

# POLITECNICO DI TORINO

Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Edile



## La modellazione di dettaglio con il BIM Il caso studio della Torre Regione Piemonte

Elaborato di Laurea di:

**Giuseppe Le Cause**

Relatore:

**Prof.re Carlo Caldera**

Correlatore:

**Prof.ssa Anna Osello**

**Ing. Giuseppe Borgogno**

**Ing. Matteo Del Giudice**

Aprile 2019

# POLITECNICO DI TORINO

Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Edile



La modellazione di dettaglio con il BIM

Il caso studio della Torre Regione Piemonte

Detailed modeling with BIM

Case study: Torre Regione Piemonte

Elaborato di Laurea di:

**Giuseppe Le Cause**

Relatore:

**Prof.re Carlo Caldera**

Correlatore:

**Prof.ssa Anna Osello**

**Ing. Giuseppe Borgogno**

**Ing. Matteo Del Giudice**

Aprile 2019

# Indice

<b>Abstract</b>	<b>4</b>
<b>1. Premessa</b>	<b>6</b>
<hr/>	
<b>2. Facility Management</b>	<b>8</b>
1.1 <i>In USA, Nord Europa, Regno Unito e nel mondo</i>	11
<hr/>	
1.2 <i>In Italia</i>	13
<hr/>	
<b>3. Il BIM</b>	<b>15</b>
1.3 <i>Introduzione</i>	15
<hr/>	
1.4 <i>Interoperabilità</i>	18
<hr/>	
1.5 <i>Cos'è?</i>	20
<hr/>	
1.6 <i>Storia</i>	24
<hr/>	
1.7 <i>Dal CAD al BIM</i>	26
<hr/>	
1.8 <i>Le dimensioni del BIM</i>	30
<hr/>	
1.9 <i>Livelli del BIM</i>	33
<hr/>	
1.10 <i>LOD</i>	35
1.10.1 <i>LOG e LOI</i>	37
<hr/>	
1.10.2 <i>Normativa a confronto</i>	38
<hr/>	
<b>4. Caso studio – La Nuova Sede Unica Regione Piemonte</b>	<b>42</b>
1.11 <i>Dati generali</i>	42
1.11.1 <i>Storia</i>	43
<hr/>	
1.11.2 <i>Realizzazione del progetto</i>	46
<hr/>	
1.11.3 <i>Inquadramento territoriale e obiettivi d'intervento</i>	47
<hr/>	
1.12 <i>Il Grattacielo Regione Piemonte</i>	48
1.12.1 <i>Analisi architettonica</i>	54
<hr/>	
1.12.2 <i>Analisi strutturale</i>	63
<hr/>	
	0

1.12.3 Analisi tecnologico-ambientale	64
1.12.4 Presentazione delle modifiche apportate al progetto in corso d'opera	64
1.13 I satelliti del Grattacielo Regione Piemonte	65
1.14 Piano P6	68
1.15 Studio del dettaglio costruttivo DETT.01	69
1.16 Il BIM come strumento di dettaglio	73
1.16.1 Metodologia di lavoro	75
1.16.2 LOD E, LOD F e LOD G	79
1.16.3 LOD C	85
1.16.1 LOD B	87
1.16.2 LOD A	89
1.16.1 Parametri	91
1.16.2 Modelli a confronto	93
1.17 Analisi risultati	95
1.18 I vantaggi del modello AS BUILT	100
<b>Conclusioni</b>	<b>101</b>
<b>Bibliografia e sitografia</b>	<b>104</b>

## Indice figure

Figura 1 Schema piramidale attività-operatori nel Facility Management .....	10
Figura 2 Trend Internazionale utilizzo BIM da 2013 - 2015 .....	12
Figura 3 Adozione dei sistemi BIM nel mondo .....	13
Figura 4 Il BIM .....	17
Figura 5 Interoperabilità .....	19
Figura 6 Significati del BIM .....	21
Figura 7 Tipologie d'informazione - BIM .....	22
Figura 8 Il BIM nel ciclo di vita di un immobile .....	23
Figura 9 Evoluzione dei sistemi di rappresentazione e progettazione .....	26
Figura 10 Schema del processo di progettazione. Da MacLeamy, AIA 2007 .....	28
Figura 11 Le dimensioni del BIM nel ciclo di vita dell'edificio .....	32
Figura 12 Rielaborazione del modello di maturità BIM di Bew-Richards .....	33
Figura 13 Levels of development .....	37
Figura 14 Rielaborazione dello schema LOG-LOI-LOD .....	37
Figura 15 Levels of development- G202-2013 .....	39
Figura 16 Esempio LOD parete - estratto Norma UNI 11337:2017 .....	41
Figura 17 Massimiliano Fuksas .....	43
Figura 18 Schizzo dell'architetto M. Fuksas .....	46
Figura 19 Idea di masterplan su tutti i comprensori della Z.U.T 12.32. ....	49
Figura 20 Sezione tipo con evidenziate le principali funzioni .....	51
Figura 21 Prospetto facciata su via Nizza .....	52
Figura 22 Pianta del piano 0,00m e della hall d'ingresso .....	54
Figura 23 Pianta piano tipo standard (a sinistra), pianta piano tipo assessorato (a destra) ..	56
Figura 24 Pianta della presidenza .....	57
Figura 25 Livello secondo sotterraneo della torre .....	59
Figura 26 Livello primo sotterraneo della torre .....	60
Figura 27 La corte interrata secondo sotterraneo .....	61
Figura 28 La corte interrata primo sotterraneo .....	61
Figura 29 Geometrie della Torre Regione Piemonte .....	65
Figura 30 Prospetto est - Satelliti .....	66
Figura 31 Individuazione piano L06 .....	68
Figura 32 Pianta L06 .....	69
Figura 33 dettaglio 01 .....	70
Figura 34 DETTAGLIO 02 .....	71
Figura 35 Sezione DET.01 e Vista laterale satellite .....	72
Figura 36 Dettagli carpenteria metallica .....	73
Figura 37 LOD a paragone - esempio .....	76
Figura 38 Mattone forato .....	77
Figura 39 Interfaccia Revit .....	78

Figura 40 Render LOD E DETT.01 .....	79
Figura 41 Famiglie di modello schedate .....	80
Figura 42 Render LOD D DETT.01 .....	83
Figura 43 Render LOD C DETT.01 .....	85
Figura 44 Render LOD B DETT.01 .....	87
Figura 45 LOD A DETT.01 .....	89
Figura 46 LOD .....	95
Figura 47 Risorse hardware.....	96
Figura 48 Risorse .....	97
Figura 49 Risorse a confronto .....	98
Figura 50 Risorsa Tempo.....	99

## Abstract

Italiano

Il BIM, negli ultimi anni, si è diffuso ed evoluto in tutto il mondo nel settore edile, proponendosi come uno strumento utile alle figure professionali per i suoi vantaggi in termini di utilità ed efficienza, durante l'intero periodo di vita dell'opera a partire dalle fasi progettuali.

Con il presente elaborato si è voluta approfondire l'utilità della progettazione di dettaglio BIM, applicata a una struttura complessa, quale la Torre Regione Piemonte, e di come tale risultato possa portare significativi vantaggi.

I primi capitoli esaminano gli aspetti che legano il Facility Management al BIM e di come quest'ultimo sia il risultato di un cambiamento sempre più consapevole verso la progettazione digitalizzata in forma parametrica. A questo excursus introduttivo segue un'analisi mirata all'individuazione e studio degli aspetti utili nell'applicazione del BIM per il progetto di dettaglio del caso studio.

Al fine di poter applicare le conoscenze teoriche acquisite, al reale oggetto edilizio, sono stati esaminati e compresi gli elaborati costruttivi dell'immobile, sino a uno studio dettagliato di un nodo ritenuto significativo e caratterizzante del progetto.

L'applicazione BIM successiva, è dunque il risultato congiunto di tali informazioni, restituendo come risultato finale, un dettaglio costruttivo esaminato a diversi livelli di conoscenza.

## Abstract

### Inglese

BIM, in the last years, has spread and evolved all over the world in the building sector, proposing itself as a useful tool to the professional figures for its advantages in terms of utility and efficiency, during the whole period of life of the work to the planning phases.

This document wants to deepen the utility of the planning detail with BIM, applied to a complex structure that is the "Torre Regione Piemonte", and how this result can bring significant advantages.

The first chapters examine the aspects that link the Facility Management to the BIM and how the latter is the result of an increasingly conscious change towards parametric's design. This introductory excursus follows an analysis aimed at identifying and studying the useful aspects in the application of BIM for the detailed project of this case study.

With the purpose to be able to apply the acquired theoretical knowledge to the real building object, the building

construction drawings were examined and understood, up to a detailed study of a constructive knot considered significant and characterizing the project.

Therefore, the combined result of this information is the next application in which BIM may be used and a constructive detail examined at different levels of knowledge is the returning final result.

## Premessa

La necessità di dover ricorrere a soluzioni di coordinamento informatico nasce dall'esigenza di dover gestire una grande quantità di dati, spesso legate alla dimensione del progetto. La natura cospicua delle informazioni è derivata inoltre dalla possibilità di interagire con diverse fonti di dati, come ad esempio dati grafici, geografici, alfanumerici e documentali ecc.

L'idea di questo elaborato non trova fondamento sulla volontà di voler restituire con interezza un edificio realizzato nel dettaglio, ma di approfondirne solo degli aspetti significativi, seguendo il modello dei tradizionali particolari costruttivi, sviluppandoli tridimensionalmente.

Si è voluto dunque approfondire, il concetto di l'utilità per progettazione di dettaglio con software BIM, applicandolo a una struttura complessa, quale la Torre Regione Piemonte, nella visione di un risultato che possa portare significativi vantaggi nei diversi settori connessi alla fabbricazione di un edificio.

Lo studio di un particolare costruttivo come strumento utile agli scopi e usi derivati da un grado di dettaglio molto avanzato ha mosso da subito la necessità di conoscere l'edificio secondo gli elaborati di progetto e ove possibile la possibilità di visionare e rilevare direttamente gli elementi del nodo costruttivo che sarebbe stato l'oggetto di questo elaborato.

L'edificio in questione è un fabbricato in costruzione il quale ha visto nel tempo numerose modifiche che avrebbero comunque complicato la fase di apprendimento sulle soluzioni ingegneristiche adottate.

Con la voglia di voler modellare nella forma e nelle caratteristiche, un dettaglio costruttivo inusuale, si è da subito rivolta l'attenzione allo spazio del Grande Vuoto, progettato nel prospetto ad est della torre.

Le premesse per lo studio dettagliato al millimetro erano già da subito molto pretenziose soprattutto perché ciò avrebbe comportato un affollamento d'informazioni, su un edificio di cui non avevo nozioni di carattere costruttivo

Inoltre l'utilizzo personale del software BIM Revit era circoscritto ad esigenze più semplici o comunque lontane dalla complessità di un oggetto edilizio esistente.

L'approccio di partenza era sicuramente fondato sulle conoscenze maturate nella progettazione di dettaglio in due dimensioni e una volta compresa la reale complessità compositiva del nodo, che si è pensato di procedere alla modellazione 3D.

Dapprima si sono affrontate le problematiche relative a questo tipo di progettazione, sviluppando il tema in questione, su un nodo costruttivo semplice che mostrando da subito le difficoltà operative, senza dover incorrere a un quantitativo di lavoro eccessivo per poter creare le premesse di partenza.

Il primo approccio è stato quello di studiare la normativa di riferimento, la quale per le classi di definizione in BIM ovvero i LOD, venivano date delle indicazioni chiare sulle informazioni geometriche, la natura dimensionale e le caratteristiche/parametri da aggiungere dell'elemento.

A questa analisi preventiva è seguito il processo di applicazione delle nozioni acquisite, consapevole delle differenze sostanziali nella sua applicazione in un caso reale e così peculiare come quello del DETTAGLIO 01 del Grattacielo della Regione Piemonte.

## Facility Management

Il Facility Management (FM) è quella disciplina che permette di gestire in modo ottimale tutto il sistema di conoscenze, di strumenti e metodi che devono essere coordinati sia nel concetto di spazio che nella gestione delle attrezzature in rapporto alle risorse umane e alla loro organizzazione complessiva.

Dunque è un sistema di conoscenze che non riguardano il core business di un'azienda, ma si riferisce a tutte quelle attività che prendono posizione nella gestione degli edifici, degli impianti e delle apparecchiature connesse.

Il coordinamento di tutte le sfere d'interesse collegate all'edilizia, assume dunque un carattere interdisciplinare avendo al suo interno, competenze di economia, architettura, ingegneria, politica aziendale e scienze comportamentali. L'approccio a questo sistema di informazioni deve essere necessariamente integrale, così come lo è il risultato di questo coordinamento. In tal modo è possibile introdurre input di diversa natura per poi poter estrarre dati, avanzare proposte e soluzioni utili all'utilizzo organizzato efficientemente, di spazi e risorse della struttura edilizia.

La necessità di dover ricorrere a soluzioni di coordinamento informatico nasce dall'esigenza di dover gestire una grande quantità di dati, spesso legate alla dimensione del progetto. La natura cospicua delle informazioni è derivata inoltre dalla possibilità di interagire con diverse fonti di dati come ad esempio dati grafici, geografici, alfanumerici e documentali ecc.

La definizione universale di Facility Management, non è facilmente definibile, a causa della visione personalizzata in relazione alle diverse tradizioni e mercati del Paesi in cui viene accostato.

L'origine di questa pratica è statunitense, ma si diffuse velocemente in tutti quei Paesi il cui settore terziario era avanzato o aveva intenzione di svilupparlo. A causa di ciò esistono molte definizioni alcune delle quali sono riportate di seguito.

Definizione dall'United States Library Congress degli Usa nel 1982:

*“La pratica di coordinamento del/posto spazio di lavoro con l'organizzazione delle persone e delle loro molteplici attività; esso integra al suo interno principi di amministrazione, architettura, psicologia, ingegneria ed economia”<sup>1</sup>*

Secondo Ifma<sup>2</sup>:

*“la pratica di coordinamento tra il posto di lavoro, l'utente e il tipo di lavoro svolto dalle società; esso integra i principi di amministrazione, architettura, psicologia e ingegneria”<sup>3</sup>*

Riportandoci geograficamente in Italia:

*“Per Facility si intendono una gamma di strutture civili, componentistiche, di comunicazione, di trasporti, di pulizia, di ristorazione che partono o si imperniano su complessi edilizi, così il Facility Management riguarda la progettazione, la realizzazione e la gestione di tutti i compiti e processi che si manifestano nell'arco di vita di un edificio”<sup>4</sup>*

Tutte le definizioni esaminate, hanno in comune solo alcune delle attività che possiamo sicuramente attribuire al Facility Management. Riassumendole, possiamo affermare che col il termine Facility Management s'intende la formazione di un ecosistema lavorativo capace di produrre in sicurezza e che possa reagire organicamente agli obiettivi che l'impresa/organizzazione si è fissata nel tempo.

Risultano dunque chiari quali sono gli aspetti coinvolti in questa visione coordinata di attività e queste spaziano dalla pianificazione strategica dei servizi, alla definizione del bilancio dei costi, dall'architettura all'ingegneria, dalla programmazione delle attività manutentive all'organizzazione dello spazio lavorativo, racchiudendo in questa visione, la figura del Project Management, i progetti di ristrutturazione o rifunzionalizzazione e in generale, la gestione di tutti i servizi indispensabili per il funzionamento ideale dell'edificio, dell'organizzazione e delle persone che ne fanno parte.

---

<sup>1</sup> Rondeu E.P., Breown R.K., Lapidis P.D. (1995), Facilities Management, John Wiley & Sons, New York, p. 3.

<sup>2</sup> Ifma (International Facility Management Association), fondata nel 1980, promuove la filosofia del <<posto di lavoro efficiente, efficace, sicuro e a misura d'uomo>>. Silicon Valley chapter of Ifma, 1982

<sup>3</sup> Ibid

<sup>4</sup> Porta L. (1996), “Il facilities Management e la pianificazione integrata”, Office Layout, 67:50.

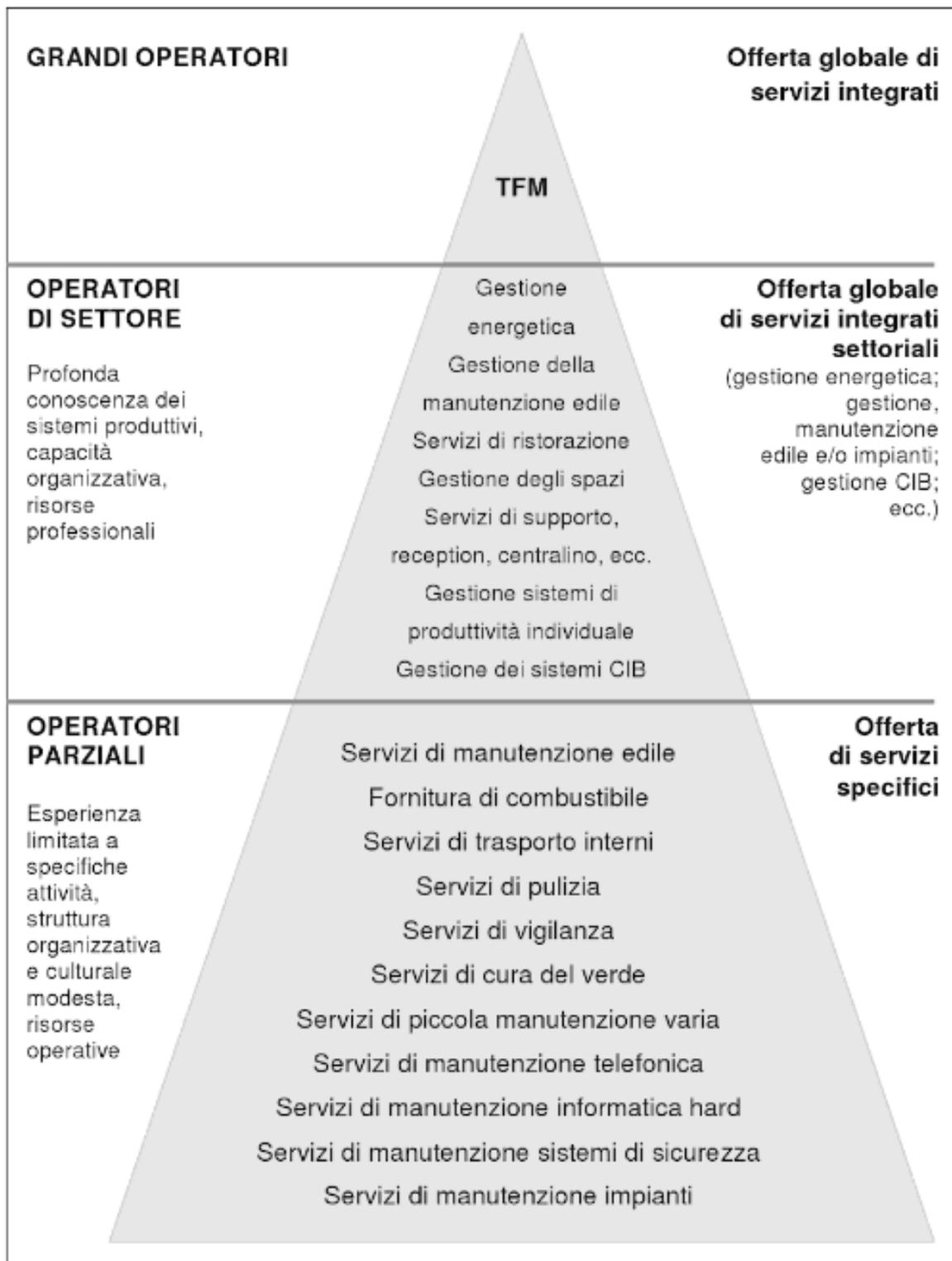


Figura 1 Schema piramidale attività-operatori nel Facility Management

## 1.1 In USA, Nord Europa, Regno Unito e nel mondo

Negli Stati Uniti d'America, già negli anni '70, si parlava di Facility Management, ma i contenuti erano incompleti e poco chiari, tant'è che ne mancava una definizione univoca.

Gli anni di sviluppo e maturità del Facility Management sono riconducibili al decennio successivo, in cui si formarono le prime associazioni, vi furono le prime pubblicazioni oltre che all'inserimento di programmi di formazione già a livello universitario. I primi passi furono mossi dall'individuazione delle esigenze critiche da dover affrontare, come la gestione del personale, l'introduzione di nuove tecnologie fino all'aspetto energetico degli edifici.

Se dal suo canto gli inizi degli anni '80 furono un periodo di forte investimento e produttività, diversamente, alla fine di questo decennio vi fu una forte recessione economica che ha condizionato non solo il linguaggio delle imprese, ma soprattutto una significativa riduzione del personale derivata dalla necessità di ridurre i costi di gestione.

Un estremo cambiamento, ha dunque portato sia il mercato americano che quello europeo a doversi riorganizzare, adeguamenti che ancora oggi cercano risposta in innovativi concetti gestionali e in congrui mezzi tecnologici.

Nonostante la recessione l'ICT ha continuato il suo sviluppo, consentendo alle tecnologie dell'informazione e della comunicazione di mantenere attiva la volontà di rivoluzionare radicalmente le tradizionali pratiche gestionali e organizzative.

Lo slogan <<Someone else does what I do>> tradotto come <<Qualcun altro fa quello che faccio io >>, inteso come un invito a razionalizzare le risorse e le energie focalizzandosi solo sulla propria attività principale, viene coniato proprio negli anni '80 ed è qui che probabilmente va ricercato il punto di partenza di una rivoluzione prima di tutto sociale.

Il concetto del BIM come tecnologia è conosciuto da più di un decennio, ma solo recentemente ha acquisito notorietà nel settore delle costruzioni e tra ricercatori. Questo mutamento è iniziato meno di dieci anni fa e secondo ricercatori e professionisti, l'inizio

della cosiddetta "era BIM" si colloca tra il 2005 e il 2008. Un'intensa attività in relazione al BIM caratterizza il settore e gli ambienti accademici in USA e Regno Unito.

Oggi il BIM è diffuso in tutto il mondo e molti Paesi dichiarano che sta esercitando un'influenza sui rispettivi settori a vari livelli. Il settore delle costruzioni nei paesi sviluppati si sta affrettando ad adottare il BIM come elemento catalizzatore per raggiungere efficienti sviluppi operativi, e già negli ultimi cinque anni si registrati numerosi riscontri positivi.

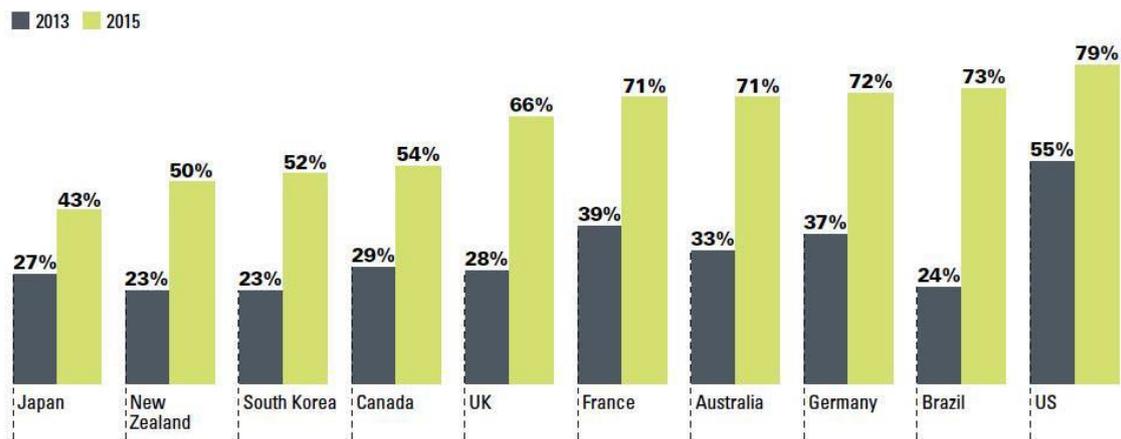


Figura 2 Trend Internazionale utilizzo BIM da 2013 - 2015

Sono state condotte indagini annue per documentare lo stato di fatto e inoltre sono in corso iniziative a livello nazionale volte all'elaborazione di procedure standard e alla stesura di linee guida per il BIM.

Sviluppandosi l'interesse per il BIM, si è anche intensificata l'attività di ricerca, anche se quasi tutte le informazioni disponibili si concentrano essenzialmente su pochi paesi selezionati, per lo più nel contesto del mondo sviluppato.

I Paesi in via di sviluppo non si sono ancora interessati al tema in questione, nonostante il volume delle attività edilizie in tali paesi sembra destinato a crescere e il guadagno che potrebbero trarne è sicuramente vantaggioso. Lo stato della ricerca, dell'educazione e della prassi in relazione al BIM nel resto del mondo, soprattutto nei mercati emergenti, è in gran parte non documentato. Dato l'importante spostamento dell'attività edile verso i mercati emergenti, è prudente esplorare il tema del BIM dal loro punto di vista.

Un recente report di McGraw Hill dal titolo "The business value of BIM for construction in major global markets" propone una prospettiva molto estesa e aggiornata sullo stato del BIM nei mercati più importanti del mondo.

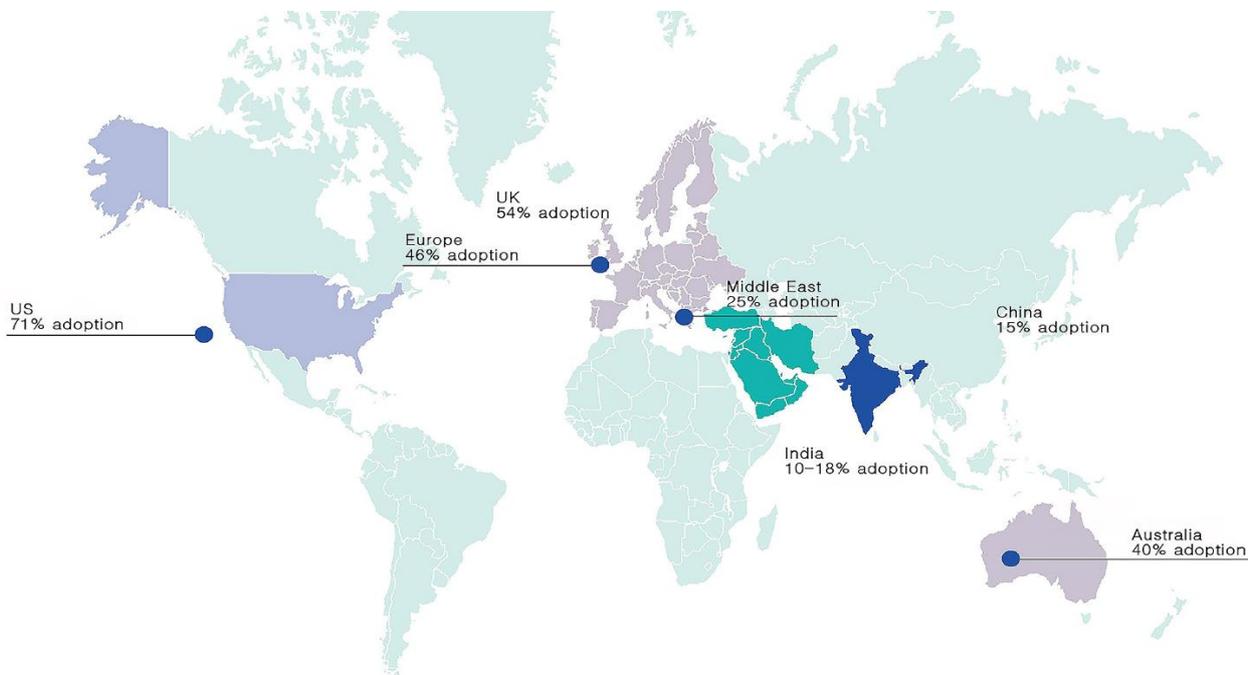


Figura 3 Adozione dei sistemi BIM nel mondo<sup>5</sup>

Sono state oggetto di studio anche nuove aree di mercato come Australia, Brasile, Giappone, Nuova Zelanda e Corea del Sud, con qualche dato anche sulla Cina e l'India. Complessivamente il report evidenzia una solida diffusione del BIM a livello globale, nella quale assume un ruolo importante l'USA e i paesi scandinavi. Anche il Regno Unito ha compiuto grandi passi avanti, pur essendo stato tra gli ultimi a partire.

## 1.2 In Italia

In Italia lo scenario è decisamente diverso, rispetto a quello finora descritto. La nascita del Facility Management è in piena strutturazione, specialmente a causa di un incontrollato e mal gestito patrimonio immobiliare. Le operazioni delle imprese e delle

---

<sup>5</sup> Si veda <https://www.rics.org/globalassets/rics-website/media/upholding-professional-standards/sector-standards/construction/international-bim-implementation-guide-1st-edition-italian-translation.pdf>

istituzioni sono state guidate da una politica di forti investimenti immobiliari, trovandosi ora a dover gestire un vasto patrimonio le cui caratteristiche e stato di fatto sono poco definite.

La difficile gestione del patrimonio immobiliare italiano, scoraggia l'interesse verso lo stato manutentivo degli edifici in relazione ai suoi vantaggi economici. Conseguenza di ciò, è la presenza nel territorio di numerosi fabbricati in stato di degrado, ormai inadatti all'investimento sui fronti dell'adeguamento tecnologico, della sicurezza o del confort, se non tramite un ingente capitale monetario.

In Italia, sia per cultura che per tradizione, la produzione edilizia viene concepita per essere funzionale in un arco di tempo sicuramente superiore alla visione americana, per la quale il ciclo di vita di un edificio si aggira intorno ai 20-30 anni e dunque solo dopo questo periodo occorre effettuare un intervento di riqualificazione.

Essendo i nostri manufatti più longevi, questi devono essere gestiti con programmi più efficaci e redditizi per poter andare incontro a questa visione italiana, oltre la quale il manufatto deve essere radicalmente riqualificato per poter essere inserito nel mercato.

I fattori economici sono in questo scenario, la causa principale del degrado fisico degli edifici: *<<la progettazione viene considerata una attività avente lo scopo di minimizzare i costi edilizi e impiantistici di realizzazione, riducendo così quanto più possibile le spese nel breve periodo senza alcuna considerazione per la fruibilità e l'efficienza degli spazi, delle strutture e degli impianti nel lungo periodo>><sup>6</sup>*

L'interesse al Facility Management, avviene in Italia per motivi legati ai costi di gestione, i quali subirebbero una riduzione, ma è anche scaturito dalla necessità di riqualificazione degli spazi per un uso più dinamico e funzionale.

---

<sup>6</sup> Tronconi O., Ciaramella A. (2006), op. cit.

## Il BIM

### 1.3 Introduzione

Il settore delle costruzioni, negli ultimi anni, sta subendo un cambiamento nell'approccio della progettazione, derivato dallo sviluppo di tecnologie software che ne rivoluzionano le procedure.

Il BIM, acronimo per il **Building Information Modeling**, rivisto in lingua italiana come **Modello d'Informazioni di un Edificio**, è lo strumento su cui si fonda tale cambiamento.

*“Il processo di progettazione e realizzazione delle strutture è cambiato rapidamente. Il cambiamento è dovuto soprattutto all'emergere del metodo BIM e alla sua intrinseca capacità di garantire la validità dei dati inseriti nel manufatto in ogni momento del suo ciclo di vita, permettendo una realizzazione integrata della commessa che era impossibile fino ad ora”*  
Vladimir Bazjanac<sup>7</sup>

Nel clima di una rivoluzione programmata, in cui numerosi software si sono proposti nel compimento di tale evoluzione, rimane salda la volontà di renderli interoperabili a vantaggio di una metodologia di lavoro che ha come mezzo di comunicazione il Disegno per l'architettura, l'ingegneria e più in generale, il settore delle costruzioni.

Si tratta dunque di cambiamenti legati alle necessità professionali, ma anche alle possibilità tecnologiche della nostra era, le quali hanno guidato la progettazione edilizia. Questo, un percorso iniziato dapprima con l'utilizzo di supporti cartacei secondo la tradizionale procedura “a riga e squadra” passando poi per il Computer Aided Design (CAD) fino al BIM e alle molteplici connesse possibilità di restituzione grafica degli elaborati.

In riferimento, invece alle necessità professionali, il BIM permette di curare, oltre alla fase di progettazione anche quella di gestione e manutenzione di un manufatto, fasi ormai

---

<sup>7</sup> Professore emerito del Lawrence Berkeley National Laboratory, University of California

essenziali nella vita dell'organismo edilizio e che difficilmente potrebbero essere gestite tramite CAD.

Il BIM è dunque una **metodologia** attraverso la quale è possibile organizzare e implementare informazioni utili per la realizzazione e comprensione dell'opera staccandosi dal semplicistico attributo di "prodotto" o "software".

La chiave di questo sistema risiede nell'**interoperabilità** delle diverse figure professionali, tramite la quale è possibile cooperare nei diversi settori progettuali dell'unico progetto, senza perdere alcun tipo di dato e mantenendo sempre aggiornato lo sviluppo dell'opera nel suo flusso progettuale, il workflow BIM.

La tipologia e il carattere delle informazioni che riguardano il manufatto, non sono più solo geometriche e spaziali, ma lo spettro conoscitivo dell'oggetto 3D valica il concetto stesso di oggetto in quanto visibile, per appropriarsi di informazioni non visive ma che possono essere consultabili come caratteristiche proprie del modello virtuale. Risiede proprio in questo concetto la potenzialità di questo strumento digitale poiché oltre ad ottenere un modello 3D, visivamente coerente con la realtà, è possibile dotare lo stesso strumento di informazioni ricavabili dalla lettura di grandi quantità di informazioni cartacee contenute in schede tecniche o piani di manutenzione.

L'implementazione del BIM nel settore delle costruzioni, permette ai diversi attori del processo edilizio, di aggiungere e/o estrarre facilmente informazioni da un unico contenitore, migliorandone la funzionalità e facilitandone il progresso così come è già avvenuto negli ultimi decenni nel campo dell'industria.

Negli ultimi 40 anni, i processi di digitalizzazione avvenuti del settore industriale, hanno permesso continui miglioramenti produttivi. Sebbene vi siano stati miglioramenti già dalla seconda rivoluzione industriale, i maggiori profitti sono derivati e successivi alla digitalizzazione e all'informatizzazione dei processi. L'aumento straordinario dell'efficienza e della produttività non ha trovato però lo stesso entusiasmo nel voler ridiscutere le tecnologie legate al settore delle costruzioni, sebbene questi siano discipline complesse e articolate diversamente.

