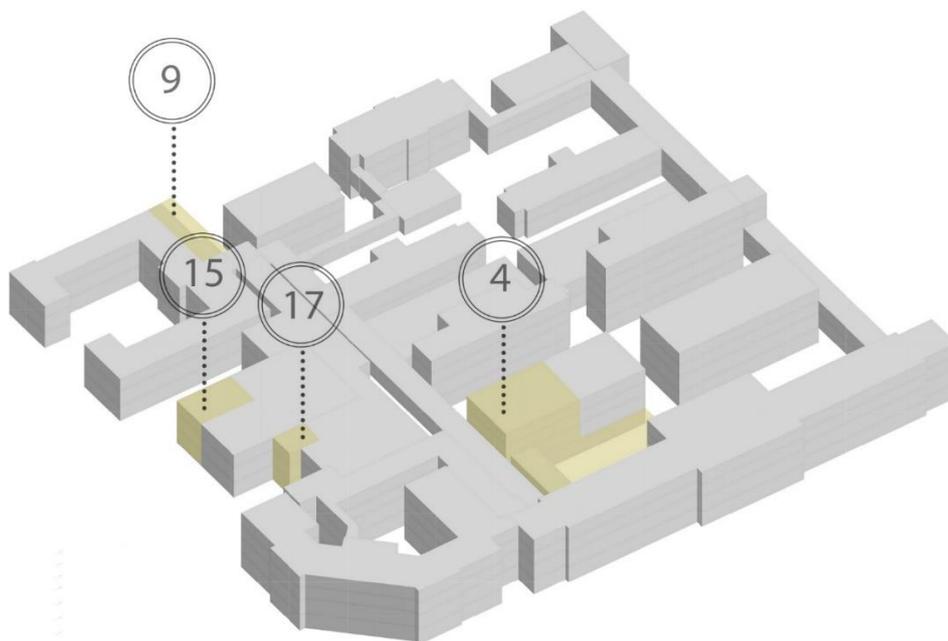


Figura 20: Gli interventi impiantistici del 2010.

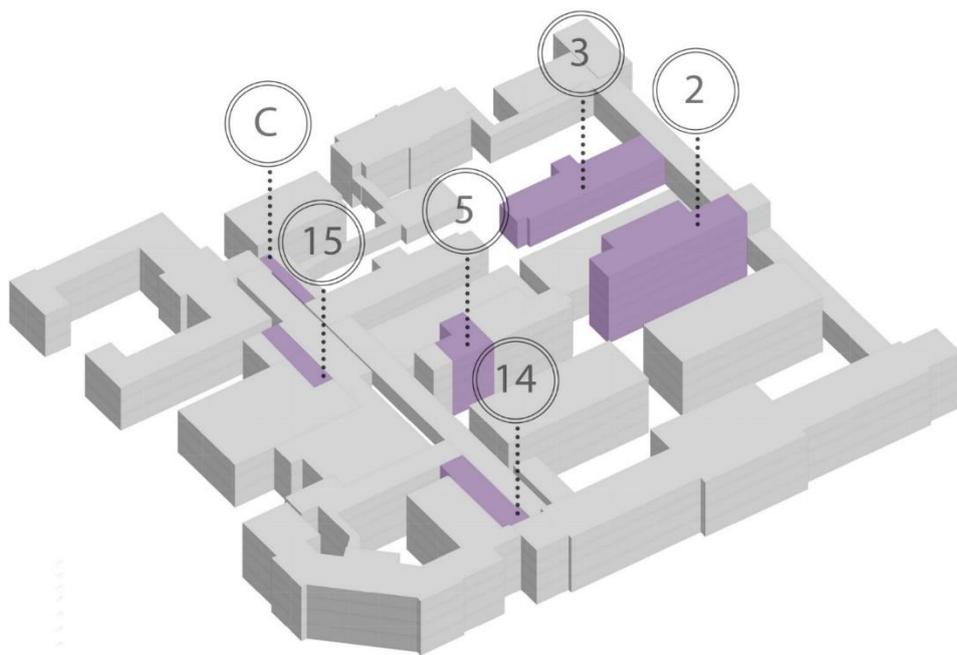


Figura 21: Adeguamento impiantistico del 2010.

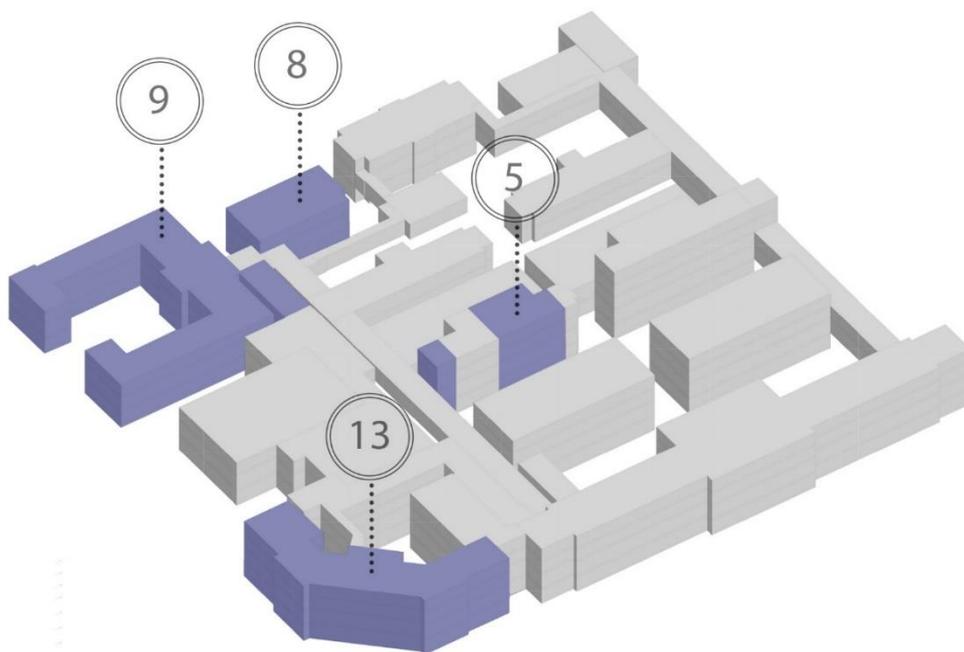


Figura 22: La riorganizzazione dei settori del 2010.

2.1.10 Gli ultimi lavori conclusi

Il continuo aggiornamento degli spazi delle tecnologie in ospedale, obbliga spesso a far coesistere l'attività sanitaria a quella dei cantieri edili.

Oggi ci sono quindi ambiti dell'Umberto I che sono oggetto di indispensabili manutenzioni straordinarie per essere adeguati alle esigenze dell'attività sanitaria.

Nel dettaglio è in corso l'adeguamento del complesso ospedaliero alla sicurezza antincendio che tocca secondo diversi aspetti tutti i singoli padiglioni dello storico presidio.

Le aree cantieristiche concluse ed oggetto di odierna attivazione sotto l'aspetto clinico sono le seguenti:

- i nuovi ambulatori del dipartimento materno infantile;
- la nuova area nascite – blocco parto con la sala cesarei;
- il blocco operatorio generale ristrutturato;
- l'ampliamento della zona osservazione del dea -pronto soccorso;
- il nuovo reparto 1° e l'area subintensiva;
- il reparto di ostetricia al pad. 5 C;
- i nuovi reparti di degenza al pad. 2.

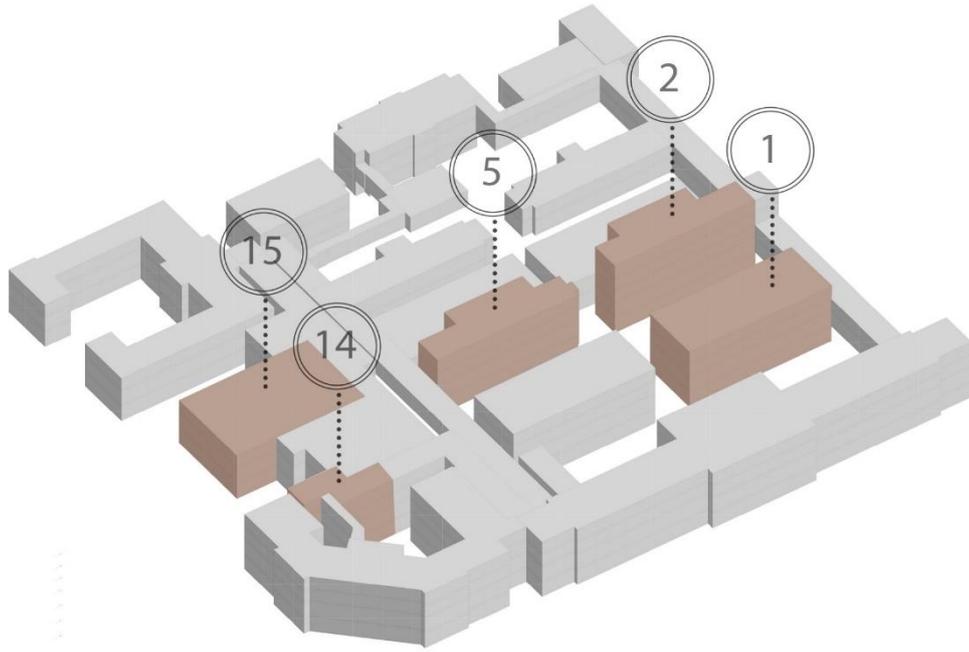


Figura 23: Gli ultimi lavori conclusi.

2.2 Obiettivi da raggiungere

L'obiettivo prefissato è quello di poter esplorare uno dei padiglioni dell'Ospedale preso in oggetto tramite l'uso della realtà virtuale sia a livello architettonico che impiantistico, con attenzione al sistema dei gas medicali del padiglione 1 che passano all'interno dei controsoffitti e le relative informazioni per poter anticipare la redazione di un futuro piano di manutenzione per il Mauriziano.

3 METODOLOGIA

Il processo di realizzazione del seguente lavoro di tesi è suddiviso in cinque parti:

1. Fase di rilievo presso l'Ospedale Mauriziano;
2. Fase di aggiornamento dei file CAD 2D relativi ai vari padiglioni del complesso ospedaliero;
3. Ricerca;
4. Sviluppo di un modello 3D BIM Architettonico;
5. Sviluppo di un modello MEP.

Durante il tirocinio curricolare è stato sviluppato un rilievo planimetrico d'interni ed esterni dell'intero complesso ospedaliero avvalendosi di strumentazioni quali:

- Rotella metrica
- Distanziometro laser D2 Leica



Una delle grandi problematiche che ho riscontrato durante la fase di rilievo è stata quella della mancata organizzazione con i vari reparti. Strumenti quali distanziometro e rotella metrica non sono opportuni in fase di rilievo per grandi complessi come quello preso in oggetto. Questo mi ha portato via molto tempo nella prima fase di approccio alla tesi in quanto per poter procedere con un modello BIM avevo bisogno dei file CAD aggiornati.

I file di base su cui ho lavorato, erano datati a modifiche fatte nel 2013.

Dal 2013 ad oggi, il Mauriziano ha subito notevoli modifiche interne sia a livello architettonico che tecnologico.

Sarebbe stato ottimale poter affrontare un rilievo con un laser scanner così da poter rilevare più facilmente e in meno tempo l'ospedale nella sua interezza per poi poter riportare il rilievo, attraverso la nuvola dei punti scansionata, su revit e poter procedere con il lavoro.

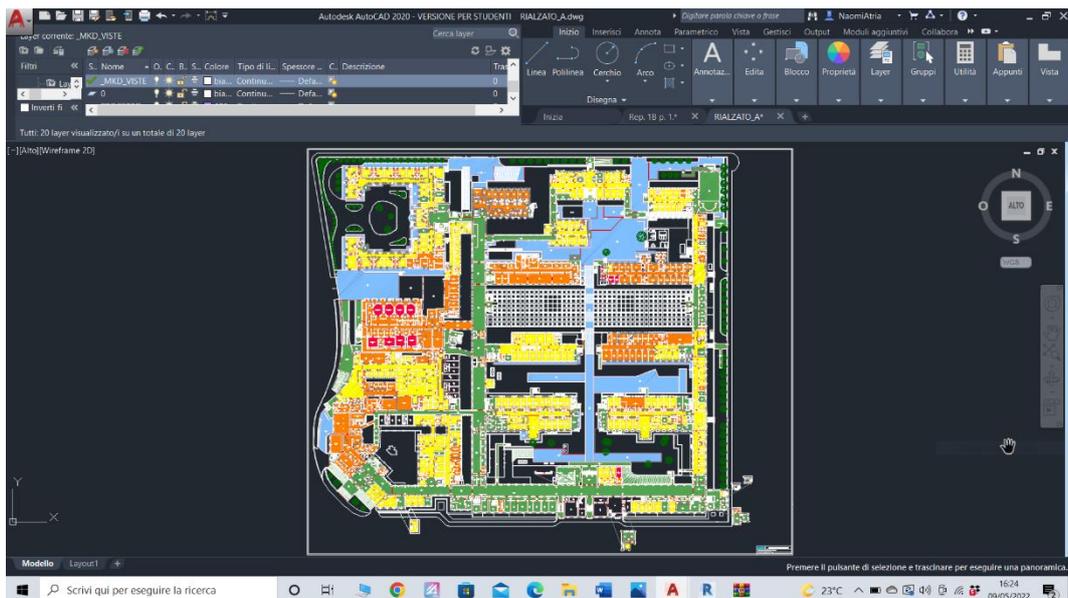


Figura 24: Planimetria generale complesso Ospedaliero Mauriziano, piano A.

Ho preso in considerazione un solo padiglione dell'Ospedale per questioni tempistiche e di mole di lavoro, soffermandomi sullo sviluppo in 3D del padiglione 1.



Figura 25: Planimetria padiglione 1 complesso Ospedaliero Mauriziano, piano S.



Figura 26: Planimetria padiglione 1 complesso Ospedaliero Mauriziano, piano A.

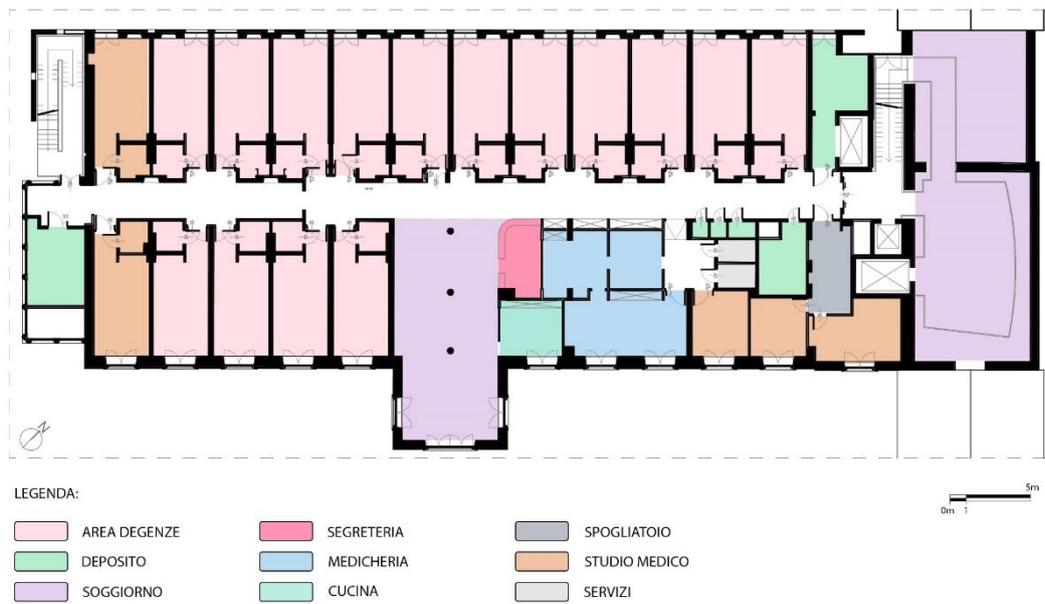


Figura 27: Planimetria padiglione 1 complesso Ospedaliero Mauriziano, piano B.



