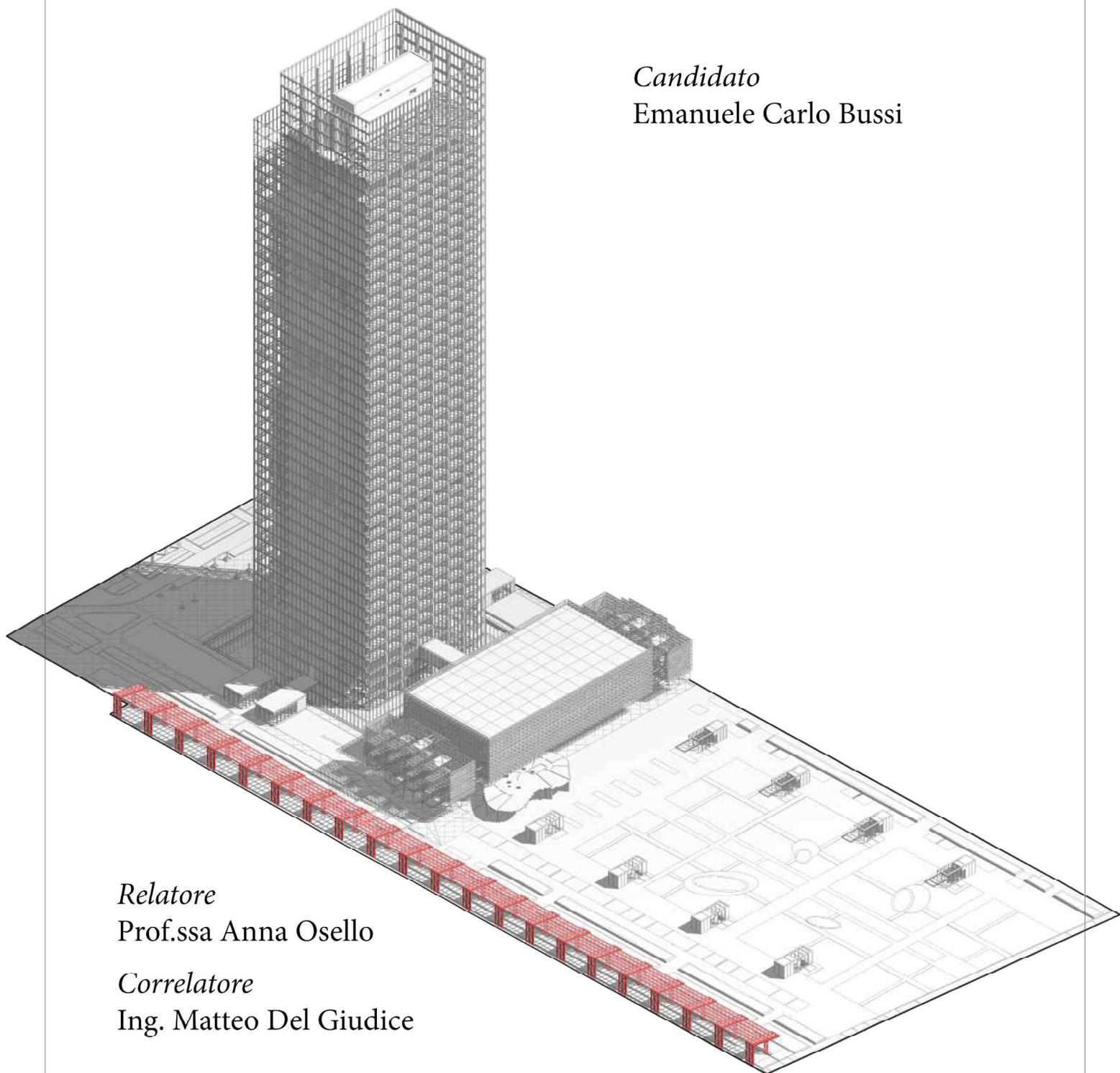


Metodologia BIM e centralità del dato.

Strategia di modellazione per la determinazione dei costi
e la programmazione della manutenzione.

Candidato
Emanuele Carlo Bussi



Relatore
Prof.ssa Anna Osello

Correlatore
Ing. Matteo Del Giudice

POLITECNICO DI TORINO

Corso di Laurea Magistrale
Architettura Costruzione Città

Tesi di Laurea Magistrale

Metodologia BIM e centralità del dato

**STRATEGIA DI MODELLAZIONE PER LA DETERMINAZIONE
DEI COSTI E LA PROGRAMMAZIONE DELLA MANUTENZIONE**



Relatore
prof.ssa Anna Osello

Correlatore
Ing. Matteo del Giudice

Candidato
Emanuele Carlo Bussi

A.A. 2019/2020

Ringraziamenti

Il lavoro di questa tesi di ricerca, a livello metodologico-operativo, è stato possibile grazie alle indicazioni dei miei relatori, la prof.ssa Anna Osello e l'ing. Matteo Del Giudice, che mi hanno guidato in questo percorso e alla disponibilità dell'ing. Giuseppe Borgogno che mi ha permesso di visitare il cantiere della torre della Regione Piemonte.

Un ringraziamento speciale va al prof. Pablo Ruffino a cui devo il mio primo avvicinamento alla metodologia BIM.

I più sinceri ringraziamenti li dedico alla mia famiglia, ai miei nonni e ai miei amici più cari il cui sostegno considero da sempre la cosa più preziosa.

Abstract

La metodologia BIM, punto cardine del processo di digitalizzazione del settore delle costruzioni, è in costante evoluzione. Si assiste all'introduzione di nuovi termini e norme, allo sviluppo di nuovi standard internazionali, al delinearsi di nuove professionalità e competenze. In questo contesto, in cui vengono ridefiniti processi, metodi e strumenti, i dati rivestono un ruolo centrale.

Nei capitoli introduttivi, la tesi riprende i concetti fondamentali del metodo BIM. Sulla base di tali nozioni e in riferimento alla normativa d'ambito, è stata indagata una strategia di modellazione informativa che prevede la progressiva evoluzione di un unico modello BIM il cui incremento informativo, in risposta alle linee guida fornite in sostituzione del capitolato informativo, permette lo svolgimento dei BIM Uses, dando valore aggiuntivo al gemello digitale dell'opera. Tale assunto è stato verificato a livello operativo nel caso studio scelto: il progetto della promenade Est-Ovest realizzata in prossimità della Torre della Regione Piemonte a Torino.

Il fulcro della tesi è la pianificazione dell'incremento informativo, presentata attraverso un diagramma concettuale applicato alla disciplina strutturale del caso studio ma ascrivibile anche alle altre.

Il Modello BIM realizzato, che si colloca alla fase di progettazione definitiva, parte dall'attività di modellazione informativa multidisciplinare (3D BIM) che permette di generare tavole progettuali, prosegue con la determinazione dei costi (5D BIM), per integrare infine il modello BIM con l'inserimento di parametri per la programmazione della manutenzione i cui requisiti di aggiornabilità prefigurano lo svolgimento dell'attività di Facility Management (7D BIM).

INDICE

Lista delle abbreviazioni	VIII
Lista delle figure	IX
Introduzione	1
I. BIM: concetti e norme in costante evoluzione	
1. L'industria 4.0 nel settore AEC	2
2. Il significato di BIM	4
3. Dal CAD al BIM	6
4. Le dimensioni del BIM	10
5. Interoperabilità	14
6. I livelli di maturità BIM	18
7. Evoluzione normativa	21
8. LoX	24
II. Il BIM negli appalti pubblici	
1. Information Delivery Cycle	28
2. Nuove professioni e competenze	32
3. Bandi BIM in Italia: stato di adozione	34
III. Caso studio: la promenade Est-Ovest	
1. Inquadramento	36
2. Caratteristiche dell'opera	39
3. Il bando: tempistiche e costi di realizzazione	41
4. Obiettivi della tesi	43
IV. Verso una strategia di modellazione	
1. Organizzazione del modello BIM e struttura dei contenitori informativi	44
2. Specifiche definite dalle linee guida	46
3. Brevi cenni sull'affidabilità dei dati e sulle loro caratteristiche	48
4. Conoscere e controllare l'incremento informativo	50
5. Il modello strutturale e l'incremento di LOD	54
6. Il modello elettrico ed i sistemi	57
7. Filtri applicati alle viste	62

V. Il BIM per la determinazione dei costi	
1. Computo metrico estimativo: criterio metodologico	66
2. Livelli di dettaglio e valori calcolati negli abachi	68
3. Principali software BIM-oriented per il computo metrico estimativo	71
4. Il rapporto tra LOD, BIM uses e dimensioni del BIM	72
5. Analisi del processo interoperabile	74
6. Procedura: Primus IFC e l'integrazione con Primus	76
VI. Il BIM per la programmazione della manutenzione	
1. Facility Management e strategie di manutenzione	82
2. Il BIM per la manutenzione: lo standard COBie.	85
3. Parametri per la manutenzione	86
4. La soluzione più efficiente e la proposta transitoria	91
VII. Risultati	
1. Tavole progettuali e Tavole interattive per l'attività manutentiva	96
2. Computo metrico estimativo ed elenco prezzi	97
3. Grafici dei costi	117
VIII. Conclusioni	
1. Conclusioni	122
IX. Bibliografia e sitografia	
1. Bibliografia	128
2. Normativa	129
3. Sitografia	130
ALLEGATI:	
1) Tavole progettuali	
2) Tavole per la manutenzione	

Lista delle abbreviazioni

SIGLA	DENOMINAZIONE
AEC	Architecture, Engineering and Construction
AIA	American Institute of Architects
AIM	Asset Information Model
AIR	Asset Information Requirements
BFC	BIM Collaboration Format
BEP	BIM Execution Plan
BIM	Building Information Modeling
BEM	Building Energy Model
BSDD	buildingSMART Data Dictionary
BSI	Building Smart International
CAD	Computer Aided Design
CDE	Common Data Environment
CI	Capitolato Informativo
COBie	Construction Operation Building information exchange
EIR	Employer's Information Requirement
EP	Elenco Prezzi
EPU	Elenco Prezzi Unitari
FM	Facility Management
IFC	Industry Foundation Classes
IDM	Information Delivery Manual
MEP	Mechanical, Electrical and Plumbing
MIDP	Master Information Delivery Plan
OIR	Organizational Information Requirements
PLQs	Plain Language Questions
PIM	Project Information Model
PAS	Publically Available Specification
SMBIM	Specifiche Metodologiche BIM

Lista delle figure

Figura 1. Produttività del lavoro nel periodo tra il 1995 ed il 2017.	3
Figura 2. I tre significati dell'acronimo BIM.	5
Figura 3. Diagramma di MacLeamy.	8
Figura 4. Le dimensioni del BIM.	10
Figura 5. Building SMART standards triangle.	16
Figura 6. Cuneo BIM.	18
Figura 7. ISO19650-1. Stadi di maturità digitale.	20
Figura 8. La struttura della norma UNI11337.	22
Figura 9. Collocazione temporale delle principali norme in ambito BIM negli ultimi 10 anni.	23
Figura 10. Bolpagni, M., "The many faces of 'LOD'", Bimthinkspace.com, 19/07/2016.	25
Figura 11. I tre significati dell'acronimo BIM.	28
Figura 12. ISO19650-1: Rappresentazione del processo di gestione delle informazioni.	30
Figura 13. Fasi e documentazioni per lo svolgimento di gare BIM.	31
Figura 14. Andamento mensile del numero dei bandi BIM in Italia.	34
Figura 15. Suddivisione dell'area di progetto in comprensori.	36
Figura 16. Immagine satellitare del cantiere datata 2020.	37
Figura 17. Suddivisione in lotti del comprensorio 2.	38
Figura 18. Foto della promenade fotovoltaica scattata in cantiere.	39
Figura 19. Foto area di cantiere prima e dopo la realizzazione dell'opera.	40
Figura 20. Procedura di bando per la costruzione della promenade Est- Ovest - Lotto 1.	41
Figura 21. Organizzazione dei modelli BIM che costituiscono il progetto del comprensorio 2.	44
Figura 22. Organizzazione dei modelli BIM della promenade.	45
Figura 23. Tabella Excel per nomenclatura di famiglia e tipo del modello strutturale.	47
Figura 24. Abaco dei pilastri strutturali con compilazione dei parametri.	49
Figura 25. Indicazioni per l'inserimento all'interno del software Revit di parametri che rispettino l'incremento informativo geometrico ed alfanumerico definito dalla scala LOD secondo la UNI11337:2017.	50
Figura 26. Incremento informativo del modello strutturale.	52
Figura 27. Confronto oggetto reale e virtuale: fotografia del cantiere e BIModel strutturale.	54
Figura 28. Dettaglio basso, medio ed alto di uno stralcio del modello strutturale della Promenade in LOD E.	55
Figura 29. Specifiche LOD delle linee guida: grade e parametri condivisi di una trave strutturale.	56
Figura 30. Confronto reale-virtuale: fotografia del cantiere e BIModel elettrico.	57
Figura 31. Browser di Sistema interno al software Revit.	59
Figura 32. Specifiche LOD delle linee guida: grade e parametri condivisi di un pannello fotovoltaico.	60
Figura 33. Specifiche LOD delle linee guida: grade e parametri condivisi di una passerella.	61
Figura 34. Vista tematica nel modello onnicomprensivo: Inquadramento della Promenade nel comprensorio 2.	62
Figura 35. Vista tematica nel modello federato: struttura dei contenitori informativi.	62
Figura 36. Vista tematica ed Abaco nel modello strutturale: variazione in altezza dei pilastri.	64
Figura 37. Numero di oggetti presenti nei modelli BIM strutturale ed elettrico suddivisi per categoria.	65

Figura 38. Abaco dei pilastri di tipo IPE330. Famiglia contenente geometria a dettaglio medio ed alto.	69
Figura 39. Abaco dei pilastri di tipo IPE330. Famiglia contenente geometria a dettaglio alto.	69
Figura 40. Differenza tra dettaglio medio e dettaglio alto di una famiglia di Pilastri Strutturali IPE.	69
Figura 41. Iceberg BIM. Vedere qualcosa e perdersi molto.	70
Figura 42. Interoperabilità tra Revit Primus IFC e Primus.	74
Figura 43. La scheda Proprietà: informazioni attribuite al pilastro selezionato.	77
Figura 44. La scheda Misurazioni: creazione di una regola parametrica.	78
Figura 45. Scheda Computo. Isolare misurazioni riferite ai soli elementi selezionati.	79
Figura 46. Elenco di alcune delle misurazioni effettuate direttamente dal modello.	79
Figura 47. Funzionalità Primus: scheda misurazioni.	81
Figura 48. Funzionalità Primus: applicare raggruppamenti in capitoli alle voci dell'elenco prezzi.	81
Figura 49. Funzionalità Primus: individuare le voci più significative del progetto.	81
Figura 50. Cosa comprende il facility management.	82
Figura 51. Tipologia e riferimenti normativi dei parametri per la programmazione della manutenzione.	87
Figura 52. Stralcio della tabella degli interventi delle fondazioni strutturali della promenade Est-Ovest.	89
Figura 53. Rappresentazione concettuale dell'operazione di Join con cardinalità uno-a-molti, eseguita tra Abaco Revit e tabella degli interventi.	89
Figura 54. Estratto dalla Tavola per la manutenzione degli apparecchi per illuminazione.	93
Figura 55. Workflow metodologico-operativo per l'integrazione tra BIM e Facility Management.	94
Figura 56. Proposta transitoria per supportare la gestione delle attività di manutenzione.	94

Introduzione

La digitalizzazione del settore delle costruzioni sta assumendo un ruolo sempre più significativo creando da un lato nuove opportunità lavorative e dall'altro la necessità di riformare le proprie competenze. Il BIM si sviluppa in un contesto mutevole in cui vengono emanate nuove norme per tenere il passo di una esponenziale crescita tecnologica, così, quelle che sembravano costituire dei saldi punti di riferimento, vengono puntualmente sostituite o parzialmente integrate nei nuovi testi. Ai nuovi termini e documenti si aggiunge l'introduzione di standard e programmi innovativi nel mercato che definiscono nuove modalità e strumenti per collaborare.

Per questa ragione, nei capitoli introduttivi, vengono descritti gli aspetti generali della metodologia BIM fornendo le chiavi di lettura per i capitoli successivi: un inquadramento dei concetti fondamentali da ritenersi indispensabile per comprendere e formulare delle scelte in merito alla strategia di modellazione.

La metodologia operativa, intesa come sistema di lavoro che pone al centro i dati è parzialmente influenzata dalle reali potenzialità dei software e dai loro limiti e subordinata al processo interoperabile che permette la collaborazione tra stakeholders.

Tuttavia, anche l'interoperabilità si pianifica: non solo l'utilizzo di software BIM-based non garantisce l'assenza di perdita di dati ma bisogna riconoscere che anche la presenza di troppe informazioni può risultare svantaggiosa.

La tesi pone al centro una riflessione sull'incremento informativo che un modello BIM assume ogni qualvolta debba raggiungere un obiettivo prefissato. Controllare l'incremento informativo permette di finalizzare il modello BIM ad un uso specifico ed ottenere i deliverables richiesti senza compromettere la gestibilità di un modello che alla fine dovrà essere consegnato come *digital twin* dell'opera reale. Il modello as-built consegnato dovrebbe contenere le sole informazioni funzionali alla descrizione e gestione del bene, da aggiornare in relazione all'attuale consistenza dell'opera.

La tesi analizza criticamente ed indaga come si possa prevedere questa evoluzione informativa così da riconoscere quando una perdita di informazioni costituisce realmente uno svantaggio. Attraverso la redazione di un Project Information Model a supporto della progettazione definitiva dell'opera viene sviluppato un BIM Use e successivamente consegnato lo stesso modello per lo svolgimento dell'attività manutentiva. La strategia di modellazione viene rappresentata in uno schema concettuale in cui viene mappato l'incremento informativo geometrico ed alfanumerico ed in cui compaiono tipologie di software e processi interoperabili da applicare per il controllo della quantità di dati presente all'interno del software di BIM Authoring.

Il caso studio è la Promenade Est-Ovest in prossimità della Torre della Regione Piemonte.

In particolare, sono stati sviluppati e coordinati due modelli BIM che comprendono tre discipline: strutturale architettonica ed elettrica, per definire un unico modello BIM federato le cui informazioni nel rispetto delle linee guida fornite, risultino omogenee con l'organizzazione dei modelli del comprensorio di cui l'edificio fa parte. Le operazioni svolte sono documentate descrivendo i passaggi più significativi, le criticità riscontrate discusse ed inserite in paragrafi dedicati come l'incremento di LOD per le connessioni in acciaio o il rapporto tra Level of Detail e valori calcolati negli abachi.

I BIM Use previsti consentono la produzione di tavole progettuali e del computo metrico estimativo nonché la programmazione della manutenzione.

I. BIM: concetti e norme in costante evoluzione

1. L'industria 4.0 nel settore AEC

La quarta rivoluzione industriale coinvolge un insieme di innovazioni tecnologiche offrendo nuove opportunità al settore manifatturiero. Attorno al concetto di industria 4.0 ruotano termini quali smart building, realtà aumentata ed Internet of Things (IoT), diventati oggi di uso comune. L'industria 4.0 interessa la connessione tra sistemi fisici e digitali attraverso specifiche tecnologie, definite abilitanti, capaci di far comunicare il mondo fisico degli esseri umani, comprendente tutti gli attori del processo economico-sociale, con il mondo digitale dei computer, delle simulazioni virtuali e dei sensori. Le sinergie tra questi due sistemi permettono di migliorare i sistemi produttivi e sociali. Tuttavia, la strategia comporta in primis una nuova organizzazione del lavoro da intendersi come nuova metodologia operativa e di conseguenza si rende necessaria una formazione specifica dei lavoratori.

Da anni, varie aziende come la General Electric o la Tesla, hanno iniziato a produrre modelli informativi: veri e propri gemelli digitali dei propri prodotti. L'idea è quella di approfondire forma e caratteristiche del prototipo attraverso varie analisi così da effettuare le modifiche virtualmente e dunque in modo più economico rispetto al dover ricostruire fisicamente i prototipi ad ogni variante. Ma i vantaggi ottenibili da un *digital twin* non finiscono alla fase di produzione: una volta che il prodotto viene realizzato si possono collegare una serie di sensori che trasmettono dati utili per individuare ulteriori migliorie o per ottimizzare l'attività di manutenzione.

La quarta rivoluzione industriale interessa anche il settore delle costruzioni che è stato da sempre poco ricettivo all'adozione di nuove strategie tecnologiche se posto a confronto con altri settori industriali, basti pensare all'evoluzione dell'industria automobilistica, in costante cambiamento. Una delle principali cause secondo le quali il settore AEC non sia facilmente disposto ad avvalersi delle pratiche di industrializzazione e quindi di efficientamento produttivo è l'unicità del prodotto: in ogni progetto il prototipo è coincidente con il prodotto finito e lo sforzo che si avrebbe nello standardizzare queste pratiche sarebbe utile una sola volta. Ma questa non è l'unica ragione: bisogna sottolineare che non c'è uno stabilimento unico di produzione dei componenti di progetto, la collaborazione tra soggetti coinvolti è scarsa per la continua variazione degli attori, il sistema di approvvigionamento si basa sulla competitività e gli appaltatori e subappaltatori traggono spesso vantaggio da errori e varianti. Nonostante le problematiche da affrontare, la Federazione dell'Industria Europea delle Costruzioni (FIEC) ha chiesto di riconoscere al settore un ruolo importante nella strategia 'Industria 4.0'. Al centro dell'edilizia 4.0 c'è la metodologia BIM che permette di ottenere un processo costruttivo sostenibile ricorrendo ad una progettazione integrata che coinvolga tutte le fasi così da poter garantire il raggiungimento delle performance richieste. La progettazione BIM-oriented nel suo tendere al cosiddetto "level 3" punta proprio allo sfruttamento dei vantaggi di un elevato livello di connettività e connessione, prefigurandosi come primo grande rinnovamento del settore AEC.

Il metodo BIM esprime la volontà di raccordare il settore edile a quello industriale mostrandosi particolarmente compatibile con la prefabbricazione e la costruzione off-site, spingendosi

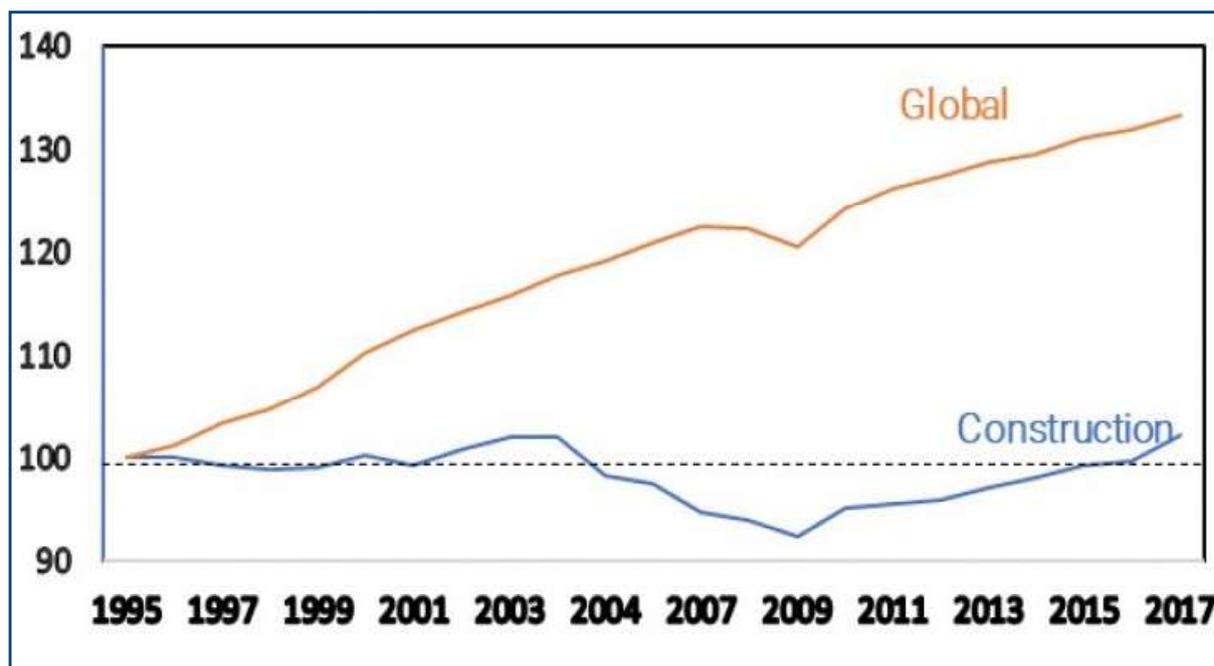


Figura 1. Produttività del lavoro, valore aggiunto lordo per ora lavorata nel periodo 1995 ed il 2017.

Fonte: OICE

ad offrire nuove soluzioni per ridurre la frammentazione della filiera incentivando così una maggior collaborazione tra gli attori che ne fanno parte.

La tradizione ed il futuro industriale si stanno incontrando, producendo effetti che coinvolgono tutti gli attori del processo edilizio: pubblica amministrazione, professionisti, fornitori, imprese, collaudatori. La carica innovativa della metodologia BIM causa una rimodulazione dei ruoli ed un cambiamento di paradigma, modificando di conseguenza i modelli di business.

2. Il significato di BIM

Prima di fornire la definizione di BIM, che vedremo non essere univoca, è importante soffermarsi sul più ampio significato di progettazione integrata e riconoscerne i concetti fondamentali:

“Un approccio progettuale che integri persone, sistemi, strutture aziendali e prassi in un processo capace di sfruttare in modo collaborativo i talenti e le conoscenze di tutti i partecipanti per ottimizzare i risultati del progetto, aumentare il valore per il proprietario, ridurre gli sprechi e massimizzare l'efficienza in tutte le fasi di progettazione, fabbricazione e costruzione.”¹

La progettazione integrata viene anche detta BIM-oriented e non è un metodo indipendente dalle attuali pratiche, ma integra le prassi correnti. Richiede di operare una profonda revisione della propria strategia operativa e delle proprie strutture aziendali di conseguenza non presuppone la sola conoscenza di nuovi software. Oggi, molti studi professionali, si servono del BIM unicamente come supporto operativo da affiancare al tradizionale processo metodologico per rendere più efficiente il controllo tridimensionale in fase progettuale o per ottenere specifici deliverables ma restando in ambito monodisciplinare per poi non condividere il modello con altri studi ma direttamente gli elaborati esportati. La progettazione integrata invece si riferisce all'intero ciclo di vita dell'edificio e va approcciata con spirito di collaborazione, facendo partecipare al processo BIM tutti gli attori interessati dal compiere scelte che possano incidere sul risultato finale, così da aumentare la capacità predittiva del team nel risolvere problematiche legate alle fasi successive.

Uno degli ostacoli allo sviluppo della progettazione BIM-oriented è rappresentata da una sorta di pregiudizio che viene riportato dal manuale divulgativo intitolato: *Bim Bang: breve introduzione all'era digitale del mondo delle costruzioni* (a cura di Marco Aimetti), un manuale scritto da architetti che trovo faccia un passo avanti contro le barriere sociali che ne bloccano lo sviluppo: da un lato, evidenzia il fatto che non ci sia una conoscenza approfondita e che molti pensano che il BIM sia soltanto un software o un modello 3D, ma soprattutto scrive che il BIM «non limita la creatività», molti pensano infatti che i progettisti siano in qualche modo spinti ad usare librerie preimpostate e abbiano poca flessibilità di modellazione, quando è solo una questione di competenza nell'utilizzare correttamente gli strumenti a disposizione. Terminata questa premessa, si può introdurre il termine BIM. La definizione più aggiornata ad oggi risulta essere quella fornita dal National BIM Standard Committee (NBIMS) nel 2014, che definisce il BIM come:

“una rappresentazione digitale delle caratteristiche fisiche e funzionali di una struttura che crea una risorsa di conoscenza condivisa per informazioni sulla struttura stessa ed una base affidabile per tutte le decisioni durante il suo ciclo di vita dall'ideazione iniziale alla demolizione”².

Soffermandoci su alcune parole chiave possiamo comprendere come il BIM sia “una risorsa di conoscenza condivisa” e pertanto si basi sulla collaborazione di diversi stakeholders, proponendosi come una risorsa che “costituisce una base affidabile”, un aspetto, quello della correttezza dei dati inseriti, tra i più importanti tra quelli di cui discuteremo. Infine, il metodo attraversa tutto l'iter del processo edilizio, appunto “durante il suo ciclo di vita” e quindi in fase di programmazione, progettazione, costruzione e manutenzione è sempre possibile gestire le informazioni. È importante sottolineare che il BIM, essendo in continua evoluzione, non possiede una definizione univoca tantomeno come acronimo.