In questo clima di cambiamento e di investimento tecnologico, il BIM è ora la risposta a quell'esigenza di rivoluzione, capace di offrire numerosi spunti, supportati da una tecnologia comunque in continua evoluzione, che presenta criticità derivate dalla sua giovane crescita nel settore professionale del processo edilizio.

Nonostante le brevi tempistiche a svantaggio di un software non ancora maturo e completamente integrato al settore, è già stata ampiamente dimostrata l'efficienza del prodotto e del processo di produzione sia in termini di risorse, impiego del lavoro, energia, costi e gestione.

Ad oggi, la volontà di realizzare e costruire edifici sostenibili, coinvolge un numero sempre di grande di personale qualificato. Il progetto costruttivo si dimostra inoltre, interessato al tema della sostenibilità già dalle fasi iniziali, senza però concludersi al completamento dell'opera, ma proseguendo il suo coinvolgimento sino alle fasi di gestione e manutenzione. Lo scopo dell'edilizia sostenibile è quello di integrare gli aspetti di funzionalità, convenienza economica e design con quelli che sono i principi cardine di un'architettura sostenibile, della salute, del benessere e del rispetto ambientale.



Figura 4 Il BIM<sup>8</sup>

---

<sup>8</sup> Si veda <https://www.aedile.com/2017/09/digitalbim-a-bologna/>

Facilmente si possono trovare diverse definizioni del Building Information Modelling (BIM), che forniscono una spiegazione globale del termine che risulta comunque ancora in mutamento. Le difficoltà risiedono nel dover definire quelli che sono i limiti del BIM, poiché questi si ridefiniscono continuamente essendo un insieme di tecnologie e processi in fase di evoluzione.

L'espansione dei confini ai quali il BIM si riferisce, causa un disorientamento sotto diversi aspetti: assente definizione univoca, continuo mutamento e ridefinizione strutturale dei processi oltre a un quadro normativo ancora in via di sviluppo e soprattutto non universalmente riconosciuto.

Le grandi potenzialità del BIM permettono di superare queste problematiche, essendo uno strumento integrato e utilizzato come catalizzatore del cambiamento, riducendo la scissione delle industrie, migliorandone l'efficacia e la funzionalità e permettendo una riduzione dei costi derivati dalla difficile direzione dei processi fondati sull'interoperabilità del sistema.

Nell'ambito universitario, il BIM rappresenta un nuovo strumento, fondato su concetti ed esigenze note da tempo. Per tutte le professioni legate all'industria, invece il BIM rappresenta un concetto nuovo sia come strumento che come termine, nonostante sia già nell'ambito accademico un tema soggetto a uno sviluppo teorico maturo.

Numerose sono le cause che hanno permesso la crescita del BIM e tra queste: l'aumentata potenza dei mezzi tecnologici, capace di archiviare e gestire grandi quantità di dati; la maggiore consapevolezza delle potenzialità software; lo studio sul tema dell'interoperabilità; quadri normativi sempre più predisposti a nuovi piani di azione.

## 1.4 Interoperabilità

Il vantaggio del BIM dunque, è quello di poter cooperare contemporaneamente all'unico progetto, gestito da un unico cuore che è il BIM stesso.

Risulta dunque evidente che lavorando allo stesso progetto e più in particolare nell'unico file di condivisione, sia possibile ridurre gli errori progettuali derivanti da interferenze che spesso non risultano così evidenti nella progettazione in due dimensioni.

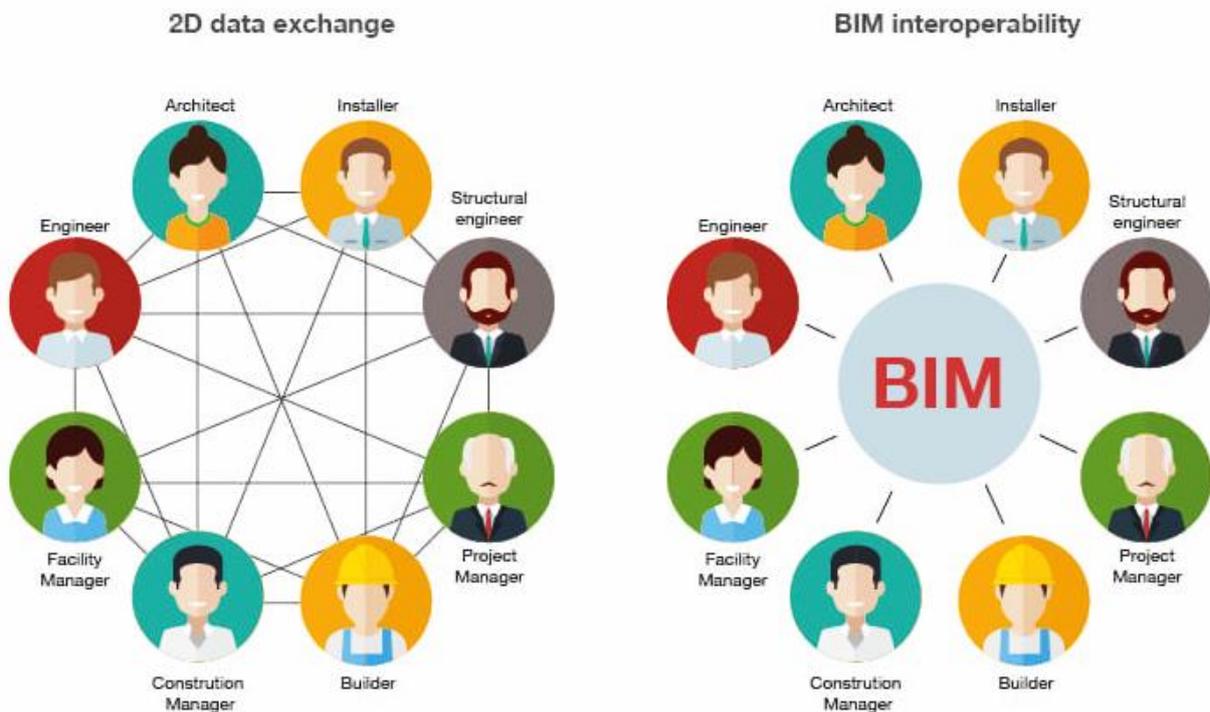


Figura 5 Interoperabilità

La visione di un unico progetto arricchito dalle competenze live di molte figure professionali potrebbe indurre a pensare che questo sistema generi molta confusione, ma in realtà questo apparente caos viene risolto tramite il concetto di modello Centrale.

La condivisione del progetto avviene tramite uno spazio virtuale che viene appunto chiamato "Centrale" e che è consultabile via rete da tutti i membri della squadra di lavoro. Ogni fruitore dispone di una copia del file Centrale nel proprio personal computer, e questa copia viene denominata "Locale".

Il vantaggio di questo sistema risiede nel fatto che ogni utente lavorerà unicamente nel proprio file Locale, che a sua volta può essere condiviso e aggiornato nel Centrale.

Al singolo utente inoltre è data la facoltà di gestire i workset, che non sono altro che un insieme di oggetti del modello, i quali possono essere visionati da tutti gli utenti, ma possono essere modificati solo da colui che li detiene a meno che non vengano "rilasciati".

Spesso, è dunque indispensabile far comunicare più dispositivi all'interno del processo BIM.

Questa comunicazione a volte può attuarsi facilmente (specialmente nel caso in cui gli strumenti impiegati fanno parte tutti della stessa casa madre), oppure incorrere in diverse problematiche.

Ad oggi, lo scambio dei dati tra due applicazioni avviene tipicamente in quattro modi principali:

- direttamente attraverso dei link presenti all'interno del software BIM;
- con l'utilizzo di formati nativi della casa madre del software BIM, i quali si occupano principalmente della geometria;
- con dei formati standard pubblici come ad esempio quello IFC;
- con deformati di scambio basati su XML.

L'IFC (Industry Foundation Class) è il formato più comune utilizzato come standard internazionale per lo scambio di dati e per l'integrazione nell'industria delle costruzioni. L'IFC è il formato più utilizzato nel settore poiché riporta non solo la geometria del modello ma anche i dati in esso contenuti e le relazioni fra gli oggetti, velocizzando le tempistiche ed eliminando pratiche ridondanti.

Alla luce di tutto ciò, si deduce che il BIM è un'attività tecnologicamente energivora e circoscritto da un quadro normativo ancora in sviluppo e per il quale è necessario molto lavoro di ricerca e sviluppo, a volte anche in contrasto con le logiche di mercato.

## 1.5 Cos'è?

Con il termine BIM, come specificato in precedenza, si fa riferimento ad un acronimo di due espressioni che non sono equivalenti tra di loro, ma complementari, i quali evidenziano nel loro significato, due aspetti diversi.

Dunque è possibile tradurre il BIM come **Building Information Model** o come **Building Information Modeling**, vedendolo uno come modello parametrico ed n-dimensionale e l'altro come una metodologia basata sul concetto di interoperabilità.

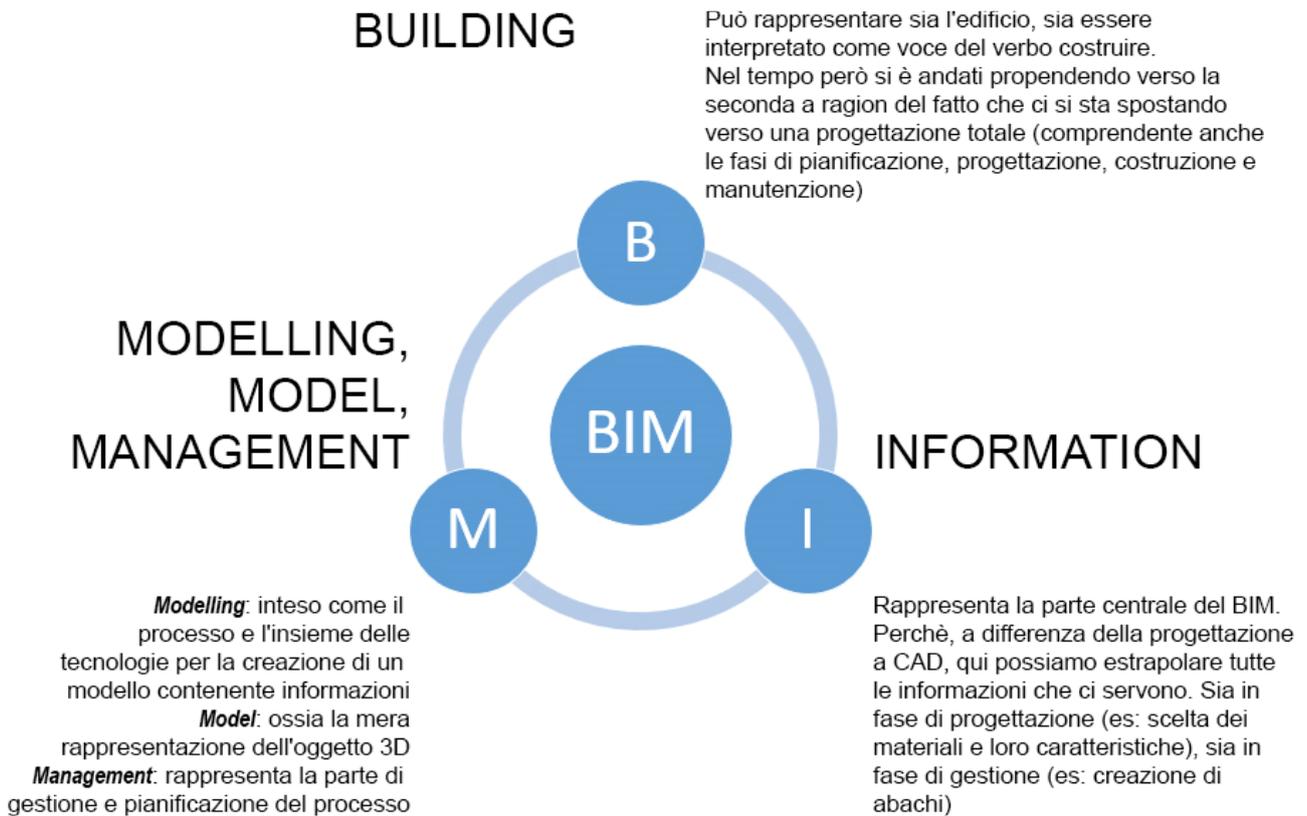


Figura 6 Significati del BIM

Il BIM nel suo significato più completo è inteso come una coesistenza di entrambe le definizioni tradotto come: una metodologia, caratterizzata da modelli basati sull'interoperabilità tra gli operatori, che attraverso le n-dimensioni, supporta la realizzazione e gestione dell'opera in tutto il suo ciclo di vita.

Con il BIM si attua una trasformazione dell'informazione, da semplici disegni a oggetti "intelligenti" intrisi d'informazioni, utili ad agevolare l'intero processo di realizzazione dell'oggetto edilizio.

Le tipologie d'informazione contenute sono molteplici e di natura diversa, nello schema seguente sono indicate quelle più comunemente raccolte:

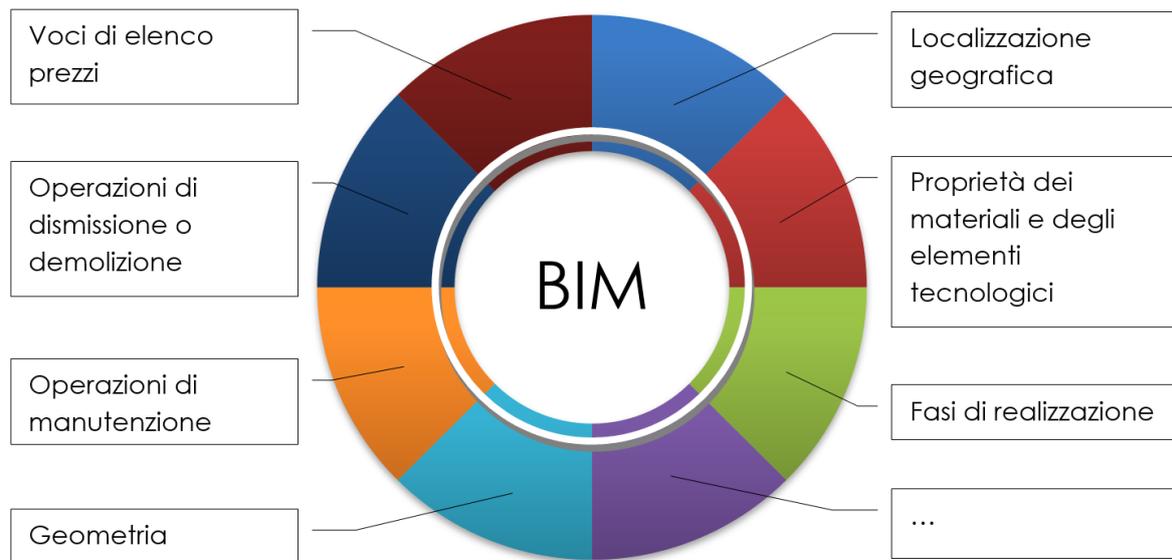


Figura 7 Tipologie d'informazione - BIM

Diversamente dal disegno CAD così come dalla generica rappresentazione 3D, il BIM rivoluziona le modalità con le quali queste informazioni possono interagire col progetto:

- Propone un modello unico e centrale dal quale derivano una moltitudine di documenti come viste, quantità, simulazioni, render ecc.
- Permette l'interazione e integrazione con i diversi processi convergendo le abilità dei professionisti nel modello, senza alcuna perdita d'informazioni.
- Impone esplicita e allinea coerentemente i ruoli e le informazioni rendendo chiare le responsabilità.

La possibilità di ottenere una **visualizzazione 3D** è comunque uno dei motivi per il quale è utile realizzare un modello BIM. Le motivazioni collegate a questo scopo sono molteplici e diverse per interesse, scopo, difficoltà, dettaglio oltre per la possibilità d'inserire direttamente all'oggetto le informazioni che gli riguardano. Sicuramente l'uso più accattivante del modello BIM è legato alla visualizzazione spaziale di ciò che ha intenzione di realizzare.

Questo aspetto, seppur potrebbe sembrare puramente ludico, in realtà apporta molti vantaggi al progetto poiché favorisce la comprensione dell'elaborato a colui che l'ha commissionato e inoltre ne consente il confronto visivo con altre eventuali proposte o varianti.

Il **coordinamento** e la **velocizzazione** degli elaborati è un altro aspetto legato alla gestione concentrata delle informazioni del progetto. Essendo tutte le informazioni collegate, le modifiche apportate al singolo oggetto sono sincronizzate istantaneamente nelle piante, nei prospetti e nelle sezioni. Ciò non velocizza solo l'elaborazione dei documenti di progetto, ma assicura una qualità superiore di coordinamento. Il modello BIM, così come esplicitato in precedenza, contiene un bagaglio integrale d'informazioni, le quali consentono di effettuare **simulazioni** prima che l'edificio sia realizzato. La capacità del BIM di poter **gestire i dati** e le informazioni è un altro vantaggio di questo sistema, poiché non si occupa esclusivamente di aspetti grafici ma può ad esempio fornire indicazioni sulla forza lavoro necessaria, sulla coordinazione in genere e su tutto ciò che può influenzare la pianificazione del progetto.

I vantaggi del BIM non si fermano solo agli aspetti progettuali, ma riguardano tutte le fasi di vita dell'edificio, tra queste le **operazioni immobiliari** occupano una parte importante di questo ciclo. Le attività coinvolte nel project management sono arricchite di così tante informazioni che l'azienda, mediante uno studio mirato è facilitato a relazionarsi con le parti coinvolte nella gestione del progetto.

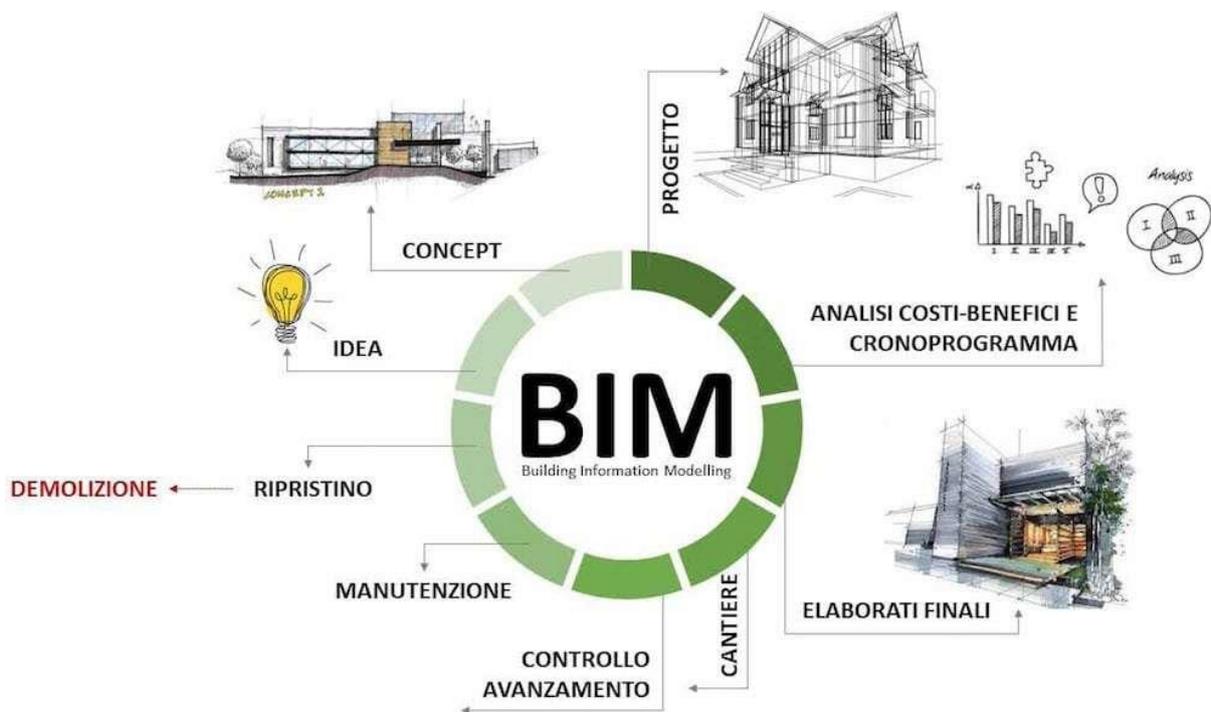


Figura 8 Il BIM nel ciclo di vita di un immobile

## 1.6 Storia

Già dalle prime fonti storiche, il disegno è stato lo strumento adottato dall'architettura e dall'edilizia per la rappresentazione delle informazioni grafiche necessarie al progetto. Per centinaia di anni, il settore industriale, compreso quello edile, seppur frammentato, è stato il motore dell'evoluzione grafica dei disegni architettonici ed ingegneristici 2D e 3D, definendone i principi di rappresentazione che oggi sono codificati e utilizzati nella progettazione.

Negli ultimi 50 anni, il progresso tecnologico digitale ha facilitato la esecuzione delle esigenze del progettista. Il progresso tecnologico è ancora oggi in una fase di rielaborazione verso l'utilizzo di modelli 3D altamente professionali che stanno cambiando la visione del disegno nel settore delle costruzioni.

Negli ultimi 20 anni il BIM è il frutto dell'esperienza e del progresso fatto fin ora.

Eastman in *"A guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers, and Contractors"*<sup>9</sup> descrive come all'inizio, la capacità di rappresentare un insieme di forme poliedriche o più generalmente, forme definite da un volume che racchiude un insieme di superfici a fini della visualizzazione è stata sviluppata alla fine degli anni '60. Queste prime forme poliedriche possono essere usate per comporre un'immagine ma non per progettare forme più complesse.

Da quel tempo il progresso ci ha portato fino alla modellazione solida, passando tra la fine del 1970 e gli inizi degli anni '80, a sistemi CAD. Da subito le industrie che videro in questa tecnologia, un potenziale, decisero di lavorare con le compagnie software per sviluppare questo sistema.

Il settore delle costruzioni non si propose come settore di sviluppo tecnologico, ma adottò comunque questi sistemi digitalizzati per il disegno architettonico e la stesura di documenti, senza porre l'attenzione all'esigenza di espandere il range d'azione su tutto il processo edilizio.

---

<sup>9</sup> C. EASTMAN, P. TEICHOLZ, R. SACKS, K. LISTON, BIM handbook. A guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers, and Contractors

Solo alla fine degli anni '80 la modellazione parametrica viene utilizzata per il progetto di impianti meccanici ed è da qui, che comprendendone le potenzialità, che si svilupparono significativi mutamenti nella progettazione.

La parametrizzazione degli oggetti è stato il vero salto in avanti rispetto alla tradizionale visualizzazione CAD 3D, in cui ogni aspetto del modello deve essere attuato manualmente dal modellatore, e non automaticamente come avviene nel modello parametrico in cui le modifiche si correggono autonomamente. Risiede in questo concetto la nascita della generazione BIM.

Graphisoft<sup>10</sup> fu la prima azienda che nel 1986 implementò questa idea col software ArchiCAD<sup>11</sup>.

Questo software ha permesso agli architetti di creare virtualmente una rappresentazione tridimensionale (3D) del loro progetto e non più bidimensionali. Ciò era importante perché architetti e ingegneri furono per la prima volta capaci di gestire grandi quantità di dati "all'interno" del modello dell'edificio, coordinando dati geometrici e spaziali e inoltre le proprietà e le quantità dei componenti utilizzati.

Da allora sono stati fatti incalcolabili progressi e a partire dal mese di aprile del 2003 - quando Jerry Laiserin organizzò un dibattito face to face sul BIM tra Autodesk e Bentley - l'espressione BIM è diventata molto popolare.

Parallelamente all'evoluzione della nomenclatura e dei risultati della ricerca e sviluppo (R&D) in ambito universitario, anche l'implementazione dei prodotti commerciali con approccio BIM ha una lunga storia e molte funzioni di modellazione BIM sono oggi possibili con software come *AllPlan*, *ArchiCad*, *Autodesk Revit*, *Bentley Building*, *DigitalProject*, *GenerativeComponents* o *VectorWorks*, per citare i più conosciuti.<sup>12</sup>

---

<sup>10</sup> Azienda ungherese di proprietà della Nemetschek con sede a Budapest, in Ungheria, che fornisce soluzioni software per l'industria delle costruzioni.

<sup>11</sup> Si veda <http://bim-modeling.blogspot.it/2010/12/history-of-bim-and-success-story-till.html>

<sup>12</sup> Cfr. A. OSELLO, Il futuro del disegno con il BIM per ingegneri e architetti, pp. 25-2

## 1.7 Dal CAD al BIM

Per poter meglio capire come nel tempo si sia trasformato il processo di rappresentazione sino alla progettazione, si riporta di seguito uno schema che mette in relazione l'evoluzione dell'uomo e il progresso dei mezzi e sistemi progettuali nel tempo, dalle prime forme di rappresentazione grafica sino all'introduzione del BIM.

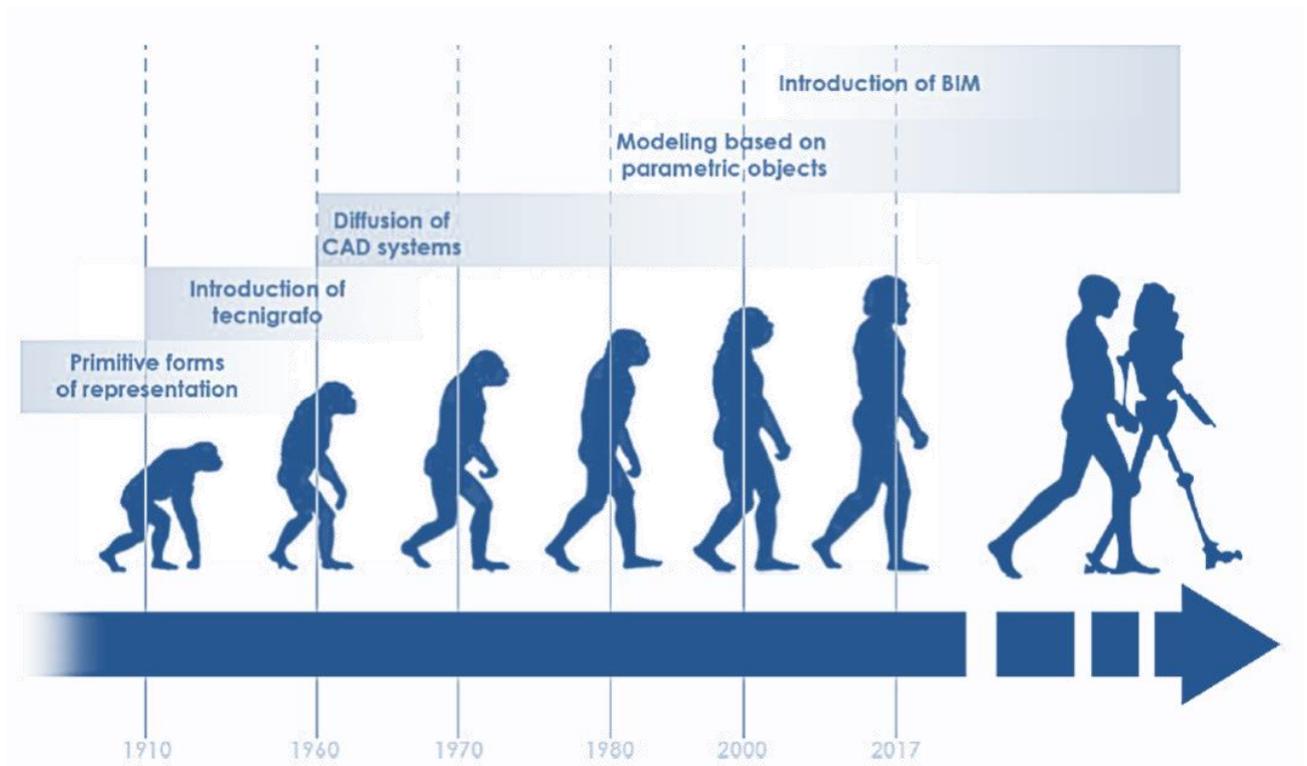


Figura 9 Evoluzione dei sistemi di rappresentazione e progettazione

L'intuizione di poter utilizzare uno strumento fondato dalle peculiarità del BIM, fu esaminata già dalla metà del 1980, anche se il termine diventerà comune diversi anni dopo e comunque solo nei settori industriali che sviluppavano il CAD.

Le applicazioni CAD riproducono il tradizionale processo che avveniva con l'uso del tecnigrafo, quindi si producono disegni bidimensionali mediante elementi grafici 2D (linee, tratteggi, testi, ecc.). I numerosi elaborati CAD realizzati nel settore edile, così come i disegni

su carta, sono realizzati autonomamente l'uno dall'altro, quindi ogni modifica al progetto va riportata manualmente in ogni elaborato CAD.

Diversamente, i software che implementano il BIM riproducono il reale processo costruttivo. Piuttosto che creare disegni 2D con lo strumento "linea", il fabbricato viene edificato virtualmente attraverso elementi costruttivi "reali" come muri, solai, finestre, tetti, ecc. e ciò consente ai progettisti di seguire una logica progettuale più aderente alla pratica costruttiva.

Dal momento che tutti i dati sono contenuti nell'edificio virtuale, ad ogni modifica del modello segue l'aggiornamento automatico di tutti i disegni da esso derivati. Con questo approccio integrato al modello, il BIM non offre solo un notevole incremento di produttività, ma pone anche le basi per una progettazione più coordinata ed un processo costruttivo che parte dal modello computerizzato.

Nonostante il passaggio dal CAD al BIM sia già giustificato dai benefici ottenibili in fase progettuale, il BIM offre anche altri vantaggi per la realizzazione e la gestione del manufatto.

La progettazione BIM si basa sull'utilizzo di software 3D, nel quale un unico database gestisce tutte le informazioni condividendole con i soggetti coinvolti così come definito dal concetto di interoperabilità.

Questa trasformazione non riguarda solo il semplice rinnovamento degli strumenti operativi, ma si è evoluto soprattutto il metodo di progettazione, minimizzando gli errori che più comunemente si commettono nel coordinare i dati multidisciplinari della progettazione integrale.

Se con la progettazione basata su sistemi di supporto 2D, ogni professionista doveva direttamente scambiare informazioni con tutte le altre figure, generando una maglia intricata di connessioni mutevoli e spesso subordinate alle tempistiche di elaborazione dati, con l'uso dei software BIM, tutti i professionisti sono costantemente collegati e aggiornati.

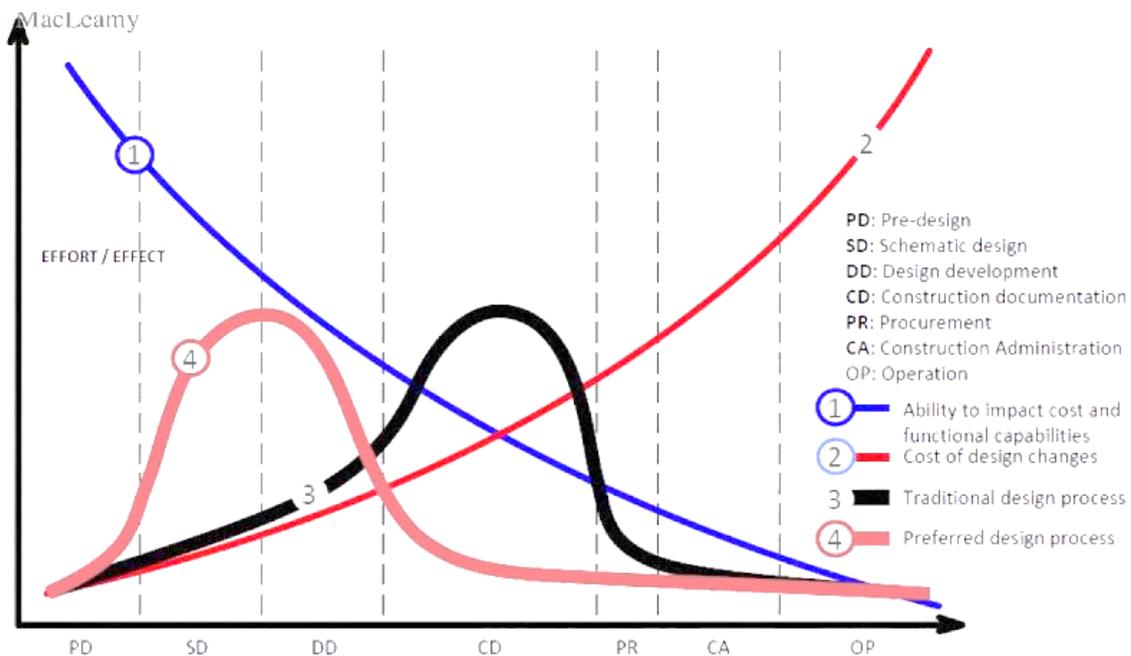


Figura 10 Schema del processo di progettazione. Da MacLeamy, AIA 2007

Dunque, se da un lato il CAD ha cambiato il modo in cui il disegno viene realizzato, il BIM ha rivoluzionato il modo in cui il progetto viene realizzato. Questo salto evolutivo rimanda necessariamente allo studio del nuovo ambiente digitale dal quale sorgono numerose considerazioni.

I sistemi CAD nascono con la volontà di automatizzare gli aspetti legati al disegno, dunque l'obiettivo principale era quello della rappresentazione in due dimensioni, per superare il significato dei semplici segni grafici, fu introdotto il concetto di organizzazione su strati, attraverso la possibilità di raggruppare elementi nei layer. All'introduzione del CAD 3D ci si focalizzò quasi completamente sulla modellazione di elementi geometrici in tre dimensioni che supportassero unicamente gli aspetti di visualizzazione e da qui il concetto di rendering per la simulazione realistica fino alla realizzazione di filmati.

Il vero salto concettuale avvenne quando si introdusse il 3D parametrizzato, dove gli oggetti sono definiti da variabili e regole capaci di interagire con altri elementi come se avessero una loro "intelligenza programmata". L'oggetto muro potrà essere allungato, unito ad altri e possono essere associate delle proprietà come ad esempio i materiali.

Un breve elenco delle proprietà tipiche del CAD 3D, dei CAD 3D Object- Oriented e del BIM sicuramente può aiutare a comprendere meglio la reale differenza tra CAD e BIM.