Figura 28: Planimetria padiglione 1 complesso Ospedaliero Mauriziano, piano C.

4 IL BIM

4.1 Cos'è il BIM

il termine BIM è l'acronimo di Building Information Modeling ed è stato coniato dal professor Charles M. Eastman alla fine degli anni 70.

I primi modelli architettonici digitali si diffusero negli anni 69' con la nascita del Software CAD (computer Aided design). Tali strumenti erano in grado di aiutare i disegnatori soprattutto con le tempistiche ma si limitavano a forme geometriche bidimensionali.

Solo a partire degli anni 80 del secolo, iniziò a svilupparsi il concetto di modello parametrico legato ad un progetto digitale, ossia un modello contenete le informazioni dell'elemento relative a dimensioni e forma. Solo in un secondo momento si poté associare a questa modellazione parametrica anche le inclusioni di voci quali costo, caratteristiche energetiche e termiche. Tali processi furono alla base della nascita del sistema BIM per la progettazione.

Il 2004 segnò la nascita dei primi software BIM.

Il punto di partenza è genericamente un modello ridimensiona le dell'edificio da non confondere con un qualsiasi modello tre d generato da altri software in quanto la peculiarità del bim non è solamente geometrica ma si tratta di una ricostruzione virtuale del progetto attraverso l'impiego di componenti virtuali che vengono utilizzati nella realtà quali muri, solai, pilastri, scale, tetti ecc.

La finalità del BIM non è solamente quella delle analisi, in quanto lo stesso contiene una serie di dati numerici che è possibile estrapolare e riportare in forma tabellare attraverso degli specifici abachi infatti proprio grazie a queste informazioni contenute all'interno del progetto BIM, la sua funzione non si esaurisce con la fase di progettazione e costruzione dell'edificio ma prosegue durante l'intero ciclo di vita del manufatto durante la fase di gestione (Facility Management), quella di costruzione e manutenzione.

L'introduzione del BIM rappresenta una grande rivoluzione dal punto di vista della progettazione. Lavorando con un modello BIM l'edificio viene completamente ricostruito in modo virtuale e gli elaborati che lo descrivono vengono estrapolati a partire esso.

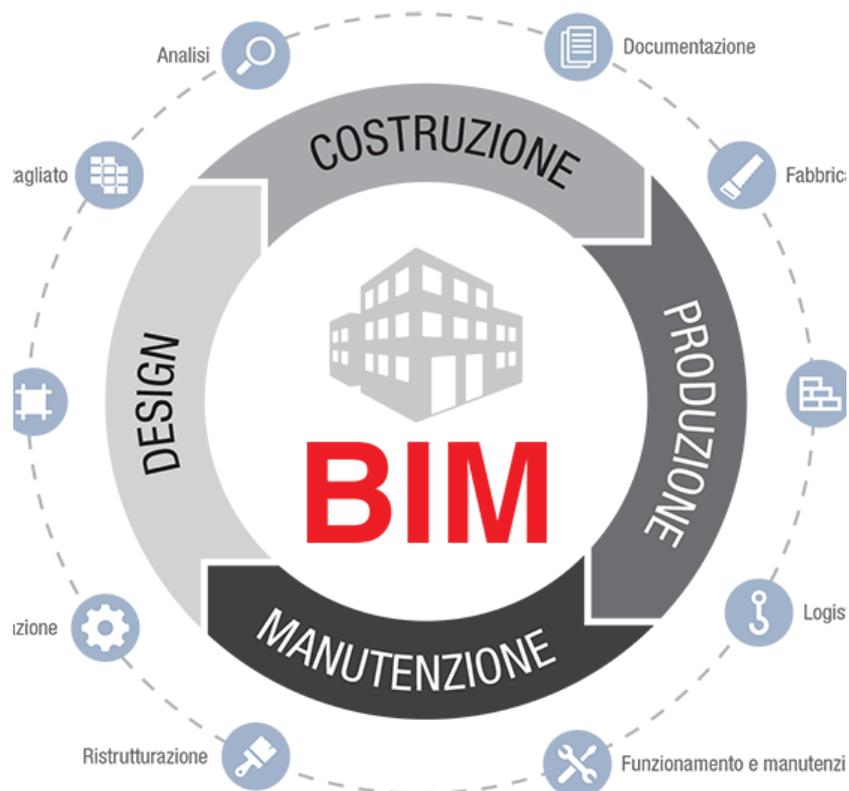


Figura 29: Cos'è il BIM.

4.1.1 I vantaggi del BIM

Sicuramente uno degli aspetti importanti e fondamentali del BIM è quello di racchiudere in uno, aspetti che prima venivano analizzati singolarmente, riducendo tempo ed errori.

Con l'uso del BIM, i progetti avranno un maggiore efficienza in tempi relativamente brevi.

Il bim permette di gestire una collaborazione semplice e diretta tra le diverse parti coinvolte nel progetto, migliora le fasi di pianificazione aiutando gli appaltatori a ridurre le quantità di materiali sprecati per un minor impatto e costo.

Lavorando su un modello BIM tridimensionale si ottengono informazioni più accurate e realistiche del progetto, permettendo, così, una lettura più immediata e semplice sia per l'appaltatore che per il cliente, il quale sarà propenso a farsi un'idea migliore della risorsa costruita.

Il bim facilita la comunicazione e la collaborazione in quanto il software basato su cloud consente ai soggetti coinvolti di collaborare contemporaneamente allo stesso progetto senza alcun bisogno di riunioni giornaliere.

L'accesso al cloud, permette, in oltre di portare l'ufficio in cantiere.

Ciò vuol dire che il progetto può essere visualizzato e/o modificato da qualsiasi soggetto sul cloud in modo istantaneo, traducendosi in un progetto di collaborazione più fluido ed efficiente.

L'utilizzo di strumenti BIM automatizza l'attività di quantificazione e applicazione dei costi, consentendo agli estimatori di concentrarsi sui fattori di valore più alto.

Utilizzando il BIM si può pianificare e visualizzare il progetto in fase di pre-costruzione attraverso le simulazioni di uso dello spazio e i visualizzatori 3D, i clienti hanno la possibilità di capire come apparirà lo spazio e apportare le dovute modifiche prima della fase di cantiere.

Una stretta collaborazione con gli appaltatori può portare a riduzioni dei premi per rischio di gara, minori costi assicurativi, minori variazioni e minori opportunità di sinistro.

I vantaggi del BIM sono notevoli, fanno risparmiare tempo e denaro e, in oltre, riducono i tempi dei cicli di progetto, infatti consente di eseguire contemporaneamente la progettazione e la documentazione necessaria.

Un ulteriore ed importante vantaggio relativo all'utilizzo del BIM è legato al fattore sicurezza in cantiere in quanto è possibile preventivare i pericoli ed evitare i rischi e pericoli fisici, pianificando e visualizzando la logistica del sito, in anticipo.

L'uso programmato e consapevole dei sistemi BIM fornisce un miglior controllo sulle decisioni tecniche relative all'esecuzione del progetto, semplifica la scelta estetica del design del progetto e le relative scelte illuminotecniche.

4.1.2 Il processo del BIM

Il building information modeling (BIM) è una metodologia che consente ai professionisti di collaborare e seguire i vari processi inerenti all'intero ciclo di vita dell'opera in oggetto, dal progetto, alla costruzione sino alla demolizione e dismissione dello stesso. Il BIM è una metodologia che considera l'edificio in ogni sua fase, dalla progettazione sino alla demolizione, e componente che sia architettonica, strutturale, impiantistica.

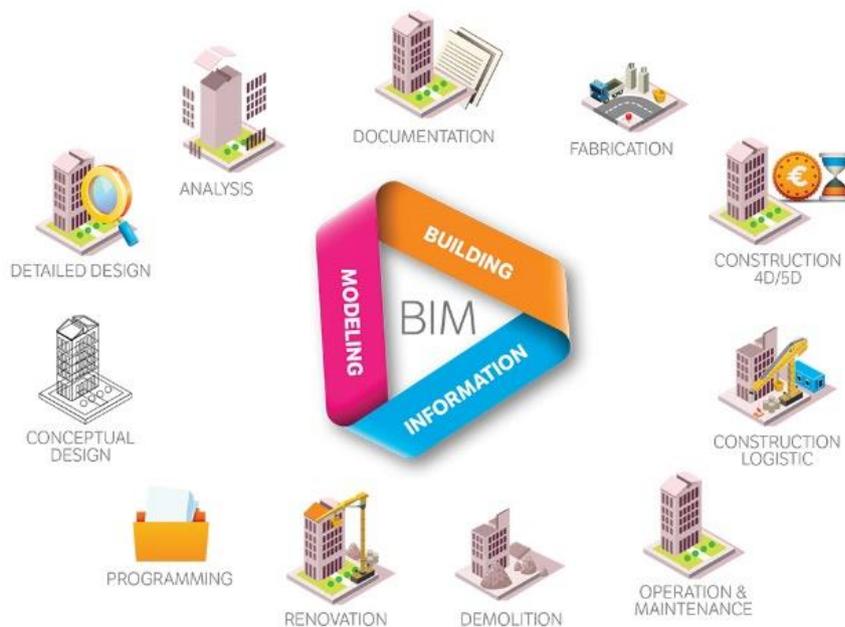


Figura 30: Il processo del BIM.

4.1.3 Le figure chiave del BIM nella UNI 11337 - 7

La metodologia BIM è basata sulla cooperazione di varie figure professionali che collaborano su uno stesso progetto per ottenere un prodotto finito di qualità.

Nello specifico, la normativa UNI 11337-7 individua quattro distinte professionalità come figure chiave per la gestione del processo BIM:

1. CDE MANAGER
2. BIM MANAGER
3. BIM COORDINATOR
4. BIM SPECIALIST



Figura 31: Le figure del BIM.

4.1.3.1 CDE MANAGER

Il common data environment, CDE gestisce l'ambiente di condivisione di dati (ACDat).

Il CDE è una nuova figura introdotta dalla norma UNI 11337-7 dalla natura ibrida che raggruppa competenze informatiche e progettuali.

L'esigenza di introdurre la figura del CDE nel mondo BIM è dovuta alla necessità di utilizzo delle competenze di data science nella gestione della mole di dati derivanti dall'uso del BIM.

Il CDE è definito come una figura mirata a raccogliere ed organizzare modelli, elaborati e database del processo progettuale BIM.

La definizione del CDE legata al BIM è stata introdotta per la prima volta dalla norma inglese BS 1192-1:2007 ed aggiornata nella ISO 19650-2:2018.

La UNI 11337-7 stabilisce i ruoli fondamentali della figura del CDE all'interno del BIM:

- Gestire l'ACDat per la creazione di utenze, personalizzazione delle cartelle, attivazione di plugin, etc. Ma anche risoluzione di problematiche tecniche;
- Controllare il processo interoperabile delle informazioni;
- Controllare la correttezza e tempestività del flusso informativo;
- Applicare tecniche di protezione dei dati;
- Utilizzare tecniche di data Analytics.

Quest'ultima competenza ha il compito di varcare i limiti tecnologici, creare dei cruscotti per il monitoraggio costante ed alert, o collegarli a dispositivi fisici, in ottica del digital twin.

4.1.3.2 BIM MANAGER

Questa figura si occupa di commesse di alto livello nel processo BIM interfacciandosi in maniera diretta con figure quali BIM coordinator e CDE manager.

Deve coordinare ogni figura coinvolta nel processo progettuale i quali dovranno gestire ed aggiornare i vari modelli virtuali.

Il BIM manager si occupa di:

- Coordinare e supervisionare le commesse;
- Redigere un capitolato informativo (CI), documento contrattuale secondo cui il committente definisce le esigenze ed i requisiti che dovranno essere rispettati; un'offerta di piano di gestione (oGI), in cui viene documentata l'offerta ai fini del soddisfacimento della committenza; un piano di gestione informativo (pGI), in cui deve essere approfondita l'offerta originaria di gestione.

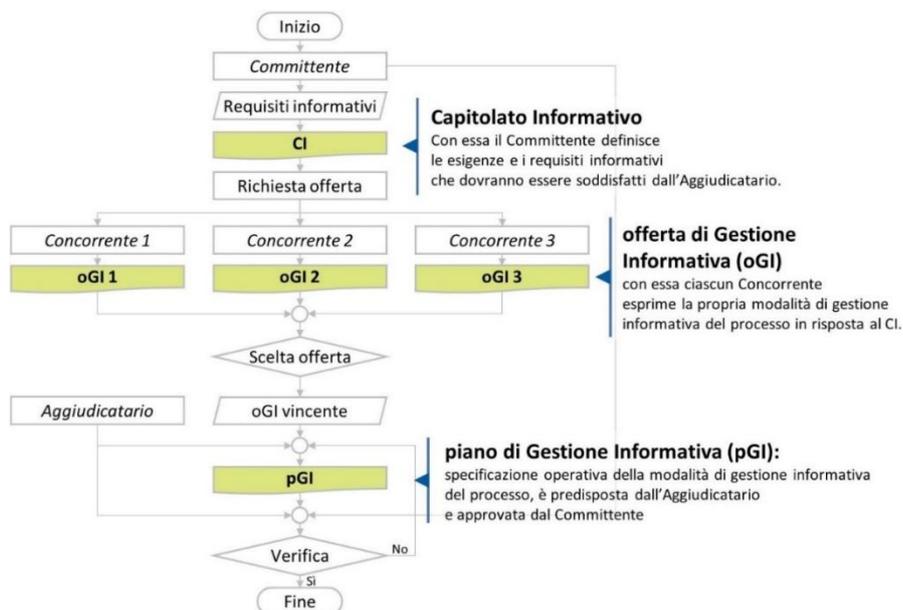


Figura 32: Gestione di un BIM Manager.

- Nomina i BIM Coordinator;
- Definisce gli aspetti contrattuali;
- Si occupa di processi organizzativi;
- Svolge attività di audit;
- Utilizza strumenti di data analytics.

4.1.3.3 BIM COORDINATOR

Il BIM Coordinator si occupa della singola commessa, ricoprendo il ruolo di coordinamento di un singolo progetto, pur essendo affiancato dal BIM Manager.

Egli si occupa nello specifico di:

- Gestire i processi digitali di organizzazione;
- Gestire interferenze e conflitti interni;
- Definire e gestire regole di contratto;
- Verificare e validare i modelli.

4.1.3.4 BIM SPECIALIST

Il BIM specialist è la figura che si occupa di redigere il modello virtuale digitale del progetto attraverso programmi BIM.

Il BIM specialist, come il BIM coordinator si occupa della singola commessa.

Le competenze di un BIM specialist esulano, quindi, dalla mera conoscenza di un software di modellazione ma richiedono un ventaglio di competenze aggiuntive che permettono di collaborare alla gestione

del progetto, interfacciandosi con gli altri stakeholders in un'ottica di massima collaborazione.