¹ Integrated Project Delivery: A guide: Version1, American Institute of Architects (AIA), 2007

² National BIM standard: version 2 – FAQs, US National BIM Standards Committee (NBIMS), 2014

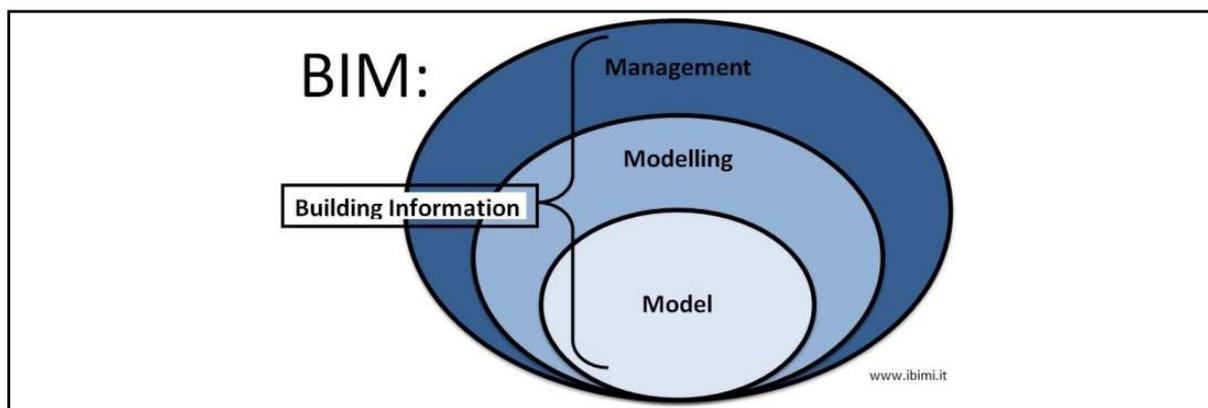


Figura 2. I tre significati dell'acronimo BIM. Fonte: www.ibimi.it [ultima consultazione il 25/04/2020]

Infatti, si legge di diversi significati del termine, tra cui persino *Beyond information Model*, inteso come rivoluzione procedurale del processo edilizio. Tuttavia, nel corso degli anni vengono accettate principalmente 3 definizioni:

Building Information Model

Inteso come modello consegnabile contenente informazioni affidabili relative ai propri elementi (smart objects) e spesso legate alla disciplina affrontata. Tuttavia, la definizione non aiuta a comprendere del tutto la novità introdotta ma soltanto il concetto di modello virtuale.

Building Information Modelling

Inteso come cambiamento della metodologia di lavoro che pone l'accento sull'attività di condivisione delle informazioni a tutti gli attori della progettazione.

Building Information Management

Inteso nel suo significato più ampio, quello relativo all'organizzazione, gestione e controllo del processo aziendale in cui la gestione delle Informazioni avviene durante tutto il ciclo di vita dell'edificio. Coinvolge le procedure ed i flussi di lavoro evidenziando le responsabilità delle figure coinvolte sia nella modellazione che nella organizzazione informativa.

L'ambiguità della parola *Building*, soprattutto dal punto di vista della traduzione in "edificio", dato che il BIM si riferisce anche alle infrastrutture. Questa ambiguità ha portato alla creazione di nuovi termini, riscontrabili nella ISO19650:2018 che specifica meglio in base alla fase di cui si fa riferimento, sostituendo "building" con project o asset.

Il termine fa riferimento non solo a concetti tecnologici è un termine olistico che comprende il concetto di sostenibilità e di lean construction ponendo l'attenzione alla riduzione degli sprechi, che infatti riscontriamo all'interno della definizione di progettazione integrata.

Ma al di là delle definizioni da manuale, dell'ambiguità dell'acronimo, penso sia fondamentale trarre una conclusione. Se mi è permesso dare una riflessione personale, penso che senza collaborazione non esista il BIM. Senza la volontà di collaborare senza competere ma per fare meglio e avere dei vantaggi tutti, non sarà un modello informativo a migliorare l'abitabilità delle nostre città. Con queste parole andrebbero lette le definizioni, perchè ricordo che il concetto di industria 4.0 mette al centro le persone. Il BIM porta il dialogo tra le persone al centro del progetto che quindi deve essere universalmente comprensibile ed integrabile nella maniera corretta.

3. Dal CAD al BIM

La nascita del sistema CAD (Computer-Aided Drafting) risale dapprima allo sviluppo dei primi sistemi controllati numericamente sviluppati in USA in ambito universitario negli anni '50, successivamente nel 1962 il MIT di Boston presenta il software SKETCHPAD sviluppato da Ivan E. Sutherland. Inizialmente, soltanto industrie meccaniche, navali ed aerospaziali disponevano di risorse economiche sufficienti per investire nell'utilizzo di questa risorsa e nella sua ricerca, mentre per l'utilizzo nel settore delle costruzioni si dovettero aspettare gli anni '70 in cui i costi di hardware e software erano meno elevati. Il CAD ha dato un contributo significativo e agevolato i processi progettuali ma l'introduzione tecnologica è avvenuta senza rivisitare i processi della propria filiera produttiva.

L'inizio della ricerca sul BIM viene convenzionalmente ricondotta ad una pubblicazione del Settembre 1974 sviluppata nell'ambito di una ricerca della Carnegie-Mellon University di Pittsburgh (USA) da parte di Charles M. Eastman, professore del Georgia Institute of Technology, insieme a David Fisher, Gilles Lafue, Joseph Lividini, Douglas Stoker e Christos Yessios, dal titolo "An Outline of the Building Description System". Nel documento viene illustrato il metodo BDS, un "sistema descrittivo dell'edificio" che si basa sull'associare ad elementi geometrici tridimensionali le relative informazioni alfanumeriche. Nell'abstract del testo, viene posto in evidenza che la maggior parte dei costi in fase progettuale, esecutiva ed operativa fanno riferimento a disegni cartacei e propone: "[...] *un sistema informatico utile per memorizzare e manipolare le informazioni di progettazione in un dettaglio che consente la progettazione, la costruzione e l'analisi operativa.*"³

Nel primo capitolo vengono identificati i problemi dovuti alla creazione di disegni cartacei: sono altamente ridondanti, richiedono di verificare la corrispondenza tra diverse tavole e sono bidimensionali.

Dal secondo capitolo si parla delle caratteristiche e dei vantaggi del metodo BDS molti dei quali coincidono con quelli del metodo BIM qui descritti successivamente, tra cui la possibilità di modellare gli elementi direttamente o memorizzarli in una o più biblioteche di componenti, nonché la capacità di generare automaticamente disegni e le viste modellando una sola volta i componenti. Stupisce come già dal '74 si parli di controlli del codice edilizio su questo database ma soprattutto del potenziale di essere automatizzati, riporta anche che le parti fabbricate potrebbero essere realizzate in automatico (specifica che verrà affrontata nella presente tesi al capitolo dedicato alla modellazione in acciaio). Il database creato sarebbe utile anche per successivi lavori di rimodellamento e ristrutturazione per tutta la vita dell'edificio.

Nel capitolo IV C descrive come poter gestire un grande numero di elementi all'interno del modello e si parla di struttura parametrica: esprimendo il concetto di uguale forma e dimensioni diverse introduce gli odierni concetti di famiglia e tipo che riguardano le informazioni geometriche.

Le stesse descrizioni del modello virtuale verranno riprese successivamente in un articolo di Eastman pubblicato nel 1975 sull'A.I.A. journal, influente rivista americana, dal titolo "The use of computer instead of drawings in building design". Alla diffusione di questi testi viene attribuita una grande importanza: nel 2002 Jerry Laiserin attraverso le sue pubblicazioni riuscì a sponsorizzare il BIM negli USA tramite un confronto organizzato tra le allora maggiori case produttrici di strumenti informatici per le costruzioni tanto che verrebbe a lui ricondotta la paternità

³ Eastman, C., Fisher, D., Lafue, G., Lividini, J., Stoker, D., Yessios, C., *An Outline of the Building Description System*, Institute of Physical Planning, Carnegie-Mellon University, 1974.

del BIM se egli stesso non avesse più volte indicato Eastman come padre della metodologia. Nella seconda metà degli anni '80, tra ricerca universitaria ed un intenso sviluppo industriale tra le cui aziende spicca la Parametric Technologies Corporation (PTC), casa produttrice di ProEngineer, viene introdotto il concetto di modellazione parametrica ad oggetti definiti "intelligenti" data la loro capacità di associare regole: parametri di tipo geometrico prima, capaci di restituire una coerenza geometrica complessiva che propaga le modifiche apportate dal progettista all'intero modello virtuale e capace di aggiornarsi automaticamente, informazioni poi, dando la possibilità di inserire costi, caratteristiche fisiche e meccaniche degli elementi e molto altro. La correlazione tra componente grafica ed alfanumerica è tuttora la struttura su cui si basano le tecnologie BIM. Gli attributi, relativi a determinate geometrie, seguono sempre una gerarchia basata su diversi livelli di sistemi e sub-sistemi riferiti al singolo oggetto del modello: alcuni valori sono fissi mentre altri vengono inseriti manualmente dall'utente, una distinzione che in questa tesi faremo emergere a confronto con il tema dell'affidabilità dei dati. Negli stessi anni vengono sperimentati i primi software di modellazione parametrica basata ad oggetti. Il fisico Gábor Bojár insieme al suo collega Ulrich Zimmer, quando il suo istituto statale di geofisica smise di continuare a finanziare il suo software di modellazione iniziò a lavorare come programmatore all'estero e nel 1982 dopo aver sviluppato il software Radar CH, oggi chiamato ArchiCAD fonda l'azienda Graphisoft, acquisita dal 2007 dalla azienda tedesca Nemetschek AG anchessa sviluppatasi in quegli anni insieme alla statunitense Bentley Inc. con il software MicroStation 1.0 e la Autodesk.

Nel 1997 Leonid Raiz, Irwin Jungreis e David Conant, programmatori ex-dipendenti di Parametric Technology Corporation, fondarono l'azienda Charles River Software e agli inizi del 2000 venne commercializzata la release 1.0 del software Revit⁴. Il nome deriva dalla fusione dei termini "Revise Instantly" a dichiarare la capacità di compiere modifiche ad elementi già assemblati sfruttando le loro caratteristiche parametriche⁵. Nel 2002 l'azienda statunitense Autodesk ha acquisito la Charles River Software facendo di Revit il software BIM ad oggi più utilizzato.

La storia di queste evoluzioni tecnologiche porta alla luce che il passaggio da CAD a BIM può considerarsi da sistema tradizionale a integrato, perché il CAD non ha modificato il modus operandi di redazione di un progetto ma lo ha semplicemente trasposto in formato digitale. Si lavora su un file vettoriale con elementi grafici (linee) e misure di base, si creano i prospetti, le piante, le sezioni, i computi in tavole disgiunte e l'associazione di informazioni agli elementi grafici è strettamente limitata. Il BIM invece, modella con elementi e non con linee e definisce un database di progetto utile a redigere i documenti per le fasi successive e a controllare anticipatamente le interferenze modificando l'organizzazione gestionale del progetto.

Vantaggi derivati dall'uso del BIM

I vantaggi dell'adozione del BIM rispetto al metodo tradizionale CAD sono molteplici, per esprimere il confronto tra la metodologia tradizionale e quella integrata si presenta spesso uno dei grafici più conosciuti, pubblicato nel 2007 da Patrick MacLeamy da cui prende il nome (figura 3). Il grafico in figura è un diagramma cartesiano che presenta sulle ordinate lo sforzo progettuale (Design effort) e sulle ascisse le fasi del processo edilizio indicando l'effort speso nel tempo di chi segue un processo di progettazione BIM a confronto con quello di chi adotta un approccio di tipo tradizionale.

⁴ Garagnani, S., Cinti Luciani, S., "Il modello parametrico in architettura: la tecnologia B.I.M. di Autodesk Revit", in *Disegnare con*, 2011, 4 (7), pp. 20-9

⁵ Ibid.

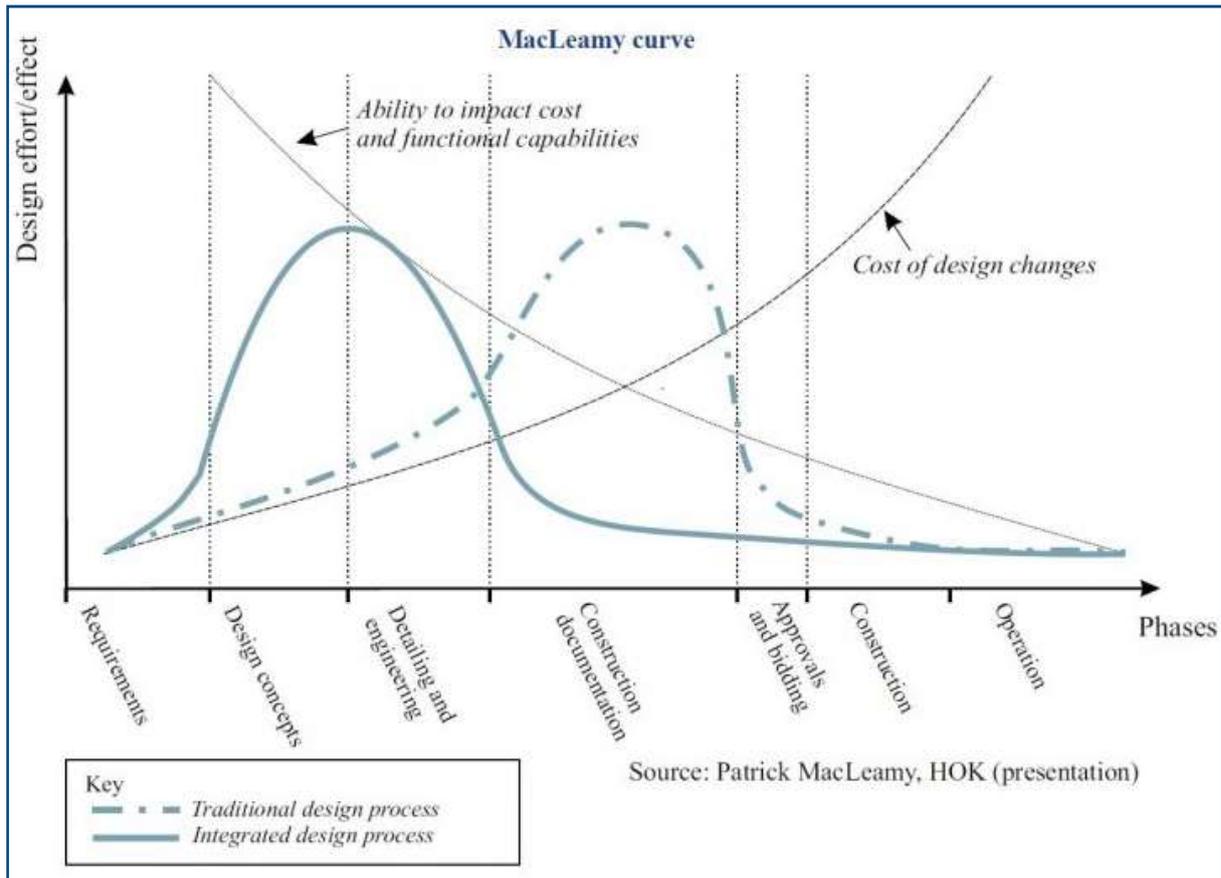


Figura 3. Diagramma di MacLeamy. Fonte: Patrick MacLeamy, HOK

Le curve indicano come l'effort progettuale concentrato nelle fasi iniziali della progettazione (tipico di un approccio integrato) incida in maniera positiva in termini di costi, a fronte di quello che abitualmente constatiamo nella realtà in cui l'ultimazione e il perfezionamento del progetto in fasi più avanzate producono costi decisamente maggiori. Si tratta dunque di anticipare gli sforzi progettuali in una fase preliminare così che le modifiche apportate siano facilmente gestibili. Rispetto ai metodi tradizionali, tra i principali vantaggi un modello BIM garantisce di:

1) Ridurre errori e tempi di progettazione

Il BIM permette una gestione univoca del progetto: qualsiasi modifica apportata viene automaticamente applicata a tutte le viste di progetto con un aggiornamento in tempo reale di tutti gli elaborati ad ogni modifica riducendo sensibilmente il margine di errore.

Il BIM garantisce la congruenza e la conformità tra elaborati progettuali facendo di conseguenza anche risparmiare tempo non dovendo intervenire manualmente in tutte le tavole a monte di una modifica. Infine, la progettazione parametrica consente di applicare parametri agli oggetti: questi possono essere di tipo o di istanza: i primi modificano tutte le famiglie di quel tipo presenti nel progetto, i secondi modificano il singolo elemento. Inoltre un solo oggetto contiene diverse scale di rappresentazione relative al livello di dettaglio relativo alle varie scale in accordo alle diverse fasi di progetto (il CAD invece richiede la redazione di un disegno per ogni livello di dettaglio). Ciò garantisce anche un controllo delle informazioni presenti negli oggetti, gestibile con abachi con tutta la potenzialità del visual programming.

2) Comunicare il progetto più efficacemente

Avere a disposizione un modello tridimensionale facilita la comunicazione tra tutti i personaggi coinvolti nel progetto dando la possibilità di generare svariati tipi di viste (assonometriche, prospettiche, con materiali, rendering e permette di visualizzare direttamente i risultati di analisi o di filtri in tramite mappe tematiche. Ad esempio si possono effettuare analisi solari o studi di ombreggiamento a differenti ore del giorno e nei diversi mesi permettendo ai progettisti di studiare meglio soluzioni legate all'esposizione sia all'esterno che all'interno dell'edificio.

3) Aumentare la collaborazione tra tutti gli stakeholders

La collaborazione tra i diversi attori è possibile grazie alla condivisione dei modelli, ognuno relativo a diverse discipline. Progettare facendo uso di un modello federato che aggrega i diversi modelli appartenenti a discipline specifiche: il progetto architettonico, strutturale, impiantistico sono coordinati tra loro significa poter verificare le interferenze.

Queste interferenze o conflitti possono essere di diversi tipi, la verifica viene chiamata Model checking e consiste in tre fasi consequenziali: BIM Validation, Clash Detection e Code Checking. Ad esempio, se si vuole individuare se nel modello vi sono oggetti i la cui geometria va in collisione con altre vi sono software specializzati in clash detection capace di esportare un report con una lista di collisioni riscontrate in questo modo vengono individuati molti problemi che altrimenti si riscontrerebbero solo in fase esecutiva. La clash detection può essere suddivisa in Hard clash (2 oggetti occupano lo stesso spazio), Soft clash (tolleranze ammissibili o di spazio) o 4D/workflow Clash (problematiche legate alla tempistica).

I conflitti tra i vari progetti multidisciplinari vengono gestiti in maniera coordinata tra i diversi progettisti. Ad esempio, se un pilastro strutturale non dovesse coincidere con la posizione dello stesso nel modello architettonico, trattandosi di elementi portanti, la disciplina strutturale sostituirà la categoria architettonica. La collaborazione tra i vari team risulta essere parte integrante del lavoro di progettazione ed è un fattore chiave per il successo del BIM nei progetti di costruzione. Nella condivisione rientra anche l'importanza della sicurezza dei dati su cui la normativa è ancora in fase di regolamentazione.

4) Creare un unico database dell'intero processo costruttivo

Nei software di BIM Authoring si possono generare viste alfanumeriche dinamiche che su Revit vengono indicate come abachi e riportano computi delle quantità sotto forma tabellare. Gli abachi possono sfruttare le impostazioni dei materiali presenti nel database interno se associati agli elementi. Gli smart objects che costituiscono il modello sono quindi elementi descritti anche da proprietà fisiche e meccaniche e non solo geometriche: un muro ad esempio, non riporta unicamente spessore, altezza e lunghezza, ma anche la sua stratigrafia, il suo tipo di rappresentazione e il tipo di materiale proprio del singolo strato le cui proprietà possono sempre essere aggiornate. Gli attributi numerici permettono di effettuare il computo delle quantità di materiale per la stima dei costi e l'analisi di sostenibilità secondo il rispetto dei criteri LEED (Leadership in Energy and Environmental Design) che risulta notevolmente semplificata attraverso l'uso della funzionalità del calcolo parametrico. Il vantaggio di affidarsi ad un unico database è fondamentale quando diversi professionisti procedono contemporaneamente allo sviluppo di diversi ambiti di un unico progetto: in tal caso bisogna comunicare tempestivamente le modifiche e lavorare con elaborati sempre aggiornati per ottimizzare il dispendio di ore lavorative.

4. Le dimensioni del BIM



Figura 4. Le dimensioni del BIM. Fonte: biblus.accasoftware.com [ultima consultazione il 28/04/2020]

Per approfondire le caratteristiche della progettazione BIM-based, oltre ad analizzare le differenze tra CAD e BIM risulta inevitabile richiamare le sette dimensioni del BIM, che contribuiscono alla comprensione dei vantaggi derivati della sua adozione. Le prime due dimensioni, adimensionale e bidimensionale, sono quelle da sempre presenti nel CAD che comprende anche la terza dimensione. Le dimensioni BIM innovative rispetto alla progettazione tradizionale sono:

3D BIM

La terza dimensione del BIM si riferisce agli aspetti esclusivamente geometrici di un modello tridimensionale e rappresenta la punta dell'iceberg del modello BIM ovvero la parte sempre visibile del modello.

Durante l'iter di progetto, la geometria degli elementi aumenta il proprio livello di definizione geometrica, indicato come *Level of geometry* (LOG) nella UNI 11337-4:2017 fino alla fase di progettazione esecutiva ed operativa. In un modello BIM però vengono anche aggiunte informazioni agli elementi geometrici e questo accade durante l'intero ciclo di vita del bene, i dati vengono poi archiviati nel database del modello informativo condiviso.

4D BIM

In fase progettuale, la quarta dimensione, ovvero quella temporale, dà la possibilità di gestire gli elementi del progetto nel tempo così che quando si andrà a definire una strategia che preveda la suddivisione in diversi interventi diluiti nel tempo si possano visualizzare le varie trasformazioni del complesso negli anni ma anche più semplicemente di gestire ristrutturazioni attraverso l'impostazione delle fasi. I filtri applicati alle fasi permettono di ottenere tavole tematiche, ad

esempio elaborati comparativi “gialli e rossi” per indicare lo stato di fatto e stato di progetto. Indicare quali elementi verranno demoliti e quali saranno costruiti ex-novo permette di computare solo i nuovi materiali riferiti al solo stato di progetto escludendo i preesistenti.

La quarta dimensione viene anche utilizzata per le attività relative alla pianificazione del cantiere, in tal caso gli output più comuni sono la simulazione virtuale del modello di costruzione e la programmazione temporale mediante diagramma di Gantt che il BIM permette di rendere uno strumento dinamico ma non solo. Se viene realizzato un modello BIM per il cantiere e dunque vengono modellate anche le strutture provvisionali e tracciati i layout di cantiere nelle varie fasi costruttive può diventare uno strumento fondamentale per aumentare la sicurezza dei lavoratori divenendo strumento previsionale.

Un cronoprogramma dinamico permette di gestire meglio l'ordine dei materiali, le risorse umane ed i SAL. Il modello BIM di cantiere può diventare uno strumento molto efficiente per coordinare le imprese e gestire le risorse e sono presenti già oggi varie applicazioni mobile sul mercato capaci di fornire servizi sempre più promettenti.

Il modello BIM per il cantiere, visualizzabile anche in AR, permette di visualizzare la configurazione che il sito di costruzione deve avere, la posizione dei macchinari, delle opere provvisionali, dei punti di stoccaggio e la fornitura dei materiali, che rappresenta una delle più frequenti cause di ritardi e inefficienze può essere gestita a contatto con i fornitori. Le simulazioni agevolano la previsione di problematiche costruttive e di interferenze da rischi avendo una visione complessiva. Per questo è importante che siano le imprese ad iniziare ad usare il BIM proponendolo come un servizio aggiuntivo da fornire al cliente nell'ottica di contribuire alla realizzazione del modello as-built per la gestione del manufatto.

Il monitoraggio dei tempi di realizzazione insieme alla quinta dimensione costituisce campo del project manager (PM), funzione che sarebbe interessante fosse integrata con il RUP in un processo in costante evoluzione creando un ambiente di lavoro più sicuro per i lavoratori del sito e un progetto in grado di rispettare le scadenze del progetto.

5D BIM

Per quinta dimensione del BIM si intende rilevare quantità e associare i relativi costi così da procedere alla stima dell'intervento. Il modello BIM è il database di partenza contenente gli elementi e i materiali al suo interno i quali se organizzati correttamente permettono di ottenere la schedulazione. L'estrazione delle quantità è anche chiamata “Quantity Take Off” e può avvenire tramite abachi che permettono di ottenere un computo metrico o un computo dei materiali dinamici. Di solito si utilizzano software di BIM processing capaci sia di estrarre le quantità che di abbinarle ad un listino prezzi che può essere il prezzario regionale o un prezzario personalizzato dall'impresa. Questi programmi consentono di ottenere una stima di elevata precisione, in questo modo il progettista può facilmente verificare la rispondenza del progetto al budget prefissato. Infatti, se il C.M.E. viene adottato come strumento dinamico, il progettista ha la possibilità di effettuare modifiche (ad esempio relative ai materiali) che restituiscano velocemente il nuovo valore economico senza dover ripetere la procedura di stima definendo la strategia progettuale più adeguata. Spesso la quinta dimensione del BIM viene abbinata alla quarta e al modello di cantiere per ottenere la simulazione costruttiva dell'opera con l'indicazione dei costi complessivi da sostenere in ogni fase nonché la gestione delle fatturazioni e la gestione di cassa del cantiere, costi progressivi che le imprese devono sostenere comprensivi di noli e attrezzature.

6D BIM

La sesta dimensione del BIM si riferisce alla sostenibilità di un progetto, un tema che negli ultimi anni ha assunto un'importanza sempre maggiore.

La sostenibilità di un intervento coinvolge più temi: dall'utilizzo di risorse naturali allo sviluppo dei sistemi tecnologici che costituiscono un edificio o un'infrastruttura ma il concetto si amplia fino allo sviluppo delle città (Smart District) ed all'utilizzo del territorio.

Un intervento sostenibile deve essere consapevole dei risvolti che genera sul piano economico, sociale ed ambientale insieme, l'impatto dell'opera sul territorio si misura in termini di lavoro, benessere e gestione e coinvolge tutto il ciclo di vita dell'opera.

Il BIM per la progettazione sostenibile viene anche detto Green Bim e comprende analisi volte al raggiungimento di obiettivi nei tre campi sopracitati. Per raggiungere questi obiettivi è necessario gestire un grande sistema di informazioni molto complesso e la progettazione integrata tipica di un approccio BIM viene sicuramente in soccorso a questo tipo di esigenze. Infatti, se prima la conduzione di valutazioni di impatto ambientale attraverso analisi LCA (Life Cycle Assessment) venivano solitamente usate per processi produttivi industriali, oggi la si può utilizzare anche su di un oggetto edilizio, composto da materiali di vario genere e da lavorazioni disomogenee. La valutazione del ciclo di vita è relativa alla sostenibilità ambientale ed analizza tutte le fasi del processo di trasformazione, dalla fase di produzione dei materiali (partendo dalla loro estrazione), alla installazione e messa in opera, fino alla dismissione al fine di misurare l'impatto che un materiale da costruzione ed il processo che comporta la sua installazione e dismissione provoca sull'ambiente durante il suo intero ciclo di vita.

La sostenibilità di un progetto viene controllata tramite il raggiungimento di protocolli intenzionali di sostenibilità come la certificazione LEED o standard come la Sustainability Evaluation che comprende anche il rendimento energetico. Per quest'ultimo tipo di analisi il modello BIM viene convertito in modello energetico e viene definito Building Energy Model (BEM) sul quale vengono effettuati i calcoli delle prestazioni energetiche.

Un aspetto molto importante di cui tenere conto è che un progetto non può mai essere estrapolato dal proprio contesto, soprattutto quando si tratta di "costruire nel costruito", perchè i criteri si basano sulle condizioni al contorno dell'opera.

Per rispondere a questa specifica necessità risulta fondamentale l'integrazione BIM-GIS per valutare non solo l'impatto visivo ma anche per ottenere una serie di informazioni legate alle caratteristiche topografiche utili al perseguimento dei crediti Envision.

Nel caso di opere infrastrutturali il contesto e le sue caratteristiche sono fondamentali e vengono analizzati in software specifici per restituire ad esempio sezioni del terreno e abachi per volume di terreno di scavo e di riporto utili per operazioni di movimentazione del terreno per gli sbancamenti.

In conclusione la sesta dimensione, rivolge maggior attenzione all'economia circolare ed al raggiungimento di elevati standard di sostenibilità ambientale che possono essere trattati con maggiore efficienza attraverso un approccio integrato.

7D BIM

La settima dimensione viene anche chiamata Facility Management e si riferisce alle attività di gestione e di manutenzione dell'opera a costruzione ultimata fino alla sua dismissione.

Tuttavia gli aspetti gestionali risultano essere molto impattanti sul futuro dell'opera e già in fase progettuale bisogna tenerne conto. Infatti risulta essere sempre più importante compiere scelte lungimiranti su materiali o sistemi impiantistici nell'ottica di verificare l'ammortamento dei costi iniziali sostenuti e determinando le modalità di intervento per effettuare la manutenzione di un sistema nel tempo.

Il modello informativo di partenza per la gestione e manutenzione si definisce "As-built", può essere realizzato ad opera già eseguita, di solito con un rilievo laser scanner e tecniche scan-to-BIM, oppure consegnato come Project Information Model aggiornato in fase esecutiva. In ogni caso è un modello di complessa realizzazione perchè caratterizzato da un livello di sviluppo geometrico ed informativo molto elevato, comprensivo di tutte le eventuali varianti e modifiche attuate in fase di costruzione e contenente il piano di manutenzione e parametri che ne permettano una gestione interattiva.