Il **CAD 3D** adopera soprattutto elementi geometrici, come ad esempio solidi, superfici o altre entità 3D. I modelli geometrici possono servire per verificare e risolvere problemi geometrici, come ad esempio:

- a) chiarire le geometrie delle singole parti o dell'insieme;
- b) rendere visibile il risultato geometrico;
- c) organizzare le basi geometriche per le simulazioni di tipo analitico, come ad esempio quelle energetiche e quelle strutturali;
- d) scoprire eventuali collisioni (solo tra solidi);
- e) verificare se una soluzione costruttiva può essere messa in pratica;
- f) estrarre dati relativi ad area, peso o volume, ma senza identificazione. Normalmente i modelli geometrici sono facili da scambiare grazie al basso livello di informazioni in essi contenuti.

Il **CAD 3D Object-Oriented** adopera oggetti CAD con associati dati geometrici ed attributi. Esso consente di:

- a) verificare e risolvere gli stessi problemi geometrici dei modelli;
- b) utilizzare diverse forme di rappresentazione grafica adattabili per scala e metodo di visualizzazione;
- c) automatizzare operazioni, come ad esempio l'inserimento o lo spostamento di finestre nei muri;
- d) ordinare gli oggetti sulla base delle proprietà;
- e) costruire le basi per le estrazioni automatiche, incluse quelle relative alle quantità;
- f) definire le basi per lo scambio di dati con altri programmi, con la conservazione dei contenuti semantici.

Il **BIM** è una metodologia fondata sulla modellazione di un contenente ogni informazione relativa alla costruzione. In aggiunta ai contenuti dei modelli CAD 3D Object-Oriented, questo modello include informazioni come ad esempio le specifiche di capitolato, le specifiche particolareggiate degli elementi dell'edificio, i dati economici ed i piani di lavoro.

In altre parole, il BIM consente ai progettisti di integrare tutte le informazioni di un progetto all'interno di un unico database digitale. Questo database è una descrizione completa dell'edificio e del luogo in cui esso è inserito e contiene tutti gli oggetti descritti da un accurato 3D geometrico comprensivo degli attributi che determinano la descrizione dettagliata di ogni parte dell'edificio e della relazione tra i diversi elementi che lo costituiscono.

Spesso questi file non sono semplici da scambiare a causa dell'elevato livello di informazioni in essi contenuti.

In breve, il BIM sicuramente offre molte prospettive di impiego rispetto al CAD poiché evoluzione di quest'ultimo, ma richiede allo stesso tempo che diventi una pratica comunemente condivisa per poter essere completamente efficiente, specialmente nel settore delle costruzioni.

## 1.8 Le dimensioni del BIM

In generale col il termine "dimensione" s'intende il numero di direzioni indipendenti che descrivono il mondo fisico. La rappresentazione in tre dimensioni ci permette di visualizzare l'oggetto nella sua interezza geometrica nello spazio.

Per realizzare un oggetto utilizzando il BIM, è necessario estendere il quadro dimensionale sino a numero minimo di sette dimensioni. Queste sono indipendenti tra di loro, perché possono essere descritte autonomamente senza generare informazioni ridondanti e quindi superflue.

L'autonomia di gestione delle dimensioni riguarda anche il differente livello di precisione attribuibile a ciascuna estensione, senza dunque dover necessariamente avere un legame con le altre. L'esempio di un modello realizzato nelle prime fasi di progettazione,

può essere esaustivamente considerato per questa analisi, poiché la geometria dell'edificio sarà sicuramente sommaria, ma è comunque possibile definire tutte le informazioni utili per la redazione di un computo metrico completo.

Per poter meglio comprendere la multidimensionalità del BIM, si riportano di seguito, le peculiarità delle sette dimensioni sopra citate.

- BIM 3D: dimensione è necessaria per potersi approcciare BIM. Consente la rappresentazione geometricamente completa di ciò che è esistente o in fase di costruzione. Consente inoltre la controllo del progetto, la concretizzazione di navigazioni virtuali nell'oggetto, il rendering e la realizzazione delle viste di sezione.

- BIM 4D: alla precedente dimensione, qui viene integrato il concetto temporale di gestione del progetto. Il modello digitale può essere associato a una pianificazione per simulare lo sviluppo del progetto.

- BIM 5D: questa dimensione è legata ai costi consentendo la stesura del computo metrici estimativo avvalendosi anche delle precedenti è dunque entrare a conoscenza in qualsiasi momento della condizione finanziaria di un progetto.

- BIM 6D: questa dimensione riguarda sia gli aspetti legati allo sviluppo sostenibile e dunque alle valutazioni di sostenibilità di un fabbricato, ma anche quelli legati al settore energetico dell'edificio.

- BIM 7D: è descrivibile più semplicemente facendo riferimento a tutte le operazioni collegate al Facility Management e dunque a tutte le problematiche riscontrabili nella gestione e manutenzione di un fabbricato.

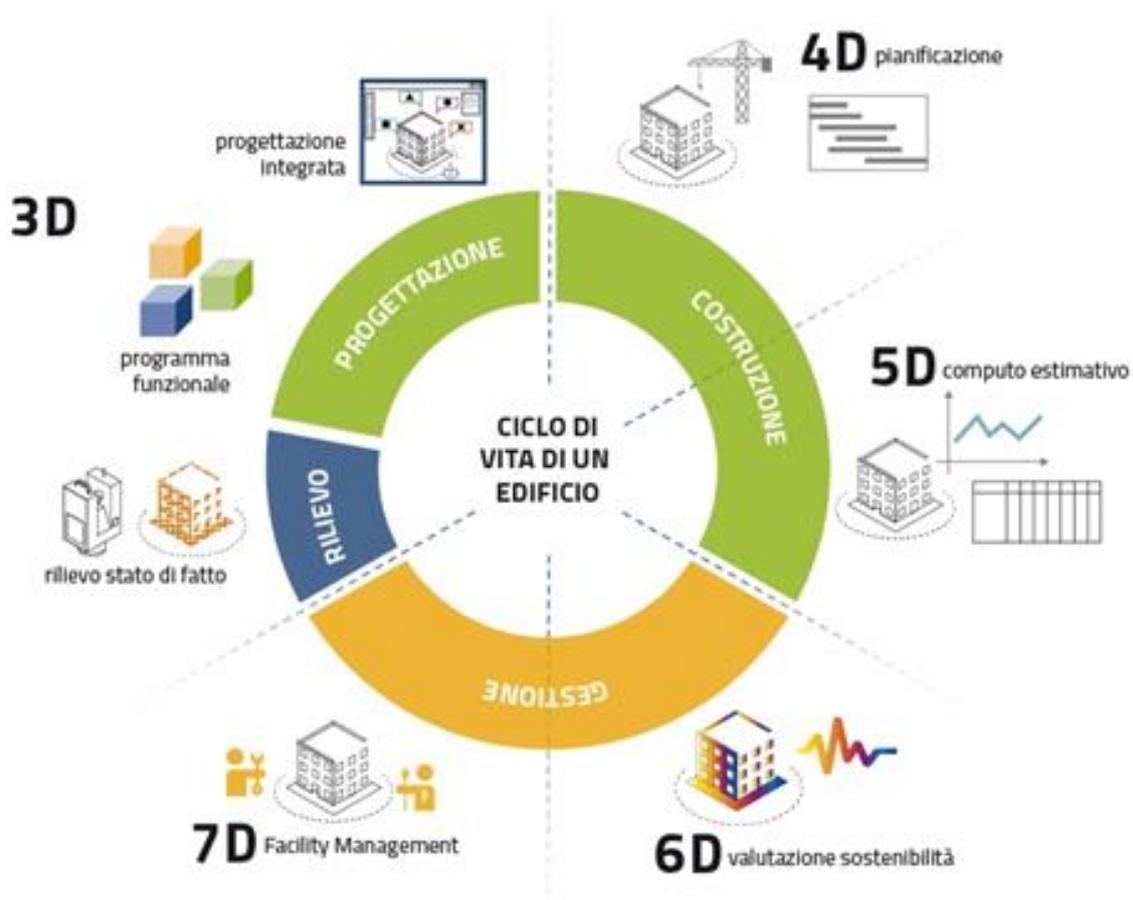


Figura 11 Le dimensioni del BIM nel ciclo di vita dell'edificio<sup>13</sup>

Di recente, si è discusso anche un'ulteriore dimensione, il BIM 8D, che potrebbe racchiudere le tematiche della gestione della forza lavoro in un progetto, come per esempio gli aspetti di sicurezza nei cantieri.

Preso coscienza di questa moltitudine di aspetti del BIM, per alcuni esponenti è risultato utile e semplificativo parlare di "Edificio XD" o "BIM XD", dato il numero di dimensioni potenzialmente associate al modello digitale.

L'aspetto evidente da questa analisi dimensionale sul modello digitale è comprensibilmente uno slancio che preme verso una completa digitalizzazione del processo di costruzione.

<sup>13</sup> Si veda <https://www.architetti.com/bim-summit-2017-digitalizzazione-e-revoluzione.html>

## 1.9 Livelli del BIM

Il modello di maturità BIM, rappresenta uno dei più importanti contributi forniti dal Regno Unito. Questa visione è stata introdotta da Mark Bew e Mervyn Richards nel 2008. È stato concepito al fine di misurare, su una scala di valori interi compresi tra lo 0 e il 3, il livello di integrazione e implementazione del BIM.

Questo modello a rampa espone il graduale passaggio tra i livelli di maturità BIM del settore. Ad una prima visione, questo grafico può apparire complesso da comprendere, poiché concentra in un unico modello molte informazioni: i tre livelli del BIM, i relativi formati interoperabili e vari standard.

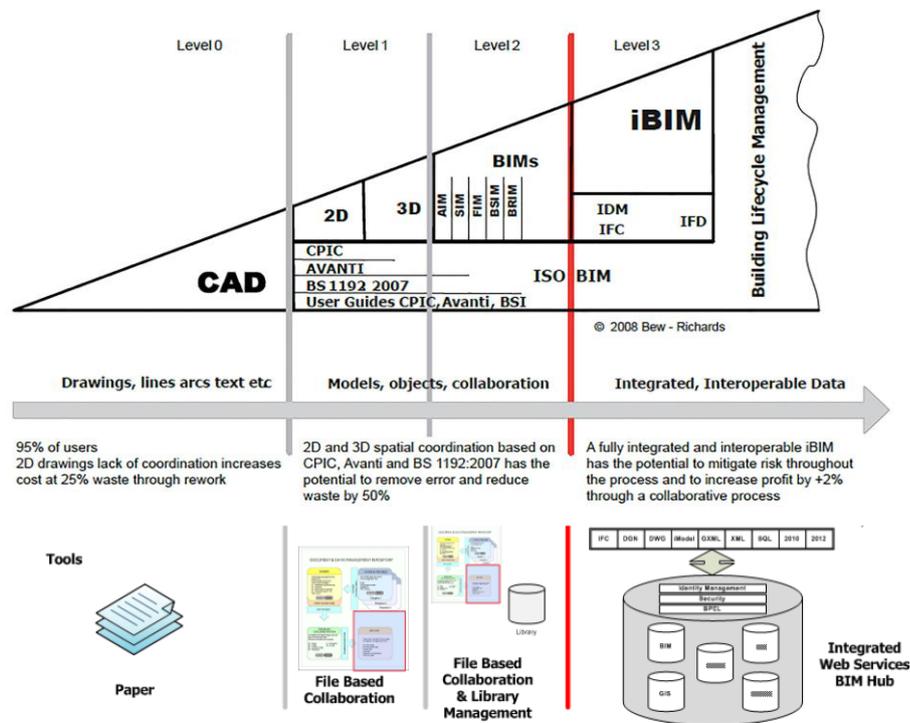


Figura 12 Rielaborazione del modello di maturità BIM di Bew-Richards<sup>14</sup>

Dallo studio del grafico si possono dedurre le seguenti informazioni sui differenti livelli di maturità:

<sup>14</sup> Estratto dal libro: Richards, M., *Building information management: A standard framework and guide to BS 1192*, BSI Standards, Londra, 2010 (ISBN 978 0 580 70870)

- Livello 0: indica che non esiste cooperazione tra le figure interessate, vengono utilizzate sole tavole CAD 2D e la realizzazione e conduzione dei progetti è basata su informazioni scambiate tramite supporti cartacei. Escludendo la possibilità di una riduzione facilitata delle comuni inefficienze.
- Livello 1: contrassegna il passaggio dall'ambiente cartaceo a un ambiente 2D e 3D, con uno spostamento del focus sulla collaborazione e sulla condivisione di informazioni. Questo è un modello digitale non è ideato per l'uso collaborativo ma, i modelli vengono realizzati per scopi specifici legati a esigenze interne di ciascuna azienda, senza alcuna specifica riflessione sullo scambio di dati. Questo livello di maturità è anche soprannominato "Lonely BIM", ed è spesso impiegato nei progetti pilota per le aziende che passano al BIM, le quali iniziano a familiarizzare con gli strumenti, a personalizzare i modelli e a usufruire del valore aggiunto del modello digitale, per esempio automatizzando l'aggiornamento dei progetti o l'ottenimento delle misurazioni.
- Livello 2: in questo livello è caratterizzato dal lavoro collaborativo in cui si utilizzano metodi dedicati alla produzione, scambio, pubblicazione e archiviazione delle informazioni. Tutte le parti interessate usano modelli CAD 3D, anche se non necessariamente devono lavorare su un unico modello condiviso ma in modelli federati. Ogni partner, deve dunque esportare i propri file in formati di uso comune, tra i quali ad esempio IFC o COBie (Construction Operations Building Information Exchange). Seguendo l'andamento della rampa, si può notare l'inserimento nel modello di "intelligence e metadati" aggiuntivi e poiché si tratta di modelli proprietari e incentrati sulle singole discipline, questo livello è talvolta definito "pBIM". L'integrazione del modello avviene sulla base di un ambiente di dati comune (CDE, Common Data Environment). Per molti, questa fase segna l'inizio del BIM e definisce un obiettivo da raggiungere per i paesi europei i quali sono sostenuti da incentivi governativi. Per alcuni paesi nel settore degli appalti pubblici, questo è un livello di maturità BIM da raggiungere per legge e quindi obbligatorio.
- Livello 3: un modello digitale integrato chiamato anche iBIM (Integrated Building Information Modeling), questo livello è visto come la fase finale del processo. Si perviene a un "iBIM" interamente integrato, contraddistinto dall'uso di un singolo

modello fruibile da tutti i componenti del team. Rappresenta una collaborazione totale, continua e multiprofessionale. Si basa su un singolo modello digitale, ospitato su un server dedicato (nel cloud, per esempio), dove le parti interessate lavorano in tempo reale su un singolo database. I requisiti in termini di maturità tecnica del software e di protocolli organizzativi e legali di questa modalità sono tali per cui ancora la sua attuazione è sporadica nel nostro settore. Il raggiungimento del livello 3 è considerato un livello di maturità aperto, che lascia spazio a ulteriori progressi del BIM e della tecnologia informatica.

## 1.10 LOD

Con la sigla LOD s'intende l'acronimo di **Level of Development** tradotto in lingua italiana come Livelli di Sviluppo.

I livelli di dettaglio sono definiti dal Model Progression Specification (MPS) per il BIM, documento usato dall'American Institute of Architects (AIA), realizzati dal CSI Uniformat 2010.

Con l'espressione "Livello di Sviluppo" s'intende un concetto molto ampio nel quale sono inglobati gli aspetti grafici e non, ed ha lo scopo di indicare con chiarezza la completezza a cui un elemento del modello.

I Livelli di Sviluppo (LOD – Level of Development) sono un riferimento che permette agli operatori del settore AEC (Architecture, Engineering and Construction) di spiegare e articolare distintamente i contenuti e l'affidabilità dei modelli BIM in tutte le fasi della progettazione e del processo edilizio.

Questa specifica, concede agli autori del modello di circoscrivere ciò su cui i loro modelli sono basati e permette agli utenti finali di cogliere con chiarezza l'impiego e i limiti dei modelli ricevuti.

Lo scopo al quale queste descrizioni si appoggiano è anche quello di standardizzarne l'uso divenendo uno strumento più funzionale alla comunicazione progettuale. I livelli di sviluppo non prescrivono quali sono i livelli di sviluppo da raggiungere o in che fase del progetto devono essere raggiunti, ma lascia il compito all'uso che l'utilizzatore ne vuole

fare. Affinché il documento raggiunga il suo intento, sono elencati di seguito quelli che sono i principali obiettivi, ovvero:

- Aiutare i team a specificare il risultato finale BIM e quali immagini dovranno essere incluse;
- Aiutare i design manager ad illustrare ai propri team, le informazioni e i dettagli da fornire durante il processo di progettazione;
- Permettere agli utenti finali di fare affidamento sulle specifiche informazioni contenute nel modello ricevuto da altri;
- Procurare degli standard a cui fa riferimento il contratto ed il BIM Execution Plan.<sup>15</sup>

L'acronimo LOD fu inventato dalla Vico Software, una software house che crea software per l'analisi dei costi di realizzazione dell'edificio. La Vico comprese subito il valore del BIM, ma non era in grado di chiarire ai progettisti la quantità di dettagli necessari per il modello. Questa fase è molto importante perché nel BIM non c'è nessuna relazione tra la misura dell'oggetto e come questo viene misurato, poiché tale processo viene realizzato automaticamente.

Lo sviluppo dei Livelli di Dettaglio (Level of Detail) è stato ideato pensando a tale processo. Nella pratica, definire la misura di un oggetto è un'azione atta a dare il giusto prezzo ai singoli elementi. Inizialmente sono stati classificati quattro livelli di dettaglio, dal LOD 100 (livello di dettaglio base, come ad esempio area o volume dell'oggetto) al LOD 400 (misure realistiche dell'oggetto da poter usare per effettuare il pagamento).

Nel 2008 l'AIA decise di allargare questo criterio su tutte le categorie BIM, iniziando dalle simulazioni energetiche fino all'organizzazione in 5D. Questo sistema è stato denominato Level of Development. Al fine di sostenere ulteriormente la volontà di ottenere un processo di standardizzazione più solido, di utilizzare il concetto di LOD e aumentarne l'utilità come base per la collaborazione, l'AIA ha autorizzato il BIMForum ad utilizzare le sue definizioni di LOD nelle specifiche 2015.

---

<sup>15</sup> MICHELE SCIALPI, IL BIM E L'INTEROPERABILITÀ TRA I SOFTWARE

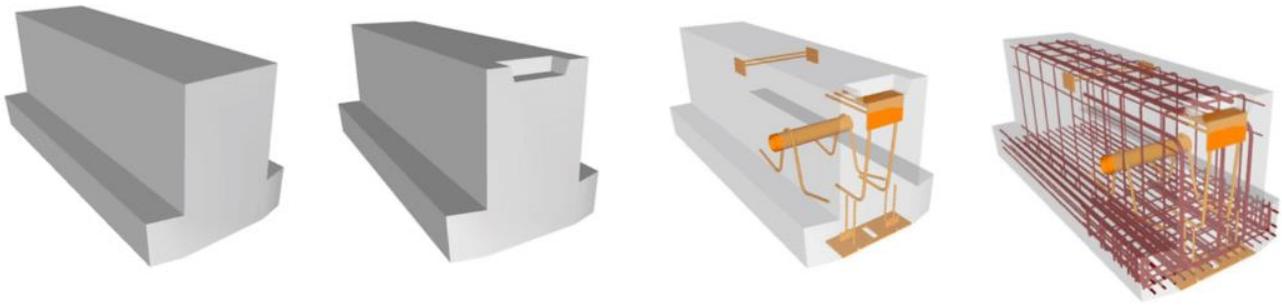


Figura 13 Levels of development<sup>16</sup>

Tuttavia i modelli digitali del processo BIM, basi di dati unificate o riunite in archivi federati, necessitano di una struttura regolamentata per gestire nel migliore dei modi i propri dati informativi, suddividendoli nei tempi e nei modi più adeguati a coloro che ne devono fare un uso operativo.

### 1.10.1 LOG e LOI

I fabbricati digitali, generati in ambienti di modellazione software sono sempre più lontani dal concetto vettoriale del CAD, oltrepassando il confine tra la semplice rappresentazione geometrica e un modello dotato di informazioni estese, in virtù di componenti sempre più "intelligenti" e capaci di dotarsi di criteri intrinseci di relazione.

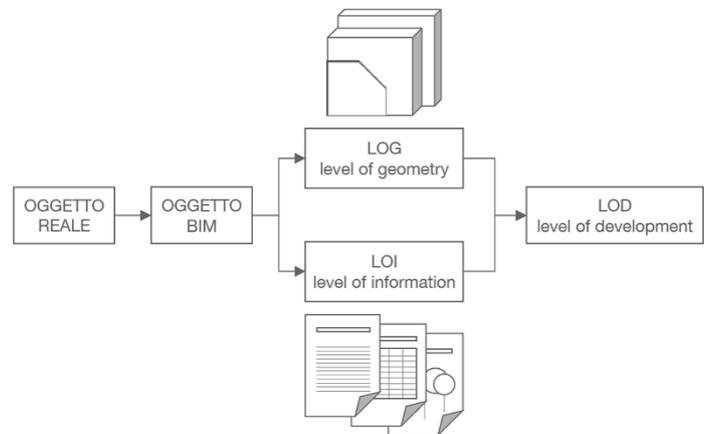


Figura 14 Rielaborazione dello schema LOG-LOI-LOD<sup>17</sup>

Le "famiglie" digitali dei componenti edili, contengono dati che ne differenziano non solo la forma, ma anche il costo, i parametri prestazionali, le modalità di posa e tutti quei dati utili al processo di realizzazione dell'opera. La gestione del tempo impiegato, assume

<sup>16</sup> Fonte: <https://www.mestekmachinery.com/bim-levels-of-development#prettyPhoto/gallery/0/>

<sup>17</sup> Fonte: Alberto Pavan slide - DIGITALIZZAZIONE DEL SETTORE COSTRUZIONI: UNI11337:2017 DAL BIM ALLA PIATTAFORMA DI FILIERA

pertanto molto interesse, ma è indispensabile definire quali e quante conoscenze devono essere inserite nell'archivio durante il ciclo di vita delle attività di pianificazione, di costruzione e di manutenzione successiva.

A tal fine sono stati introdotti i Livelli di sviluppo LOD (Level of Development) e i **Livelli di Sviluppo LOI**, intesi come una misura della sicurezza e dell'affidabilità delle informazioni, scelte e introdotte nelle varie fasi di elaborazione, rivolte agli svariati team di progetto.

Ciò nonostante, come già sosteneva Brian Renahan nel 2013, il termine LOD è da usare con attenzione per non incorere a certa confusione con i Levels of Detail, che invece sono l'estensione dell'acronimo **LOG** ovvero i **Livelli di Dettaglio**.

Con questa sigla si fa riferimento al dettaglio grafico che distingue un componente. I Livelli di Sviluppo, invece, non sono obbligatoriamente uno strumento che misura la quantità d'informazioni inserite in un elemento del modello, anche se quest'ultimo deve ovviamente contenere sufficienti informazioni per soddisfare il livello del LOD di riferimento.

#### 1.10.2 Normativa a confronto

Mettiamo ora un confronto la **G202-2013, Building Information Modelling Protocol Form di AIA** e la **UNI 11337-4:2017 italiana**, in modo da esaminare le differenze nelle definizioni e interpretazioni assegnate, alle quali bisogna far riferimento nel corso delle attività di progettazione del modello BIM.

La G202-2013, Building Information Modelling Protocol Form di AIA suddivide i LOD nel seguente modo:

- **LOD100** – Gli elementi del modello con questo livello di sviluppo possono essere rappresentati genericamente da un simbolo, non necessariamente fedele per forma, estensione o localizzazione. Sono una approssimazione indicativa, solamente grafica.
- **LOD200** – Gli elementi del modello con questo livello di sviluppo rappresentano sistemi generici approssimandone forma, dimensioni e localizzazione, con la possibilità di comportarsi da link verso documenti loro allegati.

- **LOD300** – Gli elementi del modello con questo livello di sviluppo sono definiti per forma, quantità, dimensione e posizione, mantenendo la possibilità di comportarsi da link verso documenti loro allegati.
- **LOD350** – Gli elementi del modello con questo livello di sviluppo si differenziano dal precedente LOD350 per la possibilità di integrare anche parametri di relazione con altri insiemi di elementi presenti nel progetto; in tal modo, distanze reciproche, lunghezza di tracciati o componenti, vincoli e rispetti possono essere quantificati direttamente dal modello, senza riferirsi a documenti specifici.
- **LOD400** – Gli elementi del modello con questo livello di sviluppo includono dati sulla forma, quantità, dimensione, posizione, dettagli di assemblaggio, istruzioni di posa e caratteristiche di fabbricazione.
- **LOD500** – Gli elementi del modello con questo livello di sviluppo sono stati verificati in opera, confermandone i dati su forma, quantità, dimensione e posizione.

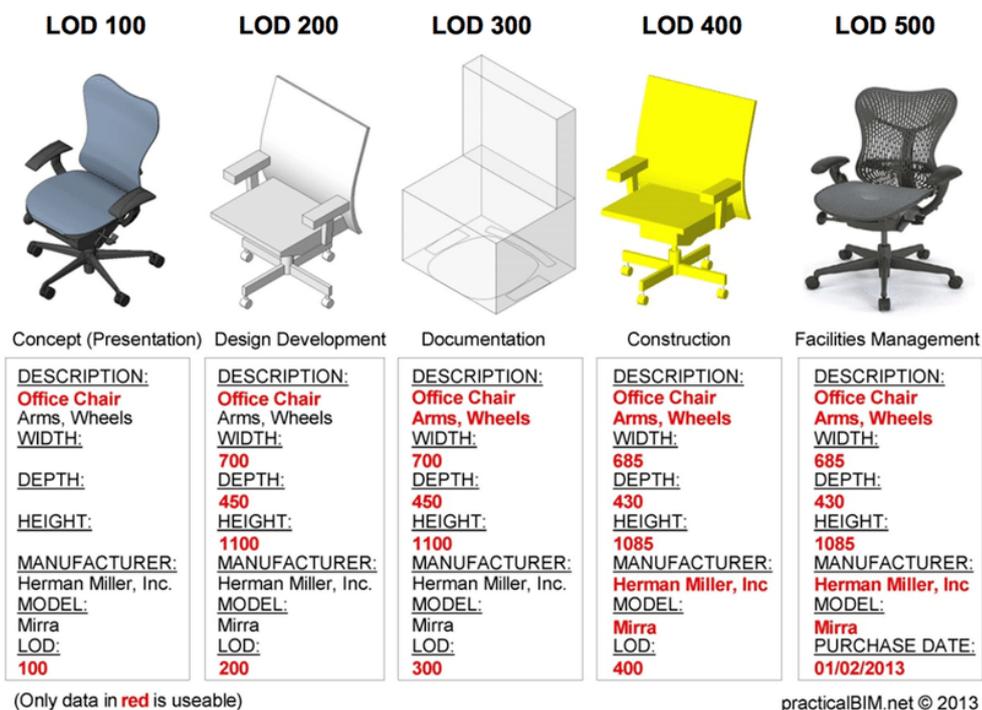


Figura 15 Levels of development- G202-201318

<sup>18</sup> Fonte. [https://media.thebimhub.com/filer\\_public/08/37/0837dcb5-412a-43be-9d07-69e739cb14f3/lodevexplained\\_605.png](https://media.thebimhub.com/filer_public/08/37/0837dcb5-412a-43be-9d07-69e739cb14f3/lodevexplained_605.png)

Al momento questa classificazione è stata accolta da diverse stazioni appaltanti, a livello internazionale, come riferimento per la metrica di sviluppo degli elaborati di base per i contratti. Si può intuire il vantaggio che deriva da un'implementazione consapevole dei LOD nella produzione dei modelli di processo BIM.

Per quanto riguarda la normativa italiana, la UNI 11337-4:2017 dichiara che il livello di sviluppo degli oggetti digitali che compongono i modelli (LOD), definisce quantità e qualità, funzionalmente al raggiungimento degli obiettivi di ogni fase (e stadio) del processo, confrontandosi con gli usi ed obiettivi del modello cui essi si riferiscono.

Affinché i dati e le informazioni complessive relative a un oggetto possano essere considerati per un determinato LOD, è necessario che sia garantito il loro collegamento, univoco, anche se non parametrico/relazionale all'oggetto stesso.

Il livello di sviluppo informativo di un oggetto digitale (LOD) è indicato mediante una scala di riferimento definita. Il committente definisce nel capitolato informativo (CI) la scala di riferimento dei livelli di sviluppo degli oggetti (LOD) da adoperare nel processo e, sempre nel capitolo informativo, definisce per ciascun oggetto, o insieme di oggetti, il **livello di sviluppo minimo** che considera utile per il conseguimento dell'obiettivo e gli usi dei modelli cui questi oggetti si riferiscono, per ciascuna **fase del processo**. Nel caso in cui i livelli di LOD non siano decisi dal committente nel CI, questi devono comunque essere definiti dall'affidatario, nella propria offerta di gestione informativa (oGI) e nel successivo piano di gestione informativa (pGI) in funzione dell'obiettivo e gli usi dei modelli in cui gli oggetti si riferiscono, per ciascuna fase del processo, secondo quanto per essi definito dal committente nel CI.

Il LOD è quindi misurato dalla **natura, quantità, qualità e stabilità dei dati e delle informazioni** costituenti l'oggetto. Tali dati e informazioni sono espressi:

- in **forma grafica**, tramite un oggetto 3D, eventualmente accompagnata da specifiche rappresentazioni 2D;
- in **forma scritta e multimediale** anche attraverso l'uso di specifiche schede informative di prodotto e di processo.

La normativa italiana inoltre distingue **4 scale di LOD** distinte per interventi edilizi:

- Edifici ed interventi di nuova costruzione;
- Interventi di restauro;
- Interventi territoriali ed infrastrutture;
- Mezzi ed attrezzature per il cantiere.

I **livelli di sviluppo** degli oggetti digitali sono identificati attraverso una scala alfabetica a partire dalla lettera A:

- **LOD A:** oggetto simbolico;
- **LOD B:** oggetto generico;
- **LOD C:** oggetto definito;
- **LOD D:** oggetto dettagliato;
- **LOD E:** oggetto specifico;
- **LOD F:** oggetto eseguito;
- **LOD G:** oggetto aggiornato.

prospetto C.1 Esempio di LOD parete

LOD A	LOD B	LOD C	LOD D	LOD E	LOD F	LOD G
<b>Geometria</b> Elemento architettonico verticale o pseudoverificale rappresentato mediante un simbolo 2D.	<b>Geometria</b> Solido generico per rappresentazione elemento architettonico verticale o pseudoverificale con forma, spessore e posizione approssimata.	<b>Geometria</b> Elemento architettonico (sistema e sottosistema) verticale o pseudoverificale rappresentato con ingombri calcolati secondo la normativa tecnica.	<b>Geometria</b> Elemento architettonico verticale o pseudoverificale rappresentato mediante un solido avente dimensioni pari alle dimensioni reali. Sono modellate tutte le stratigrafie.	<b>Geometria</b> Elemento architettonico verticale o pseudoverificale rappresentato mediante un solido avente dimensioni pari alle dimensioni reali. Sono incluse tutte le stratigrafie, i dati specifici del fornitore dei materiali e le finiture.	<b>Geometria</b> Oggetto parete. Come LOD E (rilievo di quanto eseguito).	<b>Geometria</b> Oggetto parete. Nuovi interventi: come LOD F (con aggiornamenti) Manutenzione e gestione su elementi esistenti: come LOD C o D (a partire da).
<b>Oggetto</b> Grafica 2D (linee e campiture 2D)	<b>Oggetto</b> Solido 3D	<b>Oggetto</b> Solido 3D strutturato	<b>Oggetto</b> Solidi 3D complesso	<b>Oggetto</b> Solidi 3D complesso	<b>Oggetto</b> Solidi parete completa	<b>Oggetto</b> Solidi parete
<b>Caratteristiche</b> - Posizionamento di massima	<b>Caratteristiche</b> - Semplici geometrie di ingombro	<b>Caratteristiche</b> - Spessore - Lunghezza - Larghezza - Volume - Definizione dei materiali - Definizione stratigrafie principali - Definizione del sistema architettonico	<b>Caratteristiche</b> - Definizione stratigrafie dettagliate - Spessori componenti - Struttura - Isolamento - Camera d'aria - Sottofondo supporto - Finitura - Dettagli costruttivi - Dettaglio dei componenti per gruppi e senza riferimenti a singoli prodotti	<b>Caratteristiche</b> - Tipo finitura interna - Superficie finitura interna - Tipo finitura esterna - Superficie finitura esterna - Composizione Materiale/Componente - Presenza certificazioni - Capacità strutturale - Trasmissione vapore - Valore R - Valore U - Valore assorbimento - Trasmissione acustica - Dettaglio dei componenti con singolo prodotto - Informazioni di montaggio - Materiale di supporto - Schede tecniche singoli prodotti	<b>Caratteristiche</b> - Manuale di manutenzione - Classificazione (UNI 8290, CSI, etc.) - Certificazioni di prodotto - Certificato di omologazione - Sistema parete finito	<b>Caratteristiche</b> - Data di manutenzione

Figura 16 Esempio LOD parete - estratto Norma UNI 11337:2017

## Caso studio – La Nuova Sede Unica Regione Piemonte

Nel 1700 Charles de Brosses così definiva Torino:

*“Torino mi sembra la città più graziosa d'Italia e, per quel che credo, d'Europa per l'allineamento delle strade, la regolarità delle costruzioni e la bellezza delle piazze”*<sup>19</sup>.

Scrutando l'architettura del territorio torinese, oggi ci rendiamo conto di quanto nonostante siano passati più di tre secoli, questa descrizione sia ancora moderna. Torino, una città difesa dalla collina, percorsa da tre fiumi e fasciata dalle Alpi è da sempre ciò che ha contraddistinto il suo paesaggio. Questo il motivo per il quale ho deciso di sviluppare una tesi che trattasse anche solo di una piccola parte di una città piena di fascino, immaginando le “nuove vette” come immagine di una città attorniata da “vette naturali” riflettendo al suo interno nuovi bisogni architettonici: i grattacieli.

L'Enciclopedia Treccani riporta le origini della parola “grattacielo” all'inglese sky - scraper, (“raschia cielo”) e lo descrive come un

*“Edificio di notevole slancio verticale, con strutture di cemento armato o di acciaio, composto da un gran numero di piani (almeno 15-20), che sorge per lo più nelle zone centrali delle grandi città, dove, per il forte costo delle aree fabbricabili, si consegue un alto indice di sfruttamento edilizio mediante lo sviluppo in altezza.”*<sup>20</sup>

La nuova Sede Unica Regione Piemonte ha sviluppato in me la volontà di curiosare nell'architettura di un progetto che vede nel Grattacielo Regione Piemonte un'espressione del contesto cittadino.