4.1.4 Il BIM per la progettazione architettonica

L'uso del BIM a livello progettuale possiede molti vantaggi non solo a livello architettonico ma informativo dell'edificio strutturale ed impiantistico. Nel caso della progettazione architettonica i vantaggi del BIM sono classificati in sei punti fondamentali:

- 1 Capacità di fornire informazioni dettagliate. Il modello rappresentato, oltre a fornire informazioni geometriche, fornisce informazioni materiche ossia inerenti alle tipologie di materiali dei componenti dell'edificio, di costi e di prestazioni energetiche.
- 2 Capacità di fornire informazione per tutte le fasi di vita dell'edificio; realizzazione manutenzione sino a demolizione e smaltimento dello stesso. Il modello digitale BIM possiede informazioni quali tempistica di cantiere sicurezza necessita di manutenzione per ogni elemento e la quantificazione di rifiuti da demolire.
- 3 Possibilità di condividere informazioni in tempo reale con tutti gli stakeholders. Come già anticipato nei capitoli successivi il BIM ha il grande vantaggio di facilitare la collaborazione tra tutte le parti coinvolte nel progetto rendendo facili modifiche in tempo reale.
- 4 Capacità di un buon utilizzo del tempo. L'uso del BIM per la progettazione architettonica risulta efficace in quanto si traduce

in Un enorme risparmio di tempo da parte di architetti. Questo è dovuto grazie all'uso in tempo reale del cloud.

5 Risparmio economico. Un buon utilizzo del tempo si tramuta immancabilmente in risparmio economico.

6 L'obbligo di utilizzo del BIM per gli appalti pubblici. Il BIM per gli appalti pubblici è stato introdotto In Italia solo nel 2014:

- Dal 1 gennaio 2019 è stato reso obbligatorio per gli appalti pubblici con valore pari o superiore a 100 milioni di euro;
- Dal 1 gennaio 2020 è stato reso obbligatorio per gli appalti pubblici con valore pari o superiore a 50 milioni di euro;
- Dal 1 gennaio 2021 è stato esteso ad appalti con valore pari o superiore a 15 milioni di euro;
- Dal 1 gennaio 2022 è stato esteso alle opere di importo a base di gara pari o superiore alla soglia di cui l'articolo 35 del codice dei contratti pubblici;
- Dal 1 gennaio 2023 la soglia sarà ridotta a un milione di euro;
- Dal 1 gennaio 2025, l'uso del BIM, sarà obbligatorio per ogni nuova opera.

4.1.5 Il BIM per la progettazione strutturale

Il modello strutturale, viene sviluppato dal modello architettonico dell'opera e confluisce insieme a quelli elaborati dai diversi specialisti nel mondo federato. Anche in ambito strutturale l'uso del BIM, ha i suoi vantaggi soprattutto nel calo dei tempi di comunicazione. Con il BIM si evita di modellare nuovamente la struttura, riducendo eventuali errori, trasferendo le informazioni usate, sui materiali e sulle caratteristiche dei vari collegamenti.

La progettazione strutturale si avvale dell'applicazione del metodo degli elementi finiti. Questa tipologia di analisi si avvale della riduzione di travi e pilastri in elementi lineari e puntuali. Per garantire la continuità tra gli elementi, devono essere definiti dei nodi di collegamento. Il BIM, aiuta la progettazione strutturale in quanto attraverso i file IFC di importazione e/o esportazione, gli elementi strutturali già inseriti nel modello architettonico, si convertono in elementi finiti.

4.1.6 Il BIM per la progettazione impiantistica - MEP

La progettazione MEP (MECHANICAL - ELETTRICAL - PLUMBING) nasce in modo simultaneo con i modelli BIM strutturali e architettonici. La sua introduzione nel mondo BIM è fondamentale in quanto crea una visione d'insieme del sistema edificio-impianto che consente di valutare la

coerenza dimensionale e spaziale degli impianti all'interno del modello architettonico/strutturale, evitando errori.

Integrare diversi ambiti della progettazione è un grande vantaggio che consente la tecnologia BIM, vantaggi che si riflettono in:

- Progetti completati nei termini e nel rispetto del budget;
- Collaborazione tra tutte le parti coinvolte;
- Edifici consegnati con una programmazione dettagliata per la manutenzione, con informazioni sui materiali e con le analisi energetiche;
- Coerenza tra i requisiti di progetto e il funzionamento reale.

L'elevato livello di dettaglio raggiungibile, consente di pensare, in fase progettuale, a tutte le migliori soluzioni da adottare per integrare al meglio architettura, struttura ed impianti.

La modellazione MEP permette quindi di avere un approccio progettuale di tipo olistico, vale a dire una progettazione che considera l'intera visione dell'edificio, dove ciascuno specialista affronta tematiche caratteristiche all'interno di un unico ambiente.

Il MEP supporta aspetti chiave della progettazione sostenibile, facilitando i processi di verifica inerenti alle analisi energetiche.

Dal modello MEP si può esportare, importare, creare collegamenti con una varietà di formati tra cui DWG, DWF, DXF, DGN, IFC, GBXML. Questo assicura lo scambio di dati compatibile con altri software per una migliore comunicazione efficace con i clienti o membri del team.

L'ambiente MEP viene suddiviso in sottocategorie:

- BIM PER LA PROGETTAZIONE MECCANICA

- BIM PER LA PROGETTAZIONE ELETTRICA
- BIM PER LA PROGETTAZIONE IDRAULICA
- BIM PER LA PROGETTAZIONE ANTINCENDIO

4.2 La normativa Europea

L'uso di modelli virtuali per la progettazione sta diventando, sempre più, lo standard. A livello europeo, nel 2011, il governo inglese ha fatto un'importante richiesta ai fini di adottare il BIM per i progetti governativi.

Nello scenario europeo, la normativa di riferimento per il BIM è la direttiva 2014/24/EU del parlamento europeo e del consiglio, direttiva sugli appalti pubblici che esprime l'indicazione di introdurre per gli stati membri dell'UE, il Building information modeling all'interno delle procedure di Procurement; infatti, all'art. 22 comma 4 della direttiva europea è espresso: "For public works contracts and design contests, member states may require the use of specific electronic tools, such as of building information electronic modelling tools or similar".

In Europa, il primo paese ad aver adottato il BIM è stata la Finlandia nel 2001, in seguito altri paesi come la Norvegia, la Danimarca, la Francia e la Spagna si sono avvicinati al mondo BIM. Nel 2011, anche l'Inghilterra ha varato un progetto dedicato.

4.3 La normativa Italiana

È in vigore il nuovo D.M. n.312 del 02/08/2021 che aggiorna il “Decreto BIM (Decreto del Ministero delle infrastrutture e dei trasporti 1°dicembre 2017, n.560 che stabilisce le modalità e i tempi di introduzione dei metodi e degli strumenti elettronici di modellazione per l’edilizia e le infrastrutture).

Il nuovo decreto nasce dalle disposizioni dei decreti PNRR (in particolare dall’art. 48 del DL n,77 del 31 maggio 2021 da poco convertito con Legge n. 108 del 29 luglio 2021).

Il BIM è un driver fondamentale all’interno della strategia di digitalizzazione delle amministrazioni pubbliche e del settore delle costruzioni, che a seguito del nuovo decreto emesso nel 2021, introduce importanti novità nella disciplina della materia.

Il nuovo ebook si articola in tre capitoli:

- 1 Dedicato alle innovazioni disciplinari inerenti ai tempi, definizioni e modalità di introduzione del BIM negli appalti pubblici;
- 2 Dedicato agli strumenti e le modalità di trasformazione digitale nell’ambito della Pubblica Amministrazione;
- 3 Dedicato alle ricadute delle novità introdotte dal nuovo decreto anche oltre agli appalti pubblici.

4.4 Il panorama BIM Europeo

Il metodo BIM è ormai ampiamente diffuso e la sua naturale evoluzione sta portando i modelli BIM in cantiere. Un passo importante che sottende una straordinaria opportunità di rinnovamento dei processi consolidati da tempo, anche in funzione della necessità di rispondere a richieste sempre più precise e circostanze in merito alla sostenibilità del processo produttivo.

A livello internazionale, il panorama è da sempre eterogeneo dati i diversi tempi di introduzione e implementazione di tale metodologia.

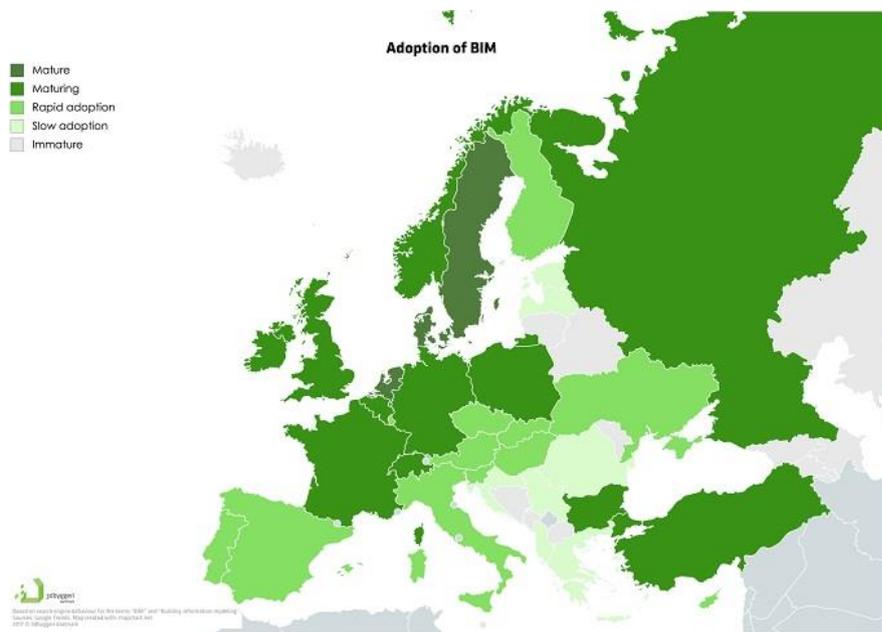


Figura 33: Adozione del BIM in Europa.

<https://www.gisinfrastutture.it/2020/02/le-mappe-delladozione-del-bim-in-europa/>

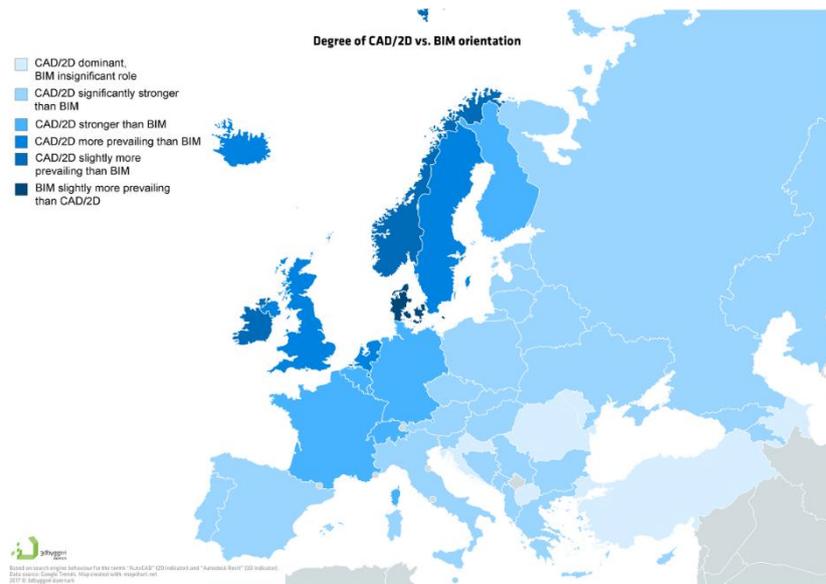


Figura 34: CAD vs BIM.

<https://www.gisinfrastrutture.it/2020/02/le-mappe-delladozione-del-bim-in-europa/>

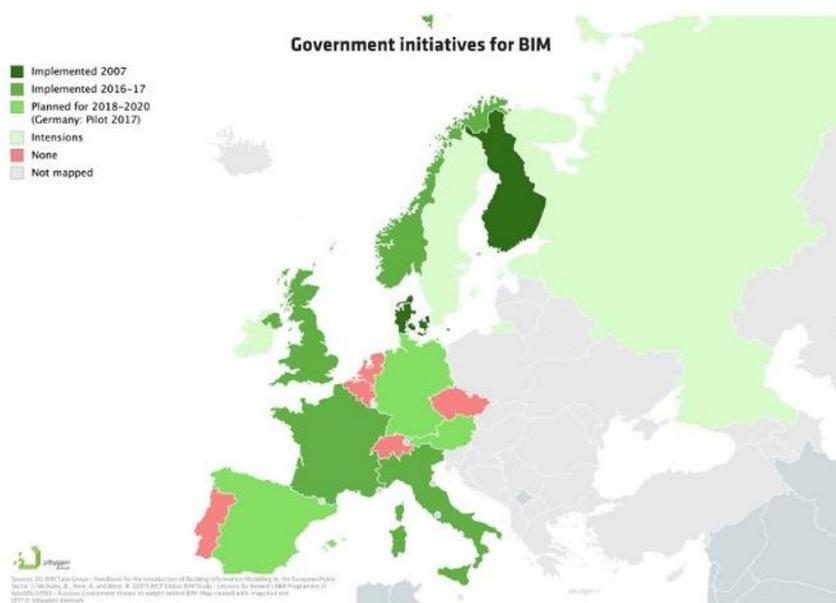


Figura 35: Implemento del BIM in Europa.

<https://www.gisinfrastrutture.it/2020/02/le-mappe-delladozione-del-bim-in-europa/>

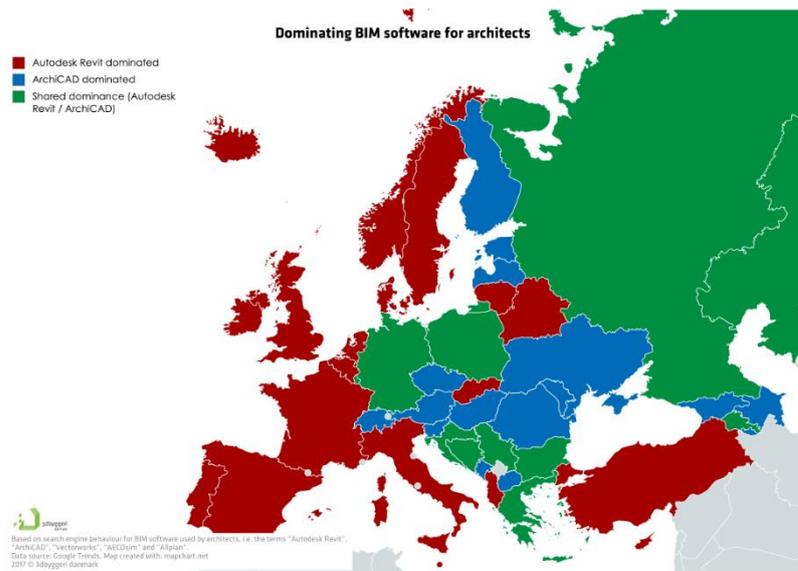


Figura 36: Sviluppo dei tre maggiori software BIM.

<https://www.gisinfrastrutture.it/2020/02/le-mappe-delladozione-del-bim-in-europa/>

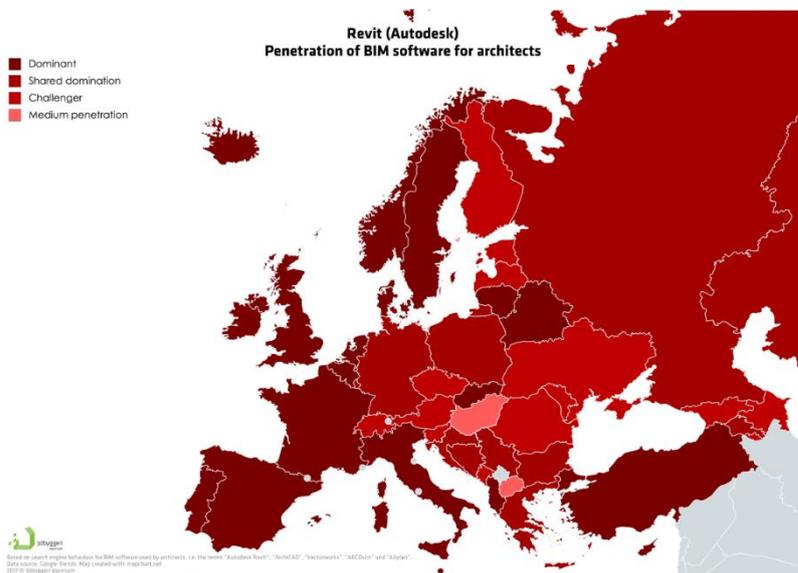


Figura 37: Adozione del BIM REVIT in Europa.