L'aggiunta di informazioni alfanumeriche al modello avviene spesso collegando il software di BIM authoring a database relazionali esterni. I più diffusi sono Oracle, Sybase, SQL Server.

Le informazioni aggiunte possono essere: nome del produttore, data di installazione, data in cui la manutenzione è stata effettuata e data del prossimo controllo, manuali di installazione uso e configurazione. Queste informazioni possono essere compilate aggiornate e gestite tramite applicazioni BIM-based per dispositivi mobile, computer e tablet con possibile modalità in AR per ispezioni sul posto, ma esistono anche piattaforme WEB che permettono di gestire il patrimonio immobiliare. Il cliente ha dunque a disposizione vari strumenti gestionali per monitorare il proprio patrimonio immobiliare. Infatti la settima dimensione del BIM è correlata al cosiddetto Lean BIM che si basa sull'installazione di sensori nelle fasi di costruzione o di gestione dell'edificio ai fini della manutenzione che trasmettono e ricevono dati in tempo reale.

Appare evidente che le sette dimensioni del BIM non possono essere sviluppate ad oggi utilizzando un unico software. Per questa ragione è fondamentale ampliare il discorso approfondendo il grande tema dell'interoperabilità che permette il trasferimento di dati tra diversi software e che si basa, come vedremo, su formati standard.

5. Interoperabilità

Premessa

Durante l'iter di progetto, vengono effettuate varie analisi e per farlo occorre usare diversi programmi. Se le piattaforme sono interoperabili significa che possono trasmettere e ricevere i dati senza perdita di informazioni e ciò permette ai diversi attori di collaborare.

L'interoperabilità è un concetto imprescindibile della metodologia BIM ed è da sempre stato intrinseco nella sua stessa definizione: "Building information modeling (BIM) is a digital representation of the building process to facilitate exchange and interoperability of information in digital format"⁶

Il National Institute of Standards and Technology (NIST) definisce l'interoperabilità come: "[...] la capacità di gestire e comunicare i dati elettronici relativi a un prodotto o a un progetto tra aziende che collaborano e tra compagnie individuali di progettazione, costruzione, manutenzione e dei relativi processi di business."⁷

L'interoperabilità è uno dei temi più rilevanti in ambito BIM tanto da far parte dei suoi stessi obiettivi. Permette a tutti i membri del team di progettazione e costruzione nonché agli operatori di collaborare in sequenza ovunque si trovino e senza dover adottare soluzioni di continuità. Per conseguire a questo risultato si utilizzano standard che permettono l'interscambio di dati ed il loro utilizzo per funzioni specifiche. Ignorare l'interoperabilità ha i suoi costi in termini di tempo dato che la chiave per aumentare la produttività nel settore delle costruzioni è una più efficiente gestione informativa.

Processo interoperabile

Il processo interoperabile tra due software può essere di vari tipi, tuttavia le principali distinzioni sono due. La prima è tra processo orizzontale e verticale: orizzontale se la condivisione di informazioni avviene tra software appartenenti alla stessa casa produttrice o software house (ad esempio tra prodotti Autodesk) e verticale se avviene tra software appartenenti a piattaforme diverse. Nel primo caso, è improbabile che avvenga perdita di dati durante lo scambio informativo mentre nel secondo caso è invece altamente probabile. La seconda e più importante è tra interoperabilità monodirezionale e bidirezionale. Se le informazioni esportate possono essere implementate da un software e restituite ad un altro il processo interoperabile è bidirezionale, se invece è consentita solo l'importazione di dati e l'incremento informativo non è restituibile all'interno del database dell'altra applicazione si definisce monodirezionale. Quando si utilizzano diversi programmi di solito uno è un software specializzato nell'effettuare analisi o supportare la redazione di documenti mentre l'altro è quello in cui avviene la modellazione. Quest'ultimo è chiamato anche software di BIM Authoring, mentre se una applicazione supporta esclusivamente formati di scambio standard come il formato IFC si definisce software di BIM processing. Lo standard IFC è un formato di esportazione che consente la sola lettura del modello, per cui un software di BIM Processing è altamente probabile che sia caratterizzato da un processo interoperabile monodirezionale.

⁶ Eastman, C., Teicholz, P., Sacks, R., Liston, K., *BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers, and Contractors*, John Wiley & Sons Inc., Hoboken, 2008.

⁷ Gallaher, M. P., O'Connor, A. C., Dettbarn, J., John, L., Gilday, L.T., *Cost analysis of inadequate interoperability in the US capital facilities industry*, NIST, Gaithersburg, 2004.

Normative di riferimento

Per definire gli obiettivi primari intrinseci nel concetto di interoperabilità e le caratteristiche che i formati devono avere per garantirla sono state emanate specifiche norme, le più importanti sono:

- Il decreto legislativo 18 aprile 2016, n. 50, nuovo codice degli appalti.

Introduce l'argomento all'Art. 23 dal titolo "Livelli della progettazione per gli appalti, per le concessioni di lavori nonché per i servizi". Di seguito si riporta un estratto del comma 13 che riferendosi ai metodi e agli strumenti elettronici che potranno essere richiesti dalle stazioni appaltanti su determinate tipologie di intervento stabilisce:

"Tali strumenti utilizzano piattaforme interoperabili a mezzo di formati aperti non proprietari, al fine di non limitare la concorrenza tra i fornitori di tecnologie e di non limitare il coinvolgimento di specifiche progettualità tra i progettisti".

L'obiettivo è dunque non rendere la fruizione dei dati dipendente dall'uso di applicazioni commerciali specifiche e per raggiungerlo la norma prevede l'utilizzo di piattaforme interoperabili e di formati aperti non proprietari.

- Il decreto del 1° dicembre 2017, n. 560

Meglio conosciuto come decreto BIM o decreto Baratonò dal nome dell'ingegnere Presidente della Commissione che ne ha predisposto il testo, viene redatto su incarico del Ministro delle Infrastrutture e dei Trasporti ed entrato in vigore il 27 gennaio dello stesso anno, riprende il sopracitato articolo del codice dei contratti pubblici e lo amplia. In particolare, l'articolo 4 è dedicato interamente all'interoperabilità, di cui al comma 1:

"I dati sono connessi a modelli multidimensionali orientati a oggetti [...] e devono essere richiamabili in qualunque fase e da ogni attore durante il processo di progettazione, costruzione e gestione dell'intervento secondo formati digitali aperti e non proprietari, normati, fatto salvo quanto previsto all'articolo 68 del codice dei contratti pubblici, a livello nazionale o internazionale e controllati nella loro evoluzione tecnica da organismi indipendenti".

Si specifica che i dati "sono connessi a modelli multidimensionali": non si parla di modelli tridimensionali ma ci si riferisce alle dimensioni del BIM elencate in precedenza.

I formati non devono essere soltanto aperti e non proprietari ma aggiunge a quanto esplicitato dal codice degli appalti che devono essere normati e "controllati nella loro evoluzione tecnica da organismi indipendenti". Infine, le informazioni "devono essere richiamabili in qualunque fase e da ogni attore" durante l'intero processo edilizio e fruibili "senza che ciò comporti l'utilizzo esclusivo di applicazioni tecnologiche commerciali individuali specifiche".

- La norma UNI11337-1:2017 dal titolo: "Modelli, elaborati e oggetti informativi per prodotti e processi" che definisce formato aperto e formato proprietario.

Il primo termine viene descritto come formato di file basato su specifiche sintassi di dominio pubblico il cui utilizzo è aperto a tutti gli operatori senza specifiche condizioni d'uso.

La seconda definizione indica il formato proprietario come Formato di file basato su specifiche sintassi di dominio non pubblico il cui utilizzo è limitato a specifiche condizioni d'uso stabilite dal proprietario del formato.

I software di progettazione e le applicazioni specializzate nell'effettuare analisi o simulazioni, qualora archiviassero al loro interno i dati in formato proprietario danneggerebbero comunque l'interoperabilità tra i due software anche importando in formati standard vanificando la possibilità di collaborare tra stakeholders. Per questo motivo è importante che il progettista sia consapevole di utilizzare software conformi agli standard.

I formati standard internazionali

La BuildingSMART International (BSI) è oggi il più importante organismo internazionale indipendente che consente lo sviluppo, la creazione e l'adozione di standard digitali aperti per flussi di lavoro produttivi. Nata nel 1995 come consorzio industriale privato, supporta l'openBIM ed è l'ente che certifica i software come compatibili al formato IFC attraverso test di conformità. La sua attività sta guidando la trasformazione digitale consentendo una migliore collaborazione e flussi di lavoro digitali attraverso le soluzioni e gli standard che offre.

Per supportare lo sviluppo dell'OpenBIM buildingSMART ha definito tre indicatori: dati, processi e termini; ognuno dei è stato rispettivamente implementato con appositi standard:

I termini (bSDD)

Il bSDD, acronimo di buildingSMART Data Dictionary è un dizionario internazionale che fornisce definizioni generali e delle relative proprietà di tutti gli oggetti BIM descritti dallo standard IFC e dei loro attributi, in precedenza era denominato IFD ovvero International Framework for Dictionaries, standard normato dalla ISO 12006-3

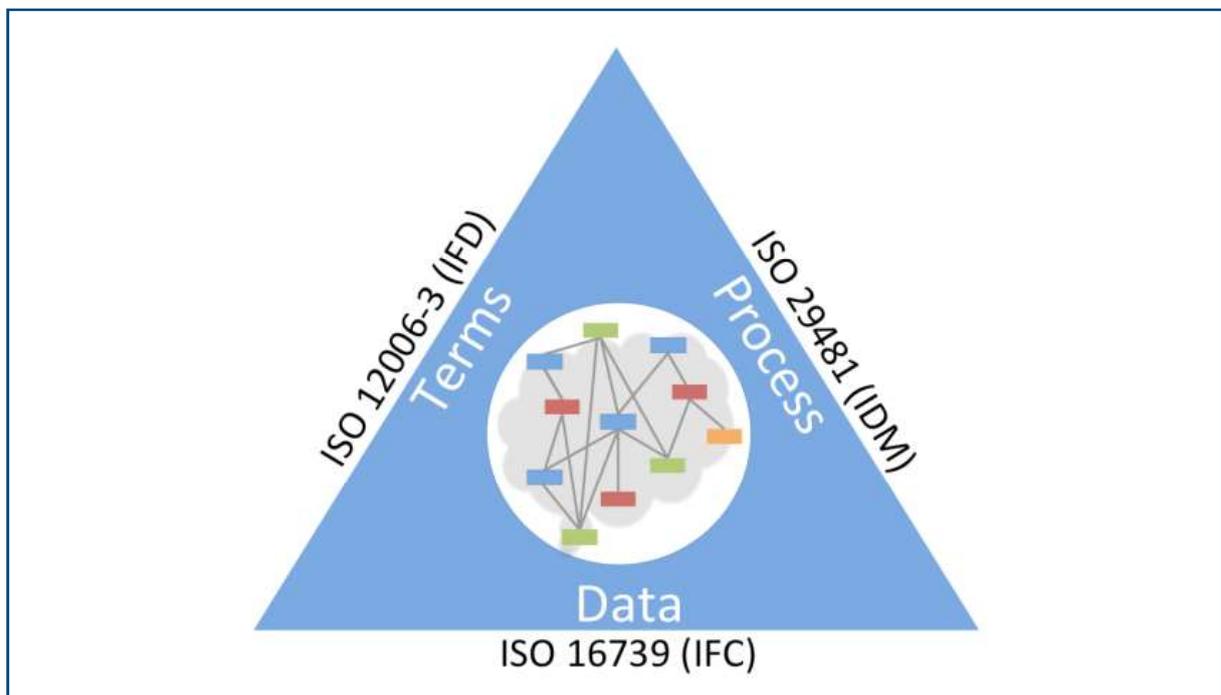


Figura 5. Building SMART standards triangle. Fonte: Laakso, M., Kiviniemi, A., "The IFC Standard - A Review of History, Development, and Standardization". *Electronic Journal of Information Technology in Construction*, 2012, 17.

I processi (IDM ed MVD)

L'IDM è l'acronimo di Information Delivery Manual ovvero Manuale di consegna delle informazioni ed è uno standard normato dalla ISO 29481. L'IDM definisce un insieme di specifiche che indicano le informazioni necessarie minime al conseguimento di tutti i processi dell'intero ciclo di vita dell'edificio. In altre parole, fornisce concetti e metodi utili per specificare il processo di consegna delle informazioni e lo scambio dei requisiti. La finalità è quella di aumentare l'efficacia della comunicazione tra i diversi stakeholder. In particolare indica chi sono gli attori coinvolti attraverso le mappe di processo, quali informazioni devono essere scambiate e quando si rendono necessarie ovvero quale fase progettuale supportano tramite i requisiti di scambio.

In breve, queste specifiche sono necessarie allo sviluppo di procedure software ma i requisiti vengono delineati da un altro standard, strettamente connesso al manuale: il Model View Definition (MVD) che definisce un sottoinsieme dello schema IFC che i software devono supportare ed integrare. Definendo una vista di modello si definiscono chiaramente quali dati si rendono necessari a quella fase progettuale.

I dati (IFC)

L'IFC, acronimo di Industry Foundation Classes, è uno schema del modello di dati per le costruzioni, infatti viene anche detto "Data Model" ed è un formato di interscambio di informazioni di tipo aperto, non proprietario e normato dalla UNI EN ISO 16739:2016: per questo risponde ai requisiti indicati dal decreto BIM.

Il formato IFC è oggi sicuramente lo standard più usato, il file esportato ha ridotte dimensioni, riporta accuratamente gli elementi geometrici ma è bene ricordare che vengono perse le caratteristiche parametriche degli oggetti essendo un formato di scambio di dati sul quale non è possibile apportare modifiche alle geometrie esportate. I dati vengono classificati secondo un nuovo schema dalla forte struttura ontologica ed è in continua fase di sviluppo. Infatti BuildingSMART negli anni ha rilasciato diverse versioni del formato IFC e grazie a questi continui aggiornamenti la quantità di informazioni strutturate è sempre maggiore: oggi l'ultima versione è l'IFC4 (4.2.0.0) che supera alcune limitazioni presenti nel formato IFC2x3.

Per verificare che il proprio software sia certificato IFC, è sufficiente andare su www.buildingsmart.org (sito ufficiale di BuildingSMART), cliccare su Compliance e poi su Software Certification e controllare che sia inserito nella lista dei software certificati IFC2x3 o IFC4 con lo status "Finished".

Il formato BCF

Infine un ulteriore standard è il BCF o BIM Collaboration Format, è un formato di file digitale open-source che introduce una procedura di comunicazione efficace basata su modelli BIM esportati in formato IFC. L'idea principale, maturata da case produttrici di software quali Tekla e Solibri e successivamente adattata da buildingSMART, è di separare la comunicazione dal modello. La progettazione integrata si basa sulla coesistenza di diverse discipline e dunque modelli specifici realizzati da diversi professionisti. Nel trasmettere il modello ci potrebbero essere degli errori e bisogna comunicare ai responsabili di risolverli, questo formato permette di effettuare queste segnalazioni senza gravare sulle dimensioni dei modelli avvenendo esternamente al database del software di BIM authoring. In particolare il formato si basa sul linguaggio XML ed è perciò un documento molto leggero.

6. I livelli di maturità BIM

I livelli di maturità permettono di classificare la gestione informativa attraverso una serie di stadi, in riferimento all'efficacia della metodologia di collaborazione utilizzata.

Anche qui troviamo delle differenze tra i livelli di maturità digitale indicati dalle norme britanniche rispetto alla normativa italiana inoltre la ISO19650 ha sostituito i livelli con una ulteriore classificazione. Per completezza vengono riportati qui tutti i livelli ricordando però che è la normativa internazionale quella a cui fare riferimento.

Il Regno Unito ha speso moltissime risorse per incentivare la transizione digitale ed uno degli obiettivi primari in ambito BIM è quello di classificare i diversi livelli di maturità digitale. Lo sviluppo della metodologia BIM nel Regno Unito è avvenuta attraverso il Digital Built Britain, composto da due programmi, dal 2011 al 2016 per il level 2 e dal 2016 al 2020 per il level 3. Per agevolare l'adozione di strategie BIM, nel 2011 viene fondato il BIM Task Group, team presieduto da Mark Bew e finanziato dal governo britannico, che pubblicò "la strategia BIM" prevedendo incentivi per le industrie del settore delle costruzioni che avessero adottato protocolli BIM.

Come previsto dal primo programma, nel 2016 è stato raggiunto il livello 2, infatti già dal mese di Aprile venne adottata la "Strategia Nazionale delle Costruzioni", emanata dal governo inglese nel 2011, secondo cui gli appalti per la progettazione e costruzione di opere pubbliche dovranno essere sviluppati obbligatoriamente attraverso tecnologie BIM.

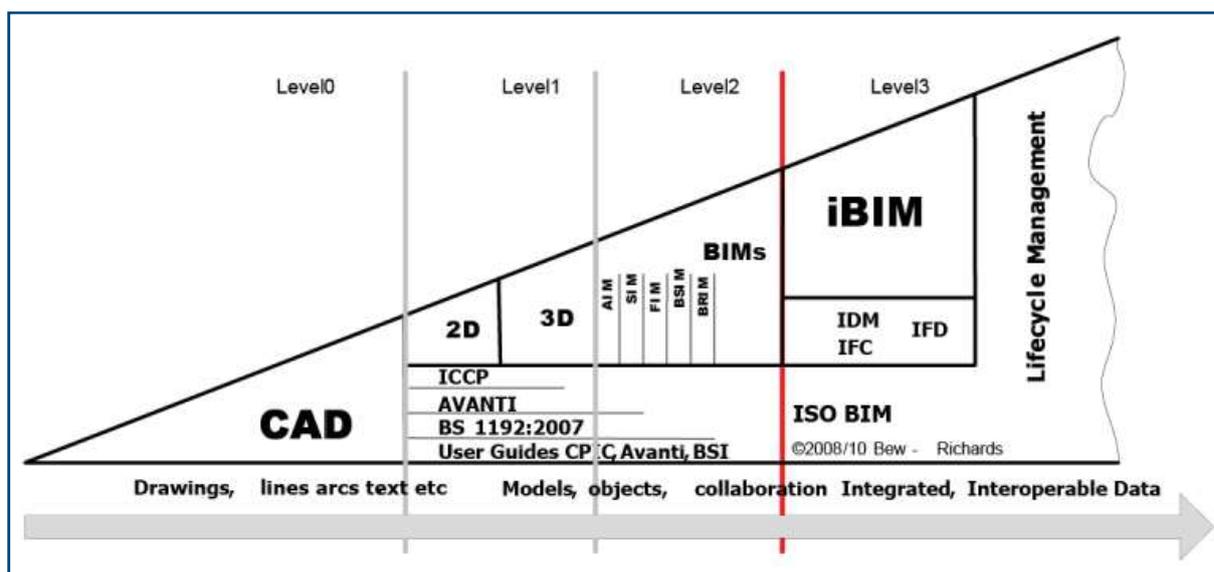


Figura 6. Cuneo BIM. Fonte: www.ibimi.it [ultima consultazione il 07/05/2020]

Nel 2013 con la pubblicazione delle norme britanniche PAS 1192 parte 3, vengono identificati quattro livelli di maturità, esemplificati nel diagramma sottostante, conosciuto con il nome di The Wedge o cuneo BIM, sviluppato da Mark Bew e Mervyn Richards nel 2008 (fig.6).

- BIM Level 0 (collaborazione bassa) è l'elaborazione digitale del processo tradizionale ovvero il sistema CAD caratterizzato da assenza di cooperazione digitale. Le informazioni sono trasmesse previa stampa documentale, si tratta di files tra loro non interoperabili, di solito sono in formato PDF e dunque non interagiscono tra loro.
- BIM Level 1 (collaborazione parziale) riguarda l'affiancamento di modelli tridimensionali a quelli 2D prodotti in CAD. I modelli vengono utilizzati principalmente come elaborati aggiuntivi per una comunicazione più efficace dell'idea progettuale e sono costituiti da oggetti privi di

proprietà fisiche ma soltanto geometriche. I modelli generati dai diversi attori sono separati anche se inseriti in un CDE comune o ACDat, ovvero un archivio digitale condiviso, dunque eventuali interferenze e modifiche difficilmente vengono riconosciute e di conseguenza non vengono segnalate agli altri operatori.

- BIM Level 2 (collaborazione completa) si riferisce alla progettazione collaborativa effettuata attraverso modelli BIM multidisciplinari costituiti da smart objects. La comunicazione e condivisione di informazioni tra diversi stakeholders avviene tramite un “common file type”: ogni team condivide il proprio modello attraverso un formato standard di condivisione delle informazioni ad esempio il formato IFC o COBie. Fa riferimento inoltre al raggiungimento del 4D e del 5D BIM. I modelli di ogni disciplina costituiscono un modello federato che permette di lavorare in maniera coordinata.

- BIM Level 3 (integrazione completa) anche detto iBIM, si intende un modello BIM unificato condiviso nel CDE e accessibile a tutti gli operatori. Un database unico per tutte le informazioni, le quali possano essere condivise e gestite in tempo reale da parte di tutti gli stakeholders. È conosciuto anche con il termine di Open BIM e si basa principalmente sugli standard. La collaborazione avviene coinvolgendo tutti gli operatori: le piattaforme BIM permettono di accedere attraverso dei “gate” a diversi gradi di autorità che ... Di solito vi è un cloud storage che archivia il proprio repository di progetto e costituisce un database completo messo a disposizione del committente. Oltre alla quarta e quinta dimensione del BIM vi si aggiunge la sesta, relativa al BLM (building lifecycle management) che comprende le fasi di gestione, manutenzione e dismissione del bene. Il lancio del livello 3 è stato annunciato dal segretario aziendale Vince Cable nel febbraio 2015 attraverso il già citato “Digital Built Britain - Level 3 Building Information Modelling - Strategic Plan”, un documento modello operativo che pone l'accento sulla gestione delle performance, attività operative e scambio di capitale che ha l'obiettivo di creare una vera e propria economia digitale. Oltre al piano strategico viene anche associato il sito Web Digital Built Britain, oggi Centre for Digital Built Britain (CDBB) della università di Cambridge che dirige il lavoro del BIM Task Group. Il livello 3 è previsto che venga raggiunto nel 2020. Questo risultato viene agevolato dai significativi progressi del mondo digitale che gli obblighi statali inglesi hanno comportato anche in particolare nella formazione professionale nell'ottica di raggiungere un futuro più sostenibile.

La norma italiana, la UNI 11337:2017 indica alla parte 1, capitolo 5, i livelli di maturità digitale suddivisi in cinque livelli:

- Livello 0 (non digitale), un approccio tradizionale secondo cui tutti gli attori del processo comunicano le informazioni, così come specificato da contratto, attraverso documenti cartacei, anche qualora fossero prodotti dall'esportazione di software digitali.
- Livello 1 (base), in cui il trasferimento dei contenuti può essere sia digitale che cartaceo ma da contratto si specifica che è prevista la stampa cartacea.
- Livello 2 (Elementare) se gli ambiti disciplinari tecnico e ambientale comunicano attraverso modelli informativi digitali integrati con elaborati digitali aggiuntivi. Questa integrazione digitale avviene per tutti gli ambiti disciplinari se le informazioni non sono trasferibili dai modelli informativi digitali. Il livello contrattuale di riferimento è di tipo sperimentale e prevede dunque l'esplicitazione dei documenti digitali principalmente su carta ma affiancata dai contenuti digitali e in correlazione con il modello informativo digitale.
- Livello 3 (Avanzato): attraverso l'uso di apposite schede informative si agevola la connessione tra modelli BIM ed elaborati digitali informativi che vengono così relazionati. Il livello contrattuale di riferimento è di tipo maturo poiché l'esplicitazione documentale si basa su documenti digitali provenienti dal modello informativo.

- Livello 4 (Ottimale) se il trasferimento di dati in tutti gli ambiti disciplinari avviene tramite modelli BIM integrati solo in casi particolari da elaborati digitali. Gli elaborati derivano dal modello BIM. Il contratto prevede la virtualizzazione grafica, documentale e multimediale ed esplicitata che i modelli vengono archiviati e sono coordinati tra loro.

Confrontando i livelli della normativa britannica nelle PAS 1192 con i gradi di digitalizzazione indicati alla parte 1 della UNI11337 emerge una corrispondenza tra level 2 (collaborazione completa) e il livello 3 (Avanzato).

La ISO19650-1:2018, al capitolo 4, rinnova il concetto dei livelli di maturità BIM sostituendo di fatto il cuneo BIM (figura 7) apportando una significativa semplificazione. Permane la logica dei livelli descritti precedentemente, secondo cui nel procedere da una fase all'altra avviene sempre una maggiore integrazione dei dati. La norma indica tre livelli: Livello normativo, (Standard layer), Livello tecnologico, (Technology layer) ed un Livello informativo (Information layer) suddividendoli in tre fasi (stadi di maturità digitale).

In particolare la serie ISO19650 riguarda l'attuazione della prima e in particolare della seconda fase, denominata nel prospetto 1 BIM secondo la ISO19650, infatti il livello normativo alla fase tre indica semplicemente: "standard che devono ancora essere sviluppati", a sottolinearne il difficile raggiungimento in tempi brevi.

La fase 2 dunque si ottiene utilizzando a livello normativo la serie ISO19650, prevede a livello tecnologico la gestione e condivisione dei file all'interno del Common Data Environment (CDE) e a livello informativo indica l'utilizzo di modelli informativi federati. Un modello federato comprende tutti i contenitori informativi eseguiti dai professionisti incaricati

Nel Regno Unito, per introdurre gradualmente l'integrazione della serie BS EN ISO 19650, nell'ottobre 2019 il gruppo BSI, il CDBB e la UK BIM Alliance hanno lanciato il UK BIM Framework, un approccio coordinato alla creazione e alla comunicazione del quadro per l'implementazione degli standard internazionali nel contesto del Regno Unito.

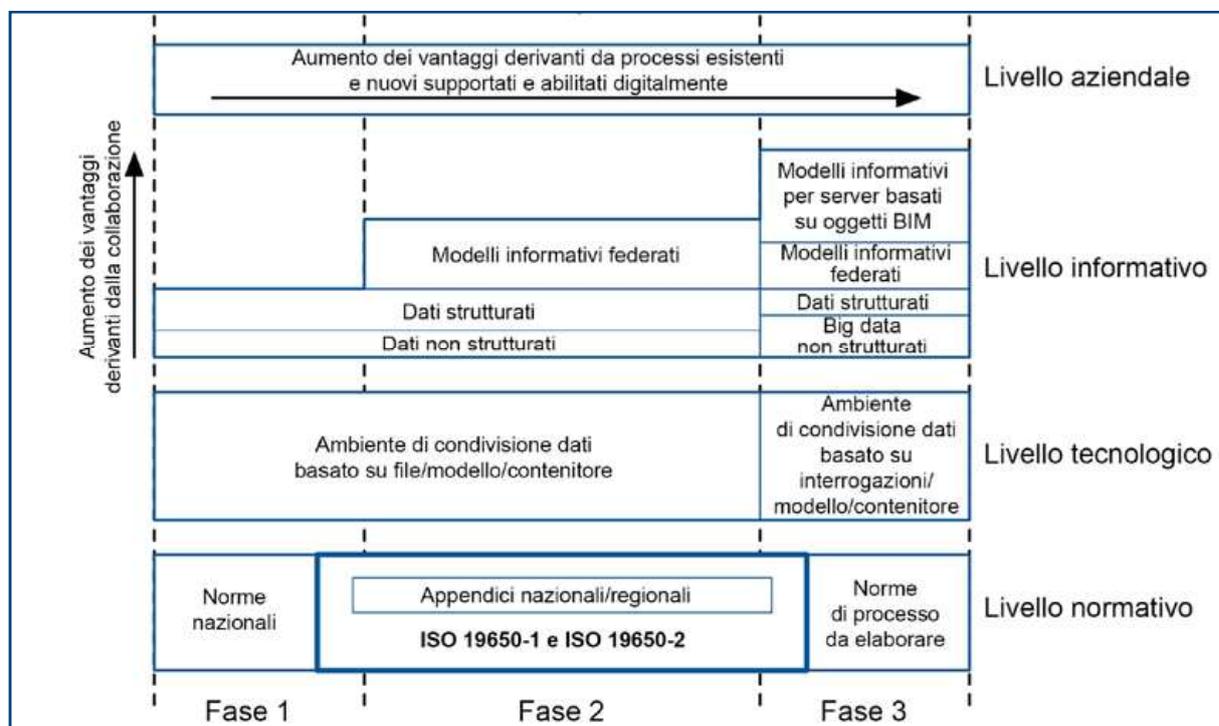


Figura 7. ISO19650-1. Stadi di maturità digitale della gestione di informazioni analogiche e digitali. Fonte: blog.archicad.it [ultima consultazione il 05/06/2020]

7. Evoluzione normativa

Decreto BIM DM 560/2017

In attuazione del decreto legislativo 18 Aprile 2016, n.50 recante "Codice dei contratti pubblici" ed in particolare visto quanto indicato nell'articolo 23, è stato rilasciato il DM 560 del 1 dicembre 2017, meglio conosciuto come Decreto BIM o Baratono dal nome del presidente della Commissione che si è occupata di predisporre il testo ovvero dell'ing. Pietro Baratono.