### 1.11 Dati generali

Il grattacielo della Regione Piemonte è un immobile istituzionale della città di Torino, i cui lavori di realizzazione dell'opera hanno avuto inizio il 30 novembre 2011.

---

<sup>19</sup>Fonte: il Citazionario n. 6 a cura di Daniela Castelli

<sup>20</sup> Cit. <http://www.treccani.it/vocabolario/grattacielo/>

Il progetto venne pensato con lo scopo di formare la futura sede unica della Regione, mantenendo il Consiglio regionale come sede distaccata, sita nella sede aulica di Palazzo Lascaris.<sup>21</sup>

Dopo la seconda guerra mondiale fu sede della Camera di commercio, industria, artigianato e agricoltura di Torino. Nel 1975 passò in proprietà alla Regione Piemonte che ne fece sede del Consiglio regionale.

Il progetto è stato pensato da Massimiliano Fuksas e avanzato alla Giunta regionale nel corso di un'audizione pubblica tenutasi a Torino il 22 novembre 2007, la struttura prevede 42 piani, di cui 41 a uso civile e l'ultimo da adibire a bosco pensile<sup>22</sup>.

L'area individuata per la sua realizzazione è un'area che fu impiegata dall'ex Fiat Avio nel quartiere torinese di Nizza Millefonti, non molto lontana dal polo fieristico del Lingotto. Il grattacielo, è stato inserito in un contesto metropolitano, essendo vicino alla stazione metropolitana di Italia '61 e sarà

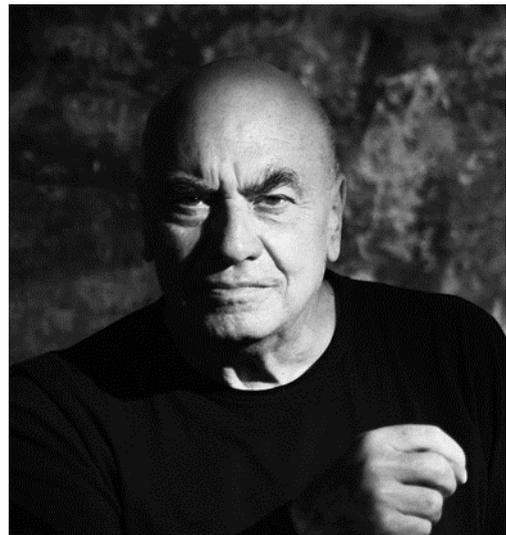


Figura 17 Massimiliano Fuksas

inoltre collegato con la stazione metropolitana del Lingotto tramite una passerella ciclopedonale, ad oggi in fase di costruzione<sup>23</sup>.

### 1.11.1 Storia

La necessità avere una unica sede e dunque riunire tutti i poli sparsi della Regione Piemonte, ha condotto la Giunta presieduta da Enzo Ghigo a indire un concorso internazionale per la realizzazione di un edificio unico. A vincere il concorso fu l'architetto Fuksas che propose nel 2001 un progetto pensato per essere realizzato nell'area dell'ex Materferro, nel triangolo compreso tra corso Lione, corso Mediterraneo e via Mauri, a Borgo

---

<sup>21</sup> Maurizio Tropeano, *Il Consiglio regionale non traslocherà nel grattacielo firmato da Fuksas*, Fonte: "La Stampa" del 15 settembre 2014

<sup>22</sup> Fonte: <https://www.regione.piemonte.it/web/>

<sup>23</sup> Fonte: <http://www.mole24.it/2018/05/24/una-nuova-passerella-tra-grattacielo-della-regione-piemonte-e-la-stazione-della-metropolitana-lingotto-avviati-i-lavori-di-costruzione/>

San Paolo. In questo iniziale quadro d'insediamento del progetto, pensò di progettare una torre a parallelepipedo alta 100 metri.

Nel 2005, successivamente ai cambiamenti politici nel Consiglio regionale e l'elezione alla presidenza della Regione di Mercedes Bresso, richiesero al progetto un diverso approccio al progetto. Si decise di riqualificare l'area ex industriale di Nizza Millefonti, comprendente anche il Lingotto, area in cui un tempo erano edificati gli impianti dell'ex Fiat Avio. L'incarico, commissionato nel 2006, non fu solo quello di progettare un nuovo edificio, ma di ridisegnare anche tutta l'area ad esso circostante.

Nel 2006, ci fu una variazione al vecchio Piano Regolatore e della Divisione Urbanistica del comune di Torino, la quale vietava la costruzione di edifici più alti della Mole Antonelliana. Questa variante prevedeva il rispetto di codesta norma solo al centro storico della città<sup>24</sup>, svincolando il progetto dal limite di altezza di 167,5 metri.

Il 22 novembre 2007 l'architetto, ripresentò un progetto che cambiava completamente le proporzioni della proposta presentata per l'area in Borgo San Paolo, proponendo questa volta un edificio alto il doppio di quello precedente, 180/200 metri invece di 100.

A questo, seguì un secondo comunicato stampa che fece seguito alla presentazione del progetto, comunicando dettagli sulla spesa pubblica di questa opera. La realizzazione dell'edificio non avrebbe gravato sulle finanze pubbliche, ma finanziato da somme che erano ricavate in parte dal risparmio sui canoni d'affitto (quantificati in 15 milioni di euro l'anno) destinati all'utilizzo di 20 immobili adibiti a sedi d'ufficio sparsi per tutta Torino e, in varia misura, mediante la concessione a pagamento delle aree circostanti l'edificio per attività varie tra le quali: civili, commerciali e ludiche.<sup>25</sup>

Il grattacielo, che inizialmente si proponeva come il più alto d'Italia, è divenuto nel tempo, terzo per altezza dopo la Torre Unicredit di Milano di 231 metri, dei quali 152 di corpo

---

<sup>24</sup> Fonte: <http://www.dagospia.com/rubrica-3/politica/grattaciel-grattacapi-torino-archistar-piano-fuksas-hanno-81710.htm>

<sup>25</sup> Fonte: <https://www.regione.piemonte.it/web/>

e 79 di guglia, e la Torre Isozaki (Allianz) di 209,20 metri sempre a Milano, costruita su 42 piani di cui due interrati.

Il progetto della Nuova Sede Unica Regione Piemonte subì numerose modifiche che ne comportarono la riduzione in altezza da quella originale di 220 m a quella conclusiva di 209 m. Sui prospetti è prevista l'installazione di 1.000 m<sup>2</sup> di pannelli fotovoltaici, per garantire per quanto possibile l'autosufficienza energetica, congiunta alla costruzione di grandi aree vetrate per limitare la necessità di ricorrere all'uso della luce artificiale.

La superficie complessiva sulla quale sorge il grattacielo è di circa 70.000 m<sup>2</sup> e sono previsti circa 60.000 m<sup>2</sup> di spazi accessori e opere esterne anche per l'insediamento di esercizi commerciali con lo scopo di riavviare lo sviluppo del quartiere.<sup>26</sup> In merito, vi è l'intenzione anche della esecuzione di un nuovo quartiere residenziale capace di ospitare circa 5.000 abitanti e la nuova stazione ferroviaria Lingotto con una costruzione a ponte che congiungerà l'attuale scalo esistente.<sup>27</sup>

---

<sup>26</sup> Fonte:

[https://torino.repubblica.it/cronaca/2011/06/07/news/a\\_cooperative\\_e\\_monte\\_dei\\_paschi\\_il\\_grattacielo\\_della\\_regione-17347845/](https://torino.repubblica.it/cronaca/2011/06/07/news/a_cooperative_e_monte_dei_paschi_il_grattacielo_della_regione-17347845/)

<sup>27</sup> Fonte: Quotidiano "La Repubblica" del 27 luglio 2012, p. V della sezione "Cronaca di Torino"

### 1.11.2 Realizzazione del progetto

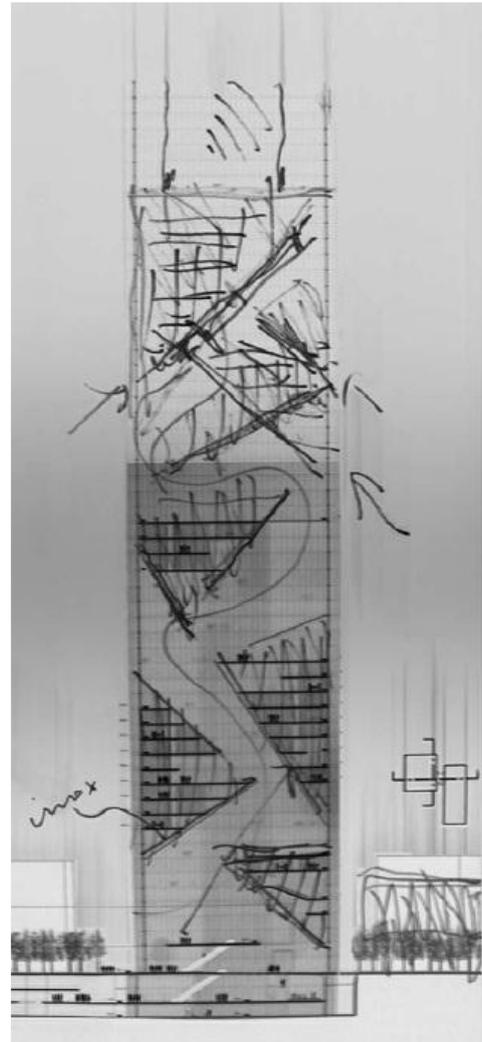
In data 12 giugno 2008 la Conferenza dei Servizi svoltasi tra i rappresentanti di Regione Piemonte, Comune di Torino, RFI e ARPA licenziò il progetto, che si fissò la data di inizio per la sua realizzazione per giorno 1° giugno 2009.

*Figura 18 Schizzo dell'architetto M. Fuksas*

Lo scavo dell'edificio è profondo 38 metri per 42 di larghezza; gli uffici regionali sono previsti al 42° piano, a circa 160 metri d'altezza dal suolo. L'edificio è destinato ad essere abitato fino a 180 metri, eccezione vi è il tetto che sarà impiegato a bosco/giardino pensile. Infine anche intorno all'edificio verrà costruita una zona verde pubblica e un'area residenziale.<sup>28</sup>

Nel maggio 2011 si individuò la ditta appaltatrice per la costruzione. I lavori furono stimati in un arco di tempo totale di 35 mesi e partirono il 30 novembre 2011.<sup>29</sup> Due anni dopo la quota delle costruzioni dell'edificio oltrepassò il livello della strada e furono impiegati circa 200 lavoratori. Inizialmente il progetto aveva preventivato una spesa di 208 milioni di euro, ma i costi s'incrementarono fino a quasi 60 milioni di euro.<sup>30</sup>

A fine marzo 2016 un nuovo blocco rallentò i lavori di realizzazione a causa della necessaria sostituzione di circa 300 delle 3.600 finestre già montate nella struttura.<sup>31</sup> Un mese e mezzo



<sup>28</sup> Fonte:

<https://web.archive.org/web/20080716211326/http://www.lastampa.it/Torino/cmsSezioni/cronaca/200806articoli/7310girata.asp>

<sup>29</sup> Fonte: <https://www.lastampa.it/2011/11/30/cronaca/partiti-i-lavori-per-il-grattacielopiù-alto-d-italia-DhcQDbJJZQJZJepRrUDd8l/pagina.html>

<sup>30</sup> Fonte:

[https://web.archive.org/web/20131228032316/http://www.comune.torino.it/cittagora/article\\_12239.shtml](https://web.archive.org/web/20131228032316/http://www.comune.torino.it/cittagora/article_12239.shtml)

<sup>31</sup> Fonte: <https://www.quotidianopiemontese.it/2016/03/24/grattacielo-regione-finestre-difettose/#.VvUdqOzhAtv>

dopo il blocco ai lavori era ancora esistente, traslando la ipotesi di trasloco degli uffici nella primavera-estate 2017.<sup>32</sup> Nel mese di luglio fu innescata la procedura di liquidazione della società incaricata alla costruzione.<sup>33</sup>

A seguito dell'intesa con le ditte costruttrici, la ripresa dei lavori ebbe compimento un mese dopo la data prevista per l'inizio del mese maggio del 2017.<sup>34</sup> All'inizio dell'anno 2018 il cantiere del grattacielo fu aperto alle visite dei cittadini.<sup>35</sup>

A seguito della presa visione del danneggiamento dei pavimenti e considerate le problematiche legate alle vetrate nonché le ripetute ispezioni delle commissioni di vigilanza preposte hanno fatto slittare la previsione di fine lavori alla primavera del 2019.<sup>36</sup> Allo stesso tempo, su disposizione della procura sono stati confiscati alcuni metri quadrati di piastrelle su tutti i 40 piani dell'edificio per sospette irregolarità dei materiali utilizzati.<sup>37</sup>

### 1.11.3 Inquadramento territoriale e obiettivi d'intervento

Come brevemente spiegato nel capitolo 1 l'area su cui si sta costruendo la Nuova Sede Unica Regione Piemonte fa parte di un più ampio e complesso progetto di trasformazione urbana. L'intera superficie, confina con la Nizza a Est, la Ferrovia Torino – Genova – Savona a Ovest, Via Passo Buole a Sud e Lingotto Fiere a Nord. L'area su cui sta avvenendo la costruzione del Grattacielo Regione Piemonte è, come detto precedentemente, il comprensorio 2 limitato a Est da Via Nizza e a Ovest dalla linea ferroviaria.

---

<sup>32</sup> Fonte: <https://www.lastampa.it/2016/05/18/cronaca/regione-il-paradosso-del-grattacielo-che-non-finisce-mai-e40e09R02Zz2qSO2d7fKtM/pagina.html>

<sup>33</sup> Fonte: <https://www.lastampa.it/2011/11/30/cronaca/partiti-i-lavori-per-il-grattacielopiu-alto-d-italia-DhcQDbJJZQJZJepRrUDd8l/pagina.html>

<sup>34</sup> Fonte: [http://www.ansa.it/piemonte/notizie/2017/06/08/ripartono-lavori-grattacielo-regione\\_98f59bb0-5638-4090-b5ec-1719c844d41a.html](http://www.ansa.it/piemonte/notizie/2017/06/08/ripartono-lavori-grattacielo-regione_98f59bb0-5638-4090-b5ec-1719c844d41a.html)

<sup>35</sup> Fonte: <https://www.quotidianopiemontese.it/2017/11/25/da-gennaio-i-cittadini-potranno-visitare-il-cantiere-del-grattacielo-della-regione-piemonte-ancora-da-finire/#.WhwqiNThAtt>

<sup>36</sup> Fonte:

[https://torino.repubblica.it/cronaca/2018/06/04/news/il\\_grattacielo\\_della\\_regione\\_sara\\_pronto\\_tra\\_un\\_anno\\_nella\\_primavera\\_2019-198115240/](https://torino.repubblica.it/cronaca/2018/06/04/news/il_grattacielo_della_regione_sara_pronto_tra_un_anno_nella_primavera_2019-198115240/)

<sup>37</sup> Fonte: <https://www.cronacaqui.it/sequestre-piastrelle-del-grattacielo-regione-piemonte-presunte-irregolarita-nei-materiali-usati/>

Il fine ultimo dell'intervento è certamente anche quello di riqualificare un'area con un radicato passato industriale e che forse negli ultimi anni, anche a causa della recente crisi economica, ha sofferto più di altri quartieri un degrado sociale coglibile da chi la vive. È stato da questo punto di vista sicuramente utile, al di là di ogni precetto urbanistico, lo spostamento della Sede Unica dalla originaria Spina 1 all'area di cui abbiamo parlato. In questo modo, grazie alla volontà delle amministrazioni comunali e regionali, il Grattacielo è servito da motore per pensare ad una più ampia riqualificazione territoriale che potesse porsi degli obiettivi concreti per la rinascita dell'ultimo tratto di Via Nizza.

Infatti oltre allo spostamento in un'unica sede di tutti gli assessorati e i servizi che la regione offre al cittadino è prevista la riqualificazione del complesso Oval e dell'area Lingotto Fiere. Tale riqualificazione sarà garantita dalla creazione di una nuova stazione ponte, in prossimità dell'attuale stazione ferroviaria Torino Lingotto, che renderà più agevoli i collegamenti tra i quartieri al di qua e quelli al di là della linea ferroviaria, cercando in questo modo, di creare un nuovo punto di contatto che possa avvicinarli e conseguentemente ridurre i disagi. Dal prolungamento della metropolitana fino a Piazza Bengasi, con sicuramente una stazione intermedia in prossimità del Grattacielo Regione Piemonte, nonché dalla bonifica relativa a tutta l'area ex-industriale e alle falde acquifere presenti. Saranno questi interventi a rendere la viabilità automobilistica idonea ad attrarre eventi sicuramente più competitivi.

## 1.12 Il Grattacielo Regione Piemonte

Il nuovo Palazzo è situato sull'asse di via Nizza, frontalmente all'accesso della metropolitana linea ,1 il cui prolungamento giungerà fino a Piazza Bengasi. Il progettista definisce questa opera come strumento di catalizzazione al quartiere e offrirà servizi di diverso genere al circondario e alla città.

Nell'intervista rivolta all'architetto si espresse raccontando quanto questa fosse un'area

*“complessa, post-industriale, un'area che aveva avuto un inquinamento prodotto da decenni; era necessario togliere l'inquinamento, bonificarla e cominciare a far vivere insieme l'Oval, la nuova stazione ferroviaria, la metropolitana che arriva, il lingotto, la Fiera*

e principalmente un quartiere d'abitazioni che deve essere la vita e deve essere riportato alla vita."<sup>38</sup>

Secondo Massimiliano Fuksas bisogna principalmente iniziare a concepire "l'abitazione" in quanto tale poiché la città vive di giorno e di notte offrendo servizi, lavoro e attività ludiche, ma ciò che genera "vita" è l'abitazione. Il vuoto lasciato dallo stabilimento Fiat-Avio e dalle aree semi-industriali aveva la necessità di essere riunificato con il contesto urbano: risolvendo il rapporto tra l'Oval e la Fiera, il lingotto e il quartiere.

A questa visione viene aggiunta la volontà di organizzare un grande parco di 25000mq circa, un parco che occupa la fascia Est – Ovest del cantiere con adiacente una grande piazza prospiciente al Grattacielo che collegherà il verde pubblico con le residenze e gli uffici oltre naturalmente alla stazione ponte, fondamentale, secondo il progettista, al fine di togliere definitivamente la barriera ferroviaria che da sempre ha diviso il quartiere.<sup>39</sup>



Figura 19 Idea di masterplan su tutti i comprensori della Z.U.T 12.32.<sup>40</sup>

<sup>38</sup> Fonte: <https://www.youtube.com/watch?v=2czSQ9LIibE>

<sup>39</sup> Fonte: <https://www.youtube.com/watch?v=2czSQ9LIibE>

<sup>40</sup> Fonte: Accordo di Programma – Progetto Definitivo – Codice generale elaborato PR – 3 - D – U – R – 001 – 0 del 27/02/2009

Una stima sul numero di addetti che entrerebbero nella nuova struttura conta 2650 dipendenti. Di cui, a grandi linee, 2463 nella torre e i restanti 187 nella corte interrata.

La committenza richiede ad addetto, 12,16m<sup>2</sup> includendo in questo dato tutti gli accessori relativi, tra i quali: sale riunioni, archivi di piano, sale coffee break.

Inoltre la committenza, per agevolare i flussi, richiede di progettare l'edificio in modo da agevolare spazialmente l'orientamento individuale dei fruitori influenzando di conseguenza sia l'architettura che gli spazi interni. Di fatto l'opera è caratterizzata da tre grossi ambiti distinti per proprietà funzionali, dimensionali e di finitura e rendendo la comprensione delle vie interne all'edificio, di immediata percezione. La disposizione, così come da richiesta, è volta ad evitare il disorientamento, comune nella fruizione di grandi aree.<sup>41</sup>

Il grattacielo, unificando tutti gli uffici ad oggi distribuiti per la città, ottimizzerà sia le relazioni interne interdisciplinari sia le relazioni esterne col pubblico. Il complesso edilizio è composto da tre "macro ambiti" le cui funzioni sono molto diverse:

- la torre, nella quale sono collocati gli uffici della Regione;
- la corte interrata su due livelli che ospita tutte le funzioni a servizio degli uffici;
- il centro congressi ospitato nell'edificio più basso, con alla base l'asilo nido.

L'ultimo piano si trova all'altezza di 183,61 m ed è arricchito da un organismo filtrante di vetrate a protezione dei volumi tecnici e del giardino in copertura, raggiungendo quota 204,96 m.

---

<sup>41</sup> Accordo di programma – progetto definitivo – codice elaborato PR – 3 – D – V – R – 001 – 0 del 19/12/2008



Figura 20 Sezione tipo con evidenziate le principali funzioni<sup>42</sup>

L'edificio conta 43 piani aventi un interpiano di 4,27 m, eccezione sono la hall d'ingresso a tripla altezza e gli uffici della presidenza saranno ad altezza doppia. La pianta dell'edificio è sviluppata su un ingombro geometricamente semplice, definendosi nelle proporzioni di un quadrato di dimensioni 45m per lato. Sotto il livello stradale, sono previsti due livelli i quali si affacciano alla corte interna la quale usufruisce della visuale a cielo libero. Confinante all'immobile si trova il centro servizi, il quale, con la sua copertura arriva a quota di 21,35 m, in questa struttura si trovano spazio, il centro congressi, la sala lettura, la mediateca, tutte

<sup>42</sup> Fonte: Accordo di Programma – Progetto Definitivo – Codice generale elaborato PR – 3 - D – U – R – 001 – 0 del 27/02/2009

funzioni con accesso indipendente oltre al collegamento diretto al grattacielo, stabilito mediante una passerella.<sup>43</sup>

L'ingresso, che si sviluppa in altezza in egual misura alle dimensioni dell'atrio, trova la sua collocazione del lato est, prospiciente via Nizza.



*Figura 21 Prospetto facciata su via Nizza<sup>44</sup>*

È l'ambiente più simbolico e suggestivo dell'intero complesso, contraddistinto da piani inclinati rivestiti in acciaio inox riflettente producendo un effetto caleidoscopico nelle ore diurne e notturne, dunque un sistema in grado di:

---

<sup>43</sup> Fonte: Accordo di programma – progetto definitivo – codice elaborato PR – 3 – D – V – R – 001 – 0 del 19/12/2008.

<sup>44</sup> Fonte: Accordo di Programma – Progetto Definitivo – Codice generale elaborato PR – 3 - D – U – R – 001 – 0 del 27/02/2009

*“mandare all'interno come uno specchio la luce in questa grande altezza dal basso”<sup>45</sup>.*

Sul lato nord dello stabile, trovano collocazione, quattro “giardini d'inverno” collegando con il loro volume, più piani e regalando spazi di ristoro e relax ad uso degli addetti. Vi saranno disposte essenze arboree a medio e basso fusto autoctone e rifinito con un pavimento in doghe di legno dotato di sedute. Al fine di creare un habitat ideale in cui venga rispettato il ciclo naturale delle stagioni, per il benessere delle vegetazioni, saranno allacciati dei particolari impianti in grado di simulare fenomeni naturali come la brina, la rugiada e garantire temperature più consone.

La facciata Sud, trova la sua importante funzione, per il sostanziale apporto energetico, è presente difatti, come specificato nel paragrafo relativo alle questioni energetico-ambientali, un sistema fotovoltaico strutturato con un “film di silicio amorfo” situato nell'intercapedine dei vetri, assicurando un ombreggiamento ed un naturale apporto energetico.

A Ovest il prospetto presenta un'omogeneità superficiale, seguendo come unica regola costruttiva, il modulo della doppia pelle costantemente presente sui quattro lati.

Le connessioni tra i vari livelli della torre sono assicurate da due nuclei a sviluppo verticale situati al centro del palazzo. Questa area è fornita di 12 ascensori oltre ai vani scala, due ascensori antincendio e due di soccorso. Gli ascensori attraverseranno l'altezza dell'edificio ad una velocità media di circa 4m/s e gli ascensori di servizio dedicati al personale raggiungeranno una velocità compresa tra i 4,5m/s e i 6m/s. Collegati agli accessi di ogni piano, sono predisposte aree dedicate ai servizi igienici, locali tecnici e di servizio come break office, archivi correnti, area fumatori spazi per fotocopiatrici. Il collegamento ai due piani sotterranei e al secondo e terzo piano fuori terra sarà inoltre facilitato dalla presenza aggiuntiva di un sistema di scale mobili.

I piani destinati ad uso uffici o comunque non raggiungibili direttamente dal pubblico, sono collocati dal 4° al 41° piano. Nello specifico sono annunciati spazi di lavoro suddivisi

---

<sup>45</sup> Luciano De Simone - <https://www.youtube.com/watch?v=2czSQ9LIIBE> – Pubblicato 2/12/2011

per i 13 assessorati e al loro termine, in sommità, sono predisposti gli spazi utili alla presidenza e vice presidenza.

Nei volumi dei satelliti, immersi nel gioco di luci e forme del "caleidoscopio" o "Grande Vuoto", così come definito dall'Architetto, risiedono privilegiati gli uffici degli assessori e dei direttori.

### 1.12.1 Analisi architettonica

#### La hall d'ingresso

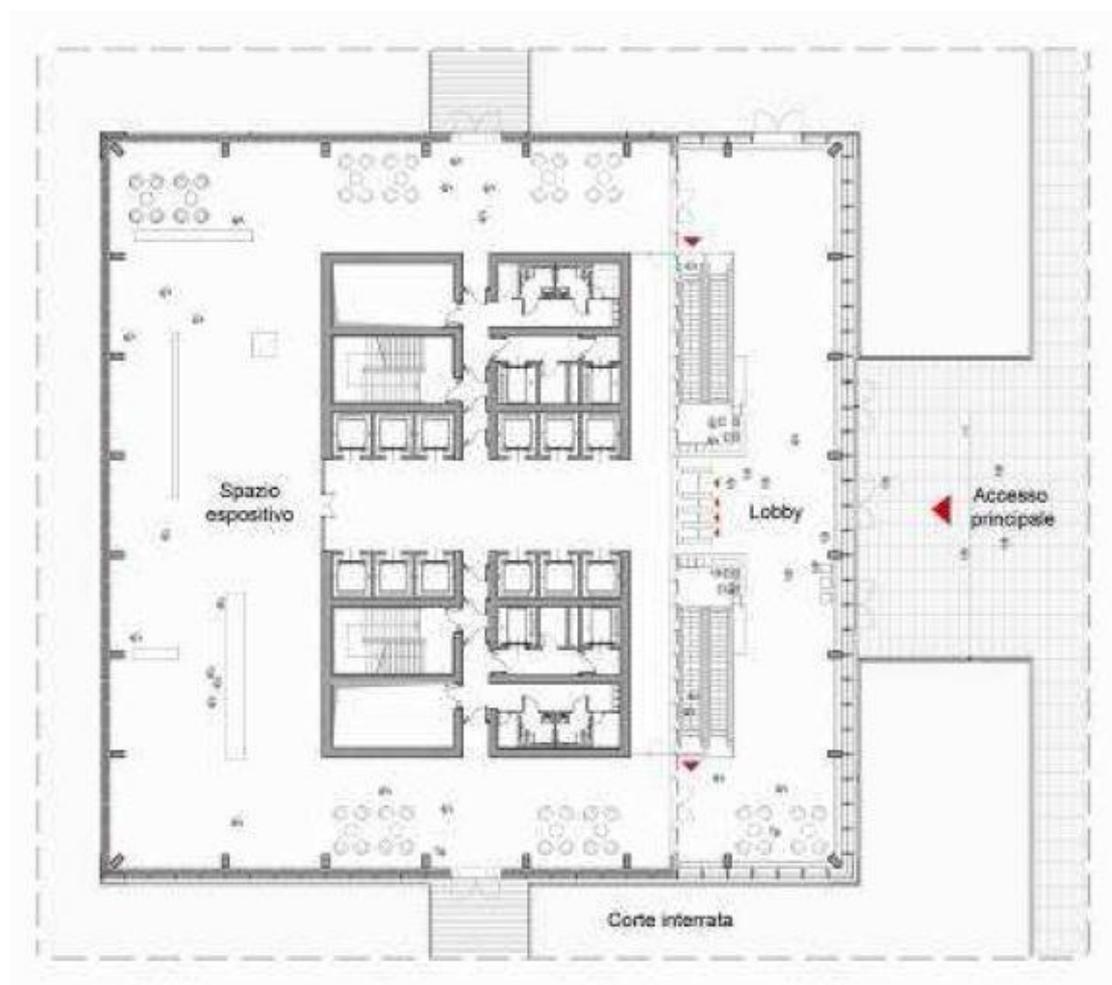


Figura 22 Pianta del piano 0,00m e della hall d'ingresso<sup>46</sup>

<sup>46</sup> Fonte: Accordo di Programma – Progetto Definitivo – Codice generale elaborato PR – 3 - D – U – R – 001 – 0 del 27/02/2009

L'atrio al piano terra è un ambiente di collegamento tra i piani inferiori e i primi 2 piani superiori i quali sono aperti al pubblico. Al fine di rendere più comodamente fruibile queste aree è stata dotata la struttura in esame di un sistema di scale mobili.

È stato pensato, al fine di velocizzare e rendere fruibile il passaggio dei dipendenti al pubblico, un sistema di controllo degli accessi. Alla luce di ciò, sarà integrato un sistema di rilevazione elettronica automatizzata dei "cartellini" dei dipendenti, tramite il quale sarà più facile individuare il personale consentendo un accesso privilegiato.

Percorrendo gli spazi del "grande vuoto" è possibile percepire le aree interne ed esterne che circondano questo volume. La visuale interna del grande vuoto ne è un esempio, semplicemente alzando lo sguardo sarà possibile osservare come è stato pensato questo peculiare spazio sfruttando a pieno l'altezza l'edificio, facendosi suggestionare da giochi di luce naturale e riflessa.

I grandi spazi della hall, situati al di sotto del Grande Vuoto, hanno il compito di scomporre i flussi di entranti articolandosi su quattro livelli:

- il livello -2 collega la torre con gli accessi dell'area parcheggi riservati alle autorità, con gli archivi, le attività di supporto la mensa aziendale e con la sala espositiva posizionata alla stessa quota;
- i livelli +2 e +3 collegano attraverso due "piani sospesi" nella hall il centro congressi con la torre

Nella fascia est verrà collocata la reception in posizione simmetrica centrale agli ascensori in cui verranno effettuati i controlli di sicurezza, mentre nella fascia Ovest ha sede il grande spazio per le esposizioni.<sup>47</sup>

### Il piano tipo

All'interno dello sviluppo di una costruzione così complessa, è stato deciso di semplificare l'articolazione delle piante, proponendo come principio di sviluppo, il concetto del "piano tipo".

---

<sup>47</sup> Accordo di Programma - Progetto Definitivo - Codice generale elaborato PR - 3 - D - U - R - 001 - 0 del 27/02/2009. Pag.17

L'uso di un'unica pianta non poteva essere efficacemente una soluzione all'intero sviluppo dell'edificio, ma sono state pensate tre tipologie:

- il piano tipo (standard)
- il piano tipo per l'assessorato
- il piano tipo per la Presidenza

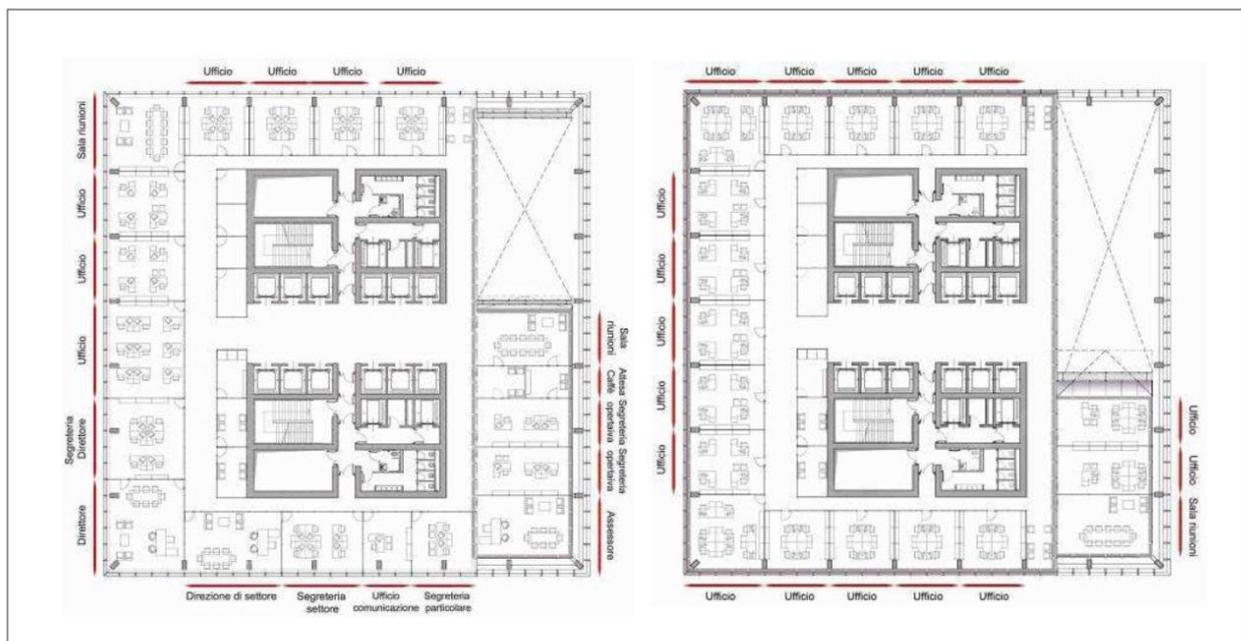


Figura 23 Pianta piano tipo standard (a sinistra), pianta piano tipo assessorato (a destra)<sup>48</sup>

Nel caso del piano tipo (standard), sul prospetto ad Est, quello in cui si trova il "Grande Vuoto" vediamo gli uffici di rappresentanza e le sale riunioni le quali variano nella loro distribuzione a seconda del piano considerato. Ad Ovest del Grande Vuoto è situato il nucleo centrale con i suoi collegamenti verticali, vicino al nucleo si diramano i percorsi distributivi agli ingressi degli uffici, uno adiacente all'altro sui tre lati dell'edificio. A variazione di questa distribuzione concettuale troviamo in alcuni piani, disposto sul lato Nord al posto degli uffici, il "giardino d'inverno" il quale sarà a adiacente ai percorsi distributivi del piano.