<https://www.gisinfrastrutture.it/2020/02/le-mappe-delladozione-del-bim-in-europa/>

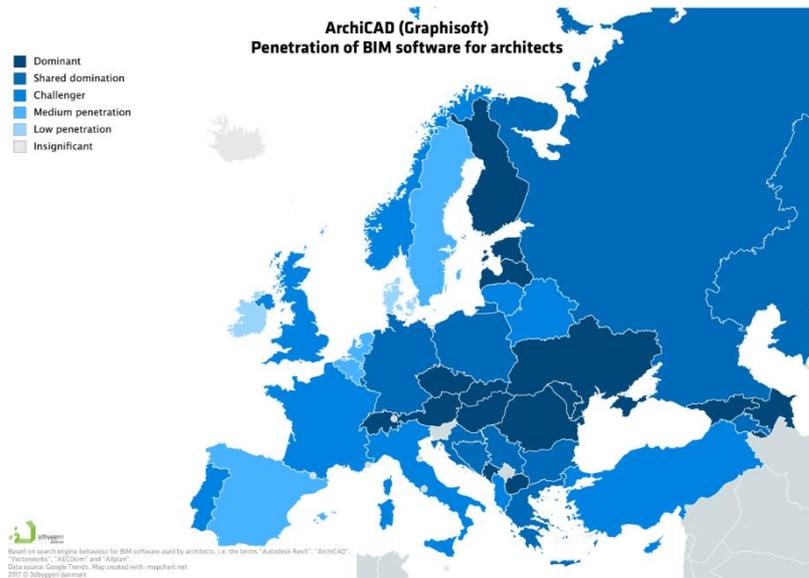


Figura 38: Adozione del BIM ARCHICAD in Europa.

<https://www.gisinfrastrutture.it/2020/02/le-mappe-delladozione-del-bim-in-europa/>

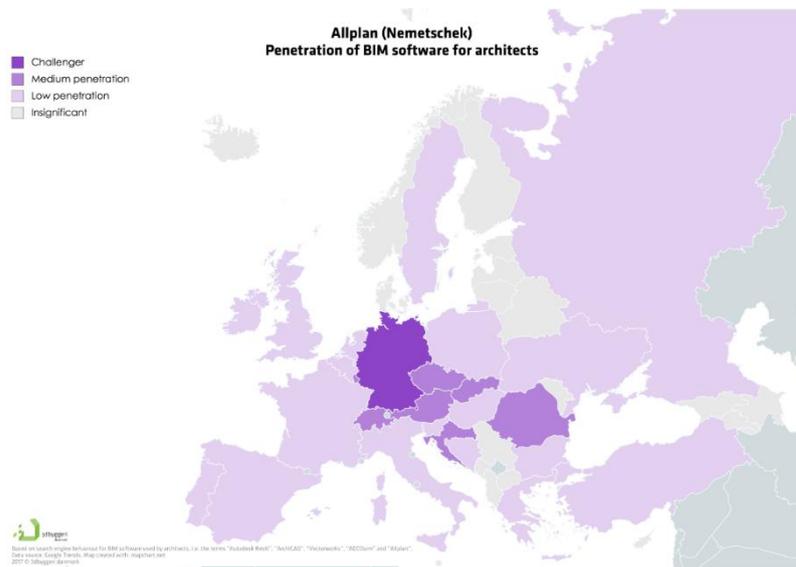


Figura 39: Adozione del BIM ALLPLAN in Europa.

<https://www.gisinfrastrutture.it/2020/02/le-mappe-delladozione-del-bim-in-europa/>

5 AUMENTO DEI LOD

5.1 Cos'è il LOD

Il LOD (level of development) è un livello di sviluppo che non deve essere confuso con il livello di dettaglio in quanto il livello di dettaglio è un termine usato negli anni 70 per i primi 3D models ed indica quanto è dettagliato un modello ad una determinata scala di rappresentazione e quanto è dettagliato lo stesso modello una volta che viene ingrandito o rimpicciolito.

LOD è un termine che si riferisce al bim ed è stato coniato nel 2013 quando un gruppo di persone importanti si è riunito per decidere che vi era il bisogno di avere un modo specifico e affidabile per determinare in quelle fasi della progettazione e sviluppo si trova un modello BIM.

Il LOD ha 6 classificazioni:

- 1 LOD 100
- 2 LOD 200
- 3 LOD 300
- 4 LOD 350
- 5 LOD 400
- 6 LOD 500

5.1.1 IL LOD 100 – CONCEPT DESIGN

L'edificio o un modello 3D è sviluppato per rappresentare informazioni su un livello base ha, quindi, l'unico fine di creare un modello concettuale con parametri quali altezza, area, posizione del volume e orientamento.

5.1.2 IL LOD 200 – SCHEMATIC DESIGN

Costruzione di un modello generale in cui gli elementi sono modellati con quantità approssimative di dimensioni, forma, posizione e orientamento a cui possono essere collegate informazioni non geometrica dell'elemento.

5.1.3 IL LOD 300 – DETAILED DESIGN

Il modello è progettato in modo dettagliato o accurato con disegni esecutivi in cui non le menti devono essere rappresentati con la quantità precisa di dimensione, posizione e orientamento delle forme; anche in questo caso possiamo allegare informazioni non geometriche dell'elemento del modello.

5.1.4 IL LOD 350 – CONSTRUCTION DOCUMENTATION

Include elementi di dettaglio del modello che rappresentano come gli elementi dello stesso si interfacciano con vari sistemi e altri elementi di costruzione.

5.1.5 IL LOD 400 – FABRICATION AND ASSEMBLY

Gli elementi del modello sono modellati come assemblaggi specifici; Assemblaggio di fabbricazioni complete e informazioni sui dettagli oltre alla quantità precisa di dimensione, forma, posizione e orientamento; possono essere integrate informazioni non geometriche agli elementi del modello.

5.1.6 IL LOD 500 – AS BUILT

Nell'ultimo livello di sviluppo gli elementi sono modellati come insieme di costruzione per la manutenzione ed il funzionamento dell'edificio oltre ad avere dimensioni effettive e accurate, posizione della forma, quantità e orientamento; le informazioni non geometriche sono allegate agli elementi

5.2 Le dimensioni del BIM secondo l'UNI 11337

Nel BIM, il concetto di dimensione ha un significato ampio in quanto, le dimensioni servono a schematizzare le potenzialità di informazione del progetto. Le dimensioni del BIM permettono non solo di gestire un intero edificio ma di rappresentarlo in tutte le sue forme, valutarne i costi ed i tempi di sviluppo e soprattutto di gestire il manufatto una volta terminato. Il BIM, infatti, non restituisce soltanto informazioni di tipo

tridimensionale dell'oggetto (3D) ma è utilizzato per stabilire i tempi di costruzione dell'opera, dunque una gestione temporale (4D), calcolare le spese di costruzione della stessa, una gestione economica (5D), determinare la sostenibilità del progetto (6D) e, infine, per il facility management (7D).

- 3D: MODELLAZIONE TRIDIMENSIONALE

Rappresentazione tridimensionale della geometria dell'idea progettuale.

L'oggetto edilizio viene realizzato attraverso elementi parametrici intelligenti che permettono di gestire in maniera efficace la modellazione, riducendo gli errori in fase di progettazione, esecuzione e manutenzione;

- 4D: GESTIONE DEL TEMPO

Questa dimensione focalizza l'attenzione sulla schedulazione cioè sulle modalità di programmazione dell'esecuzione dell'opera, andando, quindi a schedulare le varie fasi in correlazione al modello tridimensionale. Le proprietà del modello 3D potranno essere utili per definire questa fase di programmazione. La fase 4D, dunque, permette la gestione dei tempi di esecuzione in ogni fase progettuale, dal concept a quella esecutiva di cantiere;

- 5D: GESTIONE ECONOMICA

Indica la fase iniziale di definizione del budget dell'opera ma anche tutte le fasi successive. Grazie al BIM, si possono ottenere delle tabelle e abachi contenenti informazioni relative ai computi metrici che permettono una migliore gestione delle risorse economiche;

- 6D: CICLO DI VITA E MANUTENZIONE

In questa dimensione è definita la sostenibilità dell'opera attraverso analisi energetiche che forniscono suggerimenti per migliorare le prestazioni energetiche dell'edificio e di impatto ambientale dell'opera;

- 7D: SOSTENIBILITÀ

L'ultima dimensione identifica la messa in esercizio dell'opera e quindi il suo mantenimento adottando soluzioni tecniche più idonee per garantire un minor consumo energetico, garantendo la sostenibilità del progetto.



Figura 40: Le dimensioni del BIM.

5.3 Il sistema dei LOD italiano: UNI 11337-4:2017

La normativa italiana che fa riferimento ai LOD è la uni 11337-4 del 2017.

La presente normativa è sintetizzabile così come segue:

1. sono stati mantenuti gli acronimi internazionali più consolidati LOD, LOG e LOI;
2. per non perseguire con la confusione tra development/definition/detail, rispetto agli attributi geometrici si è scelta la strada dei LOG: "livello di sviluppo degli oggetti - attributi geometrici";
3. si è scelta la strada statunitense del concetto di LOD come livello di sviluppo;
4. si è definita una scala generale di LOD:
 - LOD A oggetto simbolico; le entità sono rappresentate graficamente attraverso un sistema geometrico simbolico, senza vincolo di geometria. Le caratteristiche qualitative e quantitative sono indicative;
 - LOD B oggetto generico; le entità sono rappresentate in un sistema geometrico generico. Le caratteristiche qualitative e quantitative sono approssimate;
 - LOD C oggetto definito; le entità sono rappresentate in un sistema geometrico definito. Le caratteristiche qualitative e quantitative sono definite nel rispetto delle norme tecniche di riferimento;
 - LOD D oggetto dettagliato; le entità sono rappresentate in un livello di riferimento dettagliato. Le caratteristiche qualitative e

quantitative sono specifiche di una pluralità definita di prodotti simili.

- LOD E oggetto specifico; le entità sono rappresentate graficamente come uno specifico sistema geometrico. È definito un livello di dettaglio relativo alla fabbricazione, assemblaggio, installazione, ingombri e spazi di manovra;
 - LOD F oggetto eseguito; gli oggetti esprimono la virtualizzazione sul luogo dello specifico sistema produttivo eseguito/costruito. Le caratteristiche qualitative e quantitative sono specifiche di ogni singolo sistema produttivo del prodotto posato e installato. Sono definite per ogni singolo prodotto gli interventi di gestione, manutenzione e/o riparazione e sostituzione del prodotto da eseguirsi lungo la vita utile dell'opera;
 - LOD G oggetto aggiornato; gli oggetti esprimono la virtualizzazione aggiornata dello stato di fatto. Sono definiti per ogni singolo prodotto, gli interventi di gestione, manutenzione, riparazione, sostituzione da eseguirsi lungo tutto il ciclo di vita dell'opera.
5. Si è scelto di usare una scala LOD A, B, ...G, definita secondo le prime lettere maiuscole dell'alfabeto per non creare confusione con quella statunitense, per centinaia, LOD 100, 200, ecc., o con quella britannica per numeri interi, LOD 1, 2, ecc.
6. Sono state definite le scale di LOD specifiche per:
- la nuova costruzione ed il recupero;
 - Il territorio e le infrastrutture;
 - I mezzi e le attrezzature;
 - il restauro ed i beni vincolati.

7. Per i contratti pubblici sono stati definiti dei LOD caratteristici consentano l'uso secondo la normativa appalti vigente;
8. Si è definita la possibilità di integrare gli attributi dei LOD di alcuni oggetti con nodi e viste 2D;
9. Si definiscono aspetti importanti quali gestione amministrativa e manutenzione che andranno a completare l'impianto normativo complessivo;
10. la parte 10 della normativa in ultimo affronta le nuove tematiche del BIM verso gli aspetti di gestione amministrativa, ossia l'E-permit BIM.

Il LOD, Come già anticipato è il livello di sviluppo gli oggetti digitali ed è composto da LOG, ossia il livello di sviluppo degli oggetti-attributi geometrici e dai LOI ossia il livello di sviluppo degli oggetti-attributi informativi.

Per la modellazione è stata seguita la normativa italiana UNI 11337 - 4, 2017 essendo l'edificio situato in Italia, si è ritenuto opportuno seguire la normativa vigente sul territorio nazionale.

LOD
<p>A - Oggetto simbolico</p> 
<p>B- Oggetto generico</p> 
<p>C - Oggetto definito</p> 
<p>D - Oggetto dettagliato</p> 
<p>E - Oggetto specifico</p> 
<p>F - Oggetto eseguito</p> 
<p>G - Oggetto aggiornato</p> 

5.4 Applicazione al caso pratico

Fase di sviluppo del modello architettonico

Il modello principale del processo BIM, che contiene tutte le informazioni relative al progetto è stato costruito a partire dagli elaborati 2D del caso studio

In questo caso si è scelto di modellare un solo padiglione dell'intero ospedale mauriziano, il padiglione 1 con un LOD 300. Il padiglione è composto da

PIANO A_1°: Medicina interna e unità di terapia semi intensiva internistica – degenza;

PIANO A_1°: Pneumologia e unità di terapia semi intensiva respiratoria – degenza;

PIANO B_1B: Reumatologia – degenza

PIANO B_1B: Medicina interna e unità di terapia semi intensiva internistica – degenza;

PIANO B_1B: Stroke unit – degenza;

PIANO C_1C: Gastroenterologia – degenza;

PIANO C_1C: Nefrologia e dialisi – degenza;

PIANO C_1C: Endocrinologia, Diabetologia e malattie del metabolismo – Degenza;

PIANO S_1S: Recupero e riabilitazione – DH riabilitativo.

L'inizio della modellazione è stato possibile grazie ad un inserimento di un file collegato CAD e relativa importazione dello stesso. Questo fa sì che qualora si dovessero attribuire modifiche al file CAD, queste si automatizzano senza alcun ulteriore passo sull'importazione del file CAD su REVIT.

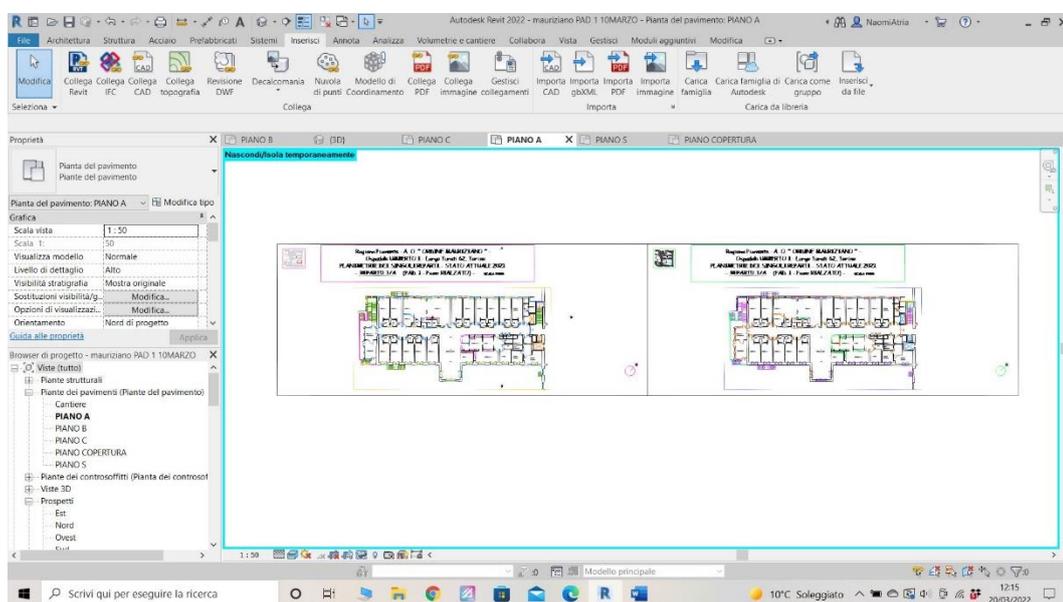


Figura 41: Importazione del file CAD su Revit.