Il decreto stabilisce le modalità e i tempi di progressiva introduzione dei metodi e degli strumenti elettronici di modellazione per l'edilizia e le infrastrutture riconoscendo l'importanza della metodologia BIM. Le stazioni appaltanti dovranno assolvere ad adempimenti preliminari tra cui l'adozione di un piano di formazione del proprio personale e di un piano di acquisizione e manutenzione di hardware e software, dovranno inoltre predisporre un piano per la gestione dei processi decisionali e informativi ed un atto organizzativo che espliciti il processo di controllo e gestione, i gestori dei dati e la gestione dei conflitti. Il decreto impone soprattutto la progressiva introduzione dell'obbligatorietà del metodo BIM fissando alcune scadenze per introdurne l'uso negli appalti pubblici come sintetizzato in seguito:

- Dal 1° gennaio 2019 per i lavori complessi relativi a opere di importo a base di gara pari o superiore a 100 milioni di euro;
- Dal 1° gennaio 2020 per i lavori complessi relativi a opere di importo a base di gara pari o superiore a 50 milioni di euro;
- Dal 1° gennaio 2021 per i lavori complessi relativi a opere di importo a base di gara pari o superiore a 15 milioni di euro;
- Dal 1° gennaio 2022 per le opere di importo a base di gara pari o superiore alla soglia di cui all'art.35 del Codice dei contratti pubblici;
- Dal 1° gennaio 2023 per le opere di importo a base di gara pari o superiore a 1 milione di euro;
- Dal 1° gennaio 2025 per le nuove opere di importo a base di gara inferiore a 1 milione di euro.

UNI11337:2017

La normativa nazionale italiana che regolamenta la gestione informativa BIM è la UNI11337:2017 ed è un allegato complementare alla nuova ISO 19650:2018. Infatti, la norma nazionale è costituita da una struttura coerente con i temi definiti da quella internazionale. Oltre a percepire i più recenti introduce anche degli aspetti innovativi e legati alla nostra tradizione costruttiva, in particolare, la UNI11337-7 definisce una scala LOD dedicata interamente al restauro, inoltre è la prima al mondo a normare le figure professionali coinvolte nella modellazione e gestione informativa, aspetti che verranno trattati nei capitoli successivi. La norma è composta da 10 parti, esplicitate nell'immagine alla pagina seguente (figura XXXX) in cui le parti evidenziate in blu sono quelle pubblicate nel 2017, in azzurro quelle pubblicate nel 2018.



Figura 8. La struttura della norma UNI11337. Fonte: www.ingenio-web.it [Ultima consultazione: 18/06/2020]

Al tavolo tecnico della UNI 11337:2017 sono stati riuniti i più importanti portatori di interesse nel mondo nella digitalizzazione del settore delle costruzioni: software house, associazioni di categoria, studi legali e di progettazione, società di accreditamento ed università. In questo modo l'Italia ha potuto partecipare attivamente al tavolo comunitario CEN per contribuire con la propria visione alla stesura della ISO19650.

ISO 19650:2018

La serie ISO19650, ha una grandissima rilevanza nel panorama normativo e oggi costituisce la principale norma di riferimento in ambito BIM. Ad oggi ne sono state pubblicate due parti: la prima dal titolo “concetti e principi” e la seconda intitolata “Fase di consegna dei cespiti immobili”. Le due sezioni, entrambe pubblicate nel Dicembre del 2018 identificano alcuni aspetti della metodologia BIM riconosciuti a livello internazionale, vengono tradotte prima dall'ente certificatore CEN e poi a livello nazionale e dunque per l'Italia diventa UNI EN ISO 19650. Entrambe le sezioni recepiscono i concetti delle BS 1192. Tuttavia, in seguito alla loro pubblicazione, la PAS 1192-2, che costituiva un punto di riferimento importante non solo nel Regno Unito è stata ritirata completamente. Nella serie ISO scompare da BIM il termine Building che causava ambiguità: con information Management ci si riferisce alla gestione informativa nella sua concezione più ampia comprendendo non solo edifici ma anche infrastrutture, costruzioni, ambiente territorio. La ISO19650 non si limita a far confluire le norme nazionali britanniche, considerate quelle più all'avanguardia in ambito BIM, ma introduce anche nuovi aspetti: uno dei più importanti riguarda l'ambiente di condivisione dei dati (ACDat o CDE). In una commessa il CDE non è unico ma ve ne sono almeno due: uno di commessa per il soggetto proponente ed uno diffuso di proprietà degli incaricati per cui la cartella Work in progress (WIP) risulta essere inviolabile dal committente.

Il panorama normativo sulla digitalizzazione del mondo delle costruzioni è dunque in costante aggiornamento, come si può notare dallo schema nella pagina a destra (figura 9).

Nell'immagine vengono disposte sulla linea temporale tutte le norme descritte in precedenza, ritenute più significative. Tra le norme più importanti attualmente in vigore ci sono dunque le 5 parti della UNI 11337, una rilasciata nel 2015 e le altre del 2017, e la serie ISO 19650 pubblicata nel 2018. Infine sono previste ma non ancora rilasciate le ultime 4 parti della norma UNI11337, la parte 5 della ISO19650 ed una norma sul Livello di fabbisogno informativo, la pr EN17412 Parte 1.

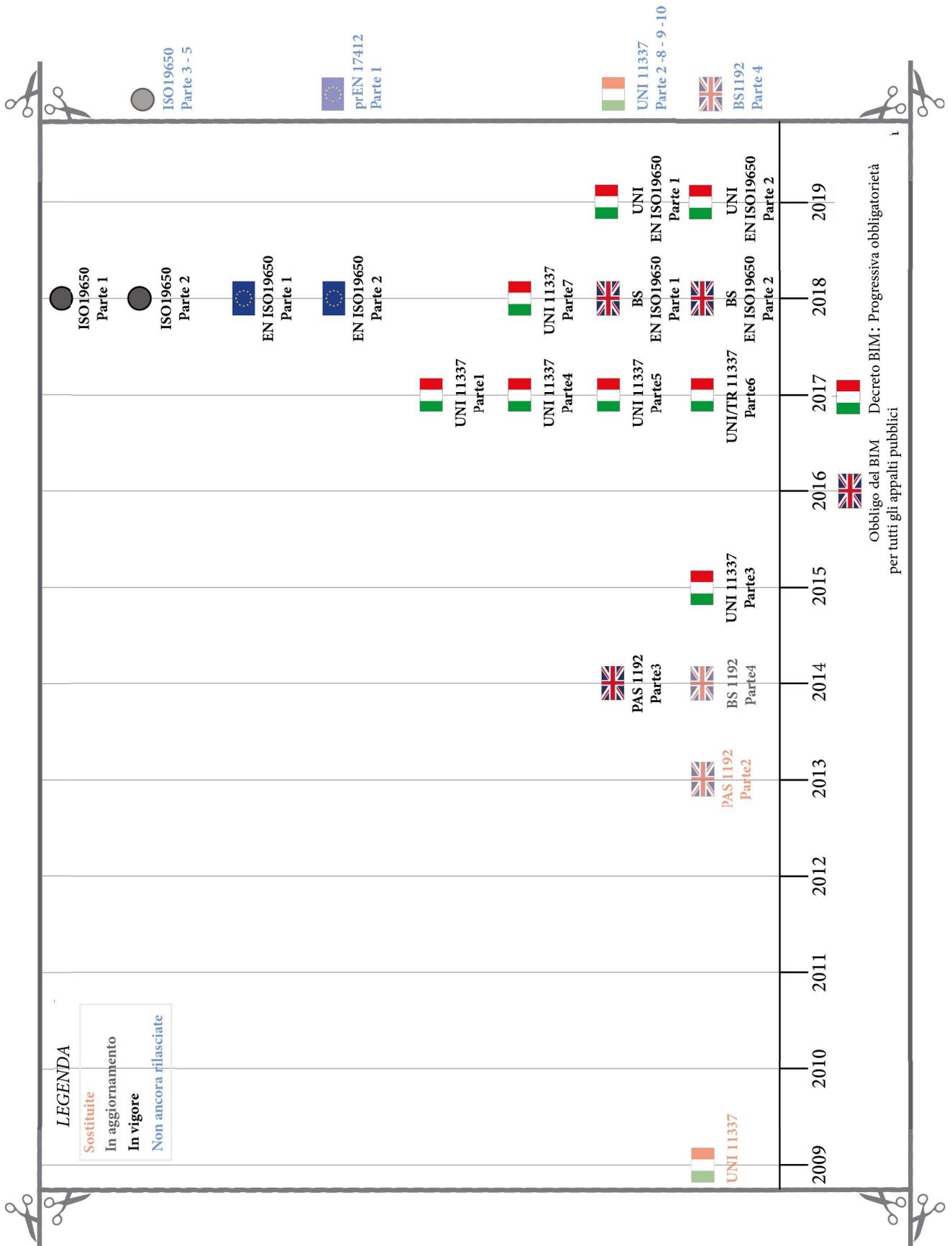


Figura 9. Collocazione temporale delle principali norme in ambito BIM negli ultimi 10 anni. Elaborazione originale dell'autore

8. LoX

Il termine LOD, indica generalmente una specifica scala riferita agli oggetti di un modello BIM se corredata dall'indicazione della norma di riferimento che la certifica, definita a livello nazionale. Le scale LOD vengono sviluppate per definire con precisione una determinata quantità di informazioni presenti in uno specifico oggetto del modello. Come il titolo del paragrafo vuole porre da subito in evidenza, la presenza di più scale che indicano valori differenti utilizzando lo stesso acronimo può creare confusione perché la parola LOD può assumere accezioni diverse. Level of X è così diventato un riferimento generico per indicare tutti quei termini simili a Level of Development, Level of Definition o Level of Accuracy.

Una visione chiara ed efficace è presentata da Marzia Bolpagni, oggi Senior BIM Advisor presso la società inglese Mace, un estratto del suo lavoro, pubblicato sul blog BIM ThinkSpace di Bilal Succar, è qui riportato in figura 10. Nella quale per ogni acronimo presente non solo la scala ma anche il significato stesso che il termine identifica può variare. Quando si descrivono diverse scale LOD è possibile individuare non solo differenti informazioni da inserire ma i concetti che portano a ritenerle più importanti. Tra tutte le scale LOD quelle tutt'oggi in uso e in costante aggiornamento, sono:

Level of Development (Livello di Sviluppo)

Introdotta da BIM Forum Specification nel 2013, indica il grado di affidabilità ed il grado di certezza di una determinata quantità di informazioni. La scala definisce gli oggetti per categoria e la scala è numerica da 100 a 500. Ad esempio, se si utilizzano librerie di oggetti che possiedono da subito un alto contenuto geometrico ma sono presenti in un modello da consegnare in fase preliminare ad esempio in LOD200, tutte le informazioni che non coincidono con quelle indicate a quel livello della scala LOD statunitense non vengono considerate affidabili. Se si pensa alla progettazione, i contenuti informativi alfanumerici ma soprattutto geometrici possono cambiare continuamente, avanzare ed arretrare, in questo modo si intendono affidabili solo le informazioni che coincidono con quelle della scala di riferimento. Tuttavia, quelle informazioni possono essere lasciate nel modello se si ritiene che non cambino nel corso del progetto.

Level of model Definition (Livello di Definizione del modello)

Introdotti dalle PAS 1192-2:2013, i LOD britannici seguono una scala numerica che da 2 a 6. Il *Level of model Definition* indica il minimo *Level of model Detail* e il *Level of Information Detail* richiesto in un modello ad ogni scambio di informazioni⁸. È composto da due tipologie di contenuti informativi:

Level of model Detail (Livello di Dettaglio del modello) che si riferisce ai contenuti grafici, relativi alle informazioni geometriche che costituiscono il modello BIM. Non sono compresi soltanto gli elementi tridimensionali ma anche quelli simbolici e gli aspetti grafici come i retini dei materiali applicati agli oggetti.

Level of Information Detail o Level of model Information (LOI) che invece descrive i contenuti non grafici dei modelli BIM ovvero i dati alfanumerici e i documenti collegati, che sempre di più dovrebbero essere corredate di metadati specifici. Di solito si tratta di parametri associati alle geometrie.

⁸ The BIM Dictionary, [online], v. "Level of Model Definition". Disponibile su: www.bimdictionary.com [ultima consultazione il 14/05/2020]

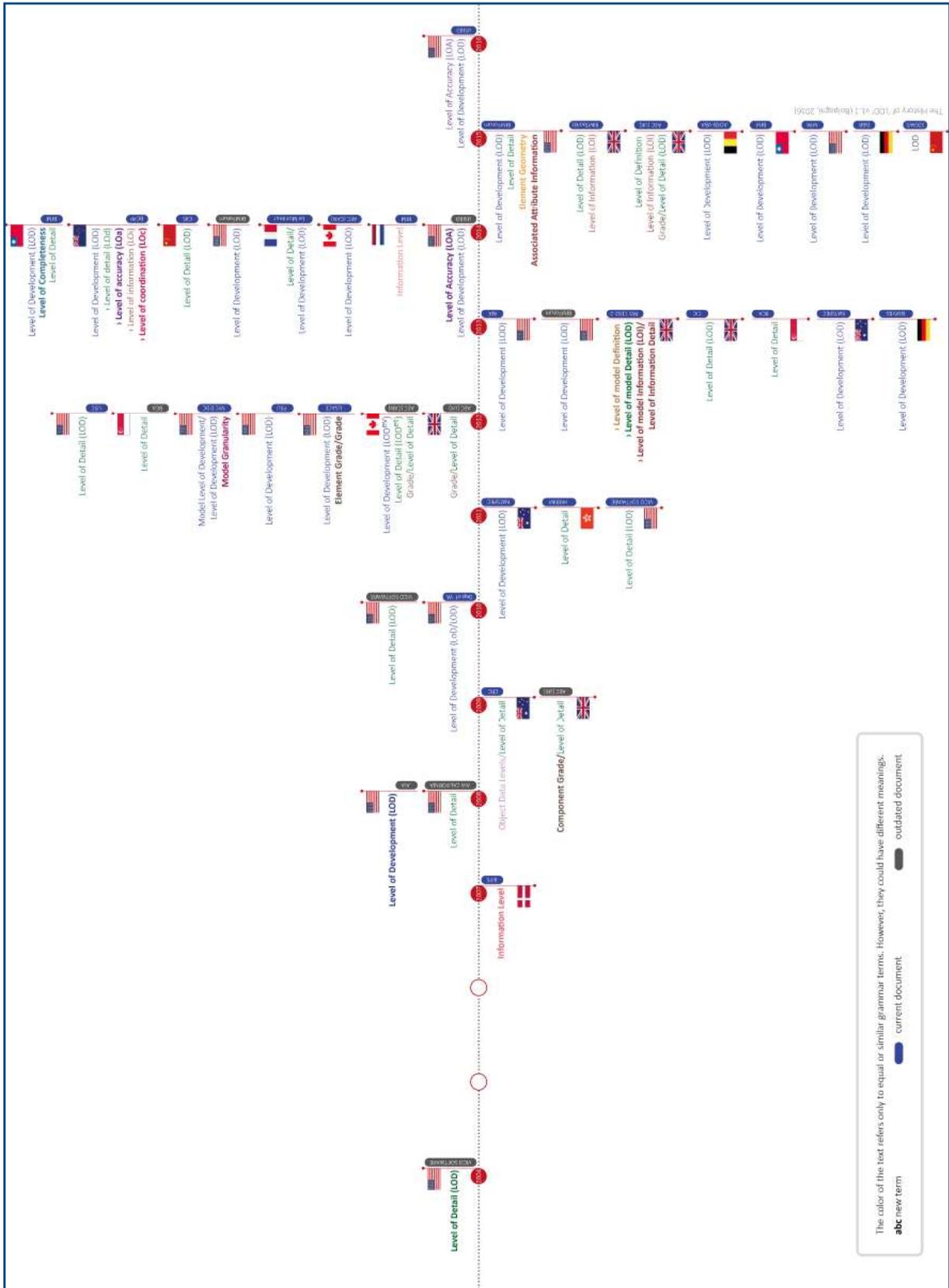


Figura 10. Bolpagni, M., “The many faces of ‘LOD’”, Bimthinkspace.com, 19/07/2016. [ultima consultazione il 17/07/2020]

Level of Accuracy (Livello di Accuratezza)

Viene introdotto nel 2014 dall' U.S. Institute of Building Documentation (USIBD), società che si occupa di promuovere l'eccellenza della documentazione edilizia. Il termine indica il livello di precisione della misurazione degli elaborati e comprende: la precisione di misurazione (LOA10, LOA20, LOA30, LOA40, LOA50), la precisione di rappresentazione (deviazione standard) e la convalida (A, B, C).

Level of Information Need (Livello di fabbisogno informativo)

Viene introdotto dalla nuova ISO19650-2018. Anche se nella norma non è presente nessuno dei precedenti termini, le diverse scale di LOD definite a livello nazionale non vengono rimosse ma saranno aggiornate in caso venissero riscontrate incongruenze rispetto a quanto riportato nel nuovo testo e nella prEN 17412 norma che diventerà il testo di riferimento di questo nuovo concetto. L'obiettivo principale è quello di impedire la consegna di informazioni non necessarie. Va definito un *Level of Information Need* per ogni elaborato prodotto dal modello informativo perciò è strettamente legato ai BIM Uses. Assume importanza non solo la quantità di dati ma anche la qualità e la granularità dei dati. Le principali scale LOD definite a livello nazionale hanno caratteristiche molto diverse tra loro:

In Inghilterra, sono le PAS 1192 a costituire l'allegato nazionale di riferimento. La scala LOD è legata al concetto di *Level of Model Definition* che definisce sette livelli. La norma riporta solo una descrizione generale della scala britannica mentre una definizione più dettagliata viene fornita da NBS (National Building Specification), un'organizzazione specializzata nello sviluppo di specifiche tecniche per la digitalizzazione del settore AEC, responsabile dello sviluppo della National BIM Library. Il governo inglese nel 2014 ha incaricato NBS di sviluppare uno strumento che permettesse di realizzare un Digital Plan of Work. Il risultato è lo strumento NBS BIM Toolkit, attivo dal 2015, che permette di consultare online il Level of model Detail e Level of Information Detail, rispettivamente rinominati come Level of Detail e Level of Information e relativi ai singoli oggetti sulla scala da 2 a 6.

Negli Stati Uniti d'America, il LOD, inteso come *Level of Development*, viene usata una scala numerica da 100 a 500 articolata in 6 livelli. Gli attuali LOD americani sono così definiti dal 2013, anno in cui il BIM Forum, capitolo statunitense di BuildingSMART International, ha aggiunto il livello 350 nelle BIM Forum Specification ed è avvenuta la distinzione tra *Element Geometry* ed *Associated Attribute Information*.

In Italia, i LOD sono normati dalla UNI11337:2017, nello specifico la parte 4 li definisce come "Livello di approfondimento e stabilità dei dati e delle informazioni degli oggetti digitali che compongono i modelli". La norma integra la definizione con vari esempi di oggetti suddivisi per disciplina. In particolare vengono definite 4 scale di LOD: per interventi territoriali ed infrastrutture, per opere di nuova costruzione, per mezzi e attrezzature ed una scala dedicata al restauro. La scala è definita da lettere in ordine alfabetico dalla A alla G per distinguerla dalle altre scale nazionali. La normativa stessa indica che questa scala non è relativa ad una fase del processo ma possono sussistere più LOD nella stessa fase in base alle necessità, da riferirsi agli oggetti come attributi minimi e non caratteristici caratterizzati dal principio di stabilità del dato.

In ogni fase progettuale si definiscono dei *deliverables* ovvero degli elaborati da consegnare, il concetto di *Level of Information Need*, si basa sull'individuare il livello di fabbisogno informativo in grado di garantirne la produzione. In altri termini:

"La ISO19650-1:2018 sottolinea come la sovrapproduzione di informazioni comporti un problema al flusso di lavoro. In particolare, effettuare ragionamenti sul progetto avendo troppe informazioni rispetto a quelle necessarie potrebbe comportare fraintendimenti o erronee conclusioni"⁹.

In questa tesi uno degli obiettivi è quello di controllare l'incremento informativo geometrico ed alfanumerico all'interno del modello BIM. Verranno prodotti i *deliverables* richiesti senza sovraccaricare di dati non necessari il database del modello as-built. Sicuramente l'interoperabilità gioca un ruolo di primo piano nella perdita o nel mantenimento dei dati: occorre ragionare in anticipo, a livello operativo, sull'inserimento dei dati. Non si tratta soltanto di individuare la quantità di dati necessari ma anche essere consapevoli delle caratteristiche che questi dovrebbero assumere per garantire un'elevata qualità di modellazione informativa.

⁹ Di Giuda, G. M., (a cura di), *Introduzione al BIM: Protocolli di modellazione e gestione informativa*, Società Editrice Esculapio, 2019, p.49

II. Il BIM negli appalti pubblici

1. Information Delivery Cycle

In una commessa BIM vengono introdotti nuovi documenti per gestire la consegna delle informazioni. I soggetti proponenti ed incaricati che vi partecipano devono produrre questi elaborati aggiuntivi avvalendosi di professionisti esterni o delle proprie risorse interne.

La ISO19650:2018 indica ed esemplifica il flusso informativo dell'intero ciclo di vita di un cespite immobile che può essere riferito a una qualsiasi commessa BIM. La stazione appaltante deve definire gli obiettivi del progetto e i requisiti da soddisfare che possono essere relativi alle fasi operative o a quelle progettuali. Fanno la loro comparsa diversi tipi di requisiti informativi che introducono nuovi acronimi. Tra i nuovi termini introdotti dalla norma, quelli che si riferiscono alle fasi antecedenti la commessa sono tre:

- I Requisiti Informativi dell'organizzazione (OIR), indicano quali informazioni sono necessarie a rispondere o illustrare gli obiettivi strategici del soggetto proponente. Rappresentano la traduzione in dati degli obiettivi della stazione appaltante e costituisce un input di base per definire a livello gestionale, commerciale e tecnico i requisiti relativi alla fase operativa (AIR) o di progetto (PIR).
- I Requisiti Informativi del cespite immobile (AIR), da redigere in risposta ad ogni evento scatenante per individuare norme, metodi e procedure che il gruppo di consegna dovrà adottare.
- I Requisiti Informativi di progetto (PIR) da redigere in risposta ad ognuno dei punti decisionali che descrivono quali informazioni sono necessarie a rispondere agli obiettivi del soggetto proponente. Possono essere creati genericamente ed adottati per diversi tipi di commessa.

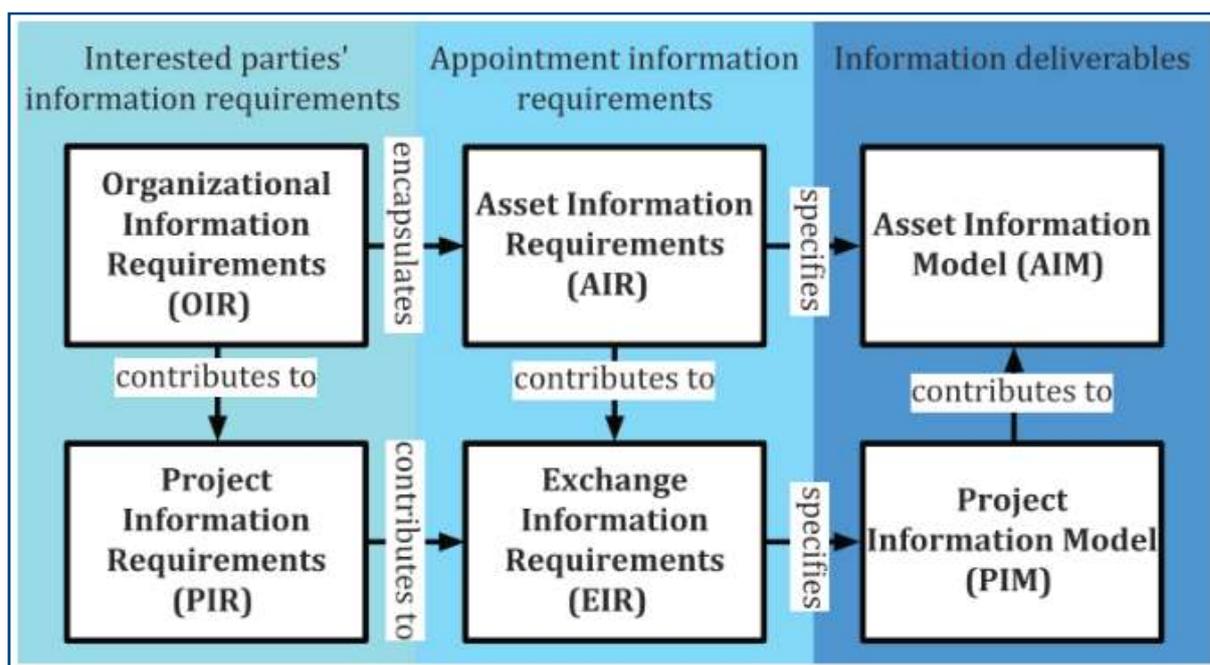


Figura 11. I tre significati dell'acronimo BIM. Fonte: www.ibimi.it [ultima consultazione il 29/06/2020]

Durante la commessa invece, la stazione appaltante si avvale di un BIM Manager per redigere il Capitolato Informativo (CI) anche chiamato Employer's Information Requirements (EIR), che entra a far parte della documentazione posta a base di gara.

Il Capitolato Informativo

I contenuti del documento sono esplicitati nella UNI11337 alla parte 6 intitolata "Linee guida per la redazione del capitolato informativo".

La norma nazionale suggerisce di suddividere in capitoli la stesura del CI. La parte introduttiva è costituita dalle premesse, in cui si identifica il progetto e si esplicitano acronimi e termini e dai riferimenti normativi mentre il corpo principale del documento è composto da due sezioni:

- una sezione tecnica, in cui descrivere le caratteristiche tecniche e prestazionali dell'infrastruttura hardware e software, l'estensione dei file, sia quelli messi a disposizione dal committente che quelli da utilizzare, nonché i formati di scambio, avendo cura di indicare l'estensione e se sono aperti, proprietari e normati. Viene indicato il sistema comune di coordinate e il sistema di misurazione da adottare nei modelli e negli elaborati e le specifiche per l'inserimento degli oggetti nel modello, ad esempio: tutti i muri dovranno essere vincolati alla base e all'estremità a livelli di riferimento e modellati come elementi discreti. In questa sezione, la stazione appaltante può richiedere all'affidatario di dichiarare nella propria offerta di gestione informativa (oGI) un estratto delle proprie esperienze precedenti in ambito di gestione informativa dunque può esplicitare la richiesta di una valutazione delle competenze.

- una sezione gestionale in cui inserire gli obiettivi informativi e in particolare indicare gli usi che la committenza farà dei modelli e degli elaborati che richiede, indicando per ogni fase del processo non solo gli elaborati da consegnare ma anche il LOD minimo per categoria di elementi, con riferimento ad una determinata scala LOD. Vengono definiti i ruoli e responsabilità della struttura informativa interna del committente, le caratteristiche informative dei modelli o degli elaborati messi a disposizione dalla committenza, viene indicata l'organizzazione e la strutturazione dei modelli e degli elaborati che l'affidatario dovrà rispettare e le politiche per la tutela e la sicurezza del contenuto informativo per garantire integrità, riservatezza e disponibilità dei dati dell'intero processo. Infine il committente indica la Proprietà del modello dopo che l'affidatario avrà ultimato la consegna del modello e degli oggetti in esso contenuti e le modalità di condivisione dei dati ovvero le caratteristiche per l'ambiente di condivisione dei dati (ACDat o CDE) tra cui denominazione dei file, procedure di verifica e validazione, interferenze di progetto, modalità di gestione del 4D, 5D, 6D e 7D, infine le modalità di archiviazione e consegna finale dei modelli, oggetti ed elaborati informativi.

Offerta e Piano di Gestione Informativa

In fase di gara, gli offerenti presenteranno ognuno la propria offerta di gestione informativa (oGI) in risposta ai requisiti informativi della stazione appaltante ovvero le richieste definite nel capitolato informativo (EIR o CI). Questo primo documento è chiamato anche pre-contract BEP, ovvero un Building Execution Plan nella fase effettiva della gara e quindi prima di stipulare il contratto.

Nel documento stipulato dai possibili aggiudicatari bisogna descrivere il proprio metodo di lavoro, inserendo il cronoprogramma relativo allo svolgimento degli incarichi descritti dalla stazione appaltante nel capitolato informativo. Nello stesso documento vengono identificati i soggetti, i ruoli e le competenze delle risorse interne dell'offerente. L'offerta di gestione informativa contiene infatti la matrice delle responsabilità o matrice RACI, tabella in cui si inseriscono sulle righe le attività da svolgere e sulle colonne i nomi dei soggetti coinvolti nel processo, segnando per ogni specifica attività se il soggetto considerato la esegue ed assegna (Responsible), se è responsabile del risultato finale (Accountable), se aiuta o collabora con il Responsible (Consulted) o se deve solo essere informato al momento della sua esecuzione (Informed).