<sup>48</sup> Fonte: Accordo di Programma – Progetto Definitivo – Codice generale elaborato PR – 3 - D – U – R – 001 – 0 del 27/02/2009.

Ogni piano possiede spazi comuni confinanti al nucleo centrale che accolgono spazi di attesa per il pubblico, sale fumatori, coffee corners, sale stampanti e fotocopiatrici.<sup>49</sup>

Il piano tipo per l'assessorato colloca in coincidenza del Grande Vuoto, gli uffici degli assessori con le relative segreterie.

L'ambito dell'assessorato comprende l'ufficio dell'assessore, gli uffici del suo staff, le sale riunioni e di rappresentanza. Sul versante ovest rispetto al Grande Vuoto scorgiamo il nucleo centrale con la stessa ripartizione degli spazi e dei percorsi definiti nel piano tipo standard.



Figura 24 Pianta della presidenza<sup>50</sup>

Alla Presidenza sono dedicati il 40° e il 41° piano, i quali si articolano diversamente dai piani appena descritti. L'ultimo piano si sviluppa su doppia altezza con annesso giardino d'inverno dedicato all'uso Presidente della Regione.

<sup>49</sup> Accordo di Programma - Progetto Definitivo - Codice generale elaborato PR - 3 - D - U - R - 001 - 0 del 27/02/2009. Pag.18

<sup>50</sup> Fonte: Accordo di Programma - Progetto Definitivo - Codice generale elaborato PR - 3 - D - U - R - 001 - 0 del 27/02/2009.

A questi spazi sono aggiunte delle aree utili alle riunioni oltre a quelle di rappresentanza. Uno spazio è stato dedicato anche allo staff, i quali trovano la loro collocazione negli uffici del 40° piano, in cui sono disposti anche l'ufficio stampa, sale riunioni e la segreteria.

A vantaggio di coloro che usufruiranno degli spazi adibiti a uffici, è stato condotto uno studio sulla progettazione del comfort visivo e climatico, per migliorare la qualità del tempo trascorso all'interno degli spazi a loro dedicati.

A riguardo è stato oggetto di attenzione, la cura a non installare fonti luminose troppo elevate al fine di evitare fenomeni di abbagliamento o affaticamento visivo. L'illuminamento è appunto un tema affrontato nel dettaglio per poter offrire il miglior comfort in relazione all'ambiente da illuminare.

Al fine di appagare le necessità di prestazione visiva e gradevolezza dell'ambiente, assicurando una resa cromatica soddisfacente delle superfici e degli oggetti presenti negli ambienti in questione. Le sorgenti individuate a tali scopi, possiedono un indice di resa cromatica Ra maggiore di 90.

Le fonti luminescenti sono inoltre progettate per essere disposte a vantaggio dell'uso necessario di monitor e attrezzature da lavoro.

La disposizione degli arredi e in particolare le scrivanie, è stata studiata in modo da accompagnare il dipendente ad avere uno sguardo parallelo alla superficie vetrata delle facciate.

Il tema della luce naturale, presente all'interno di queste aree di lavoro a vantaggio del confort dei loro fruitori, è schermabile con l'uso di tende oscuranti posizionate all'interno della doppia pelle.<sup>51</sup>

---

<sup>51</sup> Accordo di Programma - Progetto Definitivo - Codice generale elaborato PR - 3 - D - U - R - 001 - 0 del 27/02/2009. pp. 20 - 21

Livello -2 della Torre

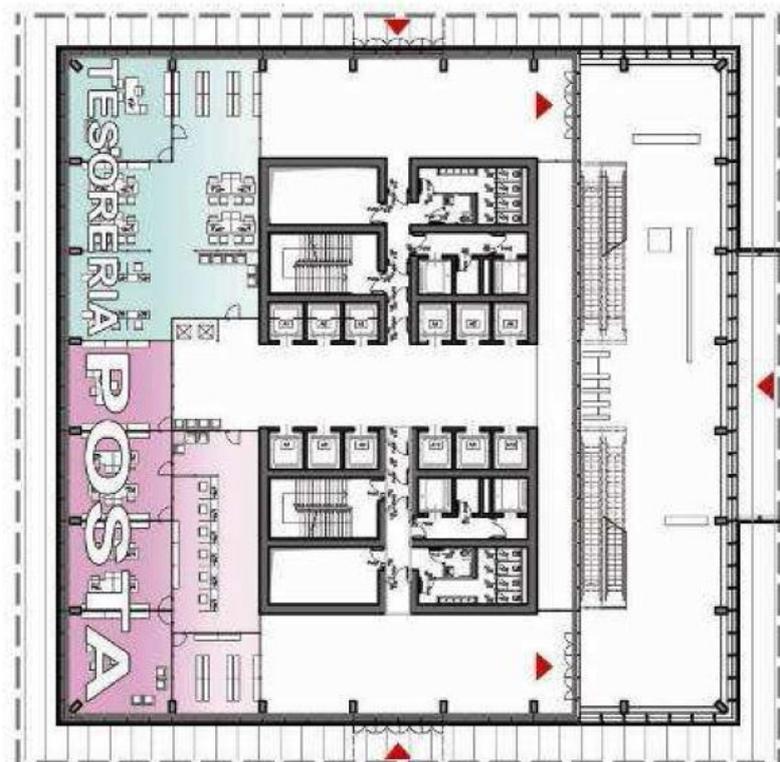


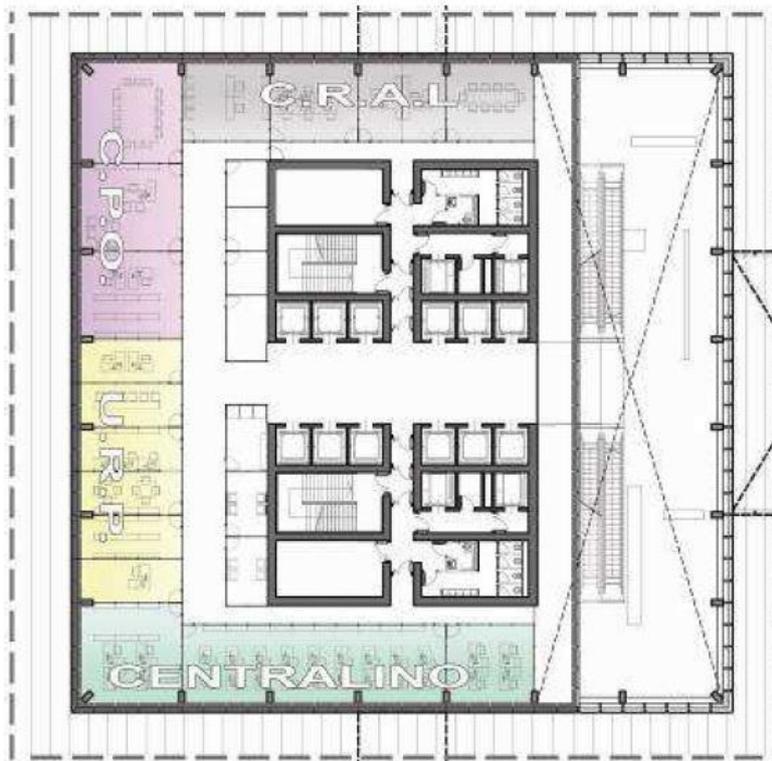
Figura 25 Livello secondo sotterraneo della torre<sup>52</sup>

Al livello -2, sul lato Ovest della pianta, è disposto l'ufficio postale, dotato di dieci postazioni di lavoro di cui sei dedicate all'accettazione. Gli spogliatoi e i servizi per il personale trovano la loro ubicazione negli spazi interni al nucleo centrale, poco distante della sede postale e dagli altri ambienti. Confinante alla Posta è presente un'area rettangolare di 250 m<sup>2</sup> di superficie nella quale risiedono gli ambienti utili alla tesoreria. Questa, beneficia, a causa della sua posizione, di un comodo ingresso per coloro che provengono dal nucleo interno, ma al contempo gode di riguardo poiché situato sul lato opposto della hall d'ingresso. Gli spazi utili alla tesoreria prevedono un unico ingresso disponendo di particolari di misure di sicurezza, analoghe a quelle utilizzati negli stabili bancari.<sup>53</sup>

<sup>52</sup> Fonte: Accordo di Programma – Progetto Definitivo – Codice generale elaborato PR – 3 - D – U – R – 001 – 0 del 27/02/2009

<sup>53</sup> Accordo di Programma - Progetto Definitivo - Codice generale elaborato PR - 3 - D - U - R - 001 - 0 del 27/02/2009. pp. 22 - 23

Livello -1 della Torre



*Figura 26 Livello primo sotterraneo della torre<sup>54</sup>*

In questo piano trovano collocazione diversi spazi ancora una volta sviluppati intorno al nucleo centrale, usufruendo così dei servizi contenuti al suo interno. A sud della pianta si sviluppa in lunghezza, il centralino con una superficie di 120m<sup>2</sup> circa e 26 posti per gli addetti. Confinante al centralino, sul lato Ovest, l'Ufficio per le relazioni con il pubblico (U.R.P.) occupa una superficie di 130m<sup>2</sup> ed è predisposto per la consultazione e l'utilizzo di spazi espositivi dedicati al cittadino, oltre ad alcune postazioni informatiche libere alla consultazione. Congiunti sul lato nord-ovest si trovano l'Ufficio per il Comitato per le Pari Opportunità (CPO) e il Circolo Regionale Assistenza Lavoratori (C.R.A.L.). Tutti gli uffici presenti in questo piano, sono dotati di un doppio affaccio uno all'interno ed uno sulla corte. <sup>55</sup>

<sup>54</sup> Fonte: Accordo di Programma – Progetto Definitivo – Codice generale elaborato PR – 3 - D – U – R – 001 – 0 del 27/02/2009

<sup>55</sup> Accordo di Programma - Progetto Definitivo - Codice generale elaborato PR - 3 - D - U - R - 001 - 0 del 27/02/2009. pp. 23 - 24

La corte interrata



Figura 27 La corte interrata secondo sotterraneo<sup>56</sup>

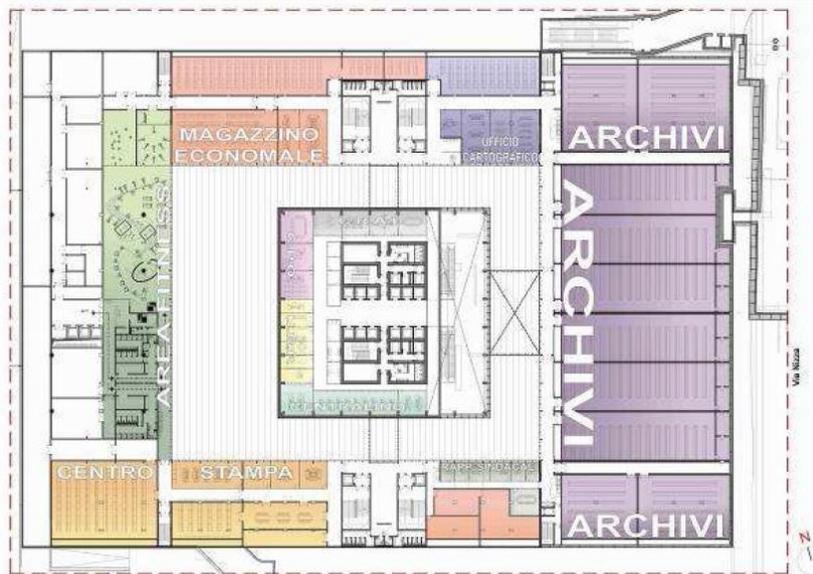


Figura 28 La corte interrata primo sotterraneo<sup>57</sup>

<sup>56</sup> Fonte: Accordo di Programma – Progetto Definitivo – Codice generale elaborato PR – 3 - D – U – R – 001 – 0 del 27/02/2009

<sup>57</sup> Fonte: Accordo di Programma – Progetto Definitivo – Codice generale elaborato PR – 3 - D – U – R – 001 – 0 del 27/02/2009

Lo sviluppo di una grande corte di metri 62 x 77, ospita la base della torre, in cui la corte interna rappresenta il cuore delle attività di supporto all'edificio. Anche in questi ambienti si è concentrato l'interesse ai benefici e svantaggi derivati dall'esposizione solare, cercando destinare la facciata Sud agli uffici che accolgono attività permanenti di lavoro, in modo da beneficiare della massima illuminazione possibile. Tutti gli spazi di lavoro sono rischiarati e ventilati naturalmente e sono dotati di accessi di servizio direttamente dall'area parcheggi.

La fruizione agli ambienti interni è condotta mediante due corridoi perimetrali che fiancheggiano la corte e mettere in comunicazione i quattro nuclei centrali, due nell'ala Sud due nell'ala Nord, che dal piano di calpestio esterno a quota 0,00 m giungono a quota -8,54 m nel secondo interrato.

La superficie lorda di pavimento della corte sotto il livello stradale è di 6493m<sup>2</sup>.

Al secondo sotterraneo sono collocati gli archivi che si sviluppano nella zona Est degli interrati, a cui si inseriscono due porzioni di circa 370m<sup>2</sup> sui lati Nord e Sud. Gli accessi all'archivio sono frazionati in 12 compartimenti separati da pareti REI. La compartimentazione produce dei locali di 500m<sup>2</sup> ciascuno facente parte di una superficie complessiva di circa 6000m<sup>2</sup>.

Il collegamento con la torre è assicurato dall'atrio vetrato mentre la connessione tra il livello superiore e quello inferiore è fornito dai vani scala presenti a Nord e a Sud dell'edificio. Continuando all'interno della corte trova ubicazione il presidio medico, la sala per gli autisti, i locali per le centrali tecnologiche e la mensa dimensionata per 1500 pasti al giorno suddivisi su tre turni. L'accessibilità alla mensa è consentita dalle superfici vetrate che si affacciano sulla corte interna, ed essendo sviluppata su una superficie completamente aperta ma modulare, si possono prevedere separazioni o entro certi limiti cambiamenti di destinazione degli spazi.

Nell'ala Est del primo sotterraneo, così come nel piano inferiore, sono collocati gli archivi, i quali contano globalmente nei due piani circa 12000m<sup>2</sup> di archivi organizzati con una scaffalatura di lunghezza 32km. Sull'ala sud sono disposti gli uffici per le rappresentanze sindacali e il centro stampa, a Nord invece sono organizzati il magazzino economale e

l'ufficio cartografico. I locali tecnici risiedono nella parte più interna dell'ala Ovest all'interno della quale, affacciata sulla corte, si troverà l'area fitness.<sup>58</sup>

### Copertura

La copertura della Sede Unica è suddivisa in due parti:

- la copertura del nucleo centrale posta alla quota di 184,21 m
- la copertura del "Grande Vuoto", ripartita in due aree a quote differenti.

La copertura del nucleo centrale si articola su tre differenti piani:

- perimetro esterno a quota 183,61 m
- area rialzata a quota 184,21 m (comprensiva di zona bar, piano calpestabile e vasche di terra per il verde)
- copertura dei locali tecnici e vani ascensori a quota 196,42 m

Tutta la superficie del tetto è coperta e difesa da un sistema filtrante.<sup>59</sup>

La superficie dedicata a verde sul tetto è di circa 350m<sup>2</sup>.

#### 1.12.2 Analisi strutturale

La struttura è formata dal nucleo centrale realizzato in c.a. con alte prestazioni il quale è stato posato con l'ausilio l'uso di casseri autorampanti. I pilastri sono il risultato di una soluzione mista composta da acciaio e calcestruzzo, alleggerendo la struttura dell'importante mole dell'acciaio, facendo riferimento all'incremento consistente del carico dovuto alle azioni variabili.

La tipologia di fondazione della torre è quella della platea con spessore di 4,00m avente un'impronta estesa per 55x55m<sup>60</sup>. Il terreno su cui è fondata è quello tipico del del suolo torinese, ovvero terreni sedimentati composti da ghiaie e sabbie cementate con buone caratteristiche dal punto di vista della capacità portante. La difficoltà sorge invece nella presenza di strati seppur esigui di limo sabbioso disposto caoticamente nel terreno e dunque difficilmente individuabile. La soluzione venne definita dall'impresa con

---

<sup>58</sup> Accordo di Programma - Progetto Definitivo - Codice generale elaborato PR - 3 - D - U - R - 001 - 0 del 27/02/2009, pp. 24 - 25 - 26 - 27 - 28

<sup>59</sup> Accordo di Programma - Progetto Esecutivo - Codice generale elaborato PR - 3 - E - W - R - 001 - 0 del settembre 2009. Pag. 9

<sup>60</sup> Accordo di programma - *Progetto esecutivo* - Codice generale elaborato PR 3 E S G 001 0 - settembre 2009 pag.3

l'inserimento di pali trivellati di numero 64 e profondi 50m con un diametro di 1,5m. l'aspetto più scenografico dell'edificio è sicuramente il Grande Vuoto il quale tramite i pannelli riflettenti simulerà l'effetto caleidoscopio.

I satelliti sono strutture a sbalzo e sono sostenuti da travi ribassate e rialzate per sfruttare al massimo l'altezza utile di questi spazi

### 1.12.3 Analisi tecnologico-ambientale

Tra gli aspetti di rilevante interesse nel caso della Sede Unica vi è quello legato al risparmio energetico, che non riguarda solo la fruizione del bene una volta realizzato, ma anche le fasi di realizzazione di tutto lo stabile.

L'edificio è dotato di diverse soluzioni tecnologiche all'avanguardia come la facciata a doppia pelle, il fotovoltaico e l'impianto geotermico.

### 1.12.4 Presentazione delle modifiche apportate al progetto in corso d'opera

Il progetto di questo edificio è stato sottoposto a numerose modifiche sia legate alle soluzioni strutturali sia a quelle di natura energetica-impiantistica oltre che alla destinazione d'uso di alcune parti dell'intero progetto. Inizialmente alcune parti dello stabile sarebbero state pensate ai fini dell'insediamento al suo interno con lo scopo di essere utilizzato, solo in questa parte, come residenza, con lo scopo di migliorare e riaggregare il quartiere.

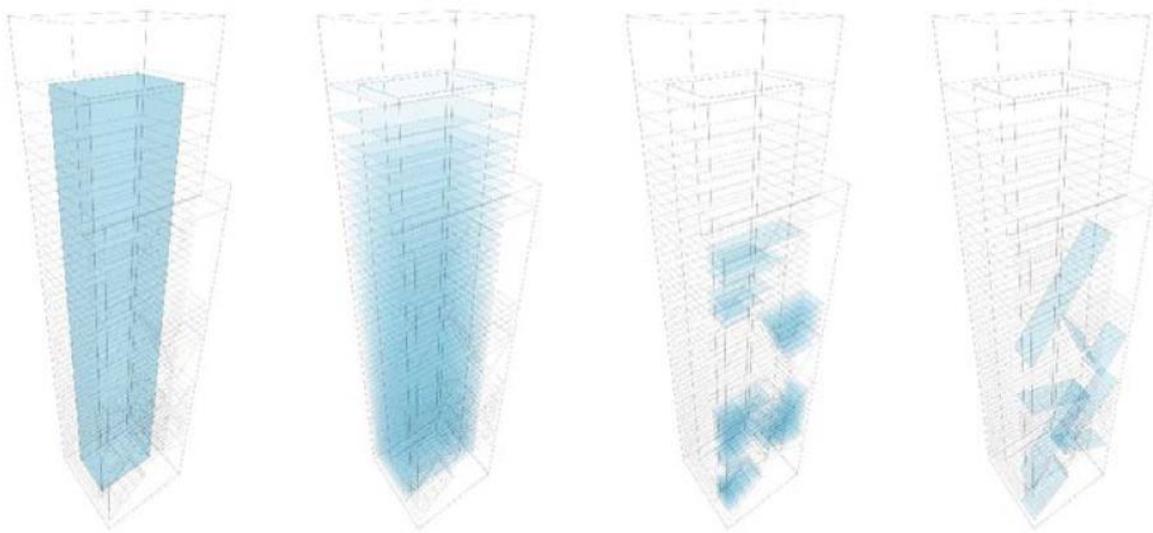
Numerose sono le soluzioni tecnologiche inserite in questo grande progetto, così come quelli tecnologici, architettonici ed impiantistici, tra i quali vi sono:

- La facciata a doppia pelle
- Il sistema di vetrate
- I sistemi fotovoltaici
- L'impianto geotermico
- L'impianto di illuminazione

•

### 1.13 I satelliti del Grattacielo Regione Piemonte

Il grattacielo della regione Piemonte, si presenta nelle sue linee geometriche più generali, come un volume regolare, dalle forme pulite e regolari, sviluppato intorno al suo nucleo centrale e suddiviso orizzontalmente da vari livelli posti in successione, ovvero i piani dell'edificio. La peculiarità di questo edificio risiede nell'idea dell'architetto di concepire dei volumi a sbalzo sull'area d'ingresso, generando sia dall'interno che dall'esterno dell'edificio uno stupore visivo legato al suo gioco volumetrico.



*Figura 29 Geometrie della Torre Regione Piemonte*

I satelliti sono l'oggetto di tale idea, posti senza un'apparente regola geometrica nel prospetto Est della torre.

Questi volumi appesi al prospetto e protetti da una pelle esterna vetrata, sono definiti da piani inclinati, generando in successione cinque geometrie dall'aspetto ricollegabile a triangoli irregolari.

I piani di delimitazione volumetrica, non chiudono sempre la geometria della figura, ma talvolta rimangono privi di segmenti o completamente mancanti di un lato.

Questa soluzione grafica non inficia alla comprensione dell'aspetto geometrico delle forme trattate, poiché la loro composizione risulta otticamente percepita in egual modo. Il vantaggio legato alla volontà di non occludere completamente questi volumi

risiede nell'intenzione di regalare al fruitore, un visuale geometricamente curiosa anche dal suo interno, qualora ci si trovi nella sommità di una delle tre geometrie prive di chiusura superiore.

La sensazione alla quale probabilmente l'architetto si voleva ispirare era quella di trovarsi in una terrazza sospesa in quello che è stato definito il Grande Vuoto, ma ponendo l'attenzione non solo verso il basso, ma soprattutto verso l'alto dove questi grandi oggetti riflettenti dominano le emozioni di colui che le osserva.

Durante le ore notturne, invece, quando la luce naturale non pervade massiccia il Grande Vuoto, si potrà assistere a un concatenarsi di riflessi di luce attraverso le cinque lastre di acciaio riflettenti simulando il principio del caleidoscopio.

D'altro canto i "satelliti" hanno presentato, così come esposto dall'ingegnere, non pochi problemi di tipo strutturale, derivanti dalla luce a sbalzo sulla quale essi sono costruiti. Successivamente allo studio della loro deformata, risultata troppo consistente anche per la struttura dei serramenti.

A questa analisi, volendo comunque mantenere questa conformazione volumetrica, sono state proposte delle varianti strutturali sui pilastri e solai.

*"Per quanto riguarda i satelliti sono stati realizzati con l'uso di travi ribassate e leggermente rialzate per sfruttare al massimo l'altezza utile in modo da avere la massima rigidità di questi elementi a sbalzo, queste travi sono incastrate in corrispondenza dei setti del nucleo con il*

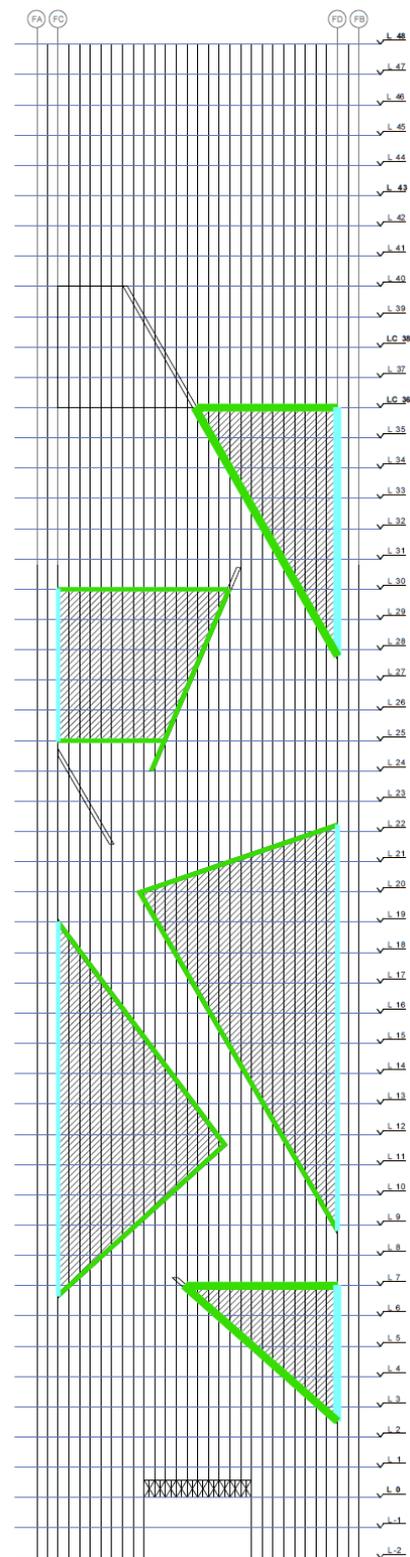


Figura 30 Prospetto est - Satelliti

*sistema della post-tensione, dopo aver posato i cavi all'interno delle travi venivano tesi dalla parte opposta della mensola e si effettuava la gettata negli interstizi (tra la trave e i cavi) con una malta sigillante anti-ritiro in modo da preservarne l'integrità e darne un comportamento aderente con la trave".<sup>61</sup>*

L'impresa considerando che avrebbe realizzato i solai in calcestruzzo armato, propose di risolvere i problemi legati ai pali, realizzandoli anche questi in calcestruzzo armato e non in metallo, assicurando così la riuscita dello sbalzo dei satelliti.

Allo scopo di alleggerire la struttura dei solai, contenendo il peso proprio della soletta, è stato adottato il sistema BubbleDeck®, inserendo delle sfere cave di materiale plastico riciclato, permettendo al solaio di reagire come una piastra nelle due direzioni.

La complessità di questa struttura è inoltre arricchita dalle soluzioni di aggancio delle pareti inclinate all'ossatura portante di tale elemento.

Diversamente dai tipici nodi d'incastro tra la partizione orizzontale e quella verticale, in questo progetto è stata studiata una diversa applicazione di aggancio, derivante dalla peculiare volontà di confinare lo spazio con pareti ad inclinazione varia dalla classica a 90°.

La risposta a tale esigenza è stata trovata nello studio di una struttura metallica autoportante di travi IPE collegate tra loro con dadi e bulloni e rinforzate con controventi a L.

L'intera struttura trova la sua soluzione di continuità con il solaio, mediante una cerniera metallica saldata alla struttura in acciaio appena descritta, collegandosi alla soletta portante tramite delle barre filettate rese solidali.

È compresa, dunque, la peculiarità e complessità di questa soluzione progettuale che l'intento di questo elaborato finale di laurea si volge a rendere fruibile e facilmente leggibile un dettaglio costruttivo così significativo.

---

<sup>61</sup> Intervista rilasciata dall'Ing. Borgogno

## 1.14 Piano P6

All'altezza di +25,62m è quotato il piano codificato con il codice P6, è il piano preso in esame per lo studio dettagliato del nodo di collegamento tra il solaio e il satellite aggettante ad esso congiunto.

La struttura piana e orizzontale in questione, così come evidenziato dalla figura alla destra, è parzialmente coperta dal volume del satellite codificato col codice Corpo 1, e dunque ne caratterizza la struttura solo per una porzione estesa di circa 16m del totale di 45m.

Il solaio del satellite, è sviluppato solo in questa porzione come il prolungamento di quello interno, ed è sorretto da quattro travi in calcestruzzo armato. Le travi, hanno una complessa armatura metallica e al loro interno sono gettati dei cavi in acciaio ancorati e tirati all'estremità per migliorarne la resistenza della struttura, in visione di un aggetto di 10m.

La superficie in pianta del satellite è estesa per circa 112m<sup>2</sup> destinati a essere utilizzati come "area riunioni"

I tre fronti a Nord, Ovest ed Est di quest'area sono delimitati da superfici verticali e vetrate e sono nel lato ad ovest sono pianificati due ingressi a collegamento con il resto del piano. Nel fronte a sud invece, la parete opaca interseca la geometria del solaio con un'inclinazione di 48°, generando una superficie obliqua non calpestabile di 5,7m.

La parte rimanente del piano è invece impiegata per l'istallazione di ambienti ad uso uffici, i quali sono a diretto contatto con la pelle esterna del fabbricato e muniti nella zona centrale dei servizi e collegamenti verticali. L'affaccio a est, diversamente dagli altri, è connesso, come descritto precedentemente, ai satelliti e nella parte restante trova affaccio al grande vuoto tramite una successione di vetrate a tutt'altezza.

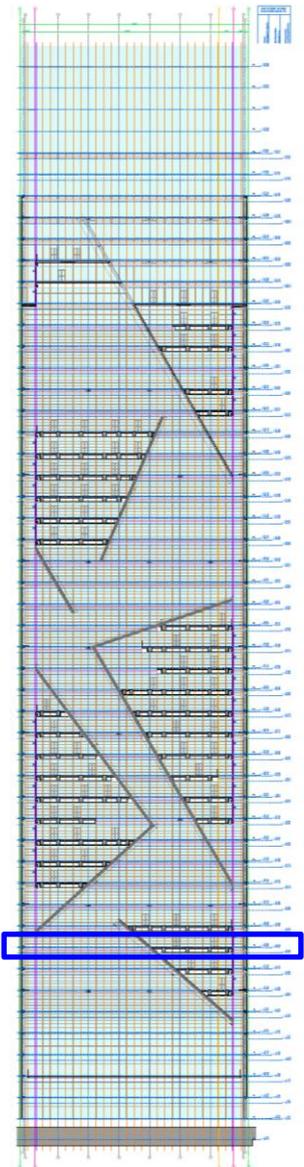


Figura 31 Individuazione piano L06

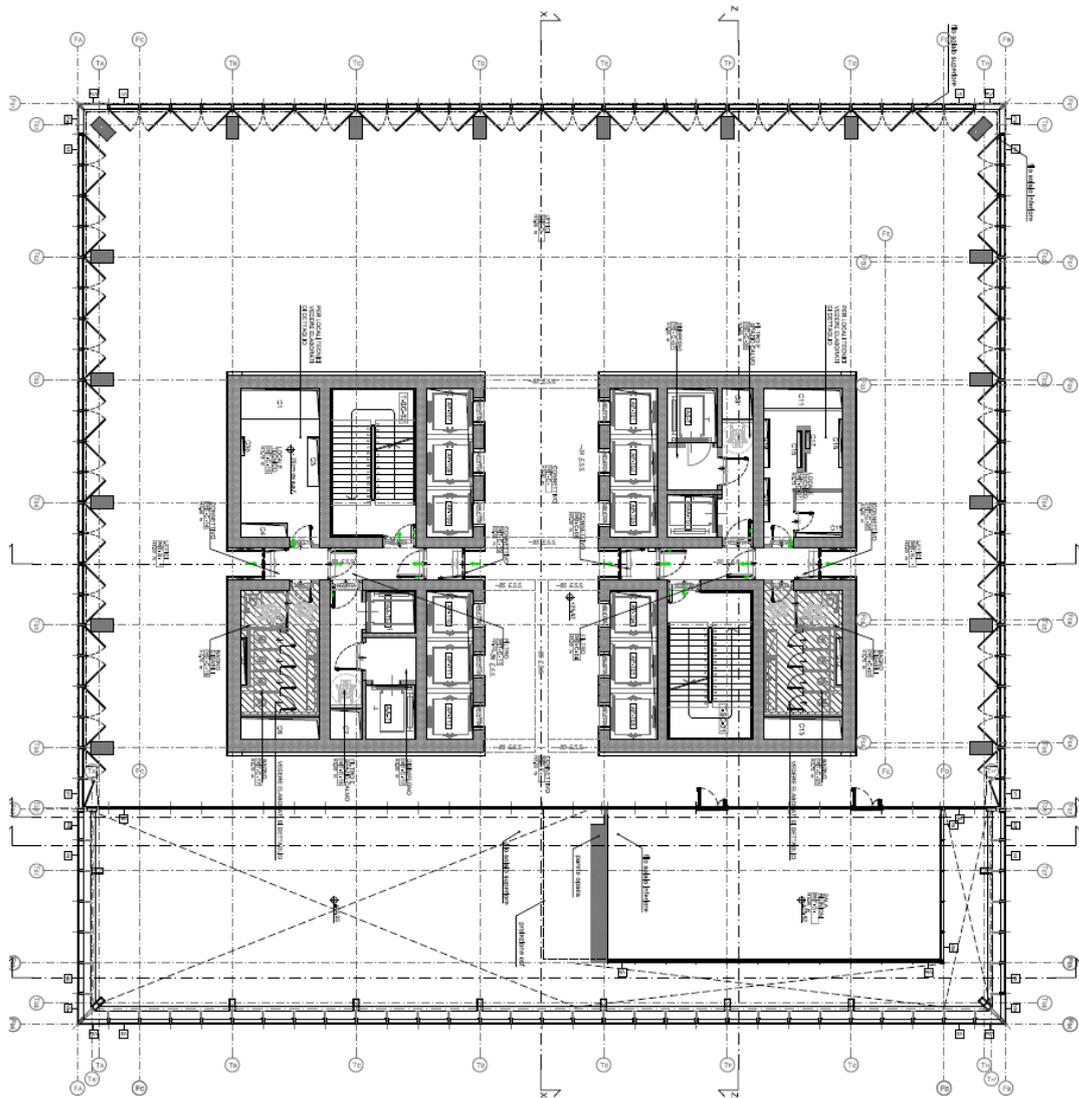


Figura 32 Pianta L06

### 1.15 Studio del dettaglio costruttivo DETT.01

Il disegno tecnico è un particolare genere di disegno non legato al puro senso estetico, ma ha il compito di figurare un oggetto utilizzando tecniche e metodi di rappresentazione condivisi, al fine di fornire le informazioni adatte per la sua realizzazione o consultazione. La normativa UNI ne fornisce le regole mediante un insieme di norme e convenzioni grafiche.

Nello specifico, i particolari costruttivi ritraggono l'entità di un elemento o di una sua parte o ancora di una congiunzione di elementi della fabbricazione edilizia.

Una volta analizzate le caratteristiche e peculiarità dell'edificio posto in esame, ovvero la nuova "Sede Unica Regione Piemonte", si è scelto di concentrare l'attenzione allo studio di un particolare costruttivo di dettaglio che incarnasse la necessità di chiarire complesse connessioni progettuali.