Subito dopo sono stati creati i livelli in relazione ai vari piani e la relativa griglia per il posizionamento dei pilastri in calcestruzzo che caratterizzano la parte strutturale del nostro edificio.

I livelli di riferimento a cui sono stati associati i vari piano sono i seguenti:

LIVELLO S a quota 0,00 m;

LIVELLO A a quota 4,20 m;

LIVELLO B a quota 7,90m;

LIVELLO C a quota 11,10m.

I livelli di riferimento sono necessari per poter associare parametri come altezza dei pilastri e dei muri ma non solo, è necessario in ambito progettuale associare ogni componente che si inserisce nel modello ad un piano di riferimento, come l'inserimento di un serramento o di un arredo, di un impianto. Ogni volta che viene creato un modello, il programma genera in automatico le relative piante dei pavimenti e dei controsoffitti. Tutte le piante si aggiornano in modo automatico ogni volta che si apportano modifiche al modello.

Tutti questi elementi che vengono creati all'interno del file, fanno parte del Browser di progetto, attraverso il quale è possibile gestirli con maggiore rapidità.

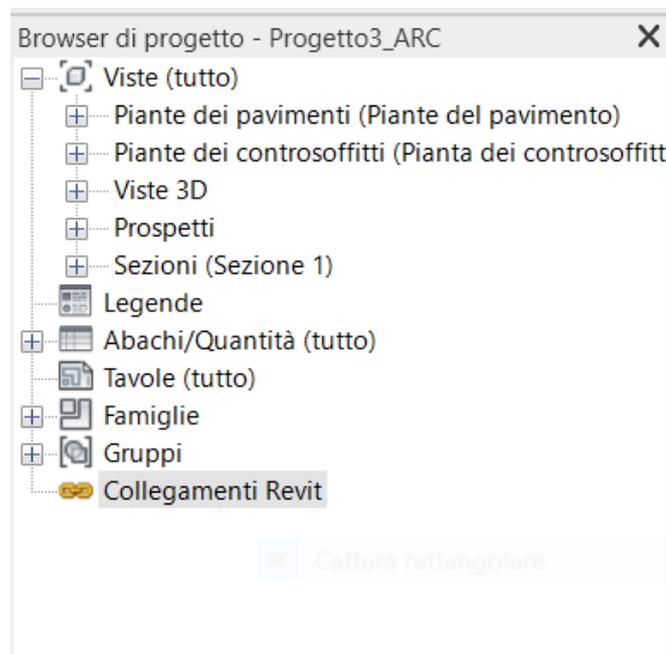


Figura 42: Il browser di progetto.

Non avendo delle stratigrafie originali del padiglione, mi sono basata sulla documentazione fotografica dei bombardamenti, analizzando visivamente le componenti stratigrafiche delle partizioni interne e della struttura.

Come primo passaggio sono stati modellati i pilastri del padiglione 1 dell’Ospedale.

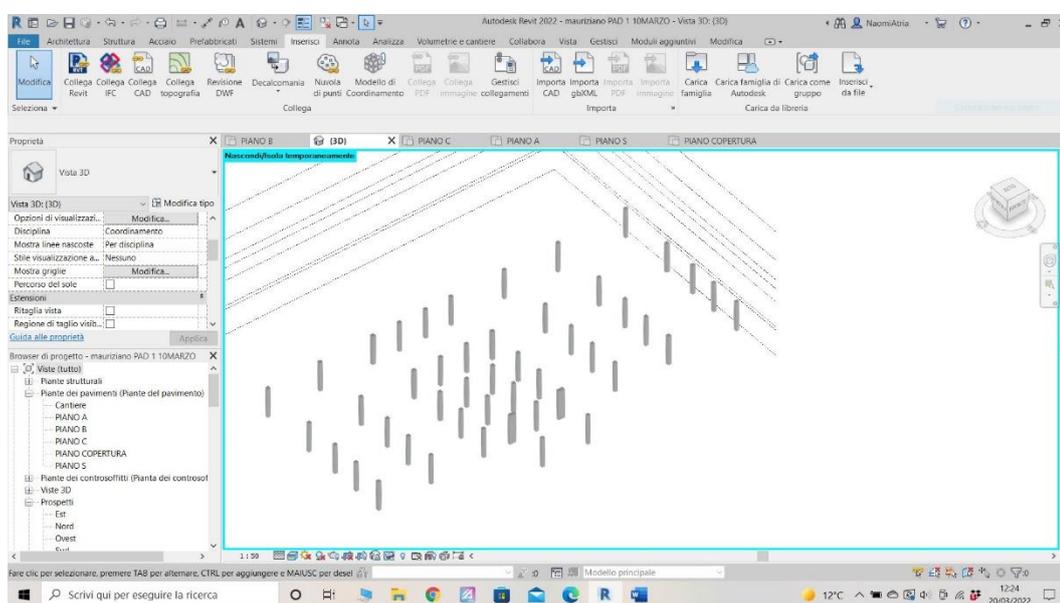


Figura 43: Modellazione dei pilastri.

Sono, poi, stati inseriti gli elementi orizzontali di fondazione, travi di base e travi di piano, anche in questo caso in calcestruzzo. Questo lavoro, è stato ampliato per ogni singolo piano dell’edificio.

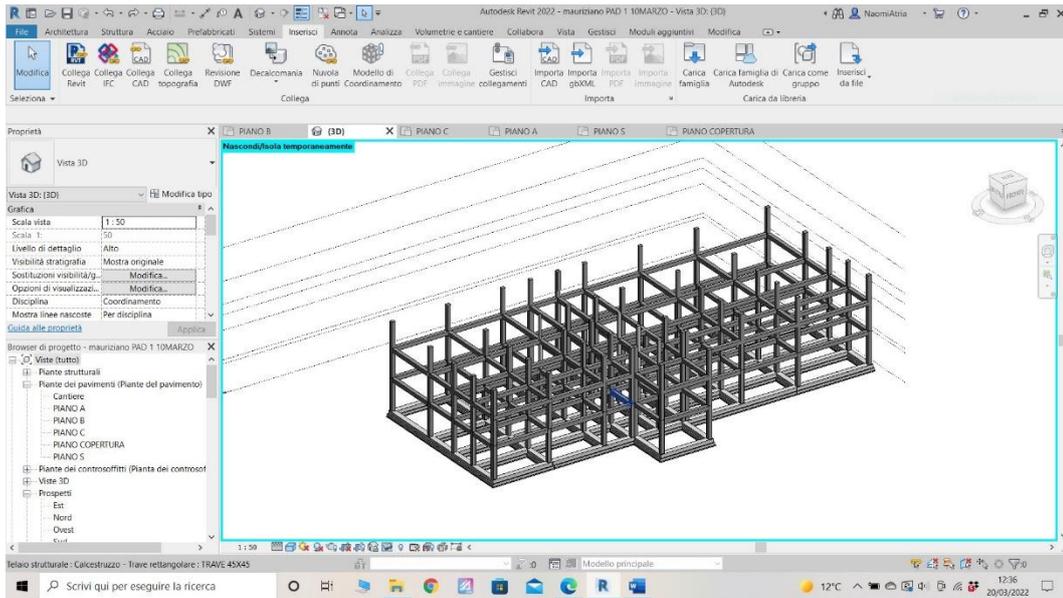


Figura 44: Modellazione degli elementi orizzontali.

La pavimentazione è stata modellata rifacendosi, come per la struttura, alla documentazione fotografica post bombardamento.

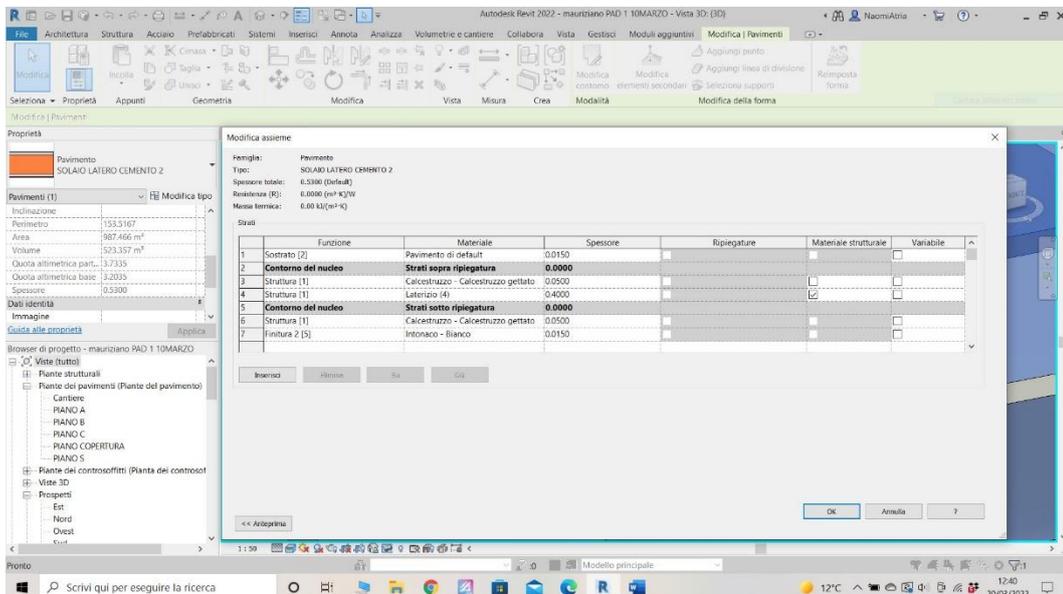


Figura 45: La stratigrafia del solaio.

Le partizioni interne, sono state ipotizzate, anche in questo caso attraverso la medesima documentazione fotografica, mentre i vari spessori sono stati da me rilevati durante il mio lavoro di tirocinante nel medesimo complesso ospedaliero.

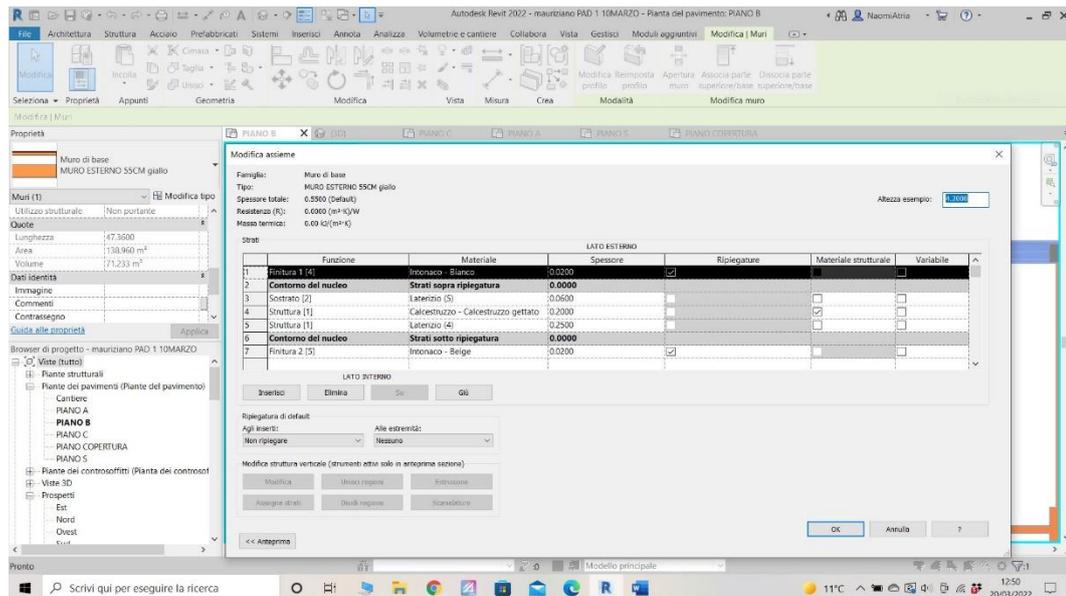


Figura 46: Le partizioni interne.

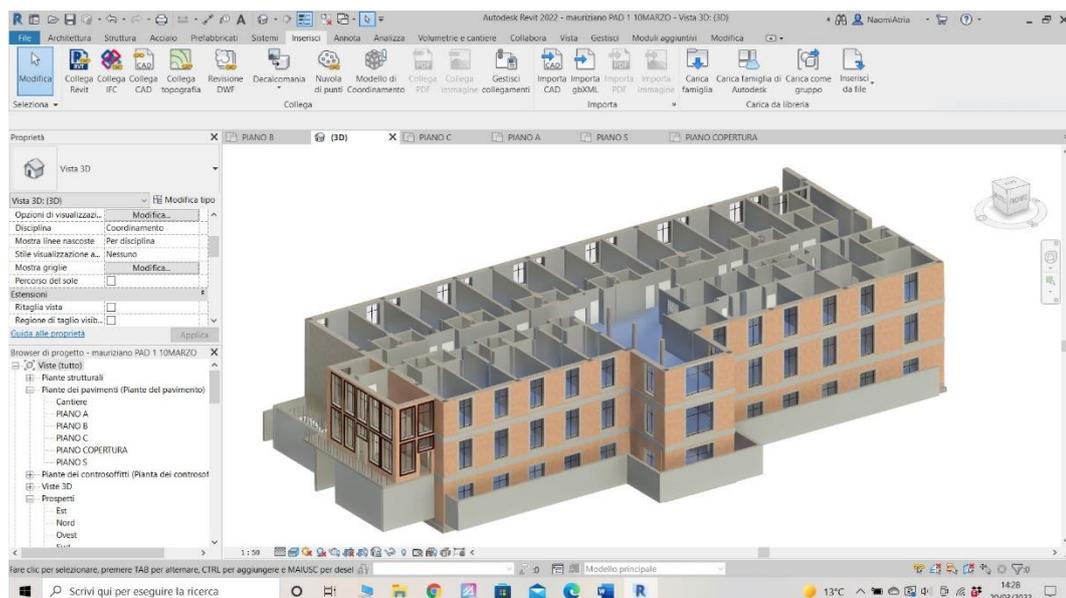


Figura 47: l'ambiente esterno.