Con l'esito della gara viene definito l'aggiudicatario che sviluppa con la committenza e con gli attori della catena di approvvigionamento (supply chain), il piano di gestione informativa (PGI) redatto sulla base dei contenuti dell'oGI. Il pGI, anche detto post-BEP, ha valore contrattuale e deve essere aggiornato qualora vi siano variazioni rispetto alla prima revisione.

Il pGI fornisce, assieme al CI originario, le regole di definizione delle consegne di commessa ed i dettagli operativi per la creazione del Modello Informativo di Progetto (PIM).

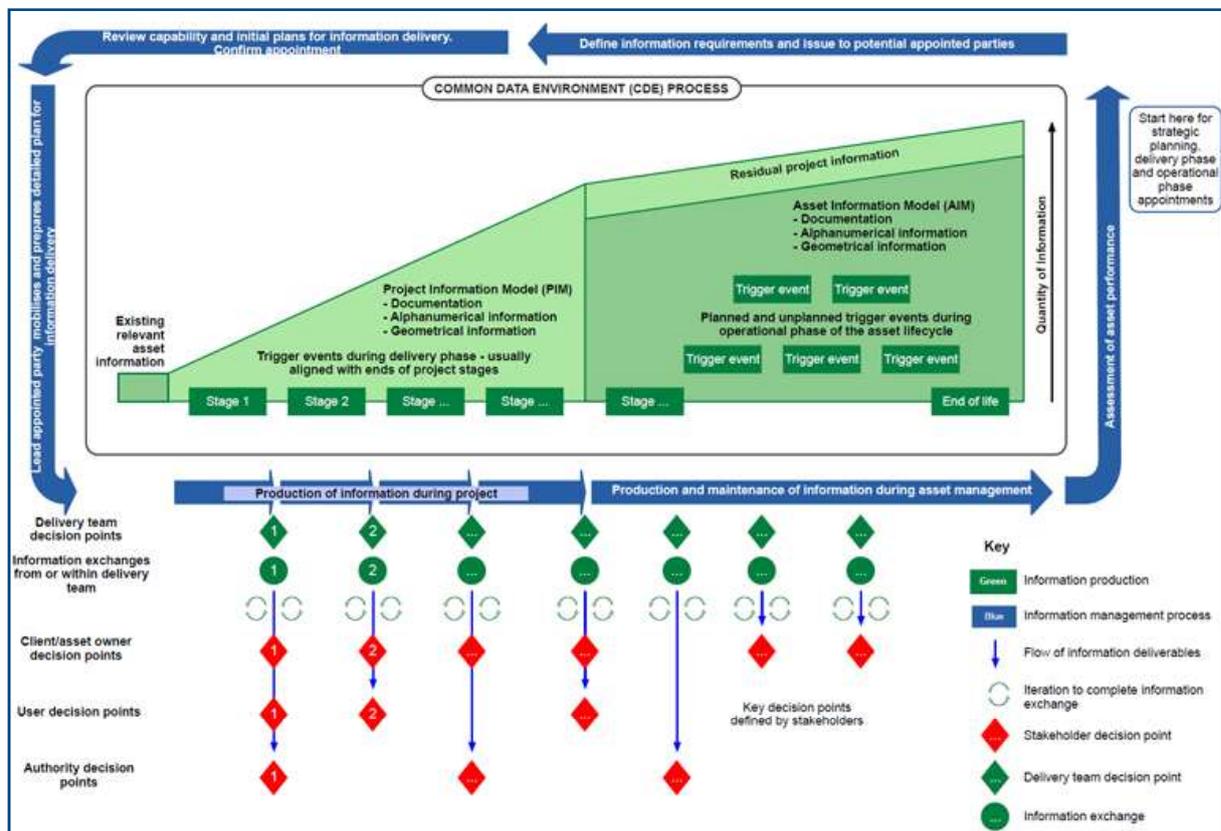


Figura 12. ISO19650-1. Panoramica e rappresentazione del processo di gestione delle informazioni.

Fonte: www.bim.acca.it [ultima consultazione 13/06/2020]

In sintesi, l'offerta di Gestione Informativa rappresenta i mezzi e le capacità dell'offerente ma è poi nel pGI che viene rappresentata la reale strategia e che può presentare delle varianti ma verificandone pur sempre la conformità ai requisiti del CI. Lo schema riassuntivo in figura 13 rappresenta la procedura di una gara BIM inserendo i tre documenti trattati, ovvero il capitolato informativo, l'offerta e il piano di gestione informativa specificandone la fase a cui appartengono e a chi compete la redazione.

La norma internazionale ISO19650 identifica con gli acronimi PIM (Project Information Model) ed AIM (Asset Information Model) rispettivamente i modelli informativi di commessa e del cespite immobile. Questa distinzione costituisce uno schema ciclico di aggiornamento del *digital twin* del bene costruito fino alla sua dismissione. Infatti, i contenitori informativi del PIM, sviluppati durante le fasi di progettazione e realizzazione ed aggiornati al termine della fase esecutiva, dovrebbero essere trasferiti nell'AIM, un modello utile non solo per la fase operativa ma anche come base per gli interventi futuri che costituiranno a loro volta dei modelli informativi di progetto che integreranno nuovamente il *digital twin* avendo cura di verificare l'omogeneità delle informazioni.

Il modello informativo dell'asset, dovrà contenere tutte le informazioni indicate nel CI per supportare gli utenti alla fase operativa dell'immobile per le attività di gestione e manutenzione. Il capitolato informativo è dunque un documento centrale che stabilisce a monte le regole per la gestione informativa dell'intera commessa. Il CI comprende le specifiche sui dati che devono essere presenti all'interno dei modelli BIM al momento della consegna in modo da avvantaggiarsi in anticipo sull'attività di validazione.

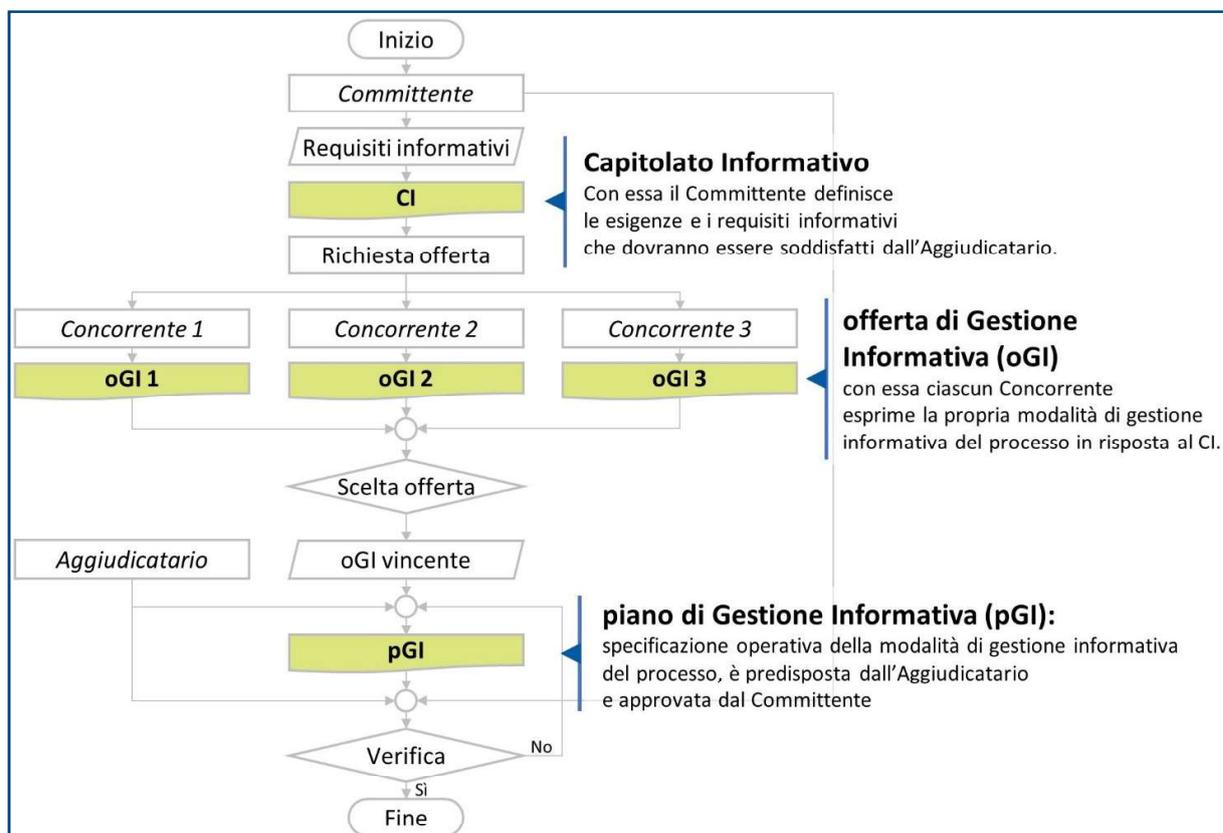


Figura 13. Fasi e Documentazioni per lo svolgimento di gare BIM.

Fonte: news.wuerth.it [ultima consultazione 18/07/2020]

2. Nuove professioni e nuove competenze

La metodologia BIM apporta un cambio di paradigma che coinvolge, come esplicitato, l'apparato normativo e la redazione di nuovi documenti, ne consegue la formazione di nuove competenze, un necessario aggiornamento delle figure professionali e la predisposizione di un ambiente di condivisione dei dati che deve assumere determinate caratteristiche.

L'Italia è ad oggi l'unico paese a normare le figure professionali con la norma UNI 11337-7:2018 dal titolo "Requisiti di conoscenza, abilità e competenza delle figure coinvolte nella gestione e nella modellazione informativa" che indica: Bim Manager, Bim Specialist, Bim coordinator.

Figure professionali

Le figure professionali definite dalla norma UNI 11337-7:2018 dal titolo "Requisiti di conoscenza, abilità e competenza delle figure coinvolte nella gestione e nella modellazione informativa" sono tre:

BIM Specialist (Operatore avanzato della gestione e della modellazione informativa)

La competenze specifiche di questa figura riguardano la modellazione informativa relativa ad una o più discipline, in particolare deve essere in grado di trasferire le proprie competenze tecniche e tradurre i contenuti di documenti BIM attraverso la modellazione informativa. Il BIM specialist deve collaborare con il BIM coordinator.

BIM Coordinator (Coordinatore dei flussi informativi di commessa)

Questa nuova tipologia di professionista è responsabile del coordinamento tra modelli BIM multidisciplinari con l'obiettivo di verificarli e di rilevare eventuali interferenze. Per questa ragione, deve avere padronanza degli strumenti tra cui i software da utilizzare ed una certa esperienza per garantire l'efficacia dei modelli BIM. Il suo lavoro è a stretto contatto con il BIM Manager ed il Project Manager per provvedere a valutare se i mezzi ed il personale sono sufficienti a rispettare i tempi di consegna e deve eventualmente supportare la creazione di documenti BIM tra cui il piano di Gestione Informativa.

BIM Manager (Gestore dei processi digitalizzati)

Il BIM Manager è il responsabile dei processi digitali dell'azienda, le sue competenze integrano quelle del Project Manager con cui collabora: si occupa infatti di diverse commesse a livello gestionale formando i team ed i relativi BIM Coordinator. Se è nominato dalla stazione appaltante deve redigere il Capitolato Informativo e dunque anche gli usi del modello nonché prevedere la documentazione da predisporre per la gara, se invece presenta l'offerta si occuperà dei rispettivi due documenti: oGI e pGI.

A queste si aggiunge una figura professionale introdotta nel dicembre 2018:

CDE Manager (Gestore dell'ambiente di condivisione dei dati)

Si tratta di una figura che si occupa di predisporre un ambiente di condivisione dei dati (AC-Dat) in modo tale che ogni attore possa accedere, visualizzare e modificare i file in base a regole prefissate. In questo la privacy e la sicurezza informatica vengono garantite da questa struttura digitale.

L'ambiente di condivisione dei dati (ACDat)

Dopo aver concordato i formati, la struttura del modello informativo, i sistemi di codifica e di classificazione si procede alla creazione di un ambiente di condivisione dati (ACDat) o Common Data Environment (CDE). L'ACDat è uno spazio digitale strutturato all'interno di un server per la condivisione dei file relativi ad una commessa, accessibile tramite rete in base ai diritti di accesso dei singoli attori del processo. I file caricati all'interno del CDE devono essere strutturati e denominati correttamente in modo da poter facilmente riconoscere versione e contenuti dei file ed avere un maggior controllo sulle revisioni da effettuare. Per questo motivo è molto importante che chiunque intervenga nel CDE, inserendo o apportando modifiche a file o cartelle sia formato adeguatamente e conosca le convenzioni e le procedure da utilizzare.

Infatti, da dicembre 2018 è stata introdotta la figura del CDE Manager capace di gestire le informazioni nell'ambiente di condivisione dei dati rispettando non solo la codifica ma anche le condizioni di protezione dei dati.

La durata del mantenimento dei contenitori informativi all'interno del CDE dovrebbe essere definita nel capitolato informativo.

Un ACDat ha quattro stati chiamati Elaborazione in corso o Work in progress in cui vengono inseriti i file ancora da approvare e dunque dovrebbero essere visibili e accessibili alle sole risorse interne del singolo team incaricato. I files, prima di essere inseriti alla cartella successiva devono essere esaminati ed approvati dal team leader (capo progetto), si passa così allo stato di condivisione o Shared, in cui le informazioni sono visibili, accessibili ma non modificabili dagli altri gruppi incaricati e dai soggetti autorizzati ai fini di coordinamento delle informazioni. Il passaggio dallo stato di condivisione a quello di Pubblicazione o Published avviene tramite una transizione per revisione/autorizzazione che confronta tutti i contenitori informativi rispetto ai requisiti informativi di coordinamento, accuratezza e completezza. I contenitori informativi che devono essere modificati dovranno essere collocati nuovamente nello stato di elaborazione in corso.

Infine, i file vengono inseriti nella cartella di Archiviazione che costituisce uno storico di tutti i modelli BIM e degli altri file relativi alla commessa, pubblicati insieme ad un protocollo di verifica del loro sviluppo informativo.

3. Bandi BIM in Italia: stato di adozione



Figura 14. Andamento mensile del numero dei bandi BIM in Italia. Fonte: indagine OICE sul BIM 2019

Con la legge 191/2009, entrata in vigore dal 01/01/2010, è previsto l'obbligo di censimento del patrimonio immobiliare per la formazione del bilancio annuale e pluriennale dello Stato. La rilevazione annuale dei dati viene pubblicata dal Ministero dell'Economia e delle Finanze (MEF). L'ultimo rapporto¹⁰ determina un valore patrimoniale complessivo di 292 miliardi di euro stimato su un campione di circa 1,2 milioni di fabbricati suddivisi per tipologia immobiliare.

Il consistente numero di edifici preesistenti della quale la pubblica amministrazione si deve occupare ci porta a considerare che il rapporto tra BIM ed opere pubbliche assuma maggiore rilevanza nell'ambito del Facility Management e quindi in fase gestionale. L'obiettivo primario è quello di ripensare alla manutenzione dei beni mediante un approccio innovativo capace di abbattere i costi con lungimiranza, monitorare le strutture per programmare efficacemente controlli così da garantire la sicurezza nelle strutture pubbliche. Tuttavia, il BIM può presentare grandi vantaggi anche nella fase di progettazione e di costruzione, velocizzando tempi, riducendo i costi e controllando la rispondenza alle performance richieste, nell'interesse di tutti gli attori coinvolti nel processo.

La stazione appaltante o la committenza assume un ruolo fondamentale nel processo di sviluppo informativo. Per presentare le proprie richieste dovrebbe farsi affiancare da un BIM Manager che sappia individuarle e tradurle in requisiti informativi. Poiché l'oggetto della prestazione deve essere chiaramente definito per poter svolgere adeguatamente la validazione. Risulterebbe sconveniente effettuare una modellazione informativa senza stabilire anticipatamente obiettivi e BIM Uses, inoltre bisogna essere in grado di giudicare le proposte.

¹⁰ MEF, Ministero dell'Economia e delle Finanze, RAPPORTO SUI BENI IMMOBILI DELLE AMMINISTRAZIONI PUBBLICHE – DATI 2017, finito di elaborare nel mese di dicembre 2019 (Rapporto annuale, 2019). Il rapporto dà sinteticamente conto dei dati (riferiti all'anno 2017) relativi ai beni immobili pubblici comunicati dalle amministrazioni al Dipartimento del Tesoro (DT) nell'ambito del progetto "Patrimonio della PA", che prevede la ricognizione annuale delle componenti dell'attivo delle amministrazioni pubbliche centrali e locali (ai sensi dell'art. 2, comma 222, della legge 191/2009). [on-line, www.dt.mef.gov.it/it/; [ultima consultazione 07/07/2020]

Secondo il rapporto annuale sui dati BIM 2019 pubblicato dall'associazione delle organizzazioni di ingegneria di architettura e di consulenza tecnico-economica (OICE) le gare BIM sono in aumento. Il grafico in figura 14, tratto dal documento sopracitato, rappresenta il numero di bandi BIM pubblicati ogni mese in Italia, in relazione al rilascio delle norme nazionali che ne incentivano l'adozione. Infatti all'introduzione del nuovo codice degli appalti (16 Aprile 2016) ma soprattutto del Decreto BIM (1 Dicembre 2017) corrisponde un progressivo aumento di tendenza del numero di gare BIM. Nel rapporto ¹¹ viene posto in evidenza che questo andamento procede più cautamente dall'ultimo semestre del 2019, periodo in cui la domanda di è lievemente ridimensionata, soprattutto a causa di un apparato normativo non ancora stabilizzato.

Le informazioni più interessanti riguardano il capitolo 2.2 "La rilevanza del BIM negli atti di gara" in cui vengono presentati i dati relativi alle caratteristiche dei bandi.

Dal testo si è sottolineato che gli atti di gara si differenziano molto gli uni dagli altri e spesso la richiesta di servizi in ambito BIM è espressa in modo puntuale, generico ed indeterminato. Questa condizione caratterizza 53 bandi su un totale di 478 gare pubblicate a cui non corrisponde l'attribuzione di punteggio in sede di offerta o specifici requisiti fissati come minimi per accedere alla gara.

Il dato più rilevante è il numero di bandi in cui si richiede l'utilizzo di strumenti BIM senza allegare un capitolato informativo. Nel 2019 su 478 gare vengono messi a disposizione 110 capitolati informativi pari al 23% del totale delle gare, un dato sconcertante se pensiamo che il numero è raddoppiato rispetto al 2018. Questo significa che nel 2019 almeno i 3/4 dei modelli BIM consegnati sono stati realizzati secondo un piano di gestione informativa, ammesso che sia stato effettivamente redatto, che non risponde ad alcun requisito dando alle aziende la libertà di consegnare modelli BIM non finalizzati ad uno scopo e dalla qualità di modellazione altamente discutibile e difficilmente validabile. Coerentemente con questi dati, diminuisce il numero di bandi il cui criterio di selezione per accedere alla gara si basa sull'esperienza pregressa.

Il requisito richiesto più frequentemente dalle stazioni appaltanti per valutare le offerte è quello di idoneità professionale legato all'utilizzo del BIM, ad esempio avere delle figure che possiedono certificazioni in ambito BIM ed avere una struttura operativa minima.

In sintesi, i bandi BIM alzano l'asticella al livello tecnologico e valutano sia le competenze digitali che gli strumenti di chi partecipa al bando. Tuttavia, alla maggior parte delle stazioni appaltanti sembra sfuggire l'importanza del capitolato informativo. Questo documento non è un prestampato ma caratterizza la commessa, infatti ogni edificio è un *unicum* che presenta sempre delle peculiarità. La norma UNI11337 prevede che l'offerta di Gestione Informativa (oGI) si basi sulla struttura di tale documento. Questa mancanza non riguarda semplicemente il livello di sviluppo del modello, come si potrebbe pensare, il quale costituisce a tutti gli effetti una contrattazione tra aggiudicatario e stazione appaltante, legata ai documenti forniti o agli elementi rilevabili.

La metodologia BIM presuppone un'organizzazione che si basa sugli usi del modello BIM, sugli strumenti di modellazione, sui formati di scambio. Consegnare un modello senza stabilire il sistema comune di coordinate, l'organizzazione dei modelli BIM, la struttura dei contenitori informativi, le caratteristiche dell'ambiente di condivisione dei dati, i criteri di codifica e denominazione, le procedure di verifica e validazione, la gestione delle interferenze di progetto, la gestione dei BIM uses non permette di rendere il processo informativo efficiente e dunque è da considerare sconsigliata.

¹¹ *Rapporto sulle gare BIM 2019 per opere pubbliche*, 13/2/2020. Disponibile in: <https://www.oice.it/638197/rapporto-sulle-gare-bim-2019> [ultima consultazione: 20/06/2020]

III. Caso studio: la promenade Est-Ovest

1. Inquadramento

Nel quartiere torinese di Nizza Millefonti, all'interno della Zona Urbana di Trasformazione (ZUT 12.32), è prevista la realizzazione di un intervento di area vasta: il Parco della Salute, della Ricerca e dell'Innovazione che affiancherà il centro congressi ed esposizioni Oval e riqualificherà il sito post-industriale dell'ex area Fiat Avio.

L'accordo di programma articola l'intervento in quattro comprensori (figura 15):

- Comprensorio 1 - Parco della Salute, della Ricerca e dell'Innovazione (area AOU CSS)
- Comprensorio 2 - Sede della Regione Piemonte e attività di interesse generale
- Comprensorio 3 - Attività complementari al PSRI (area FS Sistemi Urbani)
- Comprensorio 4 - Area Fiera Oval (di proprietà della Città di Torino)

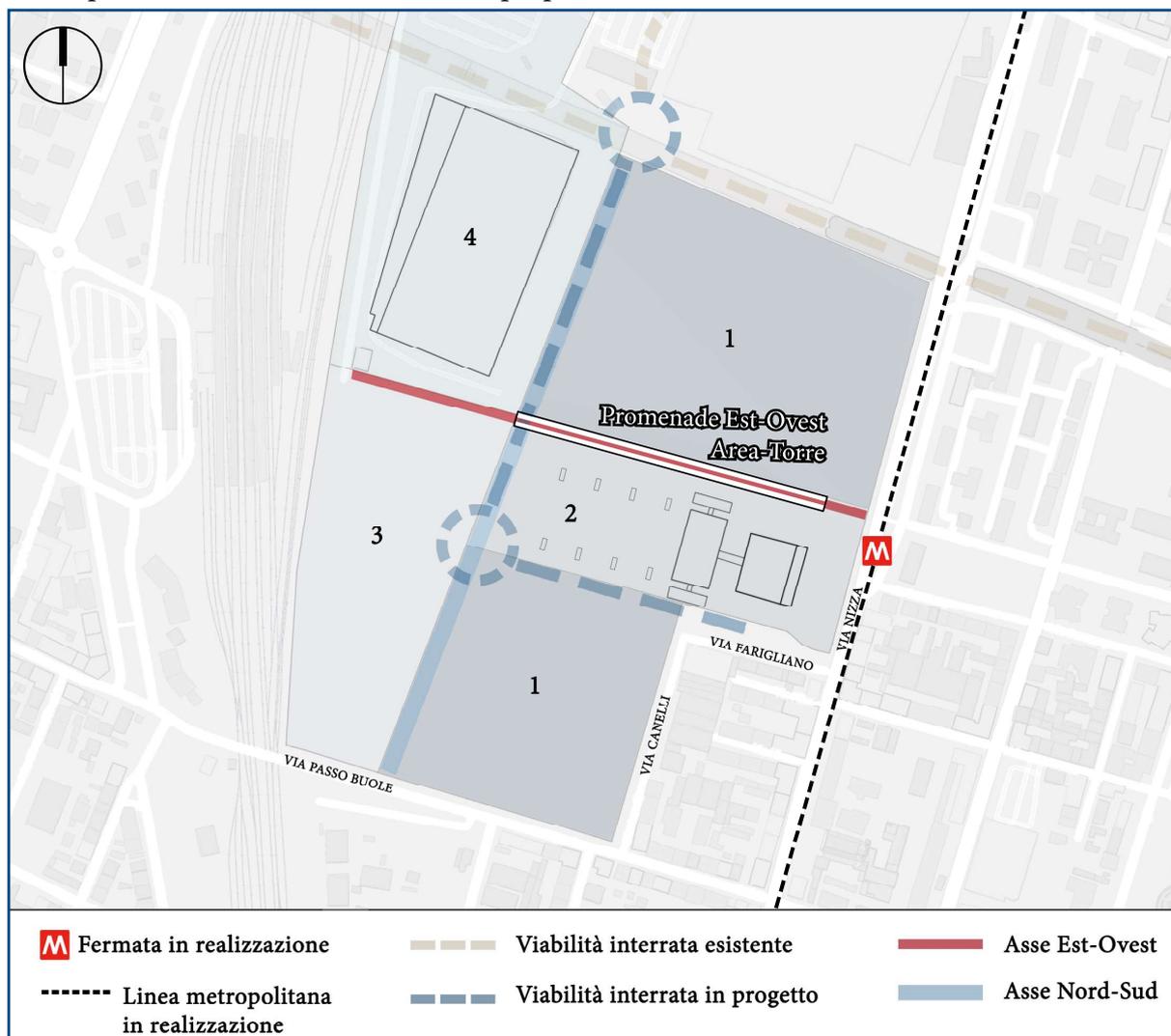


Figura 15. Suddivisione dell'area di progetto in comprensori. Elaborazione originale dell'autore.

Nel progetto del Parco della Salute è prevista la valorizzazione di due assi: l'asse nord-sud Oval-Lingotto e l'asse Est-Ovest dove si sviluppa la promenade Est-Ovest (indicato in rosso). I due principali interventi riguardano la sede della Regione Piemonte e il Parco della Salute. Il progetto della Torre della Regione Piemonte è stato presentato nel 2007 dall'architetto Massimiliano Fuksas e prevede che la torre per uffici, di 42 piani fuori terra e collegata al centro servizi, ospiti la sede della Regione ad eccezione del Consiglio regionale e sia caratterizzata da strategie di sostenibilità ambientale. Il centro servizi comprende sale congressi, un auditorium, una biblioteca, una mensa, archivi, centro stampa ed un ufficio postale con un asilo nido alla base. Il cantiere, inaugurato ufficialmente il 30 Novembre 2011, è tuttora in corso (figura 16).

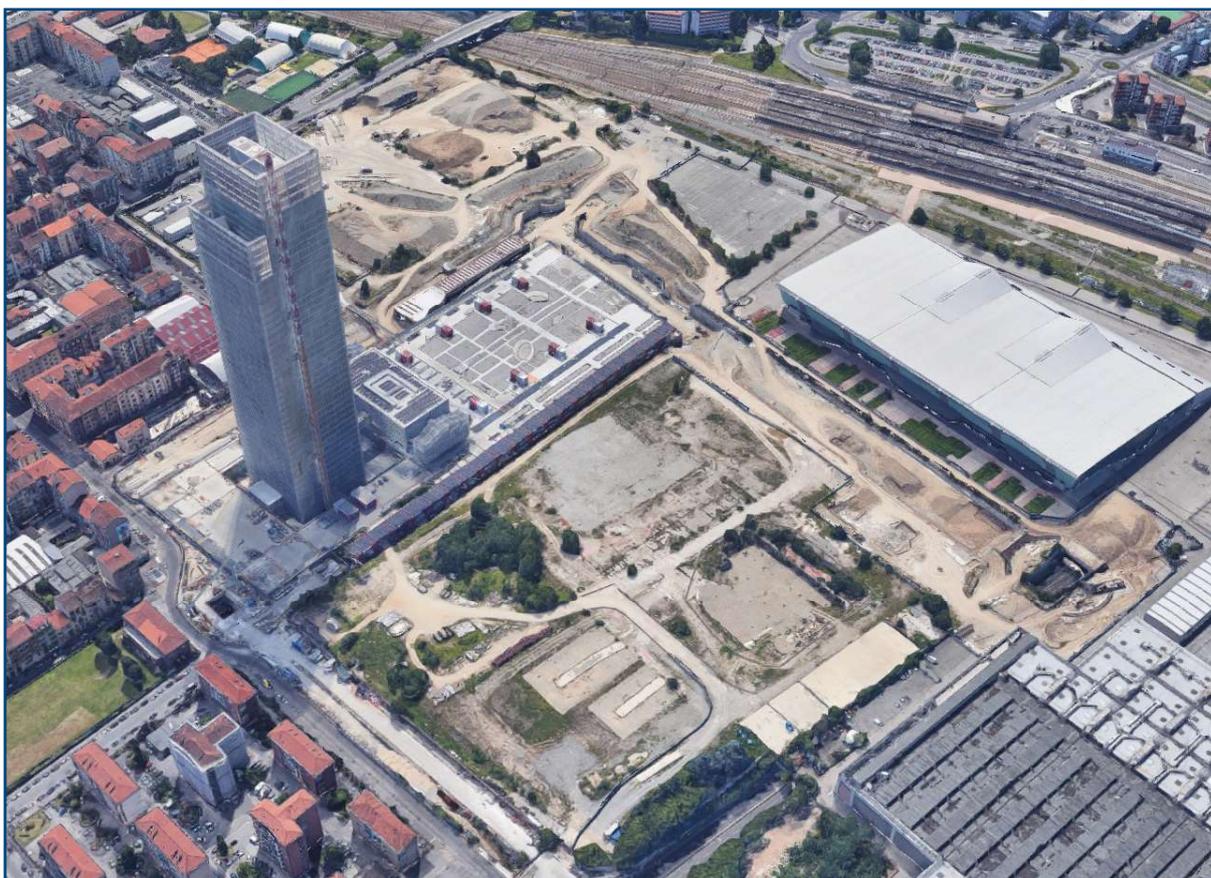


Figura 16. Immagine satellitare del cantiere datata 2020. Fonte: Google maps

Il progetto del parco della salute, il cui bando di gara è stato pubblicato sulla Gazzetta ufficiale il 18 febbraio 2019, prevede la collocazione di quattro poli funzionali tra loro connessi: della Sanità e della formazione clinica, della Ricerca, della Didattica e della Residenzialità d'ambito. L'obiettivo è di accorpate le strutture presenti nei presidi dell'Azienda Ospedaliera Universitaria Città della Salute di Torino, ospitare la ricerca e fornire una sede per le attività didattiche.