Un secondo interesse si è aggiunto al precedente, ovvero quello di studiare un nodo costruttivo inusuale nelle frequenti fabbricazioni edilizie.

Il risultato di tale ricerca è stato quasi nell'immediato focalizzato nella connessione di parti strutturali e architettoniche che caratterizzano l'aggancio dei piani inclinati dei satelliti, alla struttura del solaio.

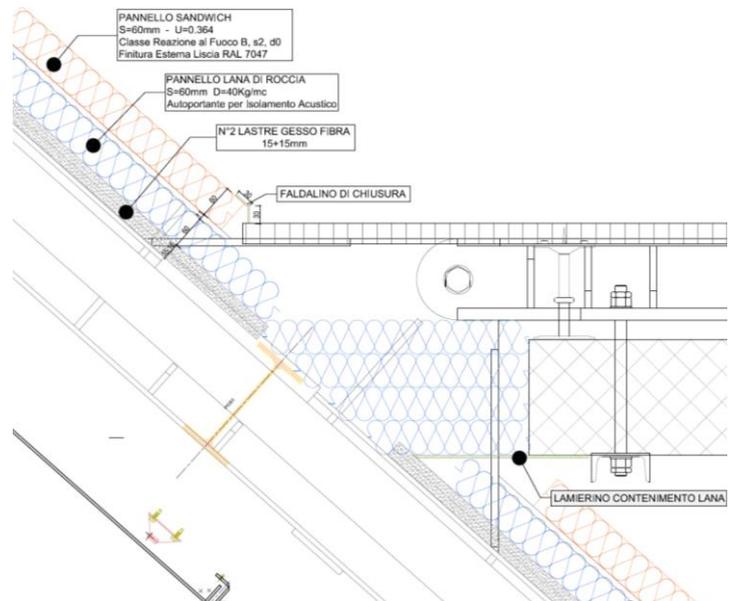


Figura 33 dettaglio 01

Il dettaglio costruttivo posto in figura, codificato con la sigla DETTAGLIO 01 è stato estratto dal documento PR\_3\_C\_A\_D\_T1312\_00-DETTAGLI posto nel percorso PROGETTO COSTRUTTIVO\02. Progetto architettonico\01\_TO\T\_1300-SATELLITI CORPO 1.

Il titolo dell'elaborato, TORRE- PIANI INCLINATI- DETTAGLI RIVESTIMENTO SATELLITI – CORPI 1, 2, 3, 4, 5, ci fa capire come questo dettaglio sia in sé una peculiarità progettuale, ma che è stata consapevolmente funzionalizzata alla replicabilità in tutti gli altri nodi che similmente si presentano nei satelliti, dal corpo 1 al 5.

La definizione di accuratezza di tali dettagli è riportata dalla definizione dello stesso documento, riferito a un PROGETTO DI DETTAGLIO E MONTAGGIO (COSTRUTTIVO).

Lo studio isolato di questo nodo, non fornisce comunque tutte le informazioni utili alla comprensione globale di come sia realmente strutturata questa soluzione tecnica.

Le informazioni che subito, invece, sono chiare, si riferiscono alla stratigrafia dell'elemento obbligo e di come in qualche modo questo si collegato alla struttura in c.a.

La stratigrafia a chiusura di questa superficie è così ordinata:

1. Pannello sandwich di spessore  $S=60\text{mm}$ ; trasmittanza  $U=0,364$ , Classe Reazione al fuoco B, s2, d0; Finitura esterna liscia RAL 7047
2. Pannello lana di roccia di spessore  $60\text{mm}$ ; densità  $D=40\text{kg/m}^3$ ; autoportante per isolamento acustico
3. N°2 lastre gesso fibra spessore  $15 + 15\text{mm}$
4. Fandalino di chiusura.

A queste informazioni è aggiunta la presenza di un lamierino per il contenimento della lana di roccia.

Queste uniche informazioni descritte e rappresentate nella figura precedente, non sono sufficienti a districare la compressa composizione di tale dettaglio, dunque a questo sono stati integrati altri elaborati grafici.

Ad esempio non risulta chiaro come i pannelli sandwich siano connessi tra loro e inoltre collegati alla struttura portante.

A queste problematiche e ad altre connesse a queste, risponde il DETTAGLIO 02, il quale mostra come sia geometricamente consentito l'incastro tra i pannelli, ovvero tramite un fissaggio a scomparsa e di come sia avvitato a una struttura di supporto identificata come SOTTOSTRUTTURA OMEGA 10/10.

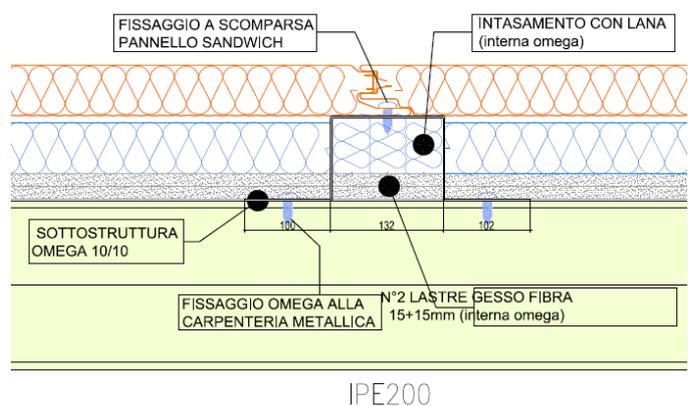
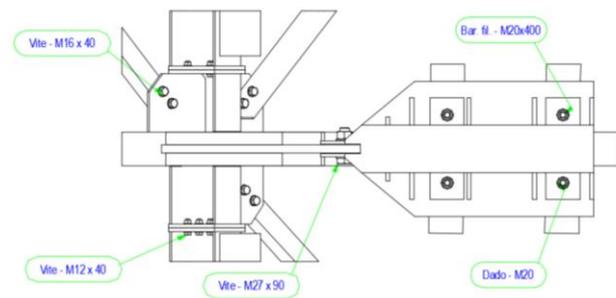


Figura 34 DETTAGLIO 02

Quest'ultima struttura connette il pannello sandwich alla carpenteria metallica tramite fissaggio a vite e meccanicamente, tramite la sua geometria, vincola il pannello isolante e le lastre di gesso, mantenendo la loro continuità anche dentro la sottostruttura OMEGA.



di profili di controventamento per irrigidire la struttura, e che la trave a IPE ortogonale a quella 300, sia costituita da due elementi uniti tra loro tramite un fazzoletto saldato alle rispettive travi e unite tra loro tramite 5 viti M12x40.



Altri due estratti del medesimo file, migliorano la comprensione del dettaglio, supportato da una rappresentazione assometrica.

A questi dati grafici sono state aggiunte nozioni esplicative da attribuire a tutte le saldature presenti che non sono state rappresentate a questa scala di dettaglio.

Nonostante siano state descritte in linea generale, ovvero non siano state puntualmente specificate ove e quali procedure di saldatura siano state apportate, è stato necessario visionare personalmente, ove possibile lo stato di fatto, oltre ad aver avuto il consulto delle figure interessate direttamente a tali procedure.

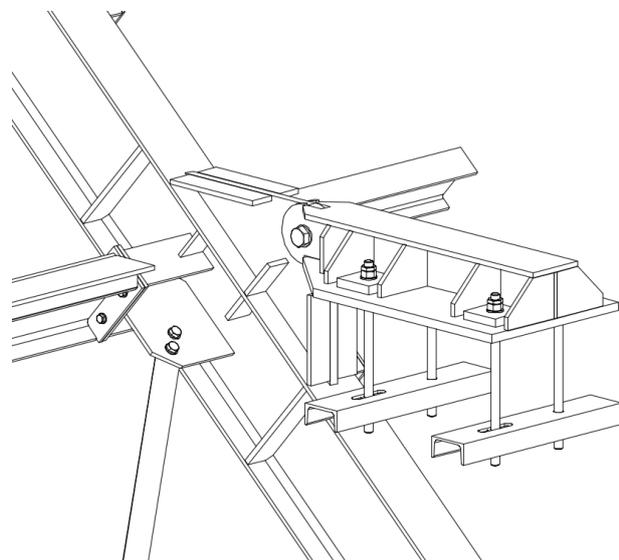


Figura 36 Dettagli carpenteria metallica

A integrazione di tali informazioni sono state poi indicate dagli stessi addetti, le schede tecniche di alcuni elementi come i Pannelli Flat o ancora rilevati elementi direttamente in cantiere come la pavimentazione e la struttura a suo sostegno.

### 1.16 Il BIM come strumento di dettaglio

I particolari costruttivi dunque, hanno il compito di manifestare graficamente i punti più rilevanti e caratteristici del progetto. Il loro fine è, oltre che quotare, dare la massima

comprensibilità alle scelte tecnologiche, alla qualità dei materiali da usare e alle modalità di messa in opera.

La norma UNI 11337 è ad oggi in fase di espansione e spesso integrate con riferimenti alle norme inglesi BS e PAS. Laddove le norme non incontrano le necessità sempre più esigenti nel campo dello sviluppo di software BIM, spesso ci si basa sulla sperimentazione affidandosi buon senso e all'esperienza acquisita negli anni.

Seguendo l'iter di studio di questa tesi, partendo dal Facility Management, passando per il BIM e infine studiando nel dettaglio Sede Unica della Regione Piemonte, si è deciso di unificare le nozioni apprese e sperimentare in un campo non ancora ben esplorato, che è quello dell'utilizzo del BIM come strumento di dettaglio in forma 3D.

In particolare, la fase che ha riguardato lo studio del dettaglio costruttivo DETT.01, ha reso evidenti, come siano complicate le procedure di apprendimento di un nodo costruttivo complesso, semplicemente utilizzando supporti 2D, anche se ben dettagliati.

Proprio perché il disegno tecnico è in primis uno strumento utile a spiegare e progettare oggetti reali e dunque orientati su tre dimensioni, che le rappresentazioni su due dimensioni implica uno sforzo notevole per la sua comprensione.

La potenzialità dei software BIM risiede proprio nella loro capacità di restituire file digitali 3D del tutto analoghi a quelli reali, sa soprattutto di parametrizzare e arricchire d'informazioni che diversamente sarebbe complicato ricercare nei numerosi faldoni progettuali odierni.

Attualmente il software Autodesk Revit è un programma CAD e BIM concepito dalla Revit Technologies Inc. che permette di progettare con elementi di modellazione parametrica e di disegno. Questo programma è da considerare come l'approccio più vicino alla realtà avvertita dagli esseri umani. Proprio a vantaggio delle sue potenzialità, che questo programma è stato utilizzato per esaminare le difficoltà e i vantaggi di una progettazione di dettaglio, in vari livelli di definizione.

La modellazione parametrica è sicuramente il metodo più efficace per comprendere e far comprendere la complessità della realtà costruttiva ed è in questa complessità che il

programma concentra il suo punto di forza, semplificando e concentrando i dati in un unico data base d'informazioni che non si limitano alla terza dimensione ma assimilano il concetto di tempo, concependo il cambiamento alla base delle varie fasi progettuali gestionali e manutentive.

Il software consente nelle sue funzioni di realizzare un oggetto edilizio tramite famiglie parametriche di sistema o caricabili, con un grado di dettaglio stabilito a monte dai progettisti, e che possono essere incrementati d'informazioni tramite le viste di dettaglio 2D.

È comprendendo il potenziale di questo programma che si è deciso di sperimentare comunque una progettazione di dettaglio interamente in 3D, consapevoli che il programma e in generale la tecnologia a suo supporto non è ancora matura a questa visione.

#### 1.16.1 Metodologia di lavoro

L'esperienza progettuale nella realizzazione di particolari 3D necessita sicuramente della conoscenza e dello studio dei particolari costruttivi in due dimensioni, per poter poi comprendere il grado di dettaglio da trasferire nelle tre dimensioni.

L'idea non si basa sulla volontà di voler restituire con interezza un edificio realizzato nel dettaglio, ma di approfondirne solo degli aspetti significativi, seguendo il modello dei tradizionali particolari costruttivi, sviluppandoli tridimensionalmente mediante la creazione di blocchi di famiglie.

Inizialmente è stata esaminata la metodologia tipica di progettazione di un dettaglio in due dimensioni, il quale ha reso evidente la necessità di appoggiarsi a un sistema comune di traduzione dei risultati, che sono dunque normati dalla legge.

Essendo il tema BIM in via di sviluppo, le ricerche, sono state effettuate prevalentemente tramite il supporto di internet nell'aspetto dell'aggiornamento normativo e si è proceduto successivamente nell'analizzare gli aspetti pratici e funzionali, tramite le conoscenze dell'uso di software BIM, traslandoli idealmente a un livello di dettaglio superiore.

Dapprima si sono affrontate le problematiche relative a una progettazione di questo genere sviluppando il tema in questione su un nodo costruttivo semplice, che avrebbe mostrato da subito le difficoltà operative, senza dover incorrere a un quantitativo di lavoro eccessivo per poter creare le premesse di partenza.

Il nodo, come mostrato in figura comprendeva solo l'utilizzo di cinque elementi per la realizzazione di un nodo tra pareti in mattoni isolate termicamente.

Gli elementi architettonici presenti sono:

- Muratura in mattoni faccia a vista
- Isolamento termico
- Mattoni forati
- Intonaco di finitura
- Camera d'aria
- Intonaco rustico

Il primo approccio è stato quello di studiare la normativa di riferimento, la quale per le classi di definizione in BIM ovvero i LOD, venivano date delle indicazioni chiare sulle informazioni geometriche, la natura dimensionale e le caratteristiche da aggiungere dell'elemento.

In questo studio, è risultato chiaro che le caratteristiche geometriche e la natura dell'oggetto dei LOD D, E, F e G erano complessivamente le stesse, ma variavano unicamente la natura delle informazioni della voce "caratteristiche". Conseguentemente per tali livelli di LOD, la modellazione 3D risulta la stessa.

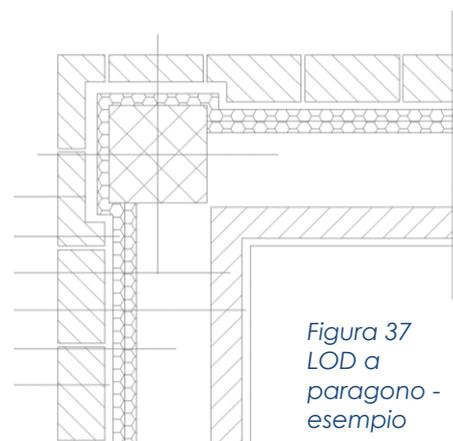
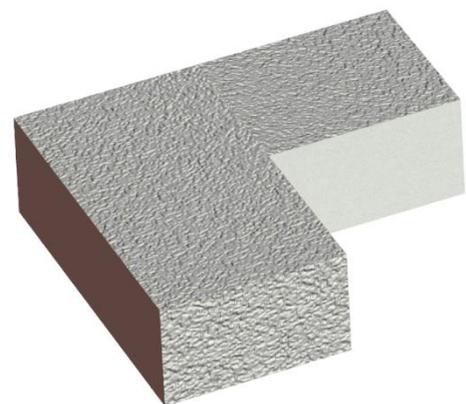
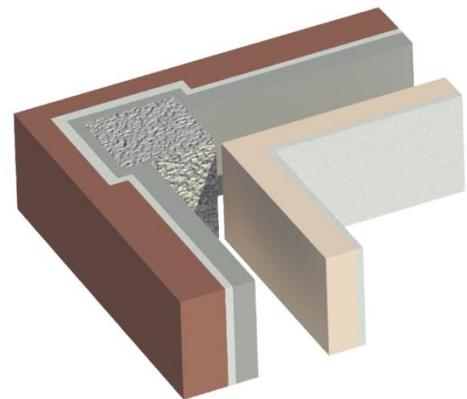
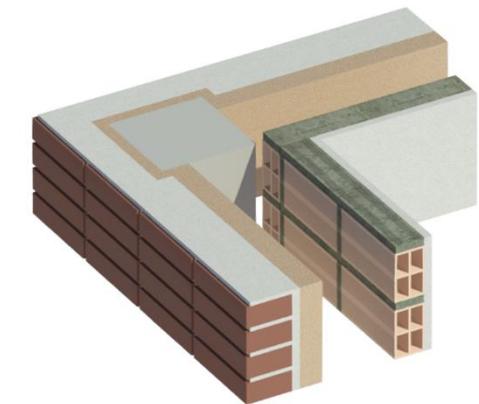


Figura 37  
LOD a  
paragone -  
esempio

La prima problematica riscontrata in questo esempio è stata quella di non poter modellare elementi molto dettagliati, nelle loro dimensioni reali, utilizzando la procedura di modellazione da "Progetti" all'interno della quale è possibile aprire una pagina di "Modello di costruzione, architettonico, strutturale, meccanico".

Il limite di tale procedura è quella legata all'impossibilità di configurare elementi composti da geometrie generabili dalla modellazione al millimetro. La soluzione a questo problema si è trovata utilizzando la modalità di creazione di oggetti per "Famiglie". Da subito questa metodologia di elaborazione dei dati ti consente di scegliere il tipo di famiglia da utilizzare, in modo da essere gerarchizzato correttamente.

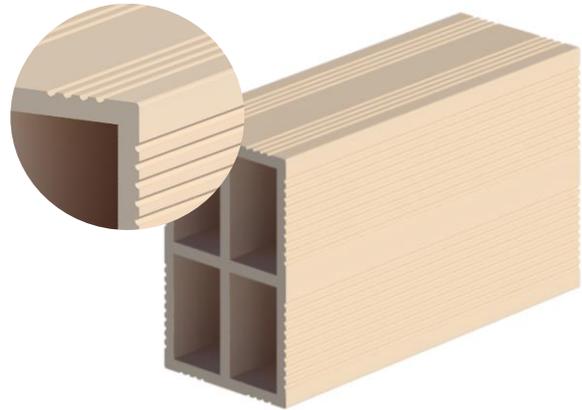


Figura 38 Mattone forato

Prima di trovare una "famiglia" adatta sono state fatte le seguenti prove:

1. Attrezzatura metrica speciale per muri: non permette di impostare il muro con un angolo "x" dalla verticale;
2. Elemento di dettaglio metrico non consente di creare profili di estrusione;
3. Modello generico metrico basato su muro non permette di impostare il muro con un angolo dalla verticale;
4. Modello generico metrico basato su superficie non permette di impostare il muro con un angolo "x" dalla verticale;
5. Pannello dati metrico si riferisce all'ambito elettrico;
6. Pannello di facciata continua metrico non utile allo scopo del particolare.

In fine è stata adottata la famiglia Modello generico metrico, la quale consentiva la modellazione degli elementi secondo la reale configurazione dell'oggetto.

Una volta modellato tutto il nodo e inserite le informazioni sulla natura dei materiali è stata caricata la famiglia all'interno della pagina di "Progetto", all'interno della quale è possibile estrarre facilmente le sezioni ed elaborare rendering. Il vantaggio di questo risultato, risiede anche nella comodità di avere le informazioni inserite all'interno dell'elemento, semplicemente cliccandoci sopra.

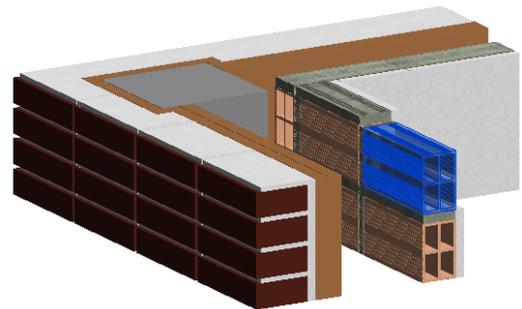
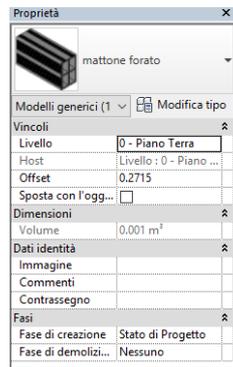


Figura 39 Interfaccia Revit

Nel menù a tendina visualizzato sotto la voce "Proprietà" sono appunto elencati i dati di sistema che derivano dalla geometria e dal materiale caricato sull'oggetto, ma è inoltre possibile inserire autonomamente, tutta una serie di proprietà che si vogliono aggiungere.

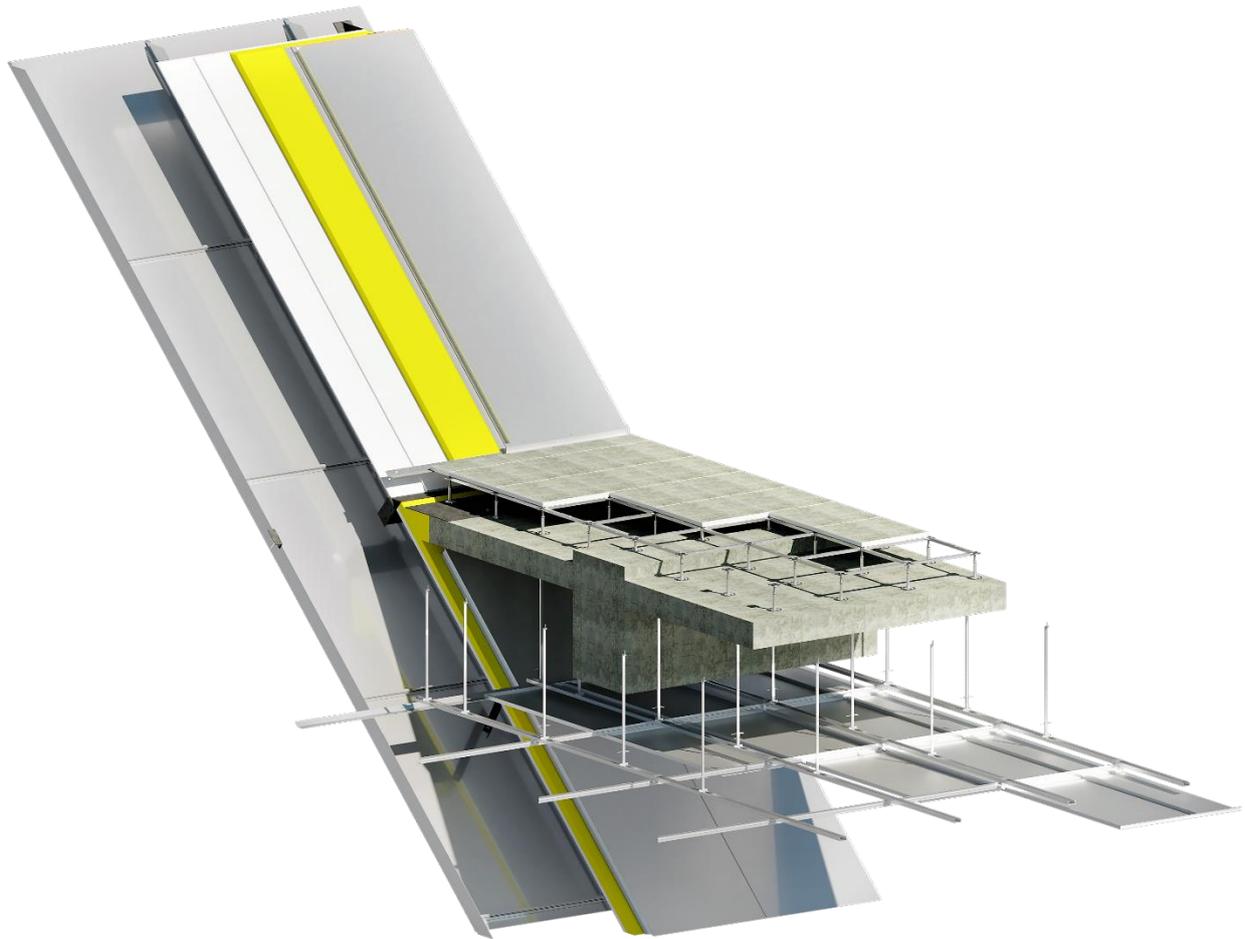
Completato il primo modello, è stato realizzato il secondo, con un livello di dettaglio inferiore nel quale sono stati rappresentati gli ingombri di ogni strato.

Al livello ancora inferiore di dettaglio è stata modellata unicamente la forma globale della muratura, definendone intrinsecamente le dimensioni come solido 3D, infine il livello grafico 2D.

A questa analisi preventiva è seguito il processo di applicazione delle nozioni acquisite, consapevole delle differenze sostanziali nella sua applicazione in un caso reale è così peculiare come quello del DETTAGLIO 01 del Grattacielo della Regione Piemonte.

### 1.16.2 LOD E, LOD F e LOD G

In questo paragrafo è riportato il render del dettaglio costruttivo nel LOD E, realizzato secondo le indicazioni descritte dalla Norma UNI 11337-4: 2017. Ogni singolo elemento costituente il nodo di dettaglio è stato modellato allo stesso grado di dettaglio, proponendo per alcuni elementi non descritti dalla normativa, le indicazioni da seguire a tale scopo.



*Figura 40 Render LOD E DETT.01*

Il LOD F e il LOD G, sono rappresentati dallo stesso grado di dettaglio geometrico del LOD E, definito come “oggetto specifico” al quale è necessario apportare ulteriori informazioni definite dalla voce “Caratteristiche” che la norma indica negli esempi riportati nel prospetto C della stessa. Il LOD E si riferisce alla specifica virtualizzazione del componente, sistema e subsistema in relazione ai prodotti che sono stati prescelti da

progetto, ma che non sono dunque effettivamente posato ed installato. Nel caso specifico affrontato in questo elaborato, l'edificio sottoposto allo studio di dettaglio è realmente realizzato, dunque tutti i dati progettuali sono stati estratti dal rilievo diretto di ogni componente ove possibile, avvicinando questo modello alla definizione del LOD F.

Il LOD F, riassunto con le parole, "oggetto eseguito" esprime la virtualizzazione verificata sul luogo definendolo come "as-built". Le caratteristiche qualitative e quantitative sono quelle specifiche del sistema produttivo così com'è stato realizzato in questo elaborato per il LOD E, ma definendo un livello di dettaglio superiore a quest'ultimo per gli interventi di gestione,

manutenzione e/o riparazione e sostituzione da eseguirsi lungo tutto il ciclo di vita dell'edificio. Il LOD G riassunto con le parole "oggetto aggiornato" esprime invece una virtualizzazione aggiornata dello stato di fatto dell'elemento considerato, in uno specifico e definito tempo. I sistemi produttivi sono in questo LOD storicizzati lungo l'arco di vita utile dello stesso, aggiornandolo rispetto al periodo in cui questo fu realizzato.

Ogni singolo intervento di gestione, manutenzione e/o riparazione e sostituzione avvenuto nel tempo che è ritenuto significativo, deve essere indicato fornendo anche le indicazioni dell'eventuale stato di degrado presente al momento dell'analisi. Il dettaglio costruttivo virtualizzato, comprendente 428 elementi 3D, come indicato nella

Famiglie di modello	n°	n° per tipo
Aggancio Alucobond	36	1
Angolare L60x60x6	1	1
Barra filettata	12	2
Canale di sospensione	4	1
Colonnina M16/4	32	2
Dado	56	8
Gancio a nonio	20	1
Lastra gesso fibra	4	2
Malta di ancoraggio	1	1
Pannello Alucobond	15	1
Pannello controsoffitto	13	1
Pannello lana di roccia	2	2
Pannello Sandwich	3	1
Perno	1	1
Piastra di chiusura solaio	2	2
Piastrella	15	1
Profilo	24	3
Rondella	48	8
Solaio	1	1
Trave	3	3
Traversa pavimento	48	1
Vite	24	7
Vite autoperforante	63	1
<b>SOMMA</b>	<b>428</b>	<b>52</b>

Legenda	
	Famiglie schedate

Figura 41 Famiglie di modello schedate

tabella alla destra. Questo numero, rappresenta più nello specifico la quantità di elementi presenti, il quale comprende la progressiva ripetizione di geometrie identiche, seppur codificate, parametrizzate e posizionate singolarmente. Il numero degli elementi modellati per tipo, dunque la quantità di famiglie di modello generate è 52.

Di seguito sono elencate le procedure adottate per la schedatura delle 5 famiglie di modello esaminate a campione, come riportato in tabella.

I 5 campioni rappresentativi:

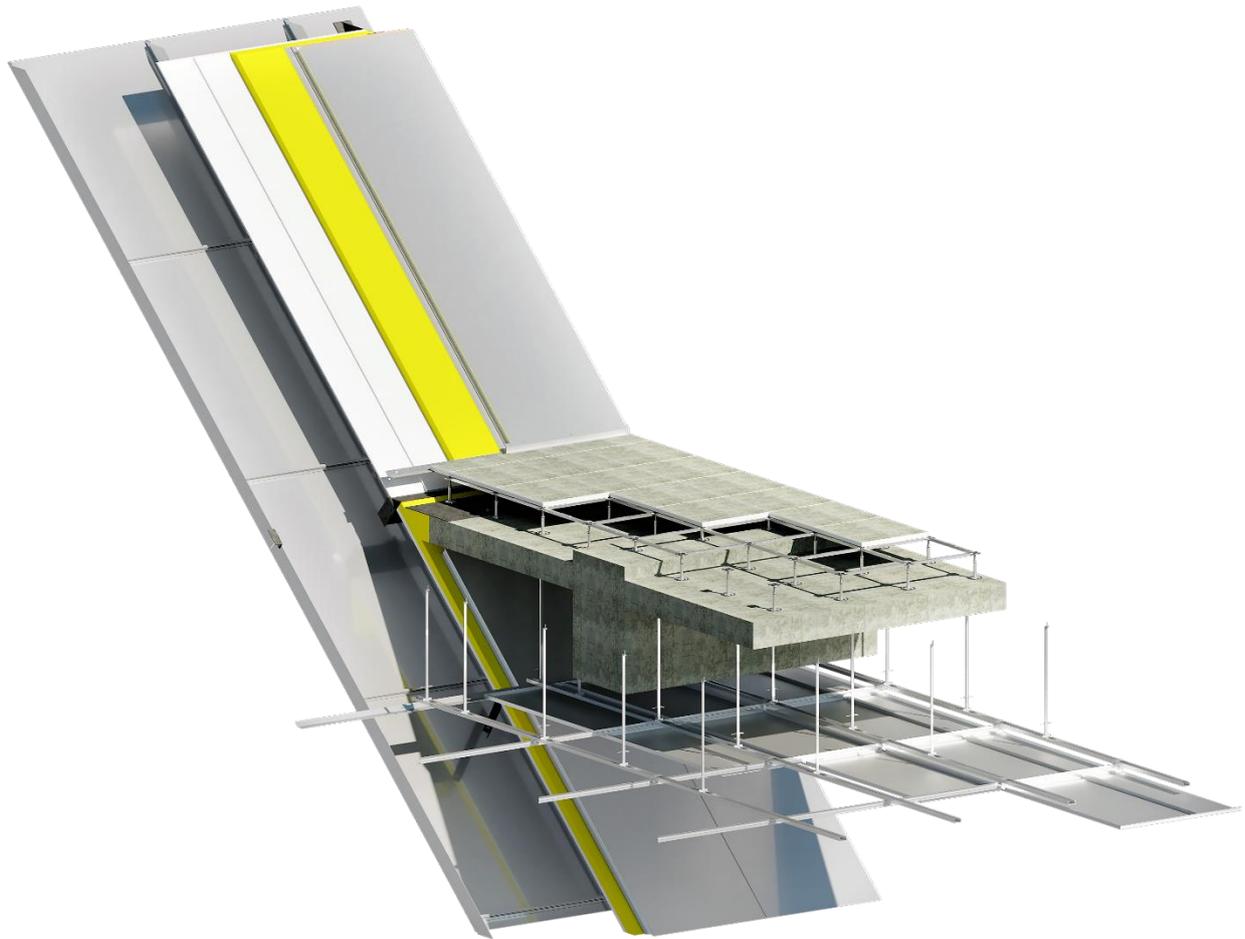
- Colonnina M16/4 – elemento portante a sostegno della pavimentazione galleggiante. La scheda è una proposta, studiata esaminando gli elementi presenti nelle tipologie d'esempio descritte dalla normativa poiché non è dedicato un prospetto su elementi specifici come questo caso.
- Dado M27 – elemento di unione estratto come esempio tra le numerose tipologie presenti
- Pannello Alucobond – Pannello di chiusura verticale/inclinata esaminato come riferimento dei pannelli presenti nel progetto. La scheda è una proposta, studiata esaminando gli elementi presenti nelle tipologie d'esempio descritte dalla normativa poiché non è dedicato un prospetto su elementi specifici come questo caso.
- Perno – Staffa fissaggio Tipo 1C, Elemento strutturale di collegamento esaminato come peculiarità della struttura in acciaio. Scheda di riferimento non esistente in normativa, assimilata all'esempio normativo della UNI 11337-4: 2017 prospetto C.25 – travi in acciaio
- Trave principale SAT-01\_TP-006 – Elemento strutturale verticale esaminato come riferimento alla struttura in acciaio. Scheda presente nella normativa UNI 11337-4: 2017 prospetto C.24 – colonne in acciaio.

Di seguito è riportata la scheda di esempio LOD E per le 5 famiglie di modello selezionate, per chiarirne il significato.