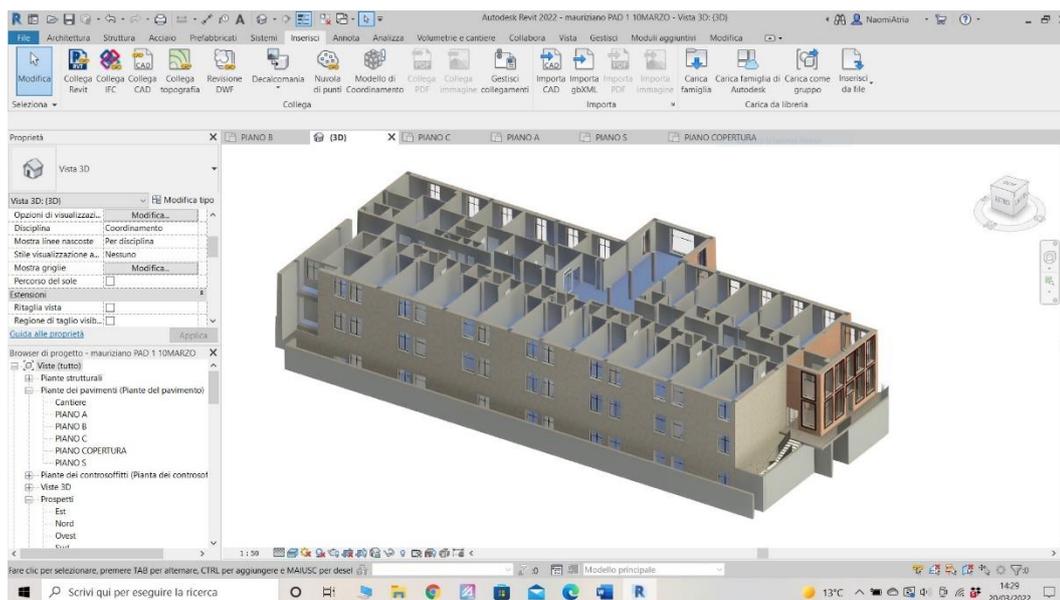


Figura 48: l'ambiente esterno.

5.5 Le famiglie di Revit

Le famiglie di Revit possono dividersi in tre grandi sottoinsiemi:

- Famiglie di sistema;
- Famiglie caricabili;
- Famiglie locali.

Le famiglie di sistema consentono di creare elementi di base dell'edificio che, poi, vengono assemblati in cantiere. Le famiglie di sistema sono quelle già impostate nelle librerie di Revit.

Le famiglie caricabili consentono di creare i componenti di costruzione che generalmente vengono acquistati e montati (porte, finestre, impianti, arredi,...).

Le famiglie locali sono elementi unici creati quando è necessario disporre un componente specifico di un progetto (muri rastremati o inclinati, tetto non standard, famiglie che non richiedono più tipi di famiglia,...)

Tali elementi possono aumentare le dimensioni del file e rallentare le prestazioni del software.

Le porte e le finestre inserite all'interno del progetto Revit, fanno parte delle famiglie già presenti all'interno della libreria di revit modificate in modo opportuno secondo le esigenze del mio specifico caso, quali materiali, finiture, altezza, larghezza e spessore.

Altre sono state scaricate da BIMOBJECT ed in seguito, modificate secondo lo stesso criterio.

Per le porte interne sono state identificate 4 diverse tipologie di famiglie.

Per quantificare gli elementi che compongono il modello è possibile creare su revit degli abachi in cui i dati inseriti possono arricchire la documentazione del progetto con informazioni dettagliati sulle varie forniture presenti o previste. I dati presenti all'interno degli abachi, vengono aggiornati in modo automatico ogni volta che si apporta una modifica al progetto.

Definendo in modo dettagliato le caratteristiche che deve presentare l'abaco è possibile personalizzare le varie tabelle secondo le necessità di progetto visualizzando solo ciò che ci interessa.

Vediamo un esempio di abaco delle porte interne del progetto specificando:

- FAMIGLIA E TIPO della porta che è stata utilizzata;
- LIVELLO a cui la porta è stata associata;
- FUNZIONE della porta (in questo specifico esempio è stato riportato uno stralcio di abaco inerente alle porte interne);
- LARGHEZZA che è stata modificata secondo i parametri reali delle porte già esistenti;
- ALTEZZA che è stata modificata, anche in questo caso, secondo i parametri reali delle porte già esistenti.

Allo stesso modo sono state inserite le finestre nel progetto, modellate in modo dettagliato creando una finestra a croce con cornice esterna in intonaco bianco.

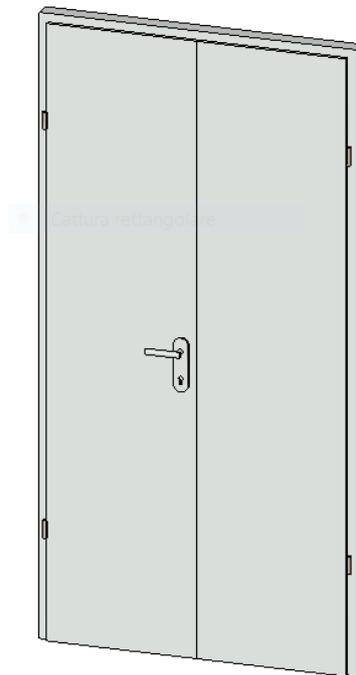


Figura 49: Porta due ante.

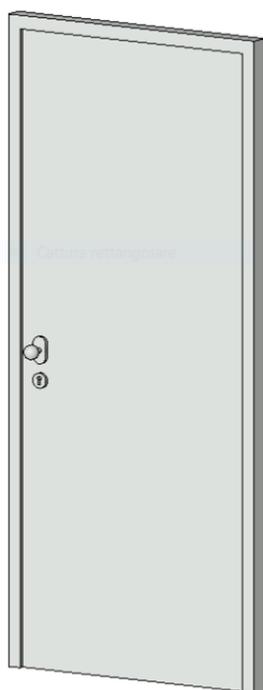


Figura 50: Porta semplice un'anta.



Figura 51: Porta di emergenza.

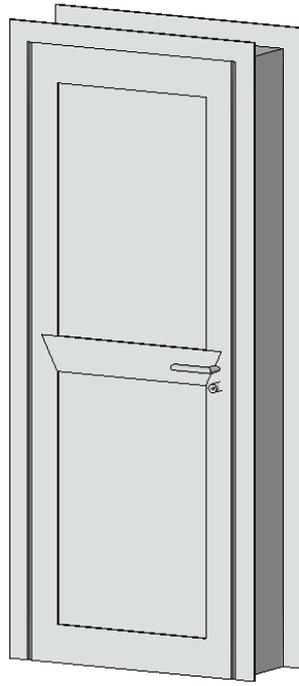


Figura 52: Porta un'anta.

<Abaco delle porte interne>				
A	B	C	D	E
Famiglia e tipo	Livello	Funzione	Larghezza	Altezza
Porta Una Anta	PIANO S	Interno	0.80	2.10
Porta Una Anta	PIANO S	Interno	0.80	2.10
Porta Una Anta	PIANO S	Interno	0.80	2.10
Porta Una Anta	PIANO S	Interno	0.80	2.10
Porta Una Anta	PIANO S	Interno	0.80	2.10
Porta Una Anta	PIANO S	Interno	0.80	2.10
Porta Una Anta	PIANO S	Interno	1.20	2.10
Porta Una Anta	PIANO S	Interno	0.70	2.10
Porta Una Anta	PIANO S	Interno	0.80	2.10
Porta Due Ante	PIANO S	Interno	1.20	2.10
Porta Due Ante	PIANO S	Interno	1.60	2.10
Porta Due Ante	PIANO S	Interno	1.60	2.10
Porta Due Ante	PIANO S	Interno	1.60	2.10
Porta Due Ante	PIANO S	Interno	1.60	2.10
Porta Due Ante	PIANO S	Interno	1.60	2.10
Porta - 1 Anta	PIANO S	Interno	0.85	2.10
Porta - 1 Anta	PIANO S	Interno	0.85	2.10
Porta - 1 Anta	PIANO S	Interno	0.85	2.10
Porta - 1 Anta	PIANO S	Interno	0.85	2.10
Porta Due Ante	PIANO S	Interno	1.60	2.10
Porta Due Ante	PIANO S	Interno	1.60	2.10
Scorrevole Sem	PIANO S	Interno	1.20	2.10
Scorrevole Sem	PIANO S	Interno	0.90	2.10
Doors_Doors-se	PIANO S	Interno	1.50	2.10
Doors_Doors-se	PIANO S	Interno	1.50	2.10
Doors_Doors-se	PIANO S	Interno	1.50	2.10
Doors_Doors-se	PIANO S	Interno	1.50	2.10
Porta Due Ante	PIANO S	Interno	1.20	2.10
Porta Due Ante	PIANO S	Interno	1.40	2.10
Porta Due Ante	PIANO S	Interno	1.60	2.10
Porta Due Ante	PIANO S	Interno	1.60	2.10
Porta Due Ante	PIANO S	Interno	1.20	2.10

Figura 53: Stralcio abaco delle porte.

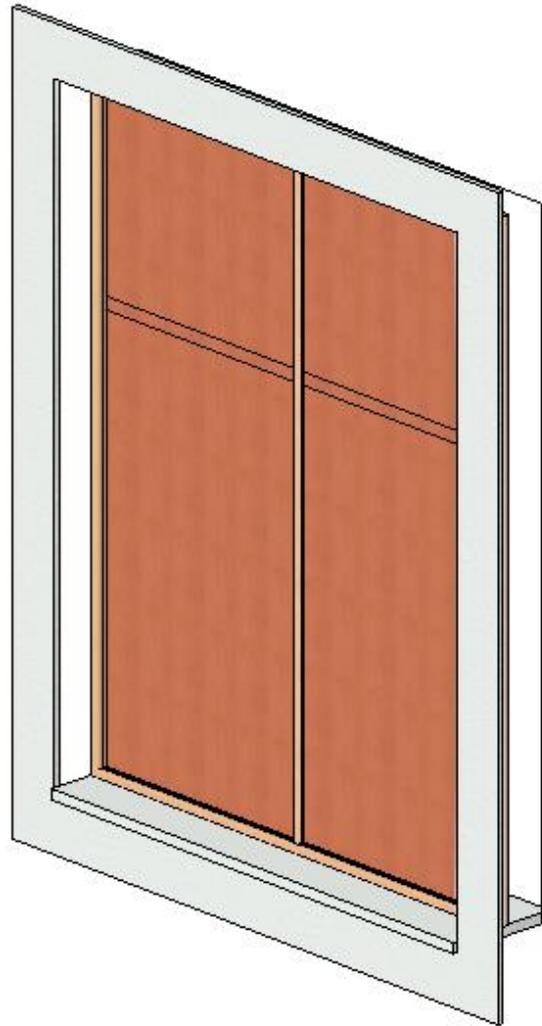


Figura 54: Serramento tipo.

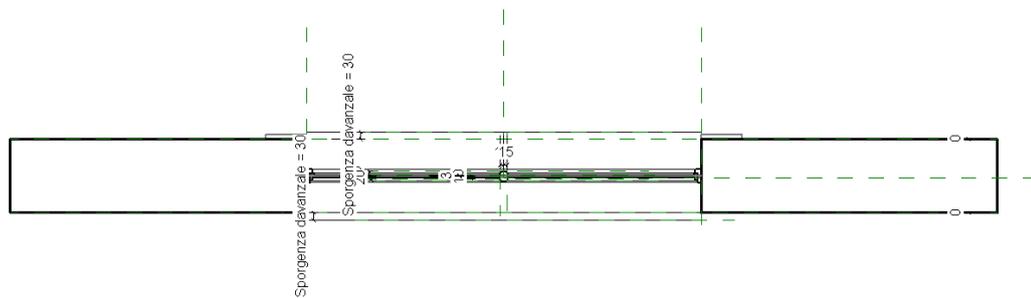


Figura 55: Pianta del serramento tipo.

5.5.1 Abaco dei serramenti

Finita la modellazione dei serramenti, sono stati creati i relativi abachi dei serramenti (porte e finestre) per il conteggio degli elementi (quantità), nell'ottica di poter creare un computo metrico.

L'abaco è stato raggruppato per famiglia e tipo, livello a cui è associato ogni serramento, altezza e larghezza del serramento considerati la netto del controtelaio.

L'intero Abaco è presente all' Allegato 11.1

<Abaco delle porte interne>				
A	B	C	D	E
Famiglia e tipo	Livello	Funzione	Larghezza	Altezza
Porta Una Anta	PIANO S	Interno	0.80	2.10
Porta Una Anta	PIANO S	Interno	0.80	2.10
Porta Una Anta	PIANO S	Interno	0.80	2.10
Porta Una Anta	PIANO S	Interno	0.80	2.10
Porta Una Anta	PIANO S	Interno	0.80	2.10
Porta Una Anta	PIANO S	Interno	0.80	2.10
Porta Una Anta	PIANO S	Interno	1.20	2.10
Porta Una Anta	PIANO S	Interno	0.70	2.10
Porta Una Anta	PIANO S	Interno	0.80	2.10
Porta Due Ante	PIANO S	Interno	1.20	2.10
Porta Due Ante	PIANO S	Interno	1.60	2.10
Porta Due Ante	PIANO S	Interno	1.60	2.10
Porta Due Ante	PIANO S	Interno	1.60	2.10
Porta Due Ante	PIANO S	Interno	1.60	2.10
Porta Due Ante	PIANO S	Interno	1.60	2.10
Porta - 1 Anta	PIANO S	Interno	0.85	2.10
Porta - 1 Anta	PIANO S	Interno	0.85	2.10
Porta - 1 Anta	PIANO S	Interno	0.85	2.10
Porta - 1 Anta	PIANO S	Interno	0.85	2.10
Porta Due Ante	PIANO S	Interno	1.60	2.10
Porta Due Ante	PIANO S	Interno	1.60	2.10
Scorrevole Sem	PIANO S	Interno	1.20	2.10
Scorrevole Sem	PIANO S	Interno	0.90	2.10
Doors_Doors-se	PIANO S	Interno	1.50	2.10
Doors_Doors-se	PIANO S	Interno	1.50	2.10

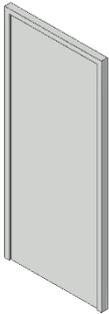
Figura 23: Il processo del BIM.

<Abaco delle finestre>			
A	B	C	D
Famiglia e tipo	Livello	Altezza	Larghezza
Finestra - Croce e Cornice	PIANO S	2.10	1.40
Finestra - Croce e Cornice	PIANO S	2.10	1.40
Finestra - Croce e Cornice	PIANO S	2.10	1.40
Finestra - Croce e Cornice	PIANO S	2.10	1.40
Finestra - Croce e Cornice	PIANO S	2.10	1.40
Finestra - Croce e Cornice	PIANO S	2.10	1.40
Finestra - Croce e Cornice	PIANO S	2.10	1.40
Finestra - Croce e Cornice	PIANO S	2.10	1.40
Finestra - Croce e Cornice	PIANO S	2.10	1.40
Finestra - Croce e Cornice	PIANO S	2.10	1.40
Finestra - Croce e Cornice	PIANO S	2.10	1.40
Finestra - Croce e Cornice	PIANO S	2.10	1.60
Finestra - Croce e Cornice	PIANO S	2.10	1.60
Finestra - Croce e Cornice	PIANO S	2.10	1.60
Finestra - Croce e Cornice	PIANO S	2.10	1.60
Finestra - Croce e Cornice	PIANO S	2.10	1.60
Finestra - Croce e Cornice	PIANO S	2.10	1.60
Finestra - Croce e Cornice	PIANO S	2.10	1.60
Finestra - Croce e Cornice	PIANO S	2.10	1.60
Finestra - Croce e Cornice	PIANO S	2.10	1.60
Finestra - Croce e Cornice	PIANO S	2.10	1.60
Finestra - Croce e Cornice	PIANO S	2.10	1.60
Finestra - Croce e Cornice	PIANO S	2.10	1.60
Finestra - Croce e Cornice	PIANO S	2.10	1.60
Finestra - Croce e Cornice	PIANO S	2.10	1.60
Finestra - Croce e Cornice	PIANO S	2.10	1.60
Finestra - Croce e Cornice	PIANO S	2.70	2.80
Finestra - Croce e Cornice	PIANO S	2.10	1.60
Finestra - Croce e Cornice	PIANO A	2.10	1.40
Finestra - Croce e Cornice	PIANO A	2.10	1.40
Finestra - Croce e Cornice	PIANO A	2.10	1.40
Finestra - Croce e Cornice	PIANO A	2.10	1.40
Finestra - Croce e Cornice	PIANO A	2.10	1.40
Finestra - Croce e Cornice	PIANO A	2.10	1.40
Finestra - Croce e Cornice	PIANO A	2.10	1.40
Finestra - Croce e Cornice	PIANO A	2.10	1.40

Figura 56: Stralcio abaco dei serramenti.