L'intervento della Promenade Est-Ovest è previsto dall'Accordo di Programma nell'ambito delle sistemazioni esterne del nuovo Palazzo uffici della Regione Piemonte.

La pensilina fotovoltaica assolve alla funzione di collegamento ciclo-pedonale tra la stazione Lingotto e la fermata della Metropolitana in corso di realizzazione nei pressi dell'accesso alla Torre su via Nizza. La copertura fotovoltaica è invece funzionale al raggiungimento dell'autosufficienza energetica della nuova sede unica della Regione Piemonte.

La promenade si estende per circa 490 metri in parte su aree regionali e in parte su aree di FS Sistemi Urbani srl.

L'intera Promenade Est-Ovest è divisa in tre lotti:

- dalla stazione della Metropolitana su via Nizza all'area della torre (area fermata Metropolitana);
- lungo l'area della torre (area torre);
- dall'area della torre alla stazione ferroviaria di Torino Lingotto (area Torino Lingotto).

Il tratto oggetto di studio della tesi non comprende l'intero asse ma il solo tratto ad oggi realizzato, che si colloca interamente nel lotto 1 del comprensorio 2 denominato "Area Torre" e dunque sull'area di proprietà della Regione Piemonte (figura 17).

Lo sviluppo in lunghezza della Promenade nel lotto 1 è di 260m ed il tratto ad oggi realizzato, privo della prima campata di 12 m di luce, ha una lunghezza di 248m ed una larghezza pari a 9,40 m.

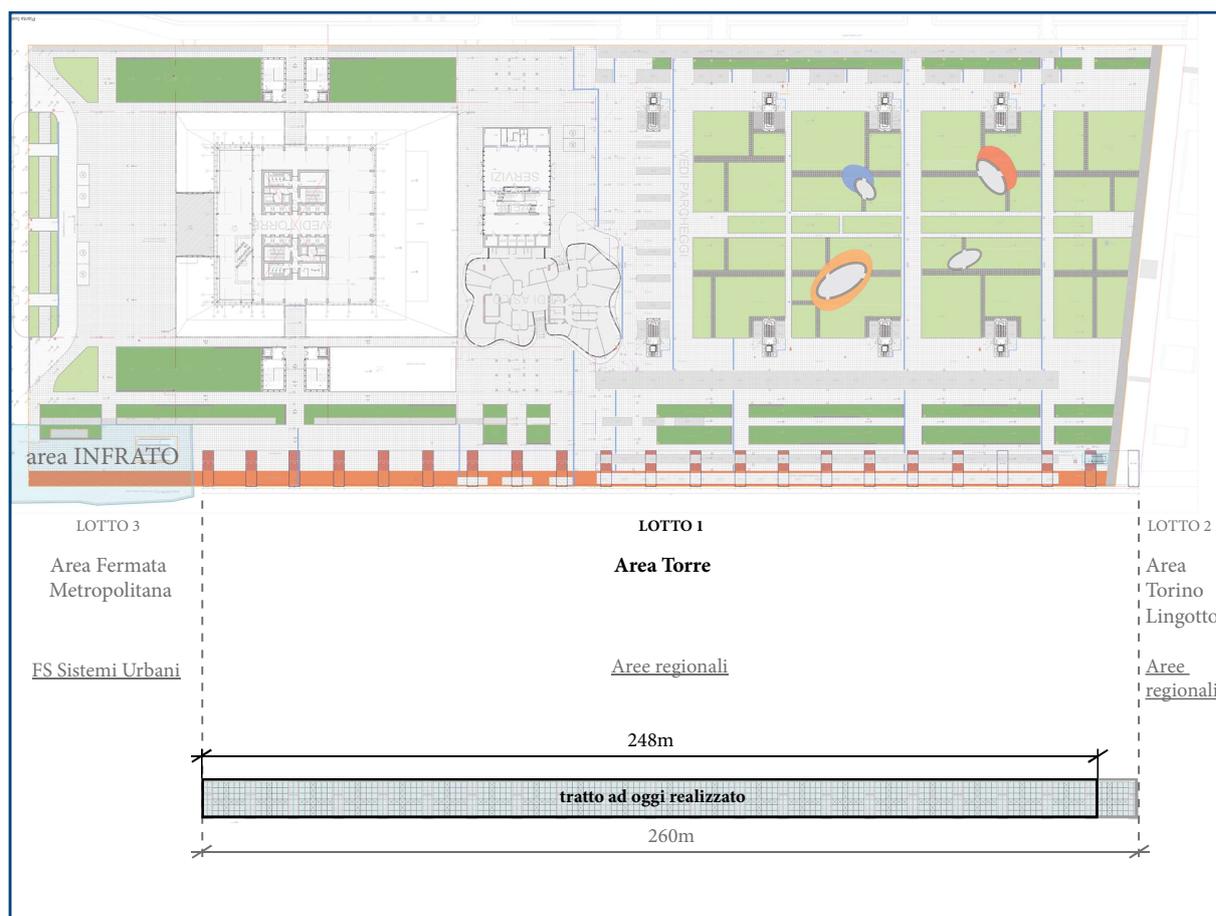


Figura 17. Suddivisione in lotti della Promenade. Rielaborazione personale sulla base della planimetria generale disponibile in www.regione.piemonte.it/bandi_gara/dwd/bando_04_15/

2. Caratteristiche dell'opera

La Promenade fotovoltaica è una struttura ombreggiante che e al tempo stesso produce luce. Comprende due percorsi, uno fruibile dalle biciclette largo circa 4 m ed uno pedonale di 5m. La copertura, sostenuta da profilati IPE e tubolari a sezione quadrata è inclinata di 10° verso sud con altezza variabile compresa tra 5,30 m nella parte più bassa e 7,10 m in quella più alta. La struttura portante della pensilina é realizzata con un sistema di montanti e traversi in acciaio: il telaio delle capriate è composto da profili IPE 360 e HEA 260 a collegamento con due pilastri di sostegno posti nella parte bassa della pensilina a ridosso del percorso pedonale. Su questi pilastri di sostegno sono stati collocati gli apparecchi di illuminazione posizionati in maniera speculare: uno rivolto verso la pista ciclabile e l'altro verso la passeggiata pedonale. La struttura è modulare e le medesime caratteristiche sono previste anche sui lotti successivi e secondo un progetto unitario. Nell'area della fermata metropolitana Metro (lotto 3) è attualmente in corso una progettazione integrata con INFRATO dovendo interagire con l'uscita pedonale dalla fermata e dovendo perciò osservare norme più restrittive. L'obiettivo principale del progetto della promenade Est-Ovest è la produzione di energia elettrica. La copertura è infatti dotata di pannelli fotovoltaici ad altissima efficienza. Questi moduli, in silicio monocristallino, sono costituiti da celle bifacciali che rispetto a quelle tradizionali catturano anche l'energia radiante riflessa incrementando la produzione del 5% e consentendo ai pannelli di arrivare al 20,4% di efficienza.



Figura 18. La Promenade fotovoltaica: fotografia scattata in cantiere.

Fonte: www.arkeng.it/img/portfolio [ultima consultazione il 30/06/2020]



Figura 19.

In alto: Foto dell'area di cantiere prima della costruzione dell'opera.

In basso: Foto dell'area di cantiere post- opera.

Fonte: Accordo di Programma Quadro, "Area metropolitana di Torino - infrastrutturazione zona urbana di trasformazione (z.u.t.) avio oval", Roma, 2018

3. Il bando: tempistiche e costi di realizzazione

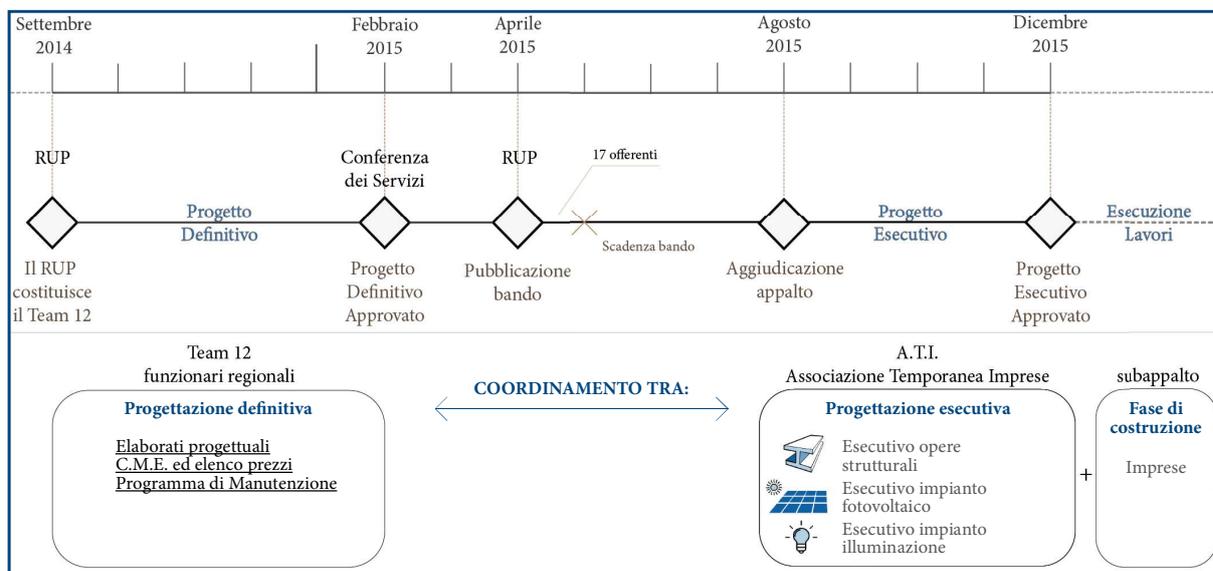


Figura 20. Eventi più significativi della procedura di bando per la costruzione del Lotto 1 della Promenade Est- Ovest con indicazione di tempistiche e ruoli. In rosso i deliverables del modello BIM.

La procedura di bando schematizzata in figura 20 si riferisce alla progettazione e costruzione del Lotto 1 della Promenade Est-Ovest. La procedura prevede lo svolgimento della progettazione definitiva da parte del Team 12, composto da funzionari regionali nominati dal R.U.P., e successivamente la pubblicazione del bando di gara per la progettazione esecutiva e la direzione lavori autorizzando il subappalto per la fase di costruzione dell'opera. Il bando viene pubblicato sulla gazzetta ufficiale con scadenza il 23 Aprile, vi partecipano 17 aziende offerenti ed il 5 Agosto¹² avviene l'aggiudicazione da parte di una associazione temporanea di imprese (A.T.I.) costituita da tre studi specializzati in strutture metalliche, impianti fotovoltaici e di illuminazione più una azienda indipendente per coordinamento e direzione lavori.

Il quadro economico dell'intervento¹ prevede di impegnare una somma totale di € 4.800.000,00 comprensivo dei costi per lavori a corpo, oneri per la sicurezza, progettazione esecutiva e somme a disposizione dell'Amministrazione. Escludendo queste ultime, l'importo lavori stimato ha un'entità totale di € 3.334.271,90 oltre I.V.A. di cui:

- Euro 51.500,00 per progettazione esecutiva;
- Euro 3.202.771,90 per lavori a corpo;
- Euro 80.000,00 per oneri di sicurezza non soggetti a ribasso.

In particolare, la categoria prevalente per le spese riferite ai lavori risultano gli impianti per la produzione di energia elettrica di importo pari a € 2.581.697,49 di cui € 2.064.250,81 per lavori relativi al solo Lotto 1. L'importo vincente è infine di € 2.353.759,78 che corrisponde ad un ribasso del -29,41%.

Dal 1° gennaio 2023, con l'entrata in vigore del decreto BIM, un'opera pubblica come quella della promenade Est-Ovest, con importo a base di gara superiore al milione di euro, dovrà essere presentata attraverso un bando BIM. In riferimento a questa necessità subentreranno nuove figure professionali nonché nuovi documenti da porre a base di gara e in presentazione di offerta. Tuttavia, adottare la metodologia BIM significa coinvolgere anche la progettazione definitiva, così da sfruttarne appieno i vantaggi. Tra questi un esempio è rappresentato dalla stima dei costi

¹² Codice XST002, D.D. 15 gennaio 2016, n. 1, Regione Piemonte, 17 Marzo 2016

che non potrebbe beneficiare di un computo metrico accurato ma anche la capacità comunicativa propria della modellazione informativa può incidere sulle scelte progettuali. Elementi che riguardano dunque anche la produzione degli elaborati da porre a base di gara.

In questa tesi l'obiettivo principale è quello di verificare se è possibile l'evoluzione informativa di un unico modello BIM durante l'intero processo. Questo dipende anche dalla procedura di gara. Il capitolato informativo è il documento che indica i formati di scambio e di consegna dei modelli BIM e spesso richiede i file nativi. In caso non si trasmetta il modello BIM in formato nativo, ma ad esempio in formato standard IFC, l'evoluzione informativa del modello non sarebbe possibile e la modellazione informativa dovrebbe ricominciare da zero. Questo accade perché il formato di scambio IFC permette unicamente la lettura di dati e non la modifica degli oggetti modellati.

Il modello informativo realizzato in questa Tesi si colloca alla fase di progettazione definitiva seguendo le linee guida della Torre della Regione Piemonte che rappresentano il capitolato informativo e danno indicazioni comuni a tutte le opere del comprensorio 2.

Il modello BIM è strumento di supporto per la redazione di alcuni documenti da porre a base di gara, ovvero quelli sottolineati nello schema rappresentato in figura 19.

Si ipotizza che il modello BIM in file nativo si consegni alla sola impresa aggiudicataria che tramite il proprio piano di gestione informativa presenterà una nuova strategia per eseguire un incremento di LOD dei nodi costruttivi ed arricchire con ulteriori informazioni il modello BIM verificandone la congruenza con quanto eseguito. Le imprese aggiudicatarie infatti dovrebbero eseguire a loro volta dei BIM Uses che rientrano ad esempio nell'attività di Construction Management ed infine consegnare un modello BIM as-built. Questo modello BIM verrà utilizzato per agevolare l'attività manutentiva degli operatori.

4. Obiettivi della Tesi

Il lavoro svolto in questa tesi si prefigge una serie di obiettivi.

In primis, la realizzazione del modello BIM federato della Promenade in cui vengono realizzati e successivamente aggregati i modelli informativi dell'opera contenenti tutti gli oggetti delle discipline architettonica, strutturale ed elettrica. Tutti i modelli BIM devono rispettare i criteri definiti dalle linee guida fornite per garantirne la coerenza geometrica ed informativa con le altre opere del comprensorio 2. Tra questi si citano: il requisito di un livello di sviluppo minimo degli oggetti, il sistema di coordinate, l'organizzazione dei modelli e dei contenitori informativi, l'inserimento e compilazione di parametri condivisi aggiuntivi.

In secondo luogo, la produzione di alcune tavole progettuali, esplicative delle principali caratteristiche delle opere strutturali ed impiantistiche dell'opera ma anche della capacità comunicativa che il modello BIM può far assumere agli elaborati che genera.

Il cuore della tesi, si basa sullo svolgimento di alcuni BIM Uses, in particolare la redazione del computo metrico estimativo e dell'elenco prezzi unitari per le opere strutturali ed impiantistiche dell'opera. Soffermandosi sui passaggi più significativi dell'attività di modellazione informativa si dovranno rilevare le criticità riscontrate secondo le caratteristiche degli strumenti utilizzati commentandole sotto il profilo metodologico per giustificare le scelte attuate.

Durante lo svolgimento dei BIM Uses si renderanno necessarie informazioni aggiuntive.

Verificare se il modello BIM di progetto possa ottenere beneficio da quel tipo di incremento informativo secondo il recente concetto di *Level of Information Need* che considera la presenza di informazioni non necessarie uno spreco.

Al momento della consegna, il BIModel dovrà avere specifiche caratteristiche così come indicato da capitolato ma potrà proporre un incremento informativo che dia valore aggiunto al *digital twin*.

Per garantire l'evoluzione informativa di un unico modello BIM durante il processo di redazione dei documenti in cui verranno aggiunte informazioni bisognerà controllarne l'incremento informativo e concordarlo con la committenza poiché questi dati non sono richiesti dal capitolato. Successivamente, presentare una strategia di modellazione, posta in relazione al caso studio della Promenade, considerando che l'evoluzione informativa dei modelli non è indipendente dalle procedure di bando soprattutto nel processo di condivisione delle informazioni tra diversi attori.

Pertanto l'obiettivo principale è quello di rappresentare attraverso uno schema concettuale, la mappatura dell'incremento informativo di un unico modello BIM che comprenda la tipologia di software e di dati, includendo il tema fondamentale dell'interoperabilità. Lo schema, seppur concettuale, rappresenterà l'incremento informativo di un modello BIM in relazione a BIM Uses, processi interoperabili e software aiutando ad attuare scelte sull'utilizzo di applicazioni e a formulare nuove strategie di modellazione anche per altri progetti.

In conclusione, il BIModel fornito dovrà essere base affidabile per svolgere l'attività di programmazione della manutenzione dell'opera. Bisognerà dapprima codificare il piano di manutenzione fornito, per poi assegnare agli oggetti di ogni modello BIM dei parametri aggiuntivi che permettano di svolgere l'attività manutentiva. Infine, proporre un workflow operativo semplificato per svolgere l'attività di manutenzione servendosi del modello BIM che comprenda il requisito di aggiornabilità presente nella norma UNI 11337 alla scala LOD G.

IV. Verso una strategia di modellazione

1. Organizzazione del modello BIM e struttura dei contenitori informativi

Organizzazione del modello informativo

Come già posto in evidenza nei capitoli precedenti, la promenade Est-Ovest non è un intervento isolato ma si inserisce insieme ad altri interventi nell'ambito del progetto del Parco della Salute. In particolare, il tratto denominato Area Torre si sviluppa all'interno del comprensorio 2 sul quale è in corso di realizzazione il progetto della Torre della Regione Piemonte.

Il modello BIM del comprensorio 2 non può essere realizzato interamente in un unico file e le linee guida della torre della Regione Piemonte, assimilabili ad un capitolato informativo, stabiliscono una suddivisione in parti del progetto secondo la logica del modello aggregato.

Per realizzare un modello onnicomprensivo sono state definite spazialmente cinque aree d'ambito e due file di coordinamento dei diversi interventi (figura 21):

- TO Torre
- CS Centro Servizi
- IT Interrati Torre
- IP Interrati e Parcheggio
- PR Promenade
- CT Coordinamento totale siti
- CX Coordinamento multi-siti

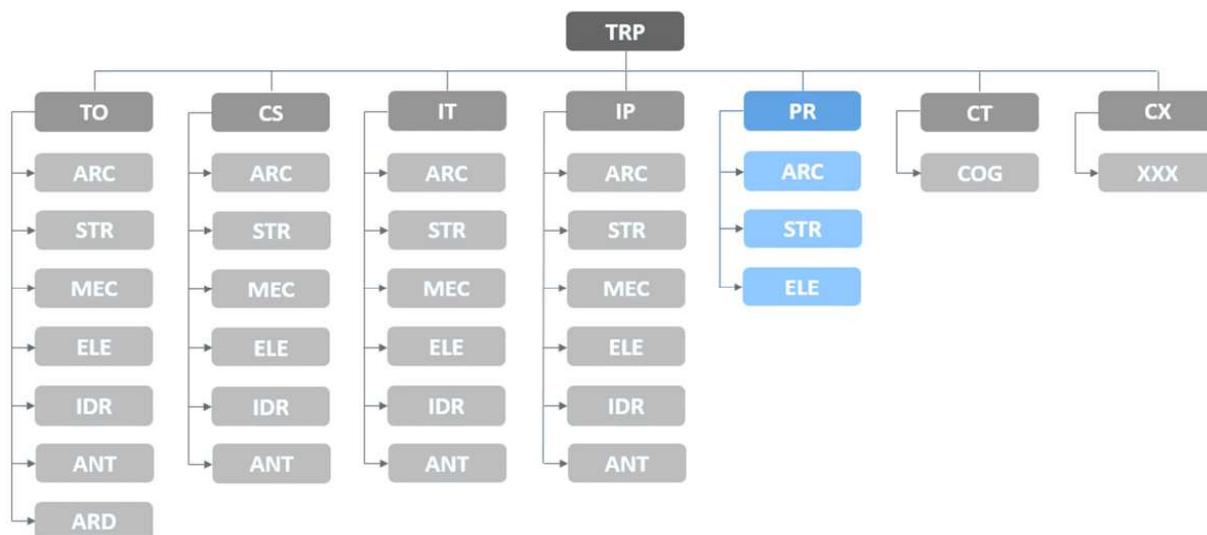


Figura 21. Organizzazione dei modelli informativi che costituiscono il progetto del comprensorio 2. In evidenza il modello BIM della promenade e le discipline che vengono coinvolte.

Struttura dei contenitori informativi

Ognuno di questi ambiti costituisce un modello federato scomposto ulteriormente in diverse discipline in modo che ogni professionista si possa occupare del proprio settore di competenza (strutturale, impiantistico, architettonico). Le linee guida individuano sette discipline: Architettura, Strutturale, Meccanica, Elettrica, Idricosanitaria, Antincendio e Arredo.

Per svolgere l'attività di modellazione informativa sono stati dapprima inseriti i file CAD del progetto definitivo della pensilina fotovoltaica ed il modello centrale dei parcheggi (TRP_IP_CEN) che comprende i tre livelli interrati e la piazza sovrastante. In questo caso studio il progetto architettonico consiste nel disegno del rivestimento in carter metallico che avvolge la struttura: la categoria più opportuna da assegnare a questi oggetti è quella dei ritegni strutturali. Pertanto in questa tesi sono stati realizzati due modelli BIM per tre discipline, il primo comprende quella architettonica e strutturale mentre il secondo quella elettrica. Il modello federato della Promenade dovrebbe prevedere infine anche i contenitori informativi riferiti alla disciplina meccanica ed idrica. Tuttavia il grado di approfondimento progettuale degli elaborati forniti non è stato considerato sufficiente a prevederne lo svolgimento nell'ambito di questa tesi. Per mantenere la distinzione tra diverse discipline le linee guida prevedono l'inserimento di un parametro condiviso denominato "Identificativo" applicato alla singola istanza e indicante in uno dei sottocampi previsti anche il codice della disciplina a cui l'oggetto appartiene.

Ogni modello BIM, dovrà seguire le regole di coordinamento definite dalle linee guida. Come vedremo, i modelli dovranno essere georeferenziati e tutti gli oggetti al loro interno denominati secondo codici prestabiliti, in questo modo le informazioni saranno tra loro omogenee così da poter effettuare *query* non solo nei modelli BIM locali ma anche all'interno di quelli centrali.

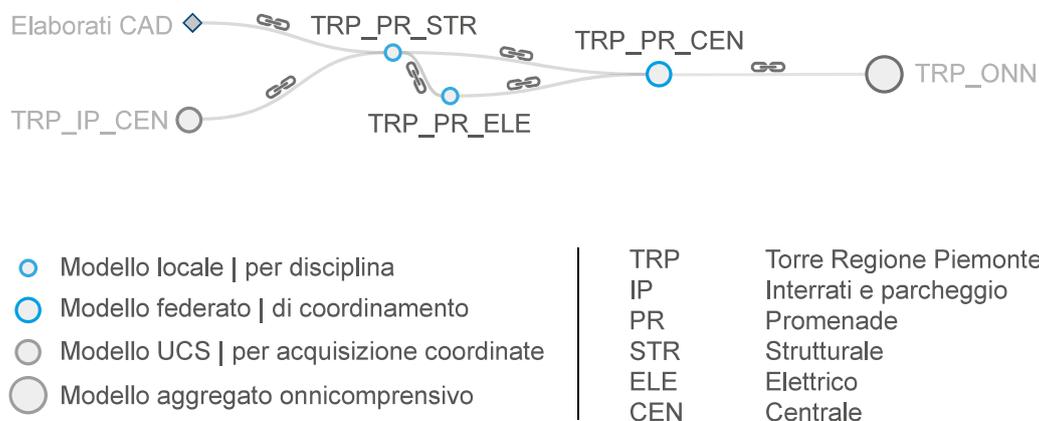


Figura 22. Organizzazione dei modelli BIM della promenade: procedura per la definizione di un file centrale basato sull'importazione tramite link. Denominazione dei file come da capitolato informativo.

2. Specifiche definite dalle linee guida

Oltre all'organizzazione del modello informativo e alla suddivisione in contenitori informativi, le linee guida fissano delle regole tra cui:

- il software di BIM Authoring e la versione da utilizzare,
- l'utilizzo di coordinate condivise
- il livello di sviluppo minimo secondo una scala LOD normata
- l'inserimento e la compilazione di parametri condivisi.
- la denominazione di elementi, file e cartelle.

Software di BIM Authoring e versione da utilizzare

Il software di BIM Authoring indicato è Autodesk Revit, programma più usato ad oggi in ambito BIM e certificato BuildingSMART. Revit permette l'importazione e l'esportazione nel formato IFC2x3 ed è attualmente in corso la cui procedura per implementare l'esportazione in IFC4.

La versione da utilizzare può sembrare una indicazione banale o trascurabile ma è invece fondamentale dal momento che il software Revit non permette di aprire file salvati ad una versione successiva e non può salvare il file nativo in una versione precedente. Si stabilisce l'utilizzo della versione Revit 2019.

Infine è importante sottolineare che la suddivisione in discipline viene stabilita anche per permettere ai BIM specialist di utilizzare template adeguati, che possono essere personalizzati dagli studi per ottimizzare i tempi di redazione del progetto. I template attuano una serie di preimpostazioni alla fase di apertura di un nuovo progetto tra cui la visualizzazione degli elementi e le proprietà delle viste, l'organizzazione del browser di progetto, le unità di misura, le famiglie pre-caricate, gli stili e gli spessori di linea, gli stili degli oggetti, i retini e la libreria di materiali.

Coordinate condivise

Così come avviene durante la progettazione, l'opera si deve relazionare al proprio contesto, allo stesso modo il modello BIM della promenade deve dapprima essere georeferenziato per essere sviluppato correttamente. Questa procedura va realizzata in un file di coordinamento o file UCS in cui vengono solitamente realizzati elementi importanti del progetto come i principali livelli di riferimento la cui modifica va coordinata tramite lo strumento Copia/Controlla.

In questo caso, prima di procedere con la modellazione è stato importato il modello già realizzato degli interrati e del parcheggio (IP) con opzione da origine a origine sul file di coordinamento e sono state acquisite le coordinate.

Livello di sviluppo minimo richiesto

Il livello di sviluppo minimo del modello BIM viene stabilito in funzione degli obiettivi prefissati che si desidera raggiungere ed alla fase progettuale a cui il modello si riferisce. Spesso, nei capitolati informativi viene inserita una matrice dei LOD per stabilire il livello di sviluppo minimo di una scala normata per ogni fase del processo evidenziando che in un modello possano sussistere elementi a LOD differenti per assolvere a specifiche richieste. Tuttavia, questa matrice è pressochè standard per tutti i progetti ed è solo una direttrice generica.

In questo caso è stato concordato il LOD C in riferimento alla norma nazionale italiana UNI11337:2017. Bisognerà poi definire una strategia di modellazione sulla base delle procedure di progettazione collaborativa, alle caratteristiche dei software da utilizzare.

Infine bisogna concordare oltre al livello di definizione geometrica degli elementi indicato dalla norma quali informazioni alfanumeriche inserire nel PIM.

Inserimento e compilazione di parametri condivisi

Le linee guida della torre regione Piemonte indicano l'uso di 14 parametri condivisi. Questi vengono memorizzati in un file indipendente e si possono utilizzare in diversi progetti o famiglie. Si possono importare da un altro progetto tramite il comando trasferisci standard di progetto oppure inserire ogni parametro singolarmente specificandone il tipo di informazione che contengono ad esempio di testo, se sono parametri di tipo o di istanza, in quali schede raggrupparli ed a quali categorie del modello o viste devono essere applicati. I Parametri condivisi sono stati inseriti e compilati per ogni elemento ad esclusione del codice padre elettrico nel modello strutturale poichè non applicabile a tali elementi per cui il modello strutturale contiene 13 parametri.