Scheda - LOD E				
Colonnina M16/4	Dado M27	Pannello Alucobond	Perno	Trave principale SAT-01_TP-006
				
<p><b>Geometria</b>                      Elemento rappresentato mediante un solido avente dimensioni reali, sono modellati anche tutti gli elementi accessori per la produzione.</p>	<p><b>Geometria</b>                      Elemento rappresentato mediante un solido avente dimensioni reali, modellato per la produzione.</p>	<p><b>Geometria</b>                      Elemento rappresentato con forma, dimensioni e posizione corretti, sono rappresentati tutti gli elementi fisici che compongono il pannello. Sono definiti materiali, finiture e i dati specifici del fornitore di prodotti commerciali.</p>	<p><b>Geometria</b>                      Elemento rappresentato mediante un solido avente dimensioni pari alle dimensioni reali. Sono modellati anche piastre di rinforzo e di collegamento e tutti gli elementi accessori per la produzione quali saldature. Anche gli assemblaggi sono definiti a modello.</p>	<p><b>Geometria</b>                      Elemento rappresentato mediante un solido avente dimensioni pari alle dimensioni reali. Sono modellati anche piastre di rinforzo e di collegamento e tutti gli elementi accessori per la produzione quali saldature. Anche gli assemblaggi sono definiti a modello.</p>
<p><b>Oggetto</b>                      Solidi 3D composito</p>	<p><b>Oggetto</b>                      Solidi 3D complessi</p>	<p><b>Oggetto</b>                      Solidi 3D composito</p>	<p><b>Oggetto</b>                      Solidi 3D complessi</p>	<p><b>Oggetto</b>                      Solidi 3D complessi</p>
<p><b>Caratteristiche</b>                      Proprietà dell'elemento o dei singoli componenti:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Definizione materiali</li> <li>Dimensioni</li> <li>Componenti accessori</li> <li>Presenza certificazioni</li> <li>Filettature 3D</li> <li>Forature</li> </ul>	<p><b>Caratteristiche</b>                      Proprietà dell'elemento:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Definizione materiali</li> <li>Dimensioni</li> <li>Presenza certificazioni</li> <li>Filettature 3D</li> <li>Forature</li> </ul>	<p><b>Caratteristiche</b>                      Proprietà dell'elemento o dei singoli componenti:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Definizione materiali</li> <li>Dimensioni</li> <li>Presenza certificazioni</li> </ul>	<p><b>Caratteristiche</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Saldature 3D</li> <li>Assemblaggi</li> <li>Fasi di montaggio</li> </ul>	<p><b>Caratteristiche</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Saldature 3D</li> <li>Assemblaggi</li> <li>Fasi di montaggio</li> </ul>
<p><b>Usi del modello</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Cantierizzazione</li> <li>Produzione</li> <li>Assemblaggio</li> <li>Didattico</li> </ul>	<p><b>Usi del modello</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Cantierizzazione</li> <li>Produzione</li> <li>Assemblaggio</li> <li>Didattico</li> </ul>	<p><b>Usi del modello</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Cantierizzazione</li> <li>Produzione</li> <li>Assemblaggio</li> <li>Didattico</li> </ul>	<p><b>Usi del modello</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Cantierizzazione</li> <li>Produzione</li> <li>Assemblaggio</li> <li>Didattico</li> </ul>	<p><b>Usi del modello</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Cantierizzazione</li> <li>Produzione</li> <li>Assemblaggio</li> <li>Didattico</li> </ul>

## LOD D

In questo paragrafo è riportato il render del dettaglio costruttivo nel LOD D, realizzato secondo le indicazioni descritte dalla Norma UNI 11337-4: 2017. Ogni singolo elemento costituente il nodo di dettaglio è stato modellato allo stesso grado di dettaglio, proponendo per alcuni elementi non descritti dalla normativa, le indicazioni da seguire a tale scopo.



*Figura 42 Render LOD D DETT.01*

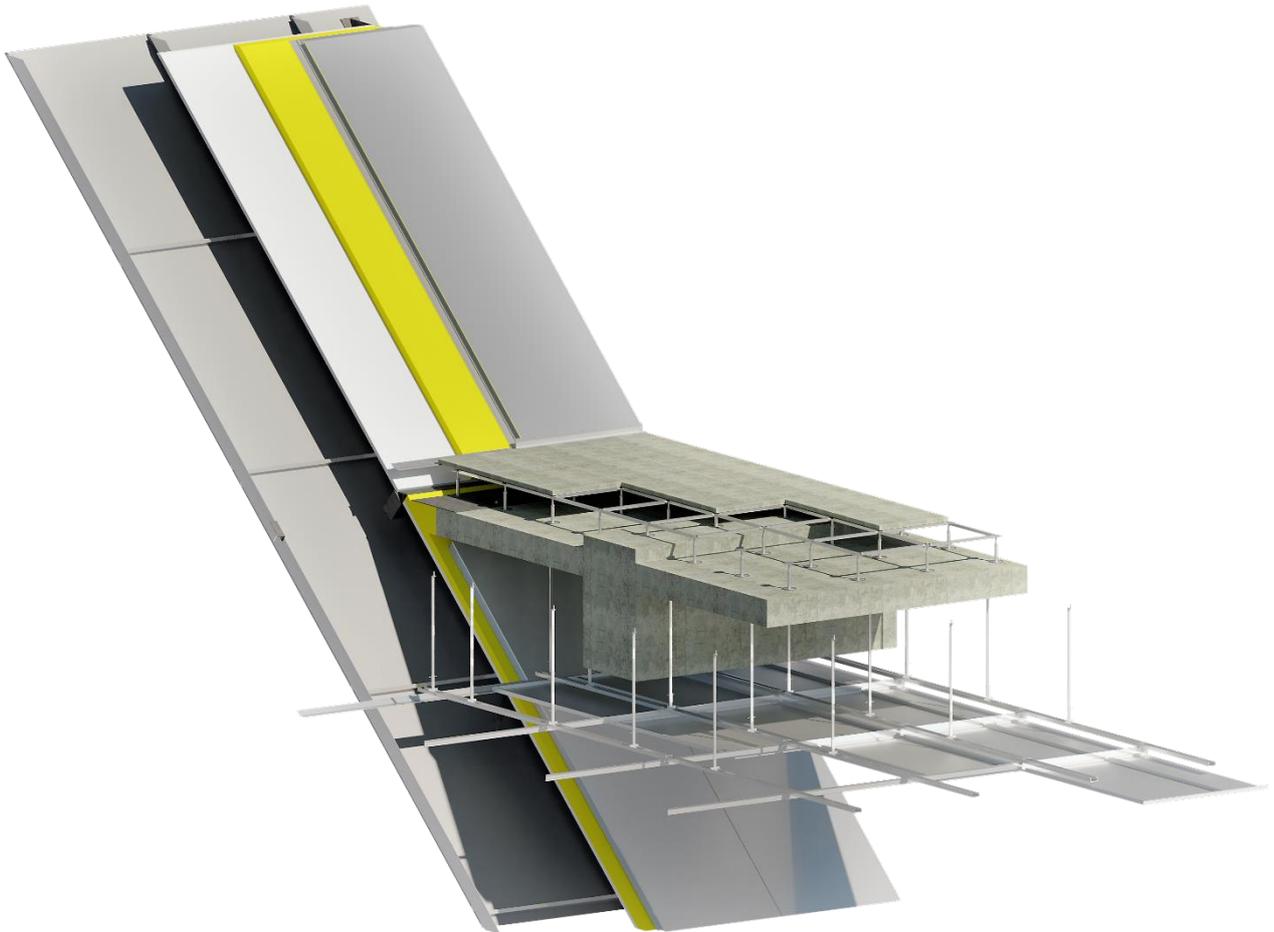
Il LOD D definito come virtualizzazione di un “oggetto dettagliato” le cui caratteristiche sono approfondite sino al singolo componente identificato in un insieme di prodotti simili.

Alla visione d'insieme del dettaglio costruttivo, non è facilmente identificabile la differenza d'informazioni Geometriche e Caratteristiche, si riporta di seguito la scheda di esempio LOD D per le 5 famiglie di modello selezionate, per chiarirne il significato.

Scheda - LOD D				
Colonnina M16/4	Dado M27	Pannello Alucobond	Perno	Trave principale SAT-01_TP-006
				
<b>Geometria</b> Elemento rappresentato con forma, dimensioni e posizione corretti, integrato con elementi accessori.	<b>Geometria</b> Elemento rappresentato con forma, dimensioni e posizione corretti.	<b>Geometria</b> Elemento rappresentato con forma, dimensioni e posizione corretti, sono rappresentati tutti gli elementi fisici che compongono il pannello. Sono definiti materiali.	<b>Geometria</b> Elemento rappresentato mediante un solido avente dimensioni pari alle dimensioni reali. Sono modellate tutte le piastre e gli irrigidimenti.	<b>Geometria</b> Elemento rappresentato mediante un solido avente dimensioni pari alle dimensioni reali. Sono modellati gli irrigidimenti.
<b>Oggetto</b> Solidi 3D composito	<b>Oggetto</b> Solidi 3D complessi	<b>Oggetto</b> Solidi 3D composito	<b>Oggetto</b> Solidi 3D complessi	<b>Oggetto</b> Solidi 3D complessi
<b>Caratteristiche</b> Proprietà dell'elemento: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Tipologia</li> <li>• Definizione materiali</li> <li>• Dimensioni</li> <li>• Componenti accessori</li> <li>• Forature</li> </ul>	<b>Caratteristiche</b> Proprietà dell'elemento o dei singoli componenti: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Definizione materiali</li> <li>• Dimensioni</li> <li>• Foratura</li> </ul>	<b>Caratteristiche</b> Proprietà dell'elemento o dei singoli componenti: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Definizione materiali</li> <li>• Dimensioni</li> </ul>	<b>Caratteristiche</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Irrigidimenti 3D</li> <li>• Piastre di collegamento 3D</li> <li>• Informazioni sulle saldature</li> </ul>	<b>Caratteristiche</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Irrigidimenti 3D</li> <li>• Piastre di collegamento 3D</li> <li>• Informazioni sulle saldature</li> </ul>
<b>Usi del modello</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Previsione di scheduling di cantiere</li> <li>• Didattico</li> </ul>	<b>Usi del modello</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Previsione di scheduling di cantiere</li> <li>• Didattico</li> </ul>	<b>Usi del modello</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Previsione di scheduling di cantiere</li> <li>• Didattico</li> </ul>	<b>Usi del modello</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Previsione di scheduling di cantiere</li> <li>• Didattico</li> </ul>	<b>Usi del modello</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Previsione di scheduling di cantiere</li> <li>• Didattico</li> </ul>

### 1.16.3 LOD C

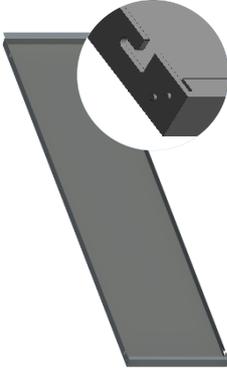
In questo paragrafo è riportato il render del dettaglio costruttivo nel LOD C, realizzato secondo le indicazioni descritte dalla Norma UNI 11337-4: 2017. Ogni singolo elemento costituente il nodo di dettaglio è stato modellato allo stesso grado di dettaglio, proponendo per alcuni elementi non descritti dalla normativa, le indicazioni da seguire a tale scopo.



*Figura 43 Render LOD C DETT.01*

Il LOD C definito come virtualizzazione di un "oggetto definito" le cui caratteristiche sono trattate in forma generica nel rispetto dei limiti legislativi e delle norme tecniche in un insieme di prodotti simili.

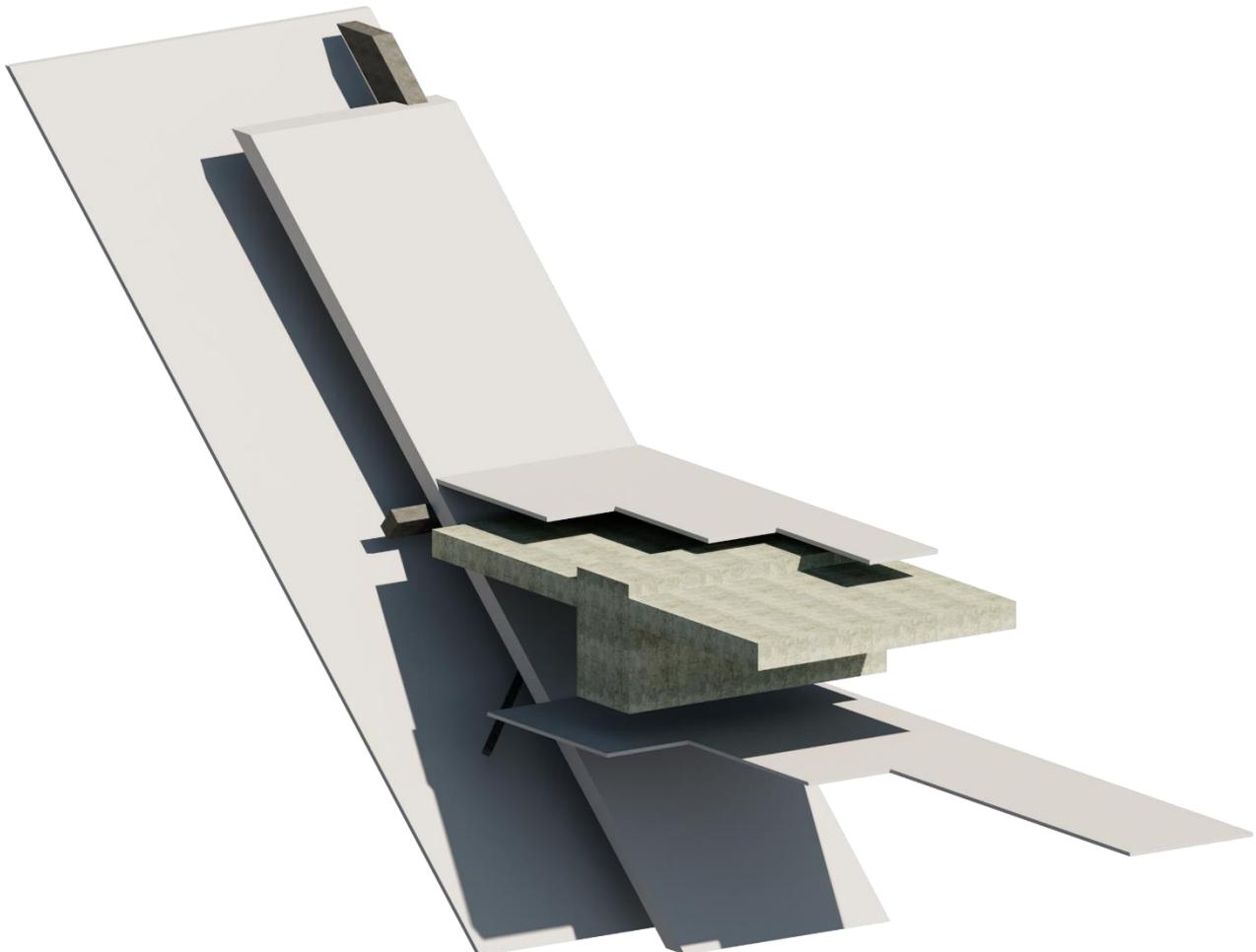
Alla visione d'insieme del dettaglio costruttivo, non è facilmente identificabile la differenza d'informazioni Geometriche e Caratteristiche, si riporta di seguito la scheda di esempio LOD C per le 5 famiglie di modello selezionate, per chiarirne il significato.

Scheda - LOD C				
Colonnina M16/4	Dado M27	Pannello Alucobond	Perno	Trave principale SAT-01_TP-006
				
<b>Geometria</b> Elemento rappresentato con forma, dimensioni e posizione corretti.	<b>Geometria</b> Elemento rappresentato con solido di estrusione di dimensione e posizione corretta.	<b>Geometria</b> Elemento rappresentato con forma, dimensioni e posizione corretti, gli elementi fisici che compongono il pannello sono rappresentati come solidi di estrusione.	<b>Geometria</b> Elemento rappresentato mediante un solido avente le piastre di irrigidimento.	<b>Geometria</b> Elemento rappresentato mediante un solido avente dimensioni calcolate secondo la normativa tecnica. Sono definiti i collegamenti tipici resistenti.
<b>Oggetto</b> Solidi 3D composito	<b>Oggetto</b> Solidi 3D complessi	<b>Oggetto</b> Solidi 3D composito	<b>Oggetto</b> Solidi 3D complessi	<b>Oggetto</b> Solidi 3D complessi
<b>Caratteristiche</b> Proprietà dell'elemento: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Tipologia</li> <li>• Definizione materiale</li> <li>• Dimensioni</li> </ul>	<b>Caratteristiche</b> Proprietà dell'elemento o dei singoli componenti: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Definizione materiale</li> <li>• Dimensioni</li> </ul>	<b>Caratteristiche</b> Proprietà dell'elemento o dei singoli componenti: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Definizione materiali superficiali</li> <li>• Dimensioni</li> </ul>	<b>Caratteristiche</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Materiali da calcolo</li> <li>• Sezioni calcolate</li> </ul>	<b>Caratteristiche</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Materiali da calcolo</li> <li>• Sezioni calcolate</li> </ul>
<b>Usi del modello</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Dimensioni esecutive</li> <li>• Utilizzo per computo metrico estimativi</li> <li>• Veridiche interferenze con altre discipline</li> <li>• Didattico</li> </ul>	<b>Usi del modello</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Dimensioni esecutive</li> <li>• Utilizzo per computo metrico estimativi</li> <li>• Veridiche interferenze con altre discipline</li> <li>• Didattico</li> </ul>	<b>Usi del modello</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Dimensioni esecutive</li> <li>• Utilizzo per computo metrico estimativi</li> <li>• Veridiche interferenze con altre discipline</li> <li>• Didattico</li> </ul>	<b>Usi del modello</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Dimensioni esecutive</li> <li>• Utilizzo per computo metrico estimativi</li> <li>• Veridiche interferenze con altre discipline</li> <li>• Didattico</li> </ul>	<b>Usi del modello</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Dimensioni esecutive</li> <li>• Utilizzo per computo metrico estimativi</li> <li>• Veridiche interferenze con altre discipline</li> <li>• Didattico</li> </ul>

### 1.16.1 LOD B

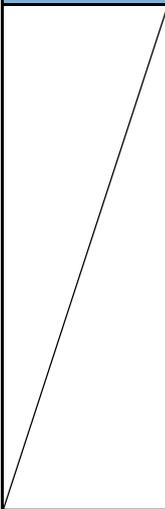
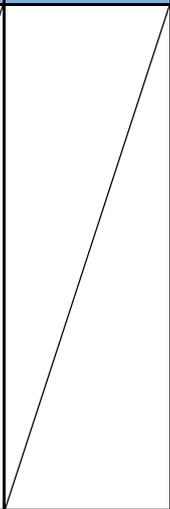
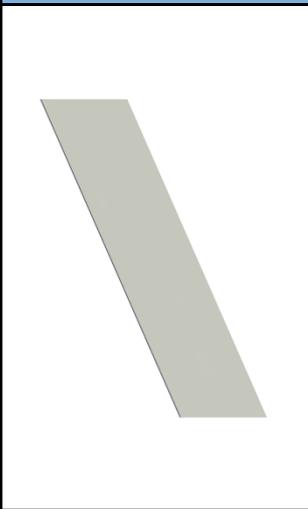
In questo paragrafo è riportato il render del dettaglio costruttivo nel LOD B, realizzato secondo le indicazioni descritte dalla Norma UNI 11337-4: 2017.

Il LOD B definito come virtualizzazione di un "oggetto generico" o una geometria d'ingombro le cui caratteristiche approssimate e definite solo fino ai sistemi.



*Figura 44 Render LOD B DETT.01*

Alla visione d'insieme del dettaglio costruttivo, è possibile notare come siano stati esclusi dalla modellazione tutti i sottosistemi e siano stati raggruppati gli elementi per tipologia e funzione. Si riporta di seguito la scheda di esempio LOD B per le 5 famiglie di modello selezionate, per chiarirne il significato.

Scheda - LOD B				
Colonnina M16/4	Dado M27	Pannello Alucobond	Perno	Trave principale SAT-01_TP-006
				
<b>Geometria</b>	<b>Geometria</b>	<b>Geometria</b> Rappresentazione geometrica 3D della pannellatura, attraverso solidi di forma e spessore approssimati.	<b>Geometria</b> Elemento rappresentato mediante un solido di estrusione abbozzato.	<b>Geometria</b> Elemento rappresentato mediante un solido di estrusione abbozzato.
<b>Oggetto</b>	<b>Oggetto</b>	<b>Oggetto</b> Solidi 3D	<b>Oggetto</b> Solidi 3D	<b>Oggetto</b> Solidi 3D complessi
<b>Caratteristiche</b>	<b>Caratteristiche</b>	<b>Caratteristiche</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Semplici geometrie d'ingombro</li> </ul>	<b>Caratteristiche</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Materiali ipotizzabili</li> <li>• Sezioni Ipotizzabili</li> </ul>	<b>Caratteristiche</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Materiali da calcolo</li> <li>• Sezioni calcolate</li> </ul>
<b>Usi del modello</b>	<b>Usi del modello</b>	<b>Usi del modello</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Studio preliminare</li> <li>• Computo metrico</li> <li>• Stima economica preliminare</li> </ul>	<b>Usi del modello</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Studio preliminare</li> <li>• Computo metrico</li> <li>Stima economica preliminare</li> </ul>	<b>Usi del modello</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Studio preliminare</li> <li>• Computo metrico</li> <li>Stima economica preliminare</li> </ul>

### 1.16.2 LOD A

La normativa UNI 11337-4: 2017 definisce il LOD A tramite un "oggetto simbolico" come una raffigurazione di riferimento senza rispettare alcun vincolo geometrico e tutte le caratteristiche ad esso associate, sono indicative.

Al fine di ottenere comunque un dettaglio costruttivo significativo, è stato proposto il medesimo nodo architettonico definito in 2D come da progetto costruttivo.

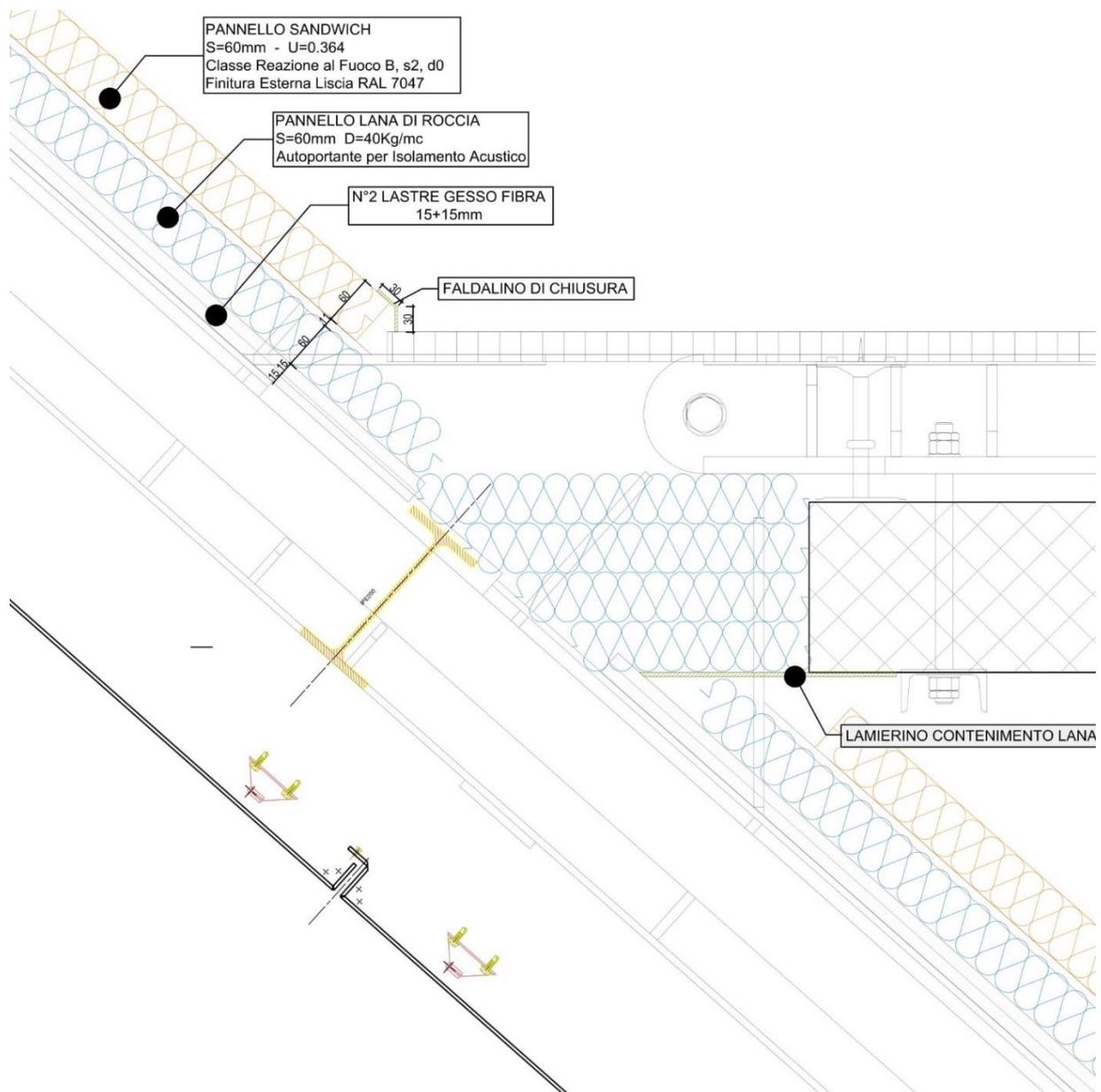
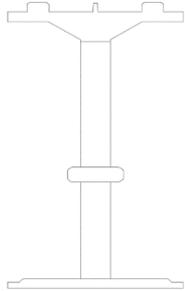
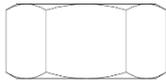
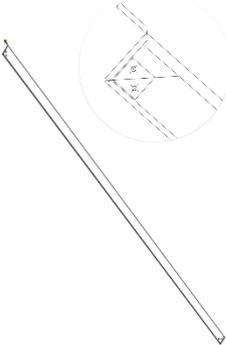
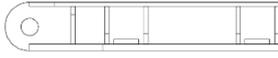
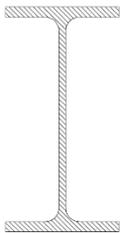


Figura 45 LOD A DETT.01

Scheda – LOD A				
Colonnina M16/4	Dado M27	Pannello Alucobond	Perno	Trave principale SAT-01_TP-006
				
<b>Geometria</b> Elemento rappresentato mediante un disegno 2D con forma, dimensioni e posizione corretti.	<b>Geometria</b> Elemento rappresentato mediante un disegno 2D con forma, dimensione e posizione corretta.	<b>Geometria</b> Elemento rappresentato mediante un disegno 2D con forma, dimensioni e posizione corretti, gli elementi fisici che compongono il pannello sono rappresentati.	<b>Geometria</b> Elemento rappresentato mediante un disegno 2D avente dimensioni pari alle dimensioni reali. Sono rappresentate anche piastre di rinforzo e di collegamento.	<b>Geometria</b> Elemento rappresentato mediante un disegno 2D avente dimensioni con forma, dimensioni e posizione corretti.
<b>Oggetto</b> 2D	<b>Oggetto</b> 2D	<b>Oggetto</b> 2D	<b>Oggetto</b> 2D	<b>Oggetto</b> 2D
<b>Caratteristiche</b> Proprietà dell'elemento: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Tipologia</li> <li>• Definizione materiale</li> <li>• Dimensioni</li> </ul>	<b>Caratteristiche</b> Proprietà dell'elemento o dei singoli componenti: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Definizione materiale</li> <li>• Dimensioni</li> </ul>	<b>Caratteristiche</b> Proprietà dell'elemento o dei singoli componenti: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Definizione materiali superficiali</li> <li>• Dimensioni</li> </ul>	<b>Caratteristiche</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Materiali da calcolo</li> <li>• Sezioni calcolate</li> </ul>	<b>Caratteristiche</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Materiali da calcolo</li> <li>• Sezioni calcolate</li> </ul>
<b>Usi del modello</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Dimensioni esecutive</li> <li>• Utilizzo per computo metrico estimativi</li> <li>• Veridiche interferenze con altre discipline</li> <li>• Didattico</li> </ul>	<b>Usi del modello</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Dimensioni esecutive</li> <li>• Utilizzo per computo metrico estimativi</li> <li>• Veridiche interferenze con altre discipline</li> <li>• Didattico</li> </ul>	<b>Usi del modello</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Dimensioni esecutive</li> <li>• Utilizzo per computo metrico estimativi</li> <li>• Veridiche interferenze con altre discipline</li> <li>• Didattico</li> </ul>	<b>Usi del modello</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Dimensioni esecutive</li> <li>• Utilizzo per computo metrico estimativi</li> <li>• Veridiche interferenze con altre discipline</li> <li>• Didattico</li> </ul>	<b>Usi del modello</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Dimensioni esecutive</li> <li>• Utilizzo per computo metrico estimativi</li> <li>• Veridiche interferenze con altre discipline</li> <li>• Didattico</li> </ul>

### 1.16.1 Parametri

Tutti gli oggetti che compongono il dettaglio costruttivo in esame sono stati arricchiti di informazioni definite come parametri. Nello specifico sono stati distinti due tipi di parametri, il parametro d'istanza e il parametro di tipo.

I parametri d'istanza sono quei parametri che vengono definiti singolarmente per ogni oggetto, i parametri inseriti a riguardo sono:

- Codice esistente – con tale voce s'intende la codifica di progetto effettuata in precedenza
- Affidabilità – con tale voce ci si riferisce a tre gradi di misurazione

1 = misura in sito

2 = misure da dwg

3 = nessuna identificazione

Identificativo – è un codice alfanumerico composto da 8 campi di identificazione dell'oggetto, dall'aspetto più generale a quello più particolare. Per spiegare con chiarezza questa voce si riporta di seguito l'esempio del dado M27:

TRP\_TO\_STR\_MG\_DDD0027A\_L06\_+25.62\_00001

TPR = Torre Regione Piemonte (nome edificio)

TO = Torino (localizzazione)

STR = Strutturale (campo di applicazione)

MG = Modello Generico

DDD0027A = Codice famiglia composto

DD = Consonanti famiglia, se parola composta, le iniziali

D = Diametro (L lunghezza, H altezza, S spessore)

0027 = Dimensione in mm

A = Lettera progressiva per medesime famiglie

L06 = Piano di riferimento

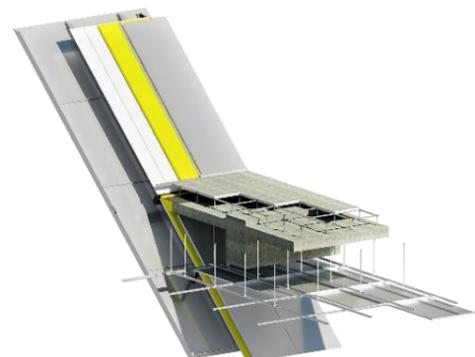
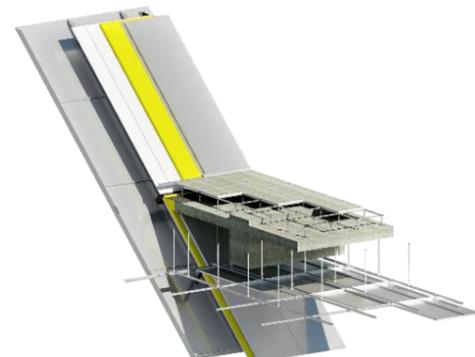
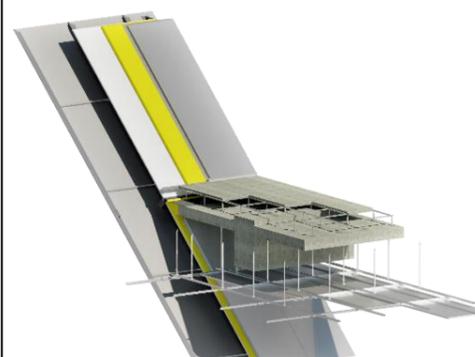
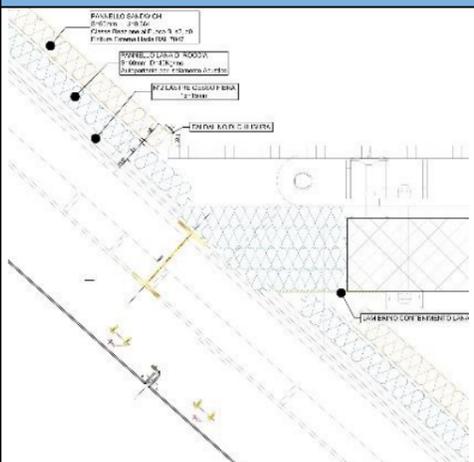
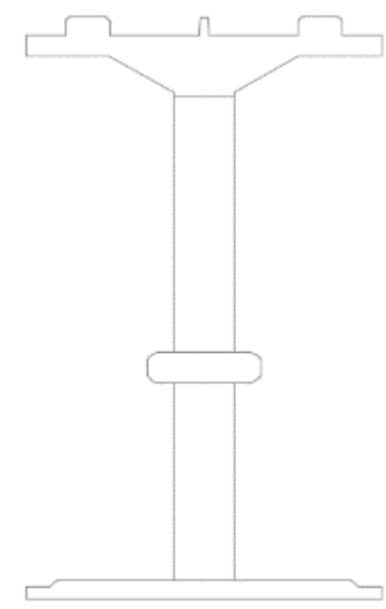
+ 25.62 = Quota

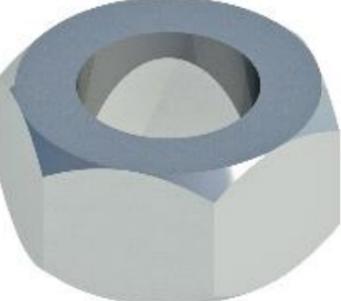
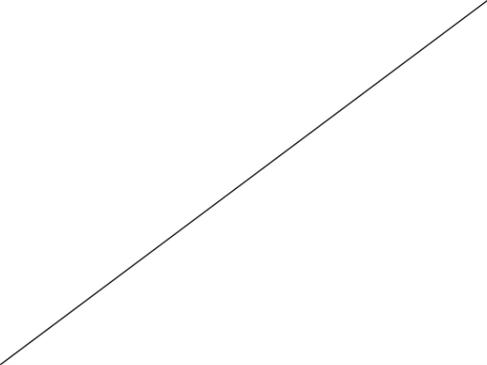
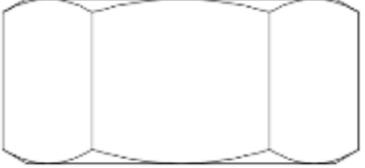
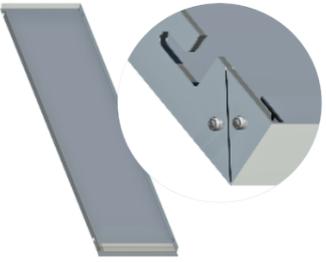
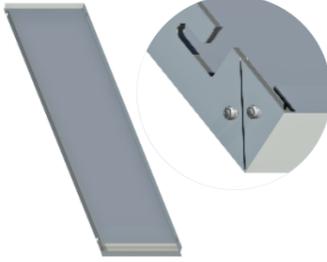
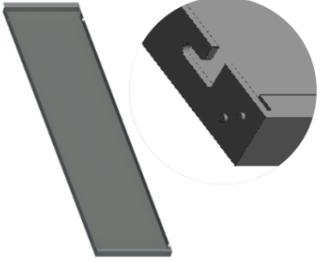
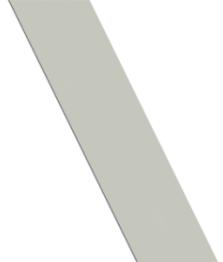
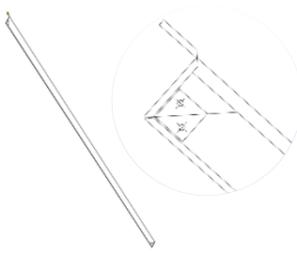
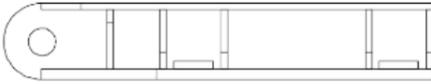
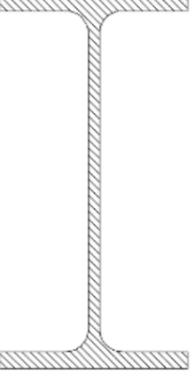
00001 = Numero progressivo per catalogare elementi uguali

I parametri di tipo sono invece parametri riferiti ad aspetti comuni alle stesse famiglie di modello, i parametri inseriti sono i seguenti:

- Descrizione
- Saldatura – Immagine tecnica di progetto
- Produttore
- URL
- Classe unità tecnologica
- Unità tecnologica
- Classe elemento tecnico
- Codice MasterFormat
- Titolo Master Format

1.16.2 Modelli a confronto

Modellazione dal LOD E al LOD A - Confronto					
Nome	LOD E	LOD D	LOD C	LOD B	LOD A
					
	Virtualizzazione di un "oggetto specifico" e del suo sistema e subsistema in relazione ai prodotti che sono stati prescelti da progetto, ma che non sono dunque effettivamente posato ed installato.	Virtualizzazione di un "oggetto dettagliato" le cui caratteristiche sono approfondite sino al singolo componente identificato in un insieme di prodotti simili.	Virtualizzazione di un "oggetto definito" le cui caratteristiche sono trattate in forma generica nel rispetto dei limiti legislativi e delle norme tecniche in un insieme di prodotti simili.	Virtualizzazione di un "oggetto generico" o una geometria d'ingombro le cui caratteristiche approssimate e definite solo fino ai sistemi.	Virtualizzazione di un "oggetto dettagliato" le cui caratteristiche sono approfondite sino al singolo componente identificato in un insieme di prodotti simili. Elaborato e finito in 2D come da progetto costruttivo
Colonnina M16/4					
	Elemento rappresentato mediante un solido avente dimensioni e geometrie pari alle dimensioni reali	Elemento rappresentato mediante un solido avente dimensioni e geometrie pari alle dimensioni reali	Geometria semplificata, senza forature e guarnizioni	Eliminato elemento	Elemento rappresentato mediante una geometria 2D come da Progetto Costruttivo - Dettaglio 01

Dado M27					
	Elemento rappresentato mediante un solido avente dimensioni e geometrie pari alle dimensioni reali o ipotizzate	Senza filettatura	Senza foratura, geometria semplificata	Eliminato elemento	Elemento rappresentato mediante una geometria 2D come da Progetto Costruttivo - Dettaglio 01
Pannello Alucobond					
	Elemento rappresentato mediante un solido avente dimensioni e geometrie pari alle dimensioni reali	Come LOD E	Senza strati interni e forature; Approssimate piastre ed elementi di fissaggio	Ridefinito l'elemento come integrato in una nuova famiglia di modello di solido generico di spessore e forma approssimata- Chiusura inclinata estradosso	Elemento rappresentato mediante una geometria 2D come da Progetto Costruttivo - Dettaglio 01
Perno					
	Elemento rappresentato mediante un solido avente dimensioni e geometrie pari alle dimensioni reali	Senza saldature	Senza foratura e piastre di irrigidimento	Solido generico di spessore e forma approssimata	Elemento rappresentato mediante una geometria 2D come da Progetto Costruttivo - Dettaglio 01
Trave principale 06 - IPE 300					
	Elemento rappresentato mediante un solido avente dimensioni e geometrie pari alle dimensioni reali o ipotizzate	Senza saldature	Senza foratura e irrigidimenti	Ridefinito l'elemento come integrato in una nuova famiglia di modello di solido generico di spessore e forma approssimata- Trave principale	Elemento rappresentato mediante una geometria 2D come da Progetto Costruttivo - Dettaglio 01

## 1.17 Analisi risultati

Completata la virtualizzazione del Dett.01 dal LOD E al LOD A, si sono analizzate le componenti “tempo” e “mezzi” derivate da tale processo, attraverso la realizzazione di grafici che quantificano tali risorse in relazione al decrescente livello di definizione del modello parametrico.