5.5.2 Confronto degli elementi con la normativa

Di seguito viene riportato il confronto tra la normativa UNI 11337 – 7, 2017 di riferimento e la visualizzazione degli elementi in Revit in base al grado di dettaglio.

LOG	GEOMETRIA	OGGETTO	RESTITUZIONE
LOG A BASSO	LINEA	LINEA	
LOG C MEDIO	SOLIDO SEMPLIFICATO	SOLIDO 3D SEMPLIFICATO	
LOG E ALTO	SOLITO 3D COMPLESSO	SOLIDO 3D DETTAGLIATO	

6 MODELLAZIONE MEP

6.1 La modellazione meccanica

Il processo di progettazione MEP permette di creare con facilità gli oggetti 3D che costituiscono il layout del progetto, e allo stesso tempo, permette agli utenti di eseguire calcoli ingegneristici quali, ad esempio, la rete di dimensionamento di rami o di interi sistemi.

La comunicazione visiva può avvenire sfruttando anche la colorazione delle stanze o dei condotti sulla base di parametri di progetto.

Anche in questo caso è stato possibile utilizzare come base del modello 3D il file 2D con le relative informazioni impiantistiche inerenti al padiglione 1 dell'Ospedale in oggetto.

Si è prestata particolare attenzione alla creazione del circuito di tubazione dei gas medicinali prodotti dall'azienda SOL Group S.p.A.

Oltre alla specifica progettazione architettonica, è stato possibile, con Revit realizzare sullo stesso file, il progetto degli impianti.

Per il lavoro si è scelto di modellare, dunque, la parte architettonica e, in un secondo momento si è scelto di modellare la parte impiantistica su un file MEP collegato all'architettonico.

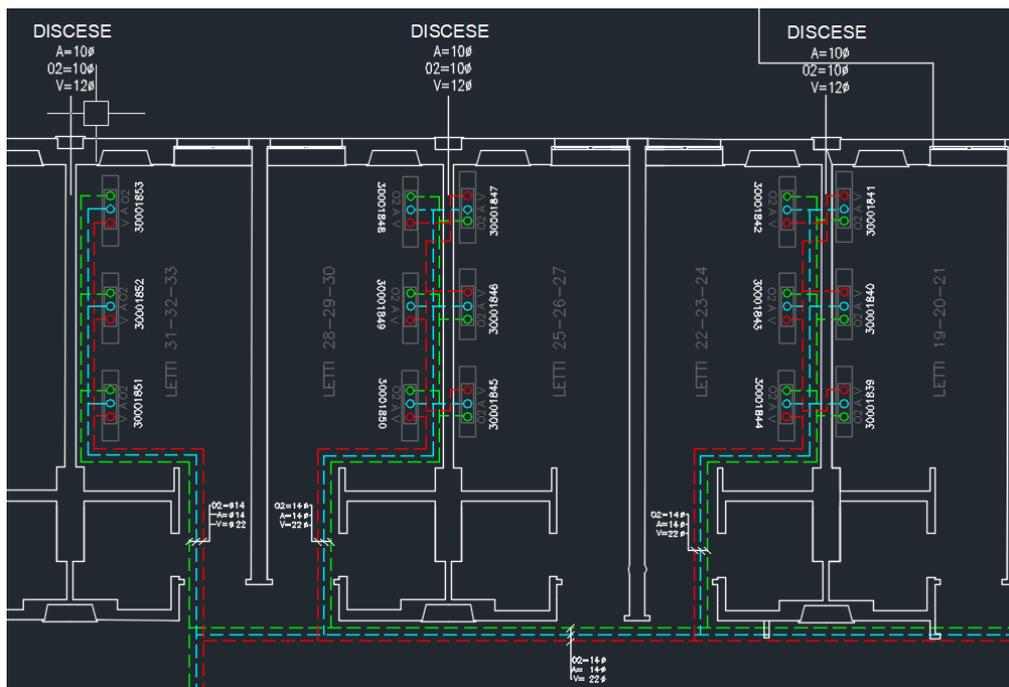


Figura 57: Stralcio pianta impianti 2D.

6.1.1 l'inserimento delle famiglie

Le famiglie del sistema meccanico sono dei condotti suddivisi in base alla forma:

- Rettangolare
- Ovale
- Circolare

Queste tipologie di famiglie non sono editabili ma è possibile la modifica delle dimensioni. Nel caso studio analizzato, i profili usati per gli impianti sono di forma circolare con una variazione solo nel diametro in relazione all'uso.

È stata, inoltre, necessaria la creazione di nuove famiglie per la realizzazione della centralina testaletto.

6.1.2 La creazione degli impianti

La disposizione spaziale degli impianti è stata effettuata attraverso l'ausilio della pianta degli impianti (non comprendente degli elementi strutturali) e dei particolari di alcuni elementi.

Tutte le informazioni utilizzate sono dei file CAD 2D con relative informazioni degli impianti utilizzati.

L'impianto scelto è quello della ditta SOL group che fornisce all'Ospedale mauriziano i sistemi di impianti dei gas medicali.

È stato possibile utilizzare questa tipologia di impianti perché è l'unica che mi è stata fornita durante il mio percorso di tirocinio presso l'ufficio tecnico dell'ospedale mauriziano.

Non sono, però, riuscita a reperire una scheda tecnica dell'impianto attualmente in uso.

L'impianto utilizzato è distinto in:

- Tubazione aspirazione (in ciano)
- Tubazione ossigeno (in rosso)
- Gas medicali (in fuxia)

Tutte le degenze sono munite di impianto GAS Medicali discendente a soffitto e di una centralina testa letto a cui vengono collegate le corrispondenti tubazioni destinate ad ogni paziente.

La centralina testaletto è stata modellata in modo parametrico seguendo i dati forniti attraverso un modello cad 2D, in mancanza di una scheda tecnica.

È stato, dunque, utilizzato un LOD soddisfacente ma un LOR basso.

In seguito sono riportati i vari passati destinati alla rappresentazione dell'impianto mediacaale e la distribuzione all'interno dell'area delle degenze.

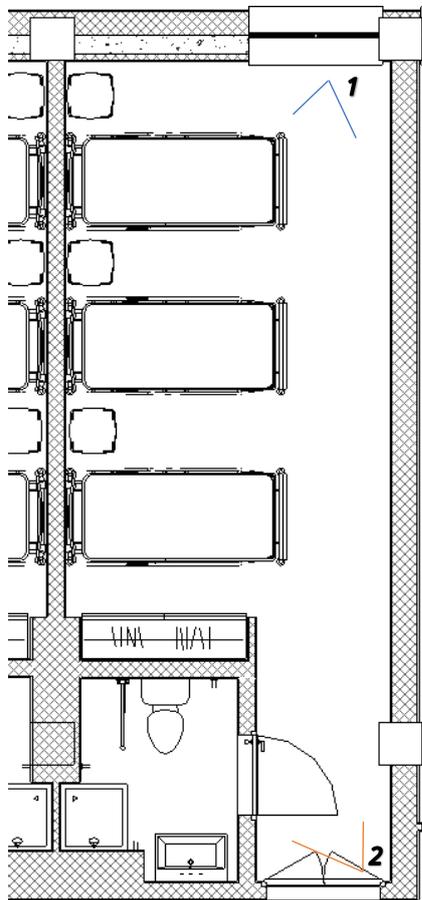


Figura 58: Stralcio camera tipo.



Figura 59: Stralcio camera tipo 3D. VISTA 1.



Figura 60: Stralcio camera tipo 3D. VISTA 2.

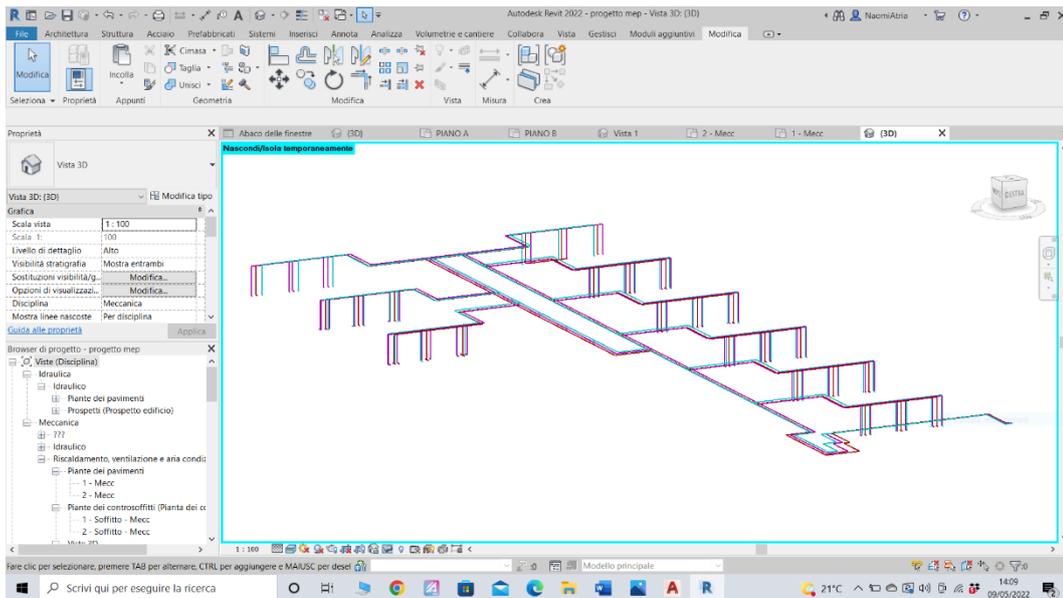


Figura 61: Gli impianti meccanici.

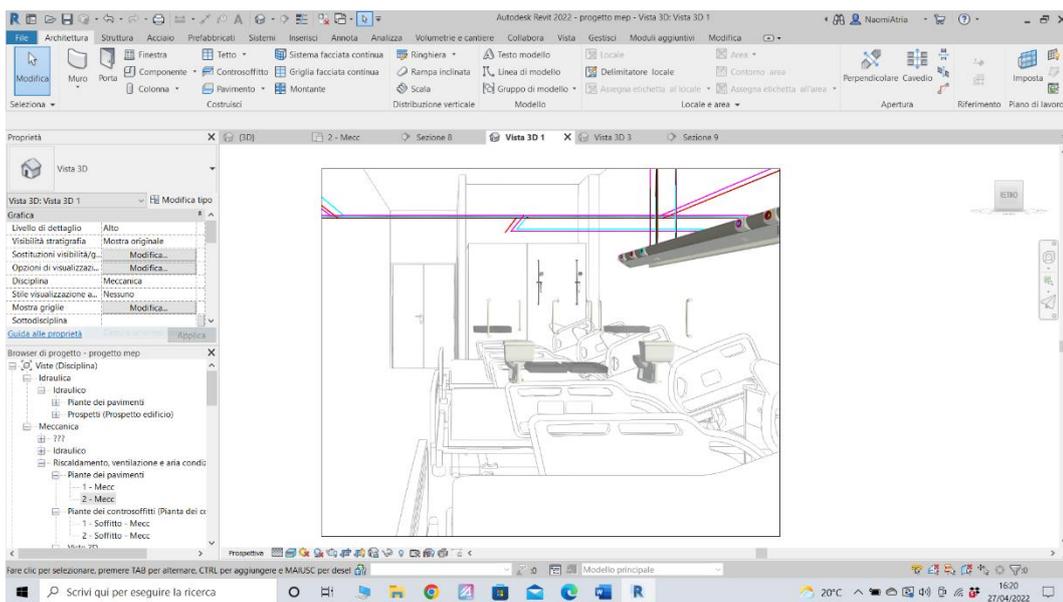


Figura 62: Visualizzazione interna degli impianti meccanici.

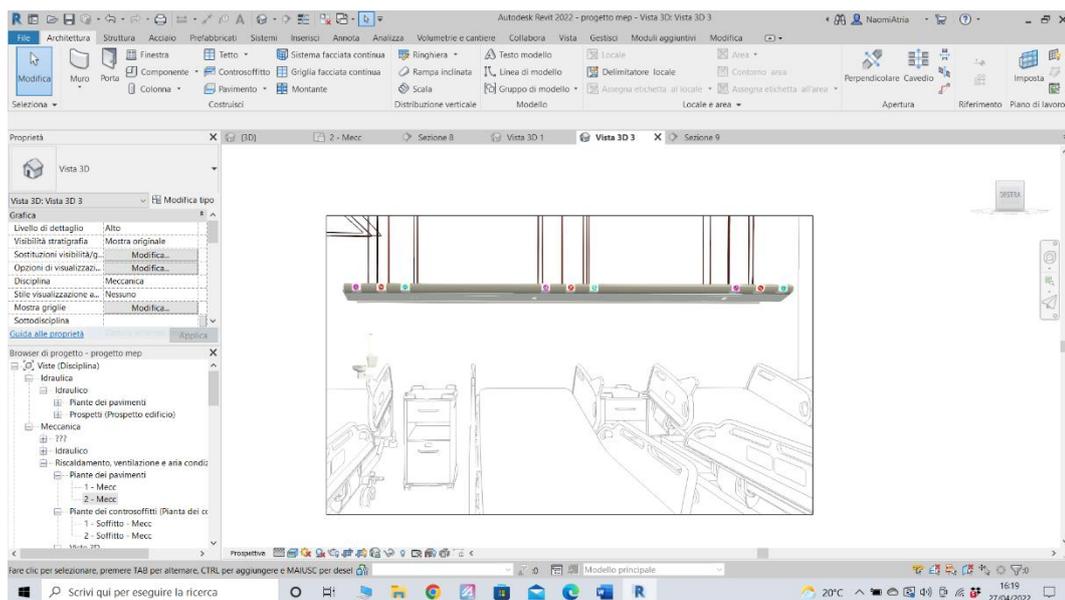


Figura 63: Visualizzazione centralina testa letto.

6.1.3 La creazione degli impianti

Per quanto riguarda la modellazione MEP, oltre alla creazione del circuito di tubazioni, come anticipato, è stata creata la centralina testaletto a cui i tubi indicati nei paragrafi precedenti, sono collegati.

Di seguito è riportato un confronto con la normativa attuale in vigore UNI 113377-4, 2017.

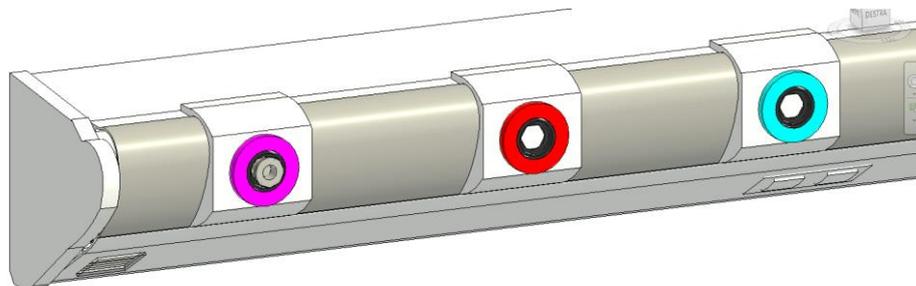


Figura 64: Dettaglio centralina testa letto.

LOG	GEOMETRIA	OGGETTO	RESTITUZIONE
LOG A BASSO	LINEA	LINEA	
LOG C MEDIO	SOLIDO SEMPLIFICATO	SOLIDO 3D SEMPLIFICATO	
LOG E ALTO	SOLITO 3D COMPLESSO	SOLIDO 3D DETTAGLIATO	

7 IL DIGITAL TWIN

7.1 La nascita del Digital Twin

Il termine Digital Twin fu usato per la prima volta nel 2003 da Micheal Grieves, professore dell'Università del Michigan, che illustrò un modo tecnologico avanzato con cui poter replicare ogni aspetto di un oggetto, in maniera digitale.