Nomenclatura di elementi del modello, file e cartelle

Le linee guida comprendono la codifica e la classificazione degli elementi. Questa indicazione viene rispettata attraverso l'inserimento di alcuni parametri condivisi ma anche rinominando i parametri base di Famiglia e tipo per ogni elemento modellato. Nell'ambito di questa Tesi si è contribuito a definire un file Excel che definisse la denominazione strutturata di famiglie e tipi degli elementi che costituiscono il caso studio della promenade fotovoltaica. In figura 23 viene riportata la tabella Excel che permette di ottenere il codice di famiglia e tipo degli elementi del modello BIM strutturale mantenendone la definizione granulometrica ovvero il numero di sottocampi che la compongono, aggiornandosi dinamicamente rispetto a questi ultimi. In questa tabella sono state escluse a solo scopo illustrativo sulla presente stampa, le colonne:

- Progetto: Torre Regione Piemonte (TRP);
- Edificio: Promenade (PR);
- Disciplina: strutturale (STR) o architettonica (ARC).

Categoria	Codice Categoria	FAMIGLIA				TIPO				
		Tipologia di famiglia	Famiglia	Codice Famiglia	Nomenclatura Famiglia	Caratteristica 1	Codice Caratteristica 1	Caratteristica 2	Codice Caratteristica 2	Nomenclatura Tipo
Pilastri strutturali	PS	Caricabile	Pilastro IPE	IQ	TRP_PR_STR_IQ	Acciaio	AC	Tipologia trave	330	AC_330
		Caricabile	Sezioni cave rettangolari e quadre	CQ	TRP_PR_STR_CQ	Acciaio	AC	Sezione [cm]	200X200	AC_200X200
Telaio Strutturale	TS	Caricabile	Trave in acciaio IPE	IP	TRP_PR_STR_IP	Acciaio	AC	Tipologia trave	200	AC_200
		Caricabile	Trave in acciaio IPE	IP	TRP_PR_STR_IP	Acciaio	AC	Tipologia trave	360	AC_360
		Caricabile	Barra Circolare	BR	TRP_PR_STR_BR	Acciaio	AC	Diametro [cm]	16	AC_16
		Caricabile	Barra Circolare	BR	TRP_PR_STR_BR	Acciaio	AC	Diametro [cm]	20	AC_20
		Caricabile	Profilati a L	PL	TRP_PR_STR_PL	Acciaio	AC	Profilo [cm]	50x3	AC_50x3
		Caricabile	Sezioni circolari cave	SE	TRP_PR_STR_SE	Acciaio	AC	Diametro [cm]	70	AC_70
		Caricabile	Sezioni cave rettangolari	CT	TRP_PR_STR_CT	Acciaio	AC	Sezione [cm]	300x100	AC_300x100
		Caricabile	Sezioni cave rettangolari e quadre	SC	TRP_PR_STR_SC	Acciaio	AC	Sezione [cm]	80x80	AC_80x80
Ritegni strutturali	RS	Caricabile	Trave in acciaio HEA	HE	TRP_PR_STR_HE	Acciaio	AC	Sezione [cm]	200X200	AC_200X200
		Caricabile	Trave in acciaio HEA	HE	TRP_PR_STR_HE	Acciaio	AC	Tipologia trave	260A	AC_260A
		Caricabile	Carter in lamiera Stirata di allumi	SR	TRP_PR_ARC_SR	Finitura	FI	Finitura sup: Colore rossc	RO	FI_RO
Pavimento	PV	Caricabile	Carter in lamiera di alluminio Irreg	LI	TRP_PR_ARC_LI	Finitura	FI	Finitura sup: Colore rossc	RO	FI_RO
		Caricabile	Carter in lamiera di alluminio Regr	LR	TRP_PR_ARC_LR	Finitura	FI	Finitura sup: Colore rossc	RO	FI_RO
		Sistema	Pavimento	-	Pavimento	Strutturale	ST	Spessore [cm]	24	ST_24
Muri	MU	Sistema	Pavimento	-	Pavimento	Strutturale	ST	Spessore [cm]	16	ST_16
		Sistema	Pavimento	-	Pavimento	Strutturale	ST	Spessore [cm]	100	ST_100
		Sistema	Muro di base	-	Muro di Base	Strutturale	ST	LarghezzaxAltezza [cm]	400x350	ST_400x350
Fondazioni strutturali	FS	Sistema	Muro di base	-	Muro di Base	Strutturale	ST	LarghezzaxAltezza [cm]	700x350	ST_700x350
		Sistema	Platea	-	Platea	Strutturale	ST	LarghezzaxAltezza [cm]	3148x400	ST_3148x400

Figura 23. Tabella Excel per nomenclatura di famiglia e tipo del modello strutturale della Promenade.

In conclusione, anche i file e le cartelle dovranno seguire una nomenclatura specifica di tipo gerarchico e che comprende dunque più livelli. Tutti i file di progetto si trovano all'interno della cartella TRP e al suo interno ogni cartella si riferisce ad un edificio diverso. I file della promenade sono contenuti nella cartella con codice edificio "PR" inseriti nelle cartelle che ne indicano prima la disciplina e poi successivamente il formato file.

3. Brevi cenni sull'affidabilità dei dati e sulle loro caratteristiche

Affidabilità dei dati

Nel processo BIM è essenziale che i dati siano affidabili, fruibili e facilmente aggiornabili.

L'affidabilità dei dati riguarda tutti i parametri che caratterizzano uno *smart object*: sia quelli che si riferiscono alla geometria di un elemento sia quelli alfanumerici.

Un parametro dimensionale di un elemento per ritenersi affidabile dovrebbe *in primis* garantire la congruenza con l'oggetto tridimensionale misurato tramite quotatura nel programma e dunque essere impostata correttamente all'interno della famiglia di quell'elemento. In secondo luogo il valore del parametro dovrebbe essere congruente rispetto all'oggetto reale costruito come indicato dalla UNI11337 alla scala LOD F ed aggiornato frequentemente secondo quanto indicato alla scala LOD G.

Il concetto di affidabilità geometrica dei valori dovrebbe essere correlata all'accuratezza (level of accuracy) di un elemento, in relazione al suo posizionamento.

Tra i parametri condivisi indicati dal capitolato informativo vi è un parametro denominato "Affidabilità" che precisa la modalità con cui sono stati realizzati gli oggetti presenti nel modello semplicemente attraverso una scala numerica:

- 1- se gli oggetti sono stati restituiti successivamente ad un rilievo sul posto
- 2- se gli oggetti derivano da elaborati progettuali CAD
- 3 - se gli oggetti sono stati ipotizzati

Questa scala si riferisce a modelli BIM creati successivamente alla realizzazione del manufatto. Per la progettazione invece, l'affidabilità geometrica avrà una scala differente.

Come vedremo nel prossimo capitolo dedicato al 5D BIM, l'affidabilità dei parametri dimensionali delle famiglie non è semplice da rilevare e alcuni parametri sono da ritenere più affidabili per eseguire i calcoli.

Tuttavia, è forse l'affidabilità dei dati alfanumerici la più importante. La scala dei LOD americana la considera prioritaria. Spesso i meno esperti fanno uso di famiglie "cannibalizzabili" scaricando dal web oggetti già modellati che contendono dati strutturati in maniera differente da quelli del proprio progetto e dai valori che non corrispondono a quelli del proprio progetto. In questo caso, se si segue la scala UNI11337:2017 bisogna fare attenzione a questo tipo di informazioni in modo da cancellare tutte quelle non corrispondenti alle caratteristiche dell'opera. Per la creazione di modelli as-built assume importanza anche il livello di precisione delle misurazioni. Spesso viene esplicitato nel capitolato informativo che gli elementi del modello devono avere una tolleranza e si consiglia di utilizzare nuvole di punti per avere risultati precisi ma soprattutto facilmente verificabili tramite appositi plug-in quali point-sense.

Caratteristiche dei dati

Tra le caratteristiche la granularità dei dati che indica il numero di sottocampi che insieme determinano una informazione (ad esempio per la codifica degli elementi, il parametro condiviso Identificativo).

I dati vengono solitamente compilati con l'ausilio di programmi di visual programming oppure esportando con interoperabilità bidirezionale gli abachi in formato Excel servendosi di plug-in specifici. Si presenta alla pagina seguente un esempio di abaco compilato relativo ai pilastri strutturali (figura 24).

3. Conoscere e controllare l'incremento informativo

La scala LOD definita dalla norma UNI11337:2017 non descrive l'incremento informativo di un modello in riferimento alle fasi del processo edilizio: la stessa norma indica che non c'è corrispondenza tra un determinato LOD ed una fase progettuale.

La scala LOD identifica invece una quantità di informazioni geometriche ed alfanumeriche che si riferiscono ad un gruppo di oggetti appartenenti ad un'unica disciplina. La norma non definisce le modalità di creazione o le caratteristiche intrinseche dei parametri, ad esempio se si tratta di un parametro condiviso, famiglia o di progetto) ma specifica:

"Affinchè i dati e le informazioni complessive relative ad un oggetto possano essere considerati nella definizione di un determinato LOD per quell'oggetto, è necessario sia garantito il loro collegamento univoco, anche non parametrico/relazionale all'oggetto stesso. Detti dati ed informazioni possono essere esterni all'oggetto stesso distribuiti in più e differenti modelli ed elaborati informativi (grafici, documentali, o multimediali), o nelle schede informative digitali"¹³.

In altri termini, i dati possono essere assegnati ad un oggetto senza trovarsi di fatto all'interno del modello e dunque nel software di modellazione ma contribuiscono a definire un LOD per quell'oggetto solo se è garantito un collegamento univoco.

Nell'immagine sottostante (figura 25) è stato elaborato uno schema che traduce la scala LOD che la norma riferisce ad una "colonna in acciaio" dividendo l'incremento informativo geometrico da quello alfanumerico ed aggiungendo, in relazione alla creazione dei parametri non specificata dalla norma, le indicazioni per la creazione di parametri all'interno di Revit (di colore grigio) che rispettano le condizioni poste dalla normativa.

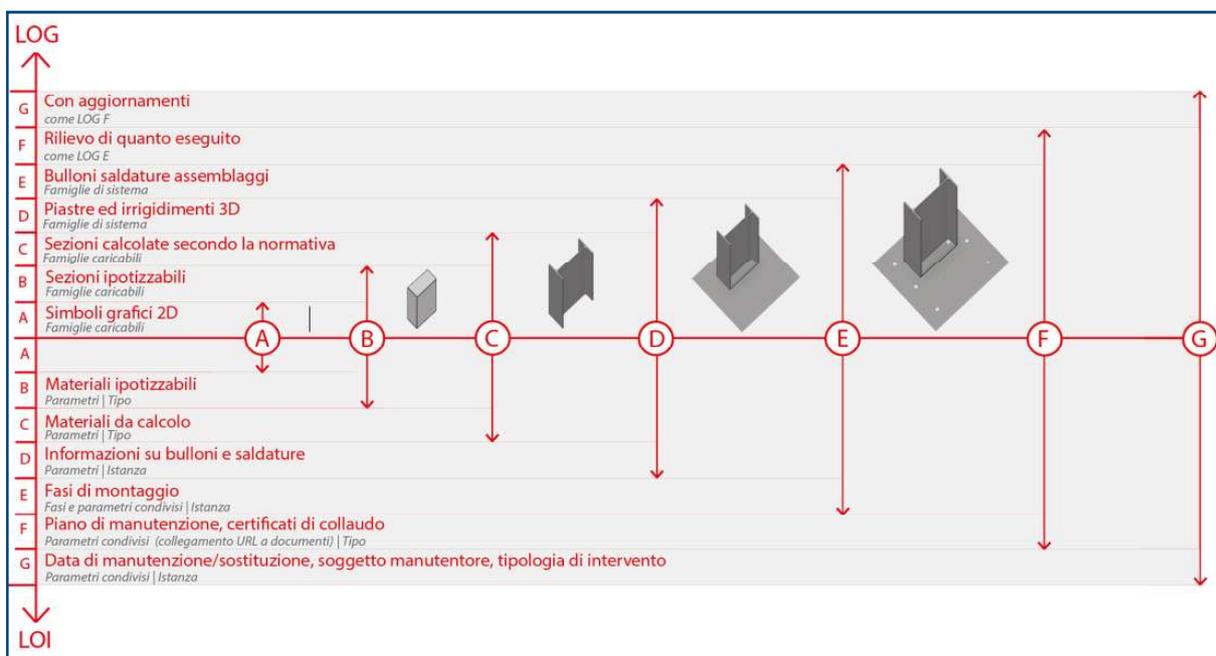


Figura 25. Indicazioni per l'inserimento nel software Revit di parametri che rispettino l'incremento informativo geometrico ed alfanumerico definito dalla scala LOD secondo la UNI11337:2017. Elaborazione originale dell'autore.

¹³ UNI 11337:2017, "Edilizia e opere di ingegneria civile - Gestione digitale dei processi informativi delle costruzioni - Parte 4: Evoluzione e sviluppo informativo di modelli, elaborati ed oggetti", 26 gennaio 2017.

Si noti che, l'incremento geometrico all'interno del software Revit presuppone che dal LOD D ai successivi non ci si riferisca più alla sola categoria dei pilastri strutturali ma anche alla creazione di nuove categorie di oggetti che comprendono ancoraggi, bulloni, piastre e saldature. Questi ultimi elementi non si dovrebbero inserire nel modello a meno che se non si preveda uno sviluppo informativo pari o superiore al LOD D.

Nel capitolo relativo al modello strutturale, un paragrafo dedicato all'incremento di LOD affronta le criticità riscontrate durante la creazione di connessioni strutturali e pone l'accento sull'importanza della funzione parametrica degli oggetti che la norma considera facoltativa nella definizione del LOD di uno *smart object*.

Alla luce di queste considerazioni, anche se i dati inseriti soddisfano la richiesta espressa di consegnare un modello secondo un determinato LOD potrebbero essere inutilizzabili per raggiungere gli obiettivi prefissati. Questo accade perché le modalità con cui i dati vengono inseriti (se di testo o numerici) oppure applicati (alla singola istanza o al tipo) nonché le loro caratteristiche (funzione parametrica, granularità) non vengono contemplate ma invece influiscono sull'ottenimento dei risultati da ottenere.

Per questa ragione la redazione di un capitolato informativo (C.I.) è estremamente importante, in questo modo oltre a specificare un LOD minimo individuato sulla base degli usi del modello e degli obiettivi di commessa si possono specificare i software da utilizzare individuare e parametri aggiuntivi da inserire.

Per individuare una strategia di modellazione corretta è pertanto necessario che il capitolato informativo indichi gli usi del modello ed il LOD minimo richiesto ma chi si trova a svolgere l'attività di modellazione informativa dovrebbe svolgere particolare attenzione alla modalità di inserimento delle informazioni.

Nello svolgimento di questa tesi le linee guida fornite sono considerabili sostitutive al capitolato informativo ed indicano uno sviluppo minimo in LOD C mentre gli usi del modello sono: la produzione di tavole progettuali, la redazione di un computo metrico estimativo e la consegna di un modello BIM in cui poter eseguire la programmazione della manutenzione.

Sulla base di questi *deliverables* o *outcomes* si è formulata una strategia di modellazione informativa che si è deciso di rappresentare con un diagramma. Lo schema rappresentato in figura 24 si applica alla sola disciplina strutturale della pensilina, la quale comprende la struttura in acciaio. Tutte le categorie di elementi che la costituiscono (telaio strutturale, pilastri e connessioni strutturali) hanno scala LOD coincidente con la categoria dei pilastri strutturali come evidenziata in figura 25 pertanto sono state indicate nel diagramma solo le lettere della scala LOD. Lo scopo dello schema non è quello di proporre un workflow ideale che garantisca la conservazione e di tutte le informazioni all'interno del modello e dunque strettamente dipendente dai limiti tecnologici odierni e dalle soluzioni presenti attualmente nel mercato. L'obiettivo è invece riconoscere quando la perdita di informazioni costituisce realmente uno svantaggio o uno spreco come indica la nuova ISO 19650.

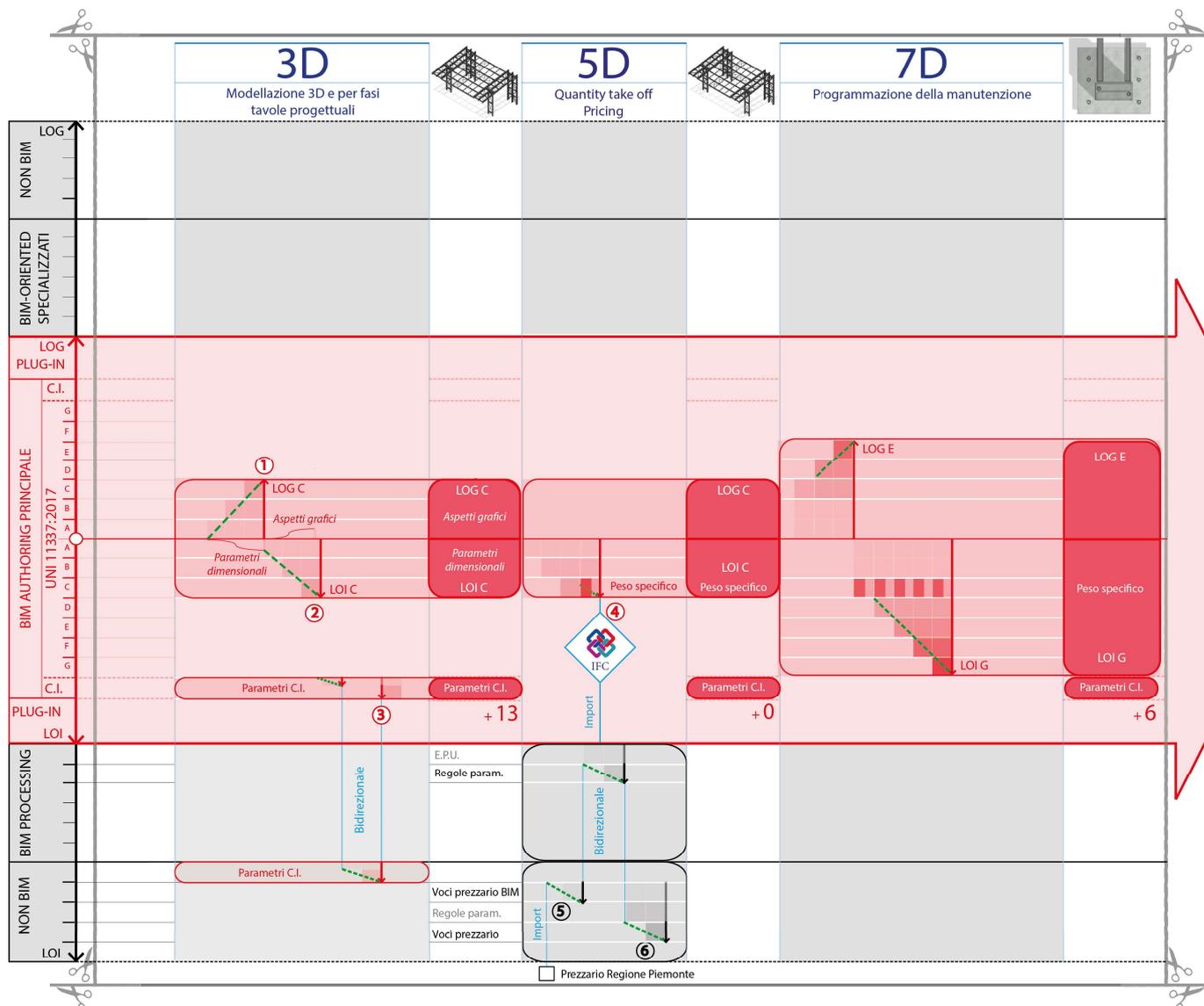


Figura 26. Incremento informativo del modello strutturale durante lo svolgimento dei BIM Uses. Elaborazione originale dell'autore.

Il diagramma rappresenta l'incremento informativo del modello BIM strutturale apportato per la produzione dei tre deliverables richiesti. Lo schema concettuale presenta nell'asse delle ordinate l'incremento informativo: sull'asse positivo le informazioni grafiche (LOG) e sull'asse negativo le informazioni non grafiche (LOI) mentre l'asse delle ascisse rappresenta la progressione del modello in riferimento allo sviluppo di tre BIM uses: tavole progettuali, computo metrico estimativo e programmazione della manutenzione. Il colore rosso indica le informazioni inserite nel software di modellazione (BIM Authoring) mentre il colore nero sono rappresentati i dati che non sono stati inseriti nel modello e che si possono considerare come perdite di informazioni controllate. Esulano dalla rappresentazione schematica il sistema di metadocumentazione e l'organizzazione e struttura dei contenitori informativi, la denominazione di file e cartelle, il sistema di coordinate e altre considerazioni sulla qualità dei dati stessi in termini di fruibilità, affidabilità e granularità.

L'incremento informativo che determina il reale livello di sviluppo del modello BIM si basa *in primis* sulle prescrizioni del capitolato informativo (CI) che impone un livello di approfondimento minimo del modello, definito per fase progettuale e che, come constatato nei capitoli

precedenti, nella maggior parte dei casi avviene come indicazione generica ed indefinita. Questi requisiti minimi di modellazione (Minimum Modeling Requirement) che non interessano esclusivamente il modello BIM, costituiscono la base di partenza possono indicare prescrizioni sui dati di diversa natura. Ad esempio, per quanto riguarda le sole informazioni grafiche, il CI potrebbe indicare una metodologia scan-to-BIM specificando di mantenere l'inserimento di nuvole di punti all'interno del file di progetto per eseguire delle verifiche sulla tolleranza, oppure richiedere la creazione e la compilazione di parametri aggiuntivi come accade per questo caso studio.

Il primo step è stato quello di rispettare i requisiti minimi, realizzando un modello BIM con il livello di sviluppo minimo indicato che per il caso della Promenade è in LOD C secondo la scala normata della UNI 11337. Nello schema viene sottolineato che l'aggiunta di geometrie comporta anche la definizione di parametri base e dunque ha un peso anche sulla componente alfanumerica, così come l'inserimento del materiale (LOI C) agisce in parte sugli aspetti grafici degli elementi. In seguito si sono inseriti i 13 parametri condivisi aggiuntivi indicati dal capitolato informativo, in questo caso si tratta di parametri alfanumerici per identificare, classificare e localizzare gli elementi. L'incremento geometrico o informativo non sempre avviene durante l'attività di modellazione informativa, ma può avvenire esternamente al software di BIM Authoring: in software specializzati o non BIM. Un processo integrato non implica l'utilizzo esclusivo di software BIM-oriented, infatti anche programmi non BIM possono legare univocamente i dati con l'oggetto. È il caso di un programma noto a tutti: Excel, utilizzato per la compilazione degli abachi: attraverso il plug-in Import-Export Excel un programma non BIM come Excel assume le caratteristiche di una applicazione caratterizzata da interoperabilità bidirezionale nei confronti del software di BIM Authoring Revit. L'incremento informativo totale ottenuto permette di generare tutte le viste necessarie, all'interno di Revit vengono create le tavole progettuali inserendo il sistema di quotatura che non costituisce un incremento informativo anche se aumenta la comprensione dei dati.

Alla fine dello sviluppo tridimensionale gli oggetti del modello raggiungono il LOD C, presentano aspetti grafici dovuti all'inserimento del materiale e 13 parametri condivisi aggiuntivi.

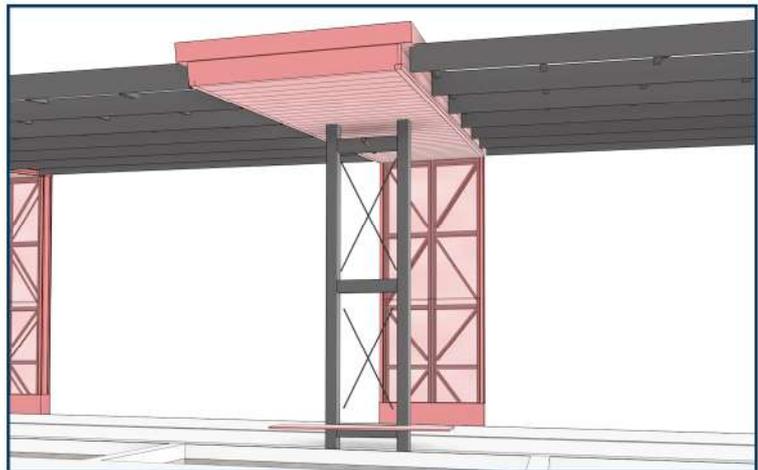
Successivamente, si procede con lo sviluppo della quinta dimensione del BIM (5D BIM).

Durante l'estrazione delle quantità dal modello si rende necessario l'inserimento del peso specifico degli elementi, che si decide di inserire all'interno del software di BIM Authoring nel parametro forma sezione dei profilati metallici poiché considerato come informazione utile anche per l'attività manutentiva. Dopo aver verificato i risultati relativi al peso degli elementi e le unità di misura utilizzate si procede esportando il modello in formato IFC. Al contrario, è preferibile inserire le informazioni relative ai prezzi unitari all'esterno del software di modellazione. Questa scelta si basa sul fatto che non tutte le misurazioni possono essere legate direttamente agli oggetti modellati e in ogni caso, ci si dovrà comunque servire di un software specializzato per redarre un computo metrico estimativo dalle caratteristiche formali predefinite, in ultimo l'affidabilità dei prezzi unitari decrementa nel tempo e non trova utilità all'interno del modello *as-built* e dunque alla fasi successive la costruzione dell'opera. Per agevolare la possibilità di attuare modifiche sul modello in relazione ai risultati ottenuti durante l'operazione di *pricing*, è preferibile servirsi di un programma di BIM Processing che consenta la sincronizzazione del modello così da non perdere le regole parametriche che si basano sui valori degli oggetti modellati o, più in generale, l'incremento informativo attuato nel software di BIM Processing.

Infine, per svolgere la programmazione della manutenzione il capitolato si prevede l'introduzione di 6 parametri condivisi aggiuntivi implementabili la cui gestione, potrà essere delegata a software di Facility Management o avvenire tramite esportazione dei dati in database esterni.

5. Il modello strutturale e l'incremento di LOD

Figura 27. Confronto reale-virtuale.
In alto: fotografia del cantiere.
In basso: modello BIM strutturale.



Il primo dei due modelli ad essere realizzato è il modello strutturale, composto dalla struttura in acciaio e dal rivestimento in carter metallici. Il modello è stato realizzato impostando il template strutturale italiano di default e georeferenziando il file rispetto alla coordinata di origine prestabilita dalle linee guida e comune a tutte le opere del comprensorio 2 acquisendo le coordinate dal file centrale Interrati e Parcheggi (IP). Si procede con la creazione dei livelli e l'importazione di file CAD precedentemente preparati per supportare la modellazione. A questo punto si creano le griglie di riferimento, si caricano le famiglie da utilizzare o si procede a realizzarle modellando le geometrie sulla base di elaborati CAD, con l'ausilio di relazioni tecniche e fotografie scattate in cantiere. I profilati metallici sono famiglie già presenti nelle librerie, bisogna dapprima verificarne le dimensioni ed in seguito specificare la forma della sezione per poter inserire il peso nominale.

Il LOD C definito dalla norma UNI 11337 prevede di inserire il materiale ma non vengono specificate le modalità di inserimento. Una volta creato all'interno del database dei materiali si assegna ad ogni elemento ed infine si inseriscono i 13 parametri condivisi indicati dalle linee guida. Al termine della modellazione digitale parametrica si compilano i parametri, si rinominano le famiglie ed i tipi di ogni elemento. In conclusione, sono state create delle tavole progettuali, inserite come allegati della tesi [ALLEGATO 1] e per le quali si sono utilizzate dove possibile famiglie di etichette personalizzate per la descrizione degli elementi.

Ogni elemento ha diversi livelli di visualizzazione grafica utili per poter rappresentare lo stesso componente edilizio in diverse scale di rappresentazione. Revit permette di scegliere in ogni vista tra dettaglio basso, medio ed alto (figura 28) utilizzati per redarre le tavole allegate. Nonostante sia sufficiente raggiungere il LOD C degli elementi, è stata approfondita la modellazione strutturale fino alla definizione del modello in LOD E che prevede di inserire le piastre e successivamente bulloni ed ancoraggi. Questo per comprendere le criticità che verrebbero affrontate nell'ipotesi di un successivo incremento informativo da attuare per eseguire il facility management.

Incremento di LOD: connessioni strutturali

Il LOD E comprende l'inserimento di elementi come piastre, bulloni ed ancoraggi, che non sono famiglie caricabili bensì famiglie di sistema con caratteristiche molto singolari. Nelle piastre ad esempio la famiglia ed il tipo coincidono, non si possono creare nuovi tipi ma solo nuove famiglie. Le connessioni strutturali riconoscono l'elemento input e la direzione del profilo al contrario di una piastra modellata in-place. Le connessioni pre-caricate non solo possono avere più tipi ma sono parametriche ma le combinazioni sono limitative e non permettono di creare modelli simili a quelli reali per questo caso studio per cui si rende necessario creare una connessione personalizzata. Bulloni ed Ancoraggi si possono scegliere tra gli standard: non si possono caricare né modificare, per cui le informazioni che il LOD D propone sono da ritenersi più affidabili di quelle geometriche definite nel LOD E. Poiché non si possono creare ulteriori tipi ma solo altre famiglie. La funzione parametrica è estremamente importante durante la progettazione, soprattutto se riguarda oggetti che vengono duplicati molte volte. Le connessioni personalizzate create rispettano la geometria reale e la modifica di una aggiorna le altre, tuttavia è stato possibile per le sole piastre base mentre i controventi ad esempio avrebbero comportato la creazione di moltissime famiglie anche per elementi totalmente identici e questa è considerabile una criticità importante. Le connessioni strutturali bloccano gli elementi che ne fanno parte e non ne permettono la compilazione direttamente dall'abaco ma soltanto dalla selezione nella vista 3D per cui si sono compilate negli abachi le sole connessioni strutturali e non gli elementi interni.