Al fine di poter proporzionare i risultati ai diversi LOD, è stato necessario quantificare numericamente tale definizione, scindendo il concetto di LOD in LOG e LOI per ogni famiglia di modello generata.

Per ogni parametro informativo e geometrico inserito all'oggetto virtuale è stato assegnata un punto. Sommati tali punti si è ottenuto un valore riferito al singolo tipo di famiglia, il quale è stato poi moltiplicato per il numero di famiglie simili.

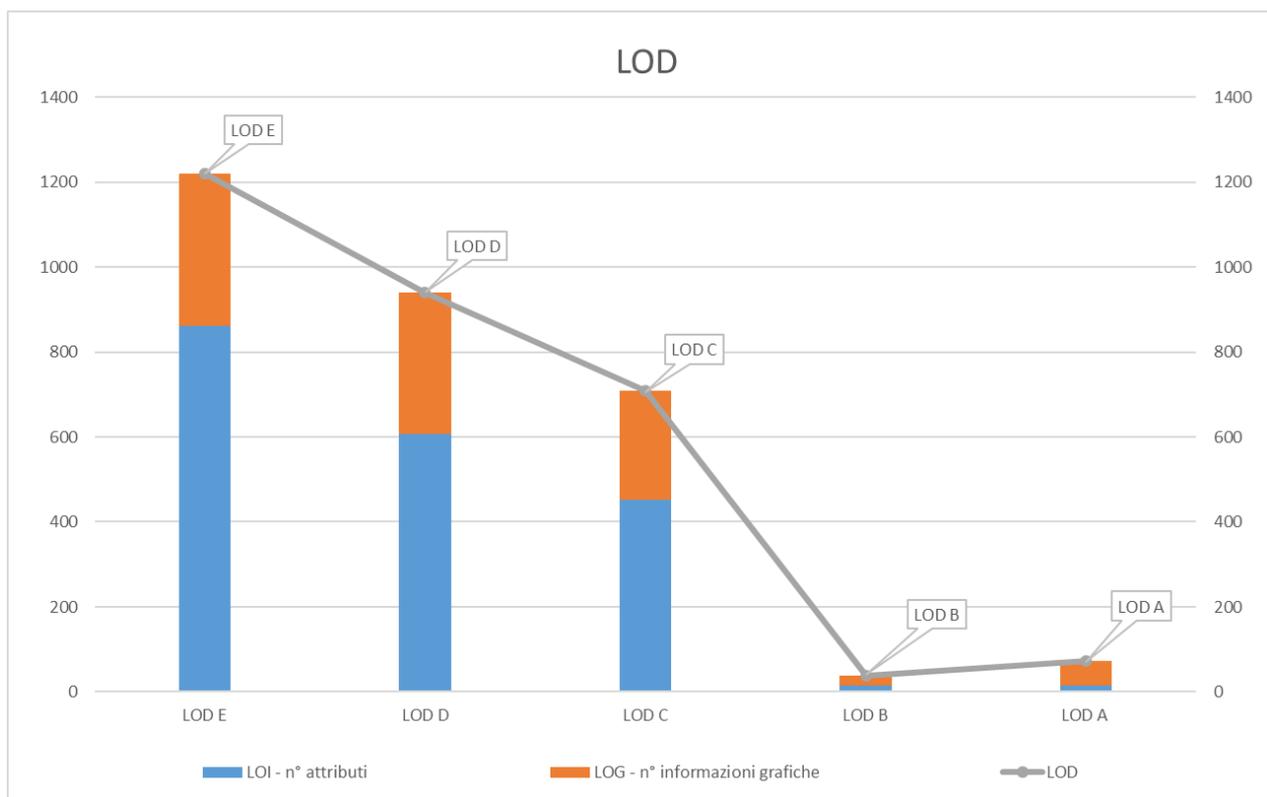


Figura 46 LOD

Il risultato ottenuto, prevedibilmente dall'esperienza effettuata nella modellazione, evidenzia una lineare e progressiva diminuzione del LOD, finché superato il LOD C la

pendenza della curva cambia drasticamente e il flesso ne indica la vertiginosa perdita di dati.

Questa grande perdita di dati del LOD B, rispecchia sicuramente le percezioni ricevute dalla navigazione del modello finito. Ciò trova spiegazione poiché numerose famiglie come ad esempio la stratigrafia della parete opaca inclinata del satellite, è stata assimilata sotto un unico elemento geometrico, perdendone informazioni sia grafiche che caratteristiche.

La pendenza della curva nel tratto LOD B – LOD A cambia nuovamente segnalando questa volta un aumento delle informazioni, che diversamente dalle assunzioni fatte per il LOD A sarebbe sicuramente un risultato anomalo.

A sostegno di quest'analisi ne discende conseguentemente la definizione dei requisiti minimi per poter affrontare un'elaborazione as-built di un dettaglio costruttivo.

Seppur un dettaglio costruttivo 3D sia circoscritto a una cubatura notevolmente inferiore a quella di un intero progetto, il computer portatile da me utilizzato per la modellazione BIM ha riscontrato notevoli problematiche nell'elaborazione dei file.

La causa, che sicuramente ha influito massicciamente rallentando e talvolta bloccando il PC, è occupata dal bisogno del software di gestire una grande quantità di dati con una memoria volatile spesso sovraccaricata di informazioni accumulate durante la modellazione.

LOD	Risorse hardware	
	Dimensione su disco [MB]	RAM necessaria [MB]
LOD E	189	808
LOD D	177	740
LOD C	152	730
LOD B	28	512
LOD A	3	315

Figura 47 Risorse hardware

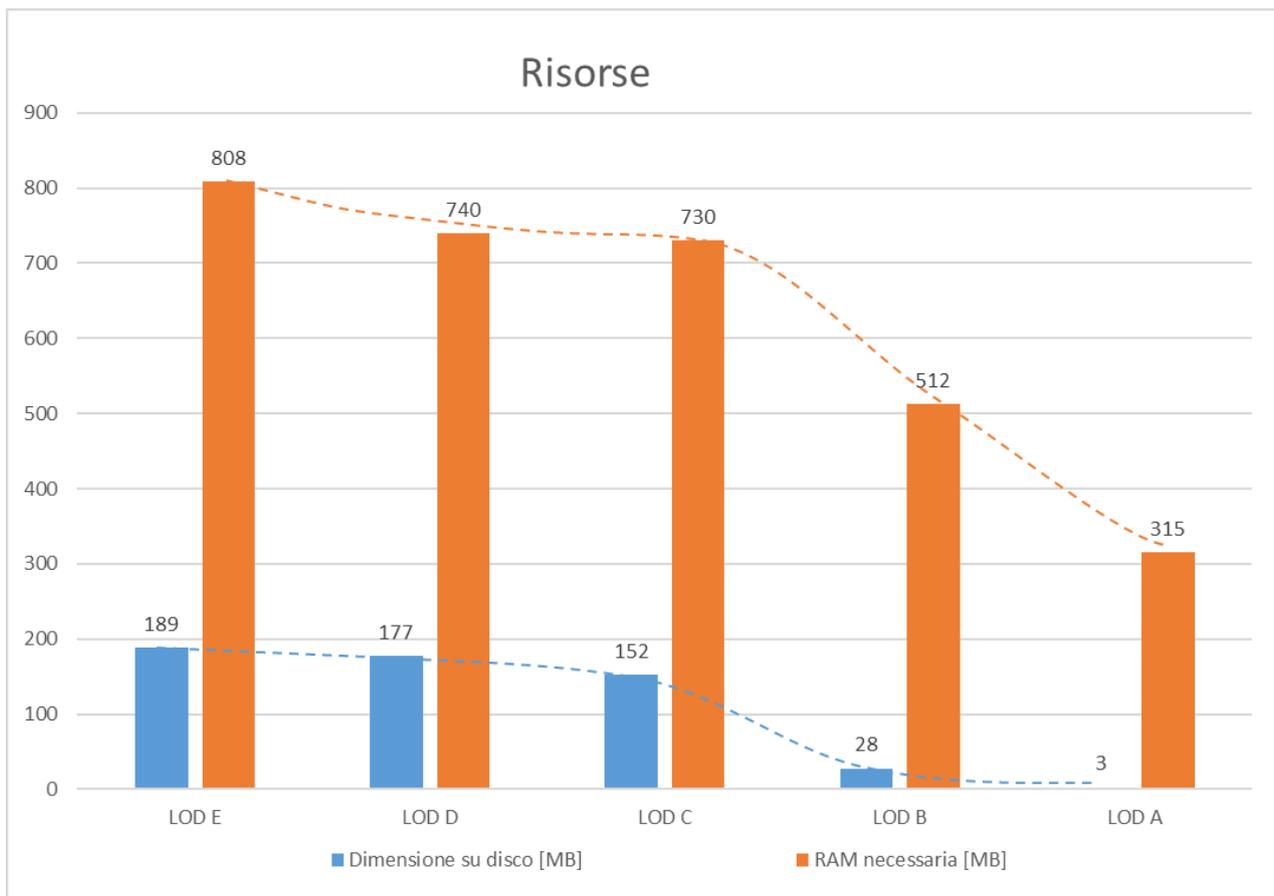


Figura 48 Risorse

La dimensione su disco dei file non occupa molto spazio, e questo aspetto è sicuramente un dato importante, considerando la numerosa quantità di materiale utilizzato per la comprensione e studio del dettaglio costruttivo in esame. L'utilizzo di un modello BIM elimina tutte le ridondanze geometriche e definisce in modo univoco e chiaro.

La RAM necessaria per la manipolazione del modello è sicuramente un aspetto da considerare nella realizzazione as-built di un dettaglio costruttivo, poiché seppur non occupi una memoria eccessiva all'apertura del file, durante l'uso dello stesso, il valore cresce vertiginosamente.

In entrambi i casi si ripresenta un andamento del tutto analogo a quello precedente, definendo un primo tratto con pendenza pressoché costante per poi decrescere con una pendenza maggiore.

Di seguito è riportato inoltre un grafico che metter in relazione la differenza percentuale tra la risorsa hardware impiegata nel LOD E con le altre 4.

LOD	Risorse hardware	
	Dimensione su disco [MB]	Memoria [MB]
LOD E-LOD D	6%	8%
LOD E-LOD C	20%	10%
LOD E-LOD B	85%	37%
LOD E-LOD A	98%	61%

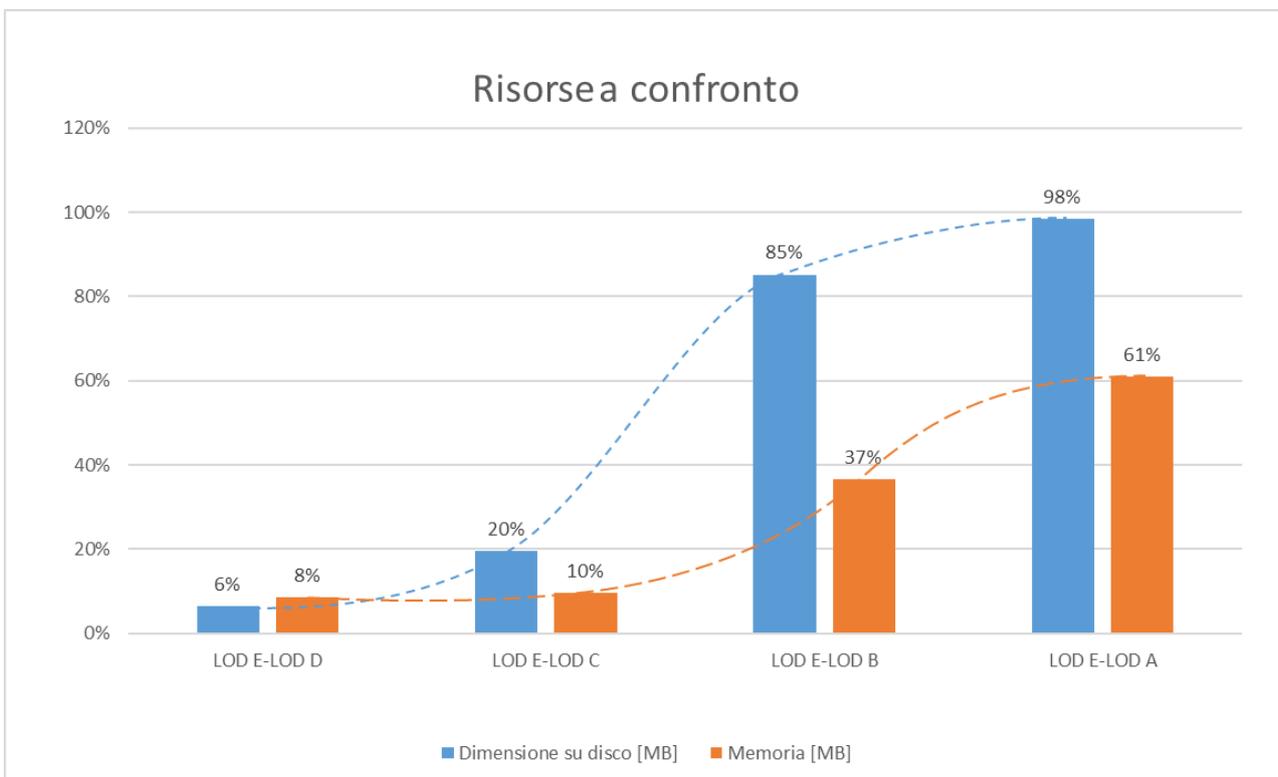


Figura 49 Risorse a confronto

Per l'analisi della componente tempo, si sono documentati tre momenti essenziali: la collocazione spaziale dell'elemento, lo studio e la modellazione.

Famiglie di modello	LOD E			LOD D			LOD C			LOD B			LOD A		
	Collocazione nello spazio 3D [gg]	Studio [gg]	Modellazione [gg]	Collocazione nello spazio 3D [gg]	Studio [gg]	Modellazione [gg]	Collocazione nello spazio 3D [gg]	Studio [gg]	Modellazione [gg]	Collocazione nello spazio 3D [gg]	Studio [gg]	Modellazione [gg]	Collocazione nello spazio 2D [gg]	Studio [gg]	Modellazione [gg]
Aggancio Alucobond	0,04	0,3	0,3	0,04	0,3	0,1	0,04	0,3	0,1	0	0	0	0	0,02	0,01
Angolare L60x60x6	0,01	0,2	0,3	0,01	0,2	0,3	0,01	0,16	0,2	0,01	0,06	0,02	0	0,04	0,01
Barra filettata	0,04	0,1	1	0,04	0,1	1	0	0	0	0	0	0	0	0,04	0,01
Canale di sospensione	0,2	0,3	0,1	0,2	0,3	0,1	0,2	0,3	0,1	0	0	0	0	0	0
Colonnina M16/4	0,2	1,2	3	0,2	1	3	0,2	0,4	1	0	0	0	0	0,07	0,01
Dado	0,5	0,6	8	0,5	0,6	8	0,5	0,2	1	0	0	0	0	0,07	0,01
Gancio a nonio	0,01	0,3	0,7	0,01	0,2	0,7	0,01	0,06	0,1	0	0	0	0	0	0
Lastra gesso fibra	0,01	0,1	0,02	0,01	0,1	0,02	0,01	0,1	0,02	0	0	0	0	0,02	0,01
Malta di ancoraggio	0,01	0,3	0,1	0,01	0,3	0,1	0,01	0,3	0,1	0	0	0	0	0	0
Pannello Alucobond	0,01	0,6	1,2	0,01	0,5	1,2	0,01	0,2	0,4	0,01	0,01	0,02	0	0,04	0,01
Pannello controsoffitto	0,02	0,6	1	0,02	0,4	1	0,02	0,2	0,2	0	0	0	0	0	0
Pannello lana di roccia	0,01	0,1	0,3	0,01	0,1	0,3	0,01	0,1	0,1	0	0	0	0	0,01	0,01
Pannello Sandwich	0,01	1	2	0,01	1	2	0,01	1	2	0	0	0	0	1	0,02
Perno	0,01	1	2	0,01	0,5	0,2	0,01	0,3	0,2	0,01	0,01	0,01	0	0,04	0,01
Piastra di chiusura solaio	0,01	0,2	0,4	0,01	0,2	0,4	0,01	0,07	0,03	0	0	0	0	0	0
Piastrella	0,02	0,3	1	0,02	0,2	1	0,02	0,04	0,4	0,02	0,04	0,01	0	0,04	0,01
Profilo a L	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,03	0,06	0	0	0	0	0	0
Rondella	0,5	0,03	0,04	0,5	0,03	0,04	0,5	0,001	0,01	0	0	0	0	0,001	0,005
Solaio	0,01	0,03	0,05	0,01	0,03	0,05	0,01	0,03	0,05	0,01	0,03	0,05	0	0,03	0,05
Trave	0,02	2	6	0,02	1,7	2	0,02	1	1	0,02	0,03	0,4	0	0,07	0,01
Traversa pavimento	0,02	0,3	0,3	0,02	0,2	0,3	0,02	0,1	0,02	0	0	0	0	0	0
Vite	0,5	0,1	1	0,3	0,1	1	0,3	0,05	1	0	0	0	0	0,05	0,01
Vite autopercorante	0,5	0,1	1	0,5	0,1	0,2	0,5	0,05	0,01	0	0	0	0	0,05	0,01
<b>Somma parziali</b>	<b>2,76</b>	<b>9,86</b>	<b>29,91</b>	<b>2,56</b>	<b>8,26</b>	<b>23,11</b>	<b>2,52</b>	<b>4,991</b>	<b>6,3</b>	<b>0,08</b>	<b>0,18</b>	<b>0,51</b>	<b>0</b>	<b>1,591</b>	<b>0,205</b>
<b>Somma [gg]</b>		<b>42,53</b>			<b>33,93</b>			<b>13,811</b>			<b>0,77</b>			<b>1,796</b>	

	LOD E	LOD D	LOD C	LOD B	LOD A
<b>Studio [gg]</b>	9,86	8,26	4,991	0,18	1,591
<b>Modellazione [gg]</b>	29,91	23,11	6,3	0,51	0,205
<b>Collocazione nello spazio [gg]</b>	2,76	2,56	2,52	0,08	0
<b>Somma [gg]</b>	<b>42,53</b>	<b>33,93</b>	<b>13,811</b>	<b>0,77</b>	<b>1,796</b>

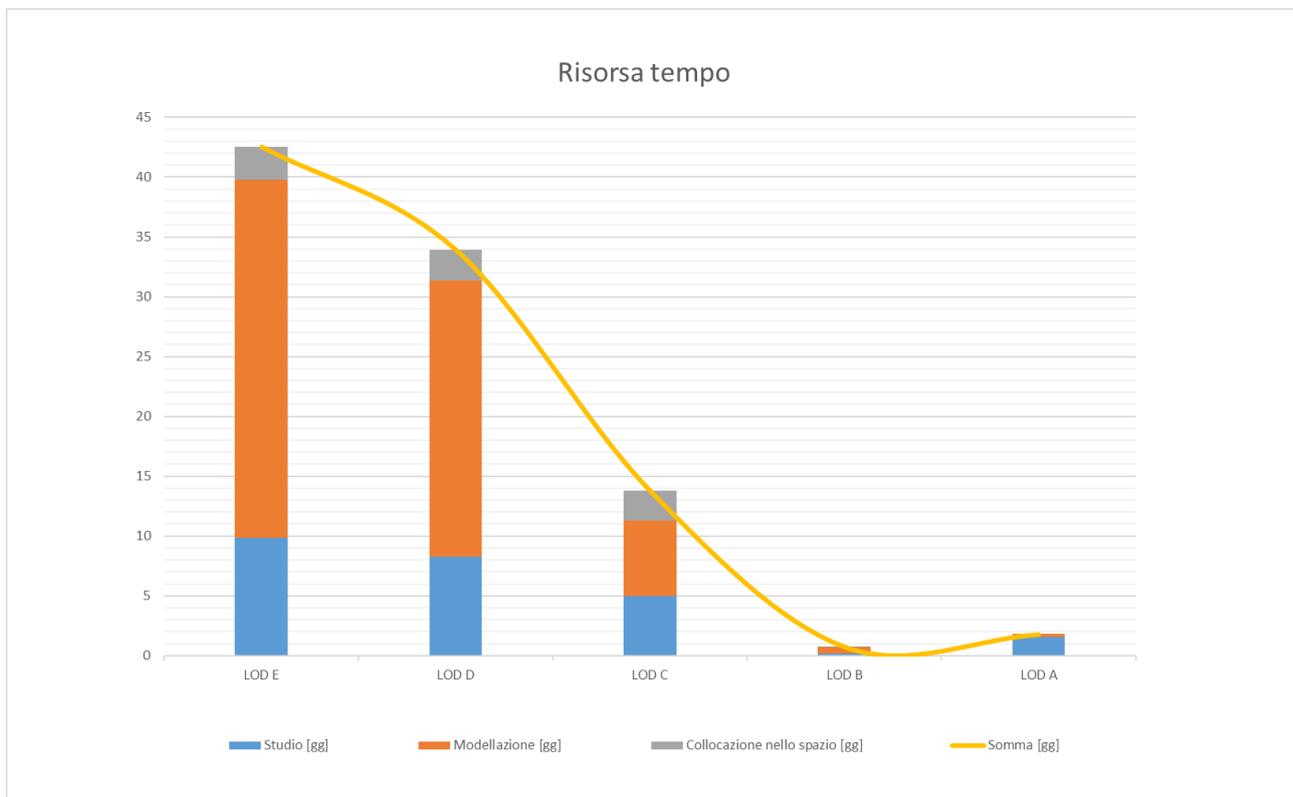


Figura 50 Risorsa Tempo

Dal grafico è possibile vedere come l'andamento della curva che definisce in termini di giorni, il tempo impiegato alla realizzazione del dettaglio costruttivo ai diversi LOD.

Inoltre è possibile notare che per i LOD E, D e C, il tempo riferito alla collocazione spaziale degli elementi nella pagina di progetto è pressoché la stessa, poiché il numero di elementi presenti in questo dettaglio è mantenuto pressoché identico per i tre LOD.

I giorni dedicati allo studio sono leggermente in aumento man mano che il dettaglio costruttivo si avvicina al LOD E, ma la componente significativamente genera l'andamento della curva, è il tempo dedicato alla modellazione.

### 1.18 I vantaggi del modello AS BUILT

Sono legati al possesso di un oggetto informatico del tutto identico alla realtà e capace di modificarsi insieme al progetto. L'utilizzo di tale modello non è limitato da alcuno fattore, essendo egli stesso, una riproduzione del reale e dunque utile a qualsiasi studio a cui esso si possa riferire.

## Conclusioni

L'obiettivo del presente elaborato, di mostrare come, tramite le agevolazioni software BIM, sia possibile produrre un elaborato di dettaglio interdisciplinare effettuando una trasformazione di dati, da tavole 2D ad un modello parametrico 3D, concentrando le informazioni in un onnicomprensivo dettaglio architettonico è stato completato come proposto in fase di studio.

Alla realizzazione del modello di dettaglio definito come LOD E e per alcuni versi molto vicino al raggiungimento del LOD F, si sono affrontati e confrontati anche gli altri livelli di dettaglio, arrivando a quello più generale.

Il processo di modellazione del LOD E legato all'approfondimento geometrico e caratteristico, affrontato con un software BIM, è stato condotto sviluppando soluzioni adattative derivanti dallo scopo dell'elaborato che è quello di produrre un dettaglio costruttivo definito al massimo livello di precisione.

La normativa di riferimento UNI 11337-4:2017, esamina gli elementi più comunemente presenti come travi, pilastri elementi di facciata continua, ma non specifica esaurientemente con gli esempi proposti degli schemi rappresentativi per oggetti relativi ad opere edili.

Affrontare il tema del LOD per l'architettura applicata ai dettagli costruttivi, ha riportato numerose lacune rappresentative, così come citato dalla stessa norma nell'appendice C.

Dunque al fine di poter restituire dei modelli rappresentativi BIM per la modellazione di dettaglio, fornendo ad ogni elemento, sistema e subsistema, lo stesso livello di sviluppo informativo degli oggetti relativi al modello, sono state condotte delle proposte seguendo come linee guida, le schede di esempio normative.

Tra le varie proposte, vi è quella di trattare anche il singolo dado esagonale, rondella vite o profilo per controsoffittature, come un elemento avente una sua dedicata definizione.

Nelle schede d'esempio proposte da questo elaborato sono infatti stati campionati alcuni degli elementi non definiti dalla normativa, definendone: geometria, oggetto caratteristiche e uso del modello.

L'aspetto negativo di tale rappresentazione virtuale è legato sicuramente al tempo di realizzazione e alla necessità di dotarsi di strumenti hardware capaci di gestire una grande quantità di dati geometrici come ad esempio la filettatura del dado esagonale e i relativi parametri associati.

Considerando il caso di questo elaborato, in cui sono presenti oltre 400 elementi e che ognuno di questi è definito da numerose informazioni, è possibile generare come riportato, dei modelli di dettaglio con il BIM purché circoscritti a un volume di modeste entità come in questo caso, pari a 150m<sup>3</sup>.

Dallo studio compiuto in questa tesi si è evinto che il concetto di modello di dettaglio, applicato a un dettaglio architettonico, per la sua rappresentanza come tale viene meno raggiungendo in fase decrescente di dettaglio, il LOD C per poi arrivare al LOD B e A, i quali denaturano il concetto di modellazione del dettaglio.

Oltre ad un uso prettamente legato al mondo del lavoro nel settore edilizio, lo studio della modellazione di dettaglio aumenta non solo le nozioni insite nel modello virtualizzato, ma amplifica l'apprendimento le conoscenze di coordinamento e risoluzione delle interferenze con precisione, prima che queste si possano verificare.

Nell'ottobre del 2018 l'articolo scientifico "BIM-Enabled Pedagogy Approach: Using BIM as an Instructional Tool in Technology Courses" esamina il tema dell'uso della modellazione BIM nel campo pedagogico.

Così come assimilato da questa esperienza personale, l'articolo scientifico sopra citato raccoglie dati a favore dell'uso del BIM come strumento di comprensione dei materiali e dei sistemi di costruzione, integrando in questa visione le problematiche progettuali prima della fase di progettazione.

Gli sviluppi futuri di questo modello di progettazione sono probabilmente da ricercare nella realizzazione di un intero fabbricato con la definizione virtuale di un progetto come

AS-BUILT, investendo sicuramente tempo e risorse economiche per la modellazione e utilizzo di hardware idonei, in una visione in cui la virtualizzazione BIM sostituirà la progettazione cartacea e CAD.

## Bibliografia e sitografia

- C. EASTMAN, P. TEICHOLZ, R. SACKS, K. LISTON, BIM handbook. A guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers, and Contractors
- Sawhney, A., *Status of BIM adoption and outlook in India*, Research report, RICS School of Built Environment, Amity University, 2014, [http://ricssbe.org/RICSINDIA/media/rics/News/RICS-SBE-Research\\_State-of-BIM-Adoption.pdf](http://ricssbe.org/RICSINDIA/media/rics/News/RICS-SBE-Research_State-of-BIM-Adoption.pdf)
- Sacks, R., and Barak, R., *Teaching building information modeling as an integral part of freshman year civil engineering education*, articolo pubblicato dal Journal of Professional Issues in Engineering Education and Practice, 136/1, Society of Civil Engineers, Cleveland, 2010 (ISSN 1052-3928)
- Edgar, A., *Message from the national BIM standard executive committee*, articolo pubblicato dal Journal of Building Information Modeling, National BIM Standard e National Institute of Building Sciences, 2007
- McGraw Hill Construction, *SmartMarket report: The business value of BIM for construction in major global markets: How contractors around the world are driving innovation with building information modelling*, McGraw Hill, New York, 2014
- Zevi B., *Nuovissimo manuale dell'architettura*, Mancosu Editore, Roma 2003
- Porter T., Goodman S., *Manuale di tecniche grafiche*, CittàStudi, Milano 1991
- A.A.V.V., *Quaderni del manuale di progettazione edilizia*, Hoepli editore, Milano 2006
- Petrignani M., *Disegno e progettazione*, Edizioni Dedalo, Bari 1967
- Rossi R., *Il manuale del disegnatore*, Hoepli editore, Milano

## Sitografia

- <https://books.google.it/books?id=MJ8iBQAAQBAJ&printsec=frontcover&dq=facility+management&hl=it&sa=X&ved=0ahUKEwjTsLXihbvgAhX4wAIHHQhKCxcQ6AEIKzAA#v=onepage&q=facility%20management&f=false>
- <https://www.regione.piemonte.it/web/>
- <http://www.mole24.it/2018/05/24/una-nuova-passerella-tra-grattaciolo-della-regione-piemonte-e-la-stazione-della-metropolitana-lingotto-avviati-i-lavori-di-costruzione/>
- <https://www.lastampa.it/2016/05/18/cronaca/regione-il-paradosso-del-grattaciolo-che-non-finisce-mai-e4oe09R02Zz2qSO2d7fKtM/pagina.html>
- <https://www.lastampa.it/2011/11/30/cronaca/partiti-i-lavori-per-il-grattaciolo-piu-alto-d-italia-DhcQDbJJZQJZJepRrUDd8l/pagina.html>
- [http://www.ansa.it/piemonte/notizie/2017/06/08/ripartono-lavori-grattaciolo-regione\\_98f59bb0-5638-4090-b5ec-1719c844d41a.html](http://www.ansa.it/piemonte/notizie/2017/06/08/ripartono-lavori-grattaciolo-regione_98f59bb0-5638-4090-b5ec-1719c844d41a.html)
- <https://www.quotidianopiemontese.it/2017/11/25/da-gennaio-i-cittadini-potranno-visitare-il-cantiere-del-grattaciolo-della-regione-piemonte-ancora-da-finire/#.WhwqiNThAtt>
- [https://torino.repubblica.it/cronaca/2018/06/04/news/il\\_grattaciolo\\_della\\_regione\\_sara\\_pronto\\_tra\\_un\\_anno\\_nella\\_primavera\\_2019-198115240/](https://torino.repubblica.it/cronaca/2018/06/04/news/il_grattaciolo_della_regione_sara_pronto_tra_un_anno_nella_primavera_2019-198115240/)
- <https://www.cronacaqui.it/sequestrate-piastrelle-del-grattaciolo-regione-piemonte-presunte-irregolarita-nei-materiali-usati/>

Allegati