Il Digital Twin è un modello tecnologico virtuale che replica e raccoglie informazioni sull'oggetto reale tramite tecnologie wireless, sensori e droni.

Questi modelli sono disponibili in diverse scale e istanze per molteplici applicazioni rispecchiando la vita del prodotto reale e il suo processo di produzione.

Il concetto è applicabile in diverse fasi del ciclo di vita del prodotto o sistema preso in considerazione:

- Dalla fase di ideazione, il Digital Twin aiuta a definire e migliorare i progetti e analizzare le prestazioni;
- Alla fase di realizzazione, il Digital Twin aiuta a stabilire un processo produttivo;
- Fino alla fase di utilizzo del prodotto o sistema.

Il Digital Twin è rappresentabile da tre elementi principali:

- Il mondo reale;
- Il mondo digitale;

- Le informazioni trasmesse dal mondo reale a quello digitale.

7.2 I Gemelli Digitali in costruzione

Studi approfonditi sono stati dedicati all'esplorazione del Digital Twin nel contesto dell'IoT, dell'industria 4.0 e dell'industrial internet of things (IIoT).

I Digital Twin hanno sempre più la capacità di cambiare quasi in tempo reale al variare dello stato dell'oggetto reale.

Le moderne pratiche di gestione dei dati, rendono il modello digitale sempre più efficiente.

Gli edifici intelligenti generano molte data che possono diventare informazioni, tuttavia, richiedono un'analisi intelligente per produrre indicazioni operative ed economiche significative e per comprendere le tendenze e i modelli di comportamento o di consumo degli utenti.

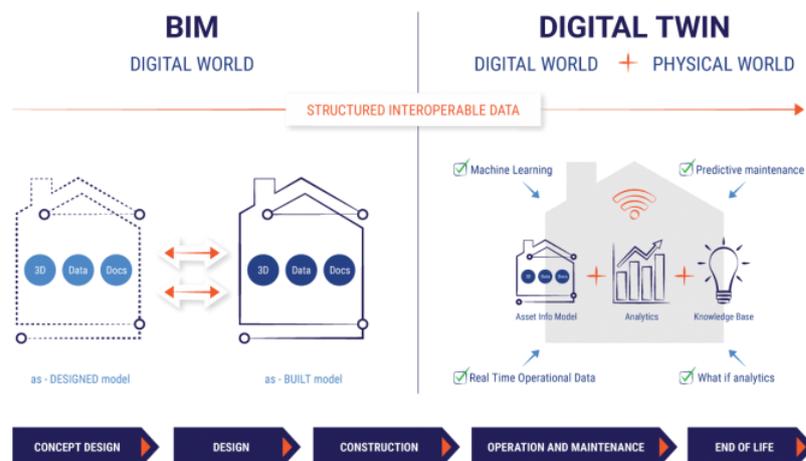


Figura 65: Il digital twin.

7.3 Il Digital Twin per la gestione di un edificio

Il Digital Twin applicato all'industria delle costruzioni subentra in fase di operation & maintenance dell'edificio al fine di poter rilevare le condizioni di dell'edificio, effettuare un controllo per le anomalie e potenziali situazioni di rischio dell'edificio.

Per poter effettuare queste operazioni è necessario avere una base tridimensionale dell'oggetto interessato che rappresenti il manufatto fisico e gli asset in esso contenuti.

Tale modello viene implementato con dati interattivi rilevati dai sensori, dati relativi al contesto sociale e alla componente umana.

Il Digital Twin consente di modellare l'interazione tra l'edificio e l'uomo massimizzandone l'usi e consentendone lo sviluppo di strategie di conduzione dell'edificio e la sua manutenzione.

Il Digital Twin di un edificio può essere composto da tre distinti "gemelli", lungo il ciclo di vita di un edificio (Siemens, 2018) [28]:

- Product Twin: Il gemello digitale dei componenti di un edificio;
- Construction Twin: Il gemello digitale dei componenti strutturali di un edificio (planimetrie, ubicazione dei beni, ecc.);
- Performance Twin: Il gemello digitale dei dati dinamici di un edificio (dati sulle prestazioni, dati sulle serie temporali).

7.3.1 Product Twin

Il Product Twin viene utilizzato principalmente per descrivere le dimensioni, i livelli, le pareti e i cablaggi utilizzati per la simulazione di

prodotti conformemente al BIM. Gli oggetti BIM sono i blocchi di costruzione che completano la base di dati statici del gemello digitale.

Ogni asset all'interno dell'edificio fisico ha un oggetto corrispondente, dalle finestre e porte ai componenti del sistema e ai mobili. Questi oggetti BIM non solo forniscono una rappresentazione geometrica dell'asset, ma contengono anche tutte le informazioni di prodotto associate necessarie compresi: dati tecnici, materiali di fabbricazione, informazioni operative e funzionali (Siemens, 2018) [28].

7.3.2 Construction Twin

Il Construction Twin è una rappresentazione statica di tutti i beni installati nell'edificio, come i generatori di calore, le unità di trattamento aria, ecc. Esso migliora l'efficienza nel progetto ingegneristico del controllo del comfort e viene utilizzato per la visualizzazione, l'ingegnerizzazione, la messa in servizio, la simulazione del comportamento del sistema e l'apprendimento grazie all'intelligenza artificiale (Siemens, 2018) [28].

7.3.3 Performance Twin

Il performance Twin viene utilizzato per migliorare l'efficienza operativa, la manutenzione predittiva e la simulazione dinamica. Questo gemello agisce come una sorta di "corteccia digitale" dell'edificio, in quanto ha la capacità di combinare i dati statici con i dinamici prodotti per tutta la vita operativa dell'edificio.

Questa “corteccia digitale” è in grado di imparare costantemente dalle mutevoli esigenze degli utenti e dell’ambiente utilizzando l’intelligenza artificiale. I dati dinamici sono essenzialmente prodotti dai vari sistemi installati nell’edificio e dalle interfacce utente.

Questi sistemi includono tipicamente rilevatori di incendio, illuminazione, apparecchi HVAC, apparecchiature di sicurezza, contatori di energia, sistemi di posizionamento interno, sensori di qualità dell’ambiente interno e dati esterni, compresi quelli metereologici, luce naturale, ecc. (Siemens, 2018) [28].

8 CONCLUSIONI E SVILUPPI FUTURI

8.1 Conclusioni e sviluppi futuri del modello MEP

La progettazione MEP non ha dato particolari problemi. È risultato essere un metodo di progettazione molto efficace e potente che semplifica di molto la progettazione e permette di evitare errori quali interferenza tra elementi di discipline diverse.

L’unico problema che ho riscontrato durante la modellazione MEP è stato quello di non avere delle sezioni dettagliate per cui le distanze tra un condotto e l’altro ed il preciso posizionamento all’interno del solaio, sono state ipotizzate.

Sicuramente lo sviluppo impiantistico MEP dovrà essere implementato dai restanti sistemi non ancora modellati.

8.2 L'Analisi del ciclo di vita dell'edificio, Facility Management

Le fasi del ciclo di vita di un edificio sono principalmente quattro:

- 1 PROGETTAZIONE
- 2 COSTRUZIONE
- 3 GESTIONE
- 4 MANUTENZIONE

Il BIM è un approccio che coinvolge l'intero ciclo di vita dell'edificio preso in considerazione ed è in linea con il Facility Management, in particolare con la gestione tecnica dei patrimoni immobiliari, attività basata sulla raccolta, conservazione, produzione e aggiornamento di documenti.

L'uso di modelli in logica BIM facilita l'organizzazione e la gestione delle diverse componenti (strutturali, architettoniche, impiantistiche) dell'edificio.

La gestione e la manutenzione dell'opera costituiscono una rilevante incidenza economica ed ambientale per l'edificio. L'obiettivo è quello di garantire l'utilizzo del bene nel tempo, mantenendo le prestazioni iniziali agevolando l'adeguamento tecnico e normativo.

Il facility management è definito come "la gestione integrata dei servizi allo spazio (space planning), alle persone (pulizie, portierato,

facchinaggio), alle cose (impianti) non rientranti nelle attività principali di un'organizzazione.

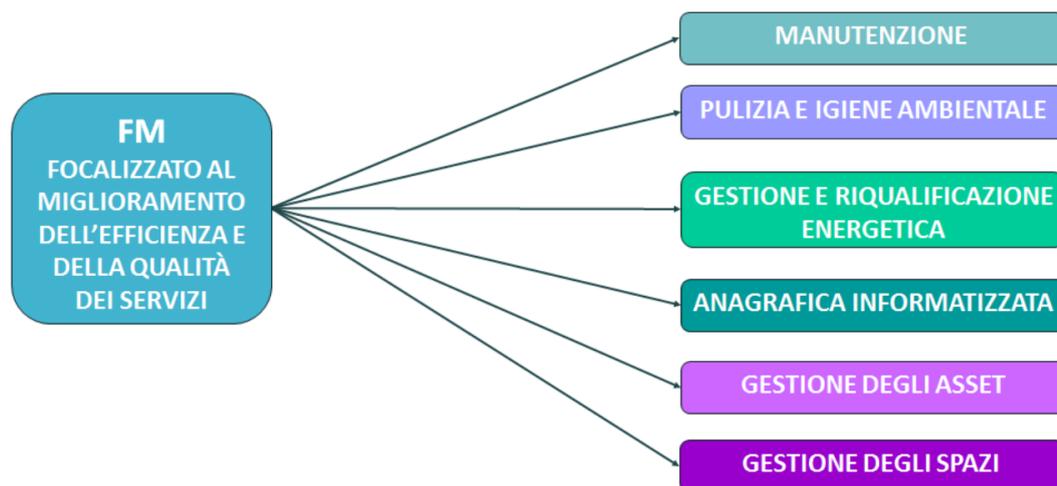


Figura 66: Il facility management.

8.3 Approccio alla redazione di un piano di manutenzione

Il piano di manutenzione delle opere pubbliche, ai sensi dell'art. 33 del dpr 207/2010, è un elaborato obbligatorio del progetto esecutivo.

Il piano di manutenzione deve essere redatto tenendo conto dell'opera effettivamente realizzata allo scopo di garantire nel tempo il mantenimento delle caratteristiche di qualità e di efficienza.

La normativa richiede che vengano individuati i requisiti e le prestazioni del manufatto in corso di progettazione affinché tali caratteristiche possano essere stimate e garantite.

Nella redazione di un piano di manutenzione vanno individuati i requisiti prestazionali e i controlli previsti dai criteri ambientali minimi secondo quanto disposto dal codice appalti (dlgs 50/2016).

Il piano di manutenzione delle strutture va depositato, unitamente agli altri elaborati progettuali, presso gli uffici del Genio Civile competenti per territorio.

Il piano di manutenzione deve essere costituito dai tre seguenti documenti operativi:

1 MANUALE D'USO

Deve contenere le informazioni relative all'uso corretto delle parti inerenti al bene. Lo scopo del manuale d'uso è evitare danni derivanti da un'utilizzazione impropria del bene.

2 MANUALE DI MANUTENZIONE

Il manuale di manutenzione deve fornire "in relazione alle diverse unità tecnologiche, alle caratteristiche dei materiali o dei componenti interessati, le indicazioni necessarie per la corretta manutenzione nonché per il ricorso ai centri di assistenza o di servizio" (art. 38 c. 5).

Tra i contenuti del manuale di manutenzione, individuati al comma 6 dell'art c.6 lettere e) f) g), il progettista deve individuare le anomalie riscontrabili e distinguere le manutenzioni eseguibili dall'utente da quelle eseguibili da personale specializzato.

3 PROGRAMMA DI MANUTENZIONE

Il terzo documento è il programma di manutenzione che deve essere articolato in tre sottoprogrammi:

- Il sottoprogramma delle prestazioni
- Il sottoprogramma dei controlli
- Il sottoprogramma degli interventi

Tra i vari software per la redazione del Piano di manutenzione c'è ManTus-P.

ManTus-P è un programma ACCA per la redazione del Piano di Manutenzione secondo le più recenti norme.

Consente di redigere piani di manutenzione conformi ai nuovi Criteri Ambientali Minimi (CAM), contenuti nel Dm 11 gennaio 2017 e resi obbligatori dal nuovo Codice degli Appalti (dlgs 18 aprile 2016, n.50).

9 RINGRAZIAMENTI

È stato un percorso travagliato non solo in ambito universitario ma umano. È difficile ringraziare in maniera particolare una persona più di un'altra in quanto ogni singolo momento trascorso con qualcuno di importante è stato determinante per il mio percorso.

Indubbiamente, però, mi sento in dovere di spendere due parole per chi, come me, non ha mai mollato e perso le speranze.

Il ringraziamento più grande è diretto alla mia famiglia, a mio papà, grande uomo mio papà che mi ha supportata e sopportata a 1.675 km di distanza ricordandomi nelle solite 6/7 chiamate giornaliere che mi ama ed è sempre stato fiero di me.

Ringrazio mia mamma, l'eroina della nostra vita, che nonostante tutto non ha mai mollato e che se, a volte, perde il sorriso è sempre pronta a donarmene uno.

Ringrazio il mio compagno di avventure, il mio ragazzo senza il quale non sarei riuscita a trovare la giusta determinazione per affrontare gli ostacoli nei momenti più bui e che, con la sua prontezza è riuscito e riesce ogni singolo giorno a donarmi gran parte dell'affetto e dell'amore di cui ho bisogno in questa, ormai, non più nuova città.

Ringrazio me stessa per esserci riuscita e per aver trovato la giusta determinazione per affrontare i sogni di un futuro prossimo.

Dedico questo traguardo a voi e a quelle persone che mi sono state accanto.

10 BIBLIOGRAFIA

- [1] Mollica E. *Le nuove figure professionali del BIM: qualifiche, ruoli e competenze*. PoliTesiMi, 2017.
- [2] Autodesk. *Building Information Modeling*. Autodesk, 2003.
- [3] Osello A. (2012), *Il futuro del disegno con il BIM per ingegneri e architetti*. Palermo, Dario Flaccovio, 2012.
- [4] Zacchei V. (2010), *Building Information Modeling. Nuove tecnologie per l'evoluzione della progettazione - costruzione*. Roma, Aracne editrice, dicembre 2010.
- [5] Berwald S. *From CAD to BIM: the experience of architectural education with Building Information Modeling*. ASCE library, 2008.
- [6] Siemens. *Digital Twin-Driving business value throughout the building Life Cycle*. Siemens Switzerland Ltd, 2018.
- [7] Dimyadi J. Parsanezhad P. *Effective Facility Management and operation via a BIM based integrated information system*. Unitec, 2013.
- [8] S. Pozzoli e W. Stefano Villa, *Autodesk Revit Architecture 2013. Guida avanzata*. Autodesk, 11 Ottobre 2012.
- [9] Mirzazadeh R. Manca L. Grugni R. *Digital Twin*. Engineering, 2019.

11 SITOGRAFIA

<https://www.bimportale.com/ospedale-universitario-odense/>

<https://www.gisinfrastrutture.it/2020/02/le-mappe-delladozione-del-bim-in-europa/>

<https://www.01building.it/bim/ciclo-di-vita-edificio/>

<https://webthesis.biblio.polito.it/8815/1/tesi.pdf>

www.autodesk.it

www.sololibri.com

<https://www.ingenio-web.it/6590-i-lod-nella-uni-113372017>

<https://www.sol.it/it/settore-medicale/apparecchiature>

<https://webthesis.biblio.polito.it/16434/>

<https://www.ingenio-web.it/18667-sistema-dei-lod-italiano-uni-11337-4-2017>