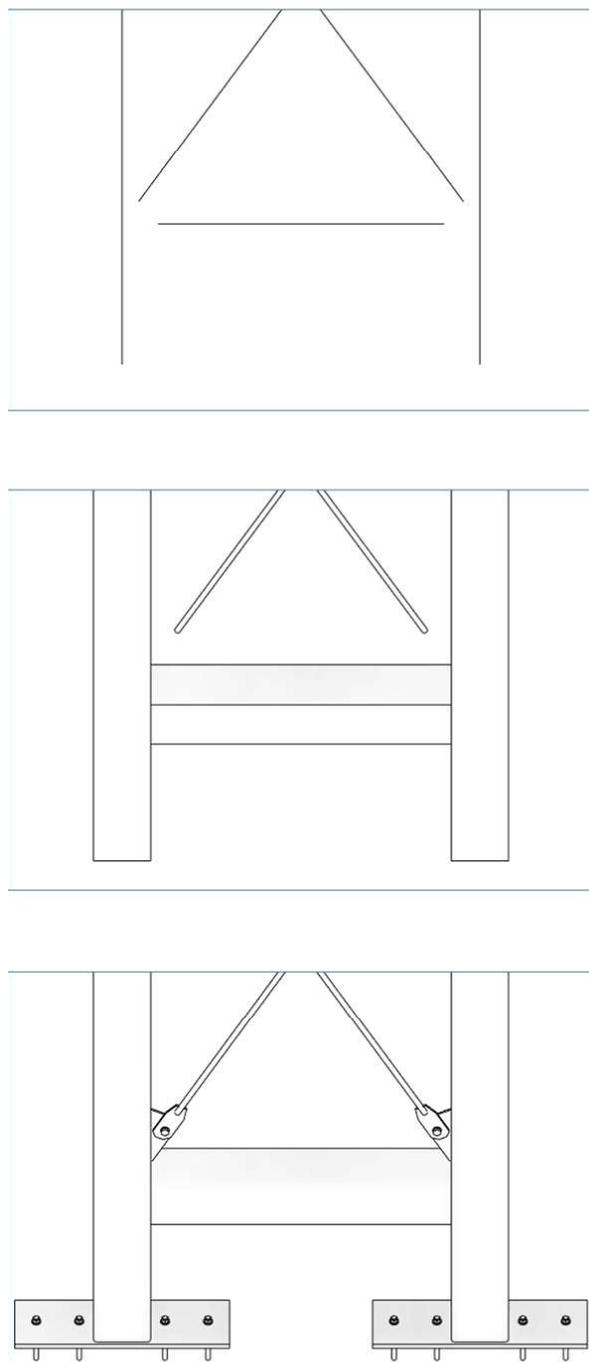


Figura 28. Dettaglio basso, medio ed alto di uno stralcio del modello strutturale della Promenade in LOD E.

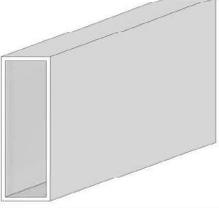
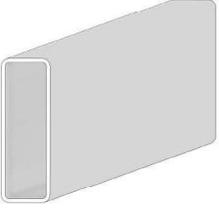
Disciplina		Nome oggetto	TRP_PR_STR_CT
		Tipologia di famiglia	Caricabile
Strutturale		Livello di sviluppo Raggiunto	C
LOG	Livello di visualizzazione	Descrizione visualizzazione	Rappresentazione grafica
	Basso	Elemento 2D	
	Medio	Elemento 3D approssimato	
	Alto	Elemento 3D definito	
LOI	Parametro		Codice parametro
	Progetto		TRP
	Edificio		PR
	Classi di unità tecnologiche		1
	Unità tecnologiche		1.2
	Classi di elementi tecnici		1.2.2
	Codice MasterFormat		05 21 00
	Titolo MasterFormat		Steel Joist Framing
	Codice Categoria		TS
	Identificativo		TRP_PR_STR_NA_AC_300x100_00722
	Codice Padre		/
	Codice esistente		A1
	Affidabilità		2
	Codice Famiglia		CT

Figura 29. Specifiche LOD delle linee guida: grade e parametri condivisi di una trave strutturale.

6. Il modello elettrico ed i sistemi

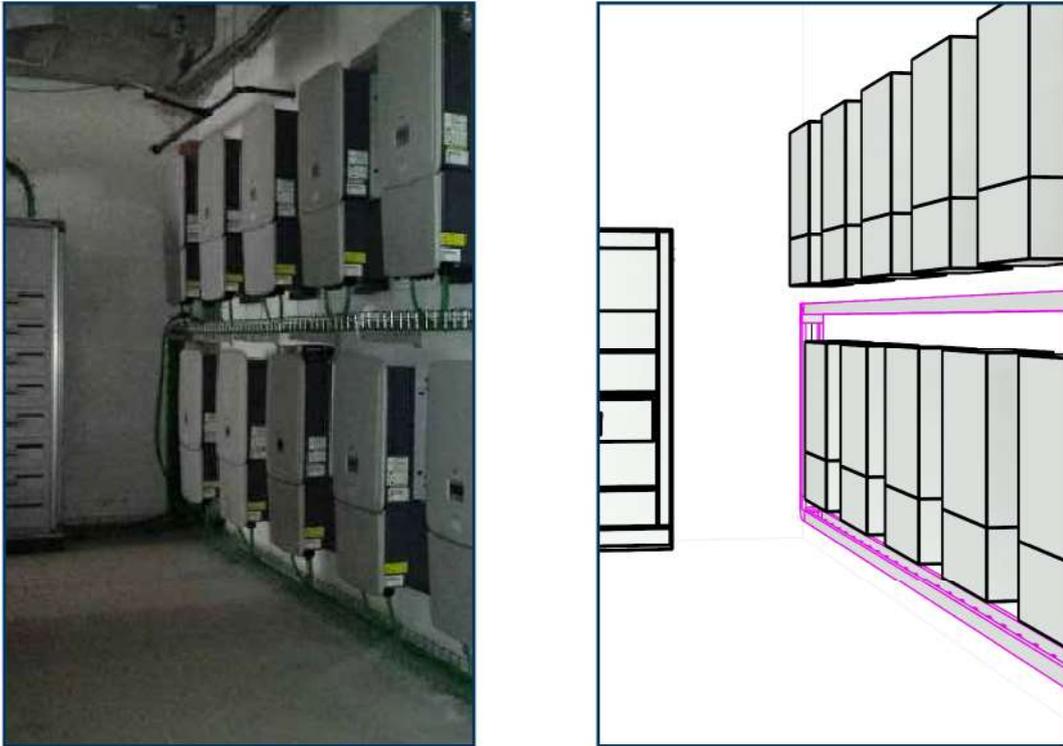


Figura 30. Confronto reale-virtuale: fotografia del cantiere sulla sinistra e modello BIM sulla destra.

Una volta completato il modello strutturale, si procede con l'apertura di un nuovo progetto selezionando il template standard denominato "Electrical-DefaultITAITA.rte", e tramite link si procede con l'importazione a coordinate condivise dei modelli centrali strutturali ed architettonici degli interrati e dei parcheggi ed ovviamente si collega il modello strutturale. In questo modo, sarà possibile posizionare degli elementi come i pannelli fotovoltaici e gli apparecchi di illuminazione direttamente sugli elementi strutturali oltre ad agevolare la comprensione del progetto inserendola in un contesto più completo come si può vedere dalle tavole allegate [ALLEGATO 2]. Prima di procedere con la modellazione si verificano le impostazioni elettriche inserendo i sistemi di distribuzione e le definizioni di tensione ed assegnando i valori di voltaggio di progetto. Successivamente, vengono create le famiglie caricabili, la maggior parte delle quali per lo svolgimento di questo lavoro sono state fornite dal laboratorio Drawing to the future. Quando si crea una famiglia elettrica, è importante controllare che le famiglie caricabili appartengano alla categoria corretta, infatti vengono spesso confuse le categorie "Apparecchi per illuminazione" con i dispositivi di illuminazione, complice il fatto che gli stessi abachi degli apparecchi vengono generati con il titolo di "Abaco dei dispositivi di illuminazione" la cui categoria non comprende ad esempio le lampade ma si riferisce ad interruttori e prese elettriche.

All'interno di una famiglia, ad esempio, quella di un quadro elettrico, si possono inserire non solo i parametri riferiti al materiale o alle dimensioni dell'elemento ma anche i carichi elettrici. Infatti, si possono inserire dei connettori applicabili sulle superfici geometriche del quadro.

Un connettore può essere elettrico, per condotti, tubazioni, tubi protettivi o passerelle ma è l'elemento di connessione elettrico a contenere tutti i parametri più significativi.

I parametri famiglia inseriti, raggruppati nella scheda Elettrico, sono: voltaggio del quadro elettrico generale, Watt e numero di poli.

Per inserire questi parametri bisogna prima specificare il tipo di sistema nel connettore elettrico, in questo caso si è scelto Alimentazione non bilanciata ed ai parametri pre-assegnati al tipo di sistema si associano i parametri famiglia sopraccitati che seguono specifiche regole nella creazione e possono essere di istanza o di Tipo. In questo caso sono stati inseriti tutti come parametri di Tipo. Una volta definite le caratteristiche della famiglia si deve caricare nel progetto dopodichè si procede modellando passerelle che sono famiglie di sistema, i loro raccordi che sono invece famiglie caricabili, tubi protettivi e pozzetti.

I sistemi elettrici

A questo punto, bisogna connettere dispositivi ed apparecchi tra loro compatibili per creare sistemi elettrici.

Quando si seleziona all'interno di un progetto, una famiglia appartenente alla categoria di "Attrezzatura elettrica" della scheda "Modifica | Attrezzatura elettrica" presente nella barra degli strumenti superiore è possibile creare sistemi tramite la funzione "Alimentazione". Questa operazione crea un circuito elettrico che appare come seconda scheda aggiuntiva quando si seleziona l'elemento e come circuito nel browser di sistema.

Nella scheda circuiti elettrici si può riconoscere il sistema di distribuzione assegnato all'elemento, che è presente anche come parametro di istanza dell'elemento e dalle caratteristiche compilabili come già descritto, dalle impostazioni elettriche di progetto. Una volta creato il circuito, si indica quale attrezzatura viene alimentata da quella selezionata e tramite la funzione collega quadro si seleziona un seconda famiglia.

Il raggruppamento gerarchico nel browser di sistema è automatico così come a denominazione dei circuiti. In particolare nella figura 31 si può riconoscere: il quadro elettrico di bassa tensione, il cui tipo è denominato RE_BT, che alimenta il quadro fotovoltaico (RE_FV) che alimenta 13 Inverter di due tipi: 12 indicati come RE_27,6 ed uno RE_20 rispettivamente da 27,6 kW e 20 kW. Ogni inverter si connette ad uno string-box o inverter di stringa (RE_SB) che è collegato a sei stringhe di pannelli fotovoltaici ognuna delle quali collega 12 pannelli fotovoltaici.

Nella scheda circuiti elettrici è infine possibile modificare il percorso del circuito e collegare o scollegare i quadri da alimentare.

Per risalire all'attrezzatura dalla quale viene alimentato un elemento, poichè all'interno degli abachi non è possibile visualizzare questa gerarchia che è invece presente nel browser di sistema, le linee guida indicano di inserire un parametro condiviso denominato "Codice padre elettrico" che riporta l'identificativo dell'elemento che alimenta quel determinato apparecchio elettrico.

Il software consente la creazione di abachi dei quadri elettrici, di individuare incongruenze se vengono superati i limiti di voltaggio di un quadro al momento di un nuovo collegamento e la possibilità di svolgere operazioni di rilevamento dei conflitti.

Disciplina		Nome oggetto	TRP_PR_ELE_PF
		Tipologia di famiglia	Caricabile
Elettrica		Livello di sviluppo Raggiunto	C
LOG	Livello di visualizzazione	Descrizione visualizzazione	Rappresentazione grafica
	Basso	Elemento 2D	
	Medio	Elemento 3D approssimato	
	Alto	Elemento 3D definito	
LOI	Parametro		Codice parametro
	Progetto		TRP
	Edificio		PR
	Classi di unità tecnologiche		5
	Unità tecnologiche		5.7
	Classi di elementi tecnici		5.7.1
	Codice MasterFormat		26 31 00
	Titolo MasterFormat		Photovoltaic Collectors
	Codice Categoria		AF
	Identificativo		TRP_PR_ELE_AE_L 00_-0.19_00979
	Codice Padre		TRP_PR_ELE_AE_L-01_PR_-1.73_01026
	Codice esistente		ND
	Affidabilità		2
Codice Famiglia		PF	

Figura 32. Specifiche LOD delle linee guida: grade e parametri condivisi di un pannello fotovoltaico.

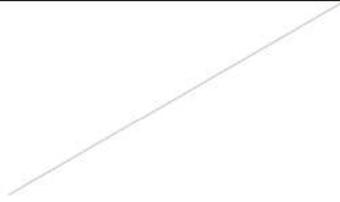
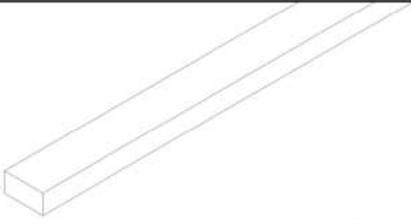
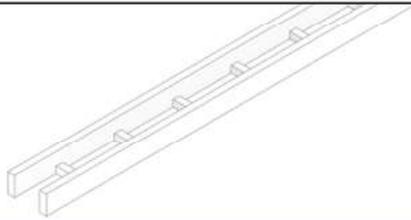
Disciplina		Nome oggetto	Passerella con raccordi
		Tipologia di famiglia	Sistema
Elettrica		Livello di sviluppo Raggiunto	D
LOG	Livello di visualizzazione	Descrizione visualizzazione	Rappresentazione grafica
	Basso	Elemento 2D	
	Medio	Elemento 3D approssimato	
	Alto	Elemento 3D definito	
LOI	Parametro		Codice parametro
	Progetto		TRP
	Edificio		PR
	Classi di unità tecnologiche		5
	Unità tecnologiche		5.7
	Classi di elementi tecnici		5.7.4
	Codice MasterFormat		26 05 36
	Titolo MasterFormat		Cable Trays for Electrical System
	Codice Categoria		PS
	Identificativo		TRP_PR_ELE_PA_L-01_PR_-1.73_00039
	Codice Padre		NA
	Codice esistente		ND
	Affidabilità		2
	Codice Famiglia		NA

Figura 33. Specifiche LOD delle linee guida: grade e parametri condivisi di una passerella.

7. Filtri applicati alle viste.

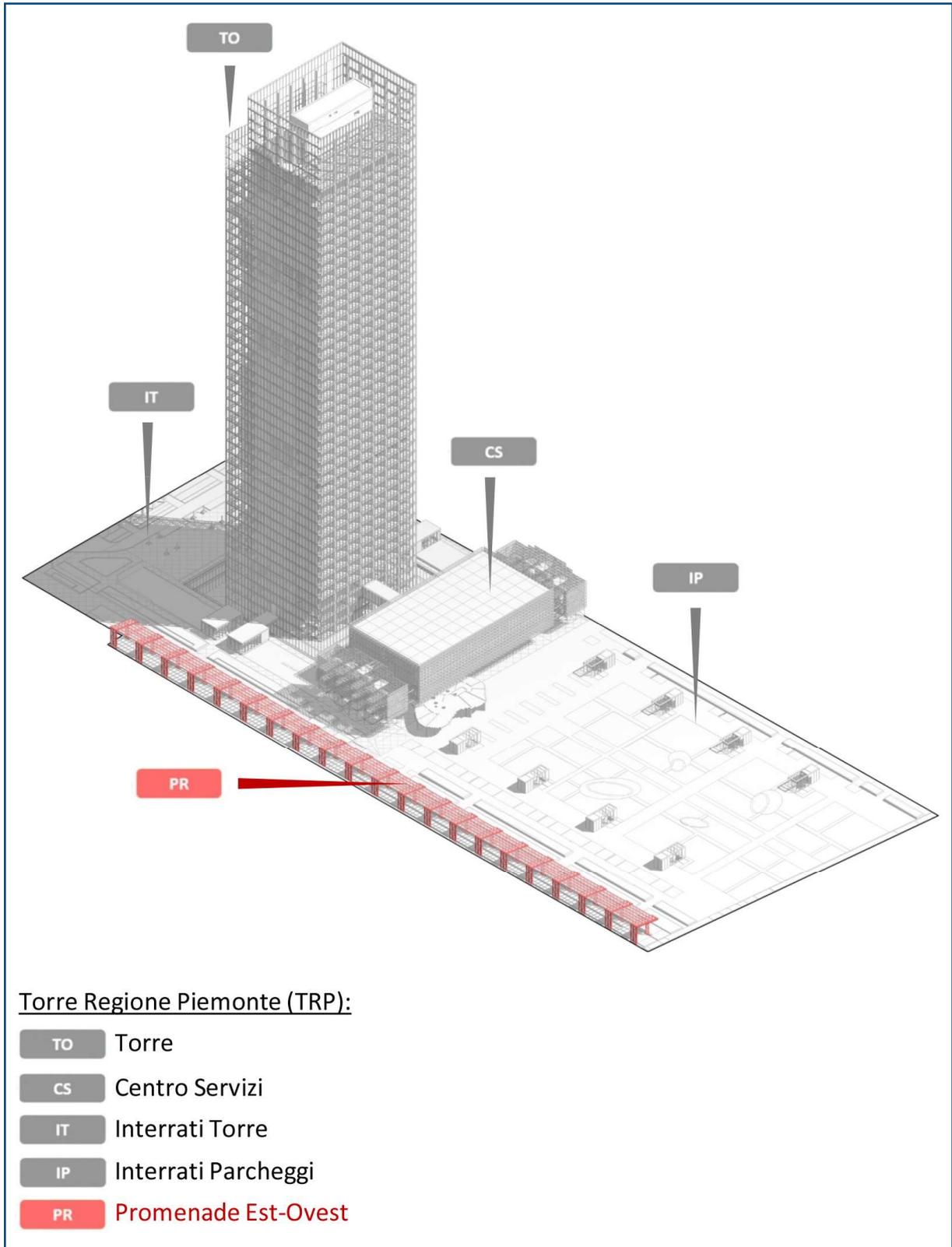


Figura 34. Vista tematica nel modello onnicomprensivo: Inquadramento della Promenade nel comprensorio 2. Filtro applicato al parametro "Edificio" per tutti gli elementi.



Figura 35. Vista tematica nel modello federato: struttura dei contenitori informativi.
Filtro applicato al parametro "Identificativo" di tutti gli elementi.

Il modello BIM permette di interrogare ogni elemento singolarmente e globalmente.

In una vista possono essere applicati filtri che agiscono sulle proprietà grafiche degli elementi e rilevano i valori contenuti nei parametri.

Questi filtri possono essere applicati su qualsiasi modello BIM: nel modello onnicomprensivo, nei modelli federati o nei modelli locali realizzati per disciplina.

Questi tre esempi sono visibili rispettivamente in figura 34, 35 e 36. La prima rappresenta il modello onnicomprensivo, che pone in evidenza gli elementi che appartengono all'edificio "Promenade". La figura 35 è stata invece realizzata nel modello federato duplicando la medesima vista prospettica ed agendo sulle impostazioni di visibilità grafica oltre che con l'applicazione di filtri. Infine, la figura 36 esemplifica l'utilizzo di un filtro complesso realizzato attraverso il plugin Color Splasher prodotto da BIM ONE, un applicativo molto utile per tenere sotto controllo la correttezza geometrica degli elementi modellati. La vista tematica rappresenta la variazione in lunghezza dei pilastri. È possibile anche verificare nel modello; l'affidabilità delle informazioni con un filtro che distingue le geometrie ipotizzate, modellate in riferimento agli elaborati CAD o rilevate in cantiere tramite il parametro "Affidabilità" o ancora, come vedremo, evidenziare gli apparecchi per illuminazione che necessitano di essere sostituiti.

Il Modello BIM costituisce sicuramente uno strumento vantaggioso se affidabile e in questo senso il controllo delle geometrie tramite abachi e filtri applicati alle viste è molto importante.

Gli abachi giocano un ruolo importante per verificare la correttezza geometrica, tuttavia, mentre le viste sono facilmente gestibili all'interno di Revit, il Data visualization da parte degli abachi risulta difficoltoso, pertanto è sempre consigliabile utilizzare programmi specializzati per comunicare i soli dati alfanumerici degli elementi, come nel caso presentato in figura 37.

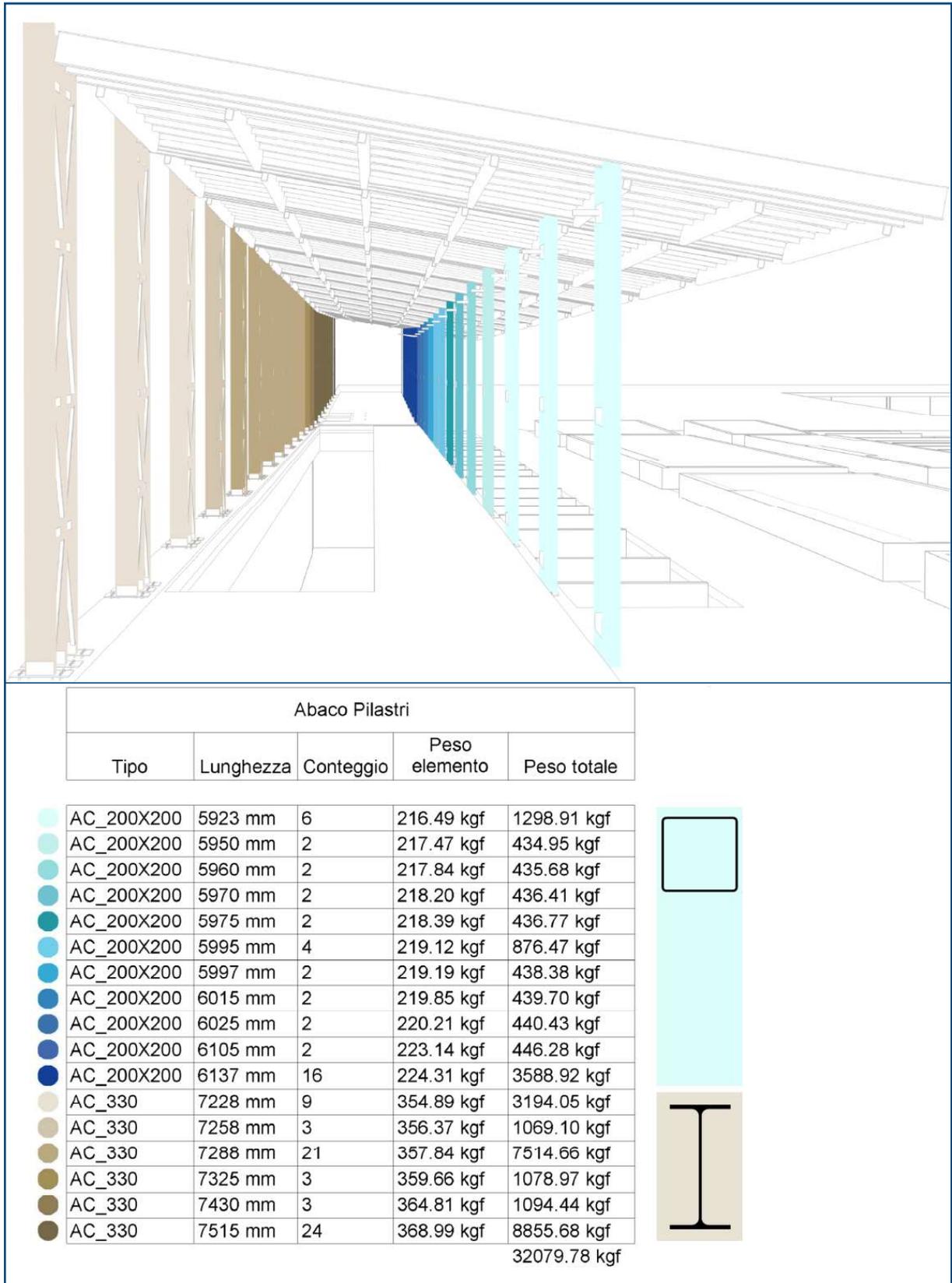


Figura 36. Vista tematica ed Abaco nel modello strutturale: variazione in altezza dei pilastri. Filtro applicato al parametro "Lunghezza" dei pilastri strutturali.

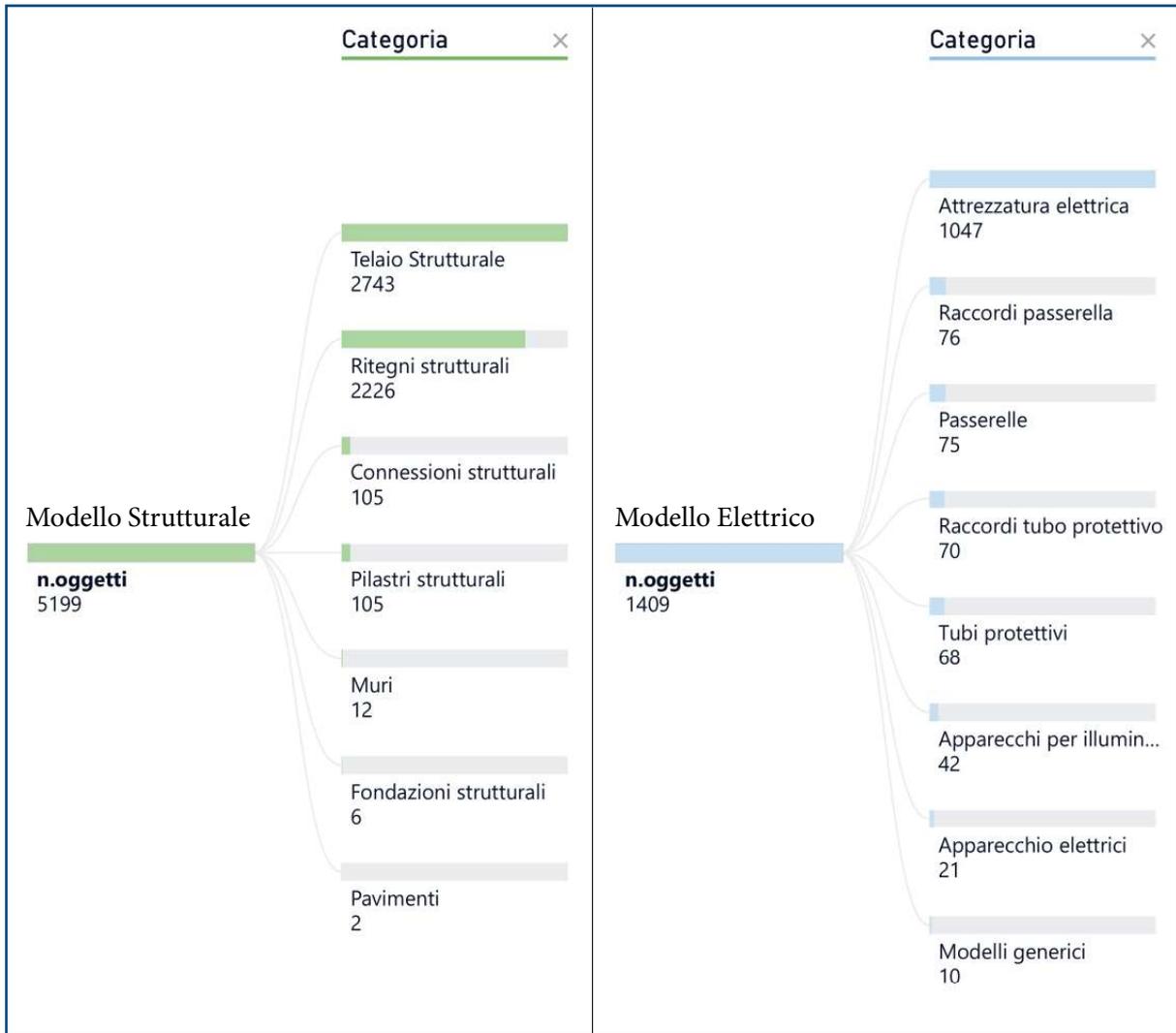


Figura 37. Numero di oggetti presenti nei modelli BIM strutturale ed elettrico suddivisi per categoria. Diagramma ad albero di scomposizione realizzato con Power BI.

V. Il BIM per la determinazione dei costi

1. Computo metrico estimativo: criterio metodologico

Una volta ultimato il progetto definitivo la stazione appaltante deve porre a base di gara oltre agli elaborati progettuali, il computo metrico estimativo dell'opera.

Questo documento deve essere redatto utilizzando prezzi rispondenti a quelli del mercato come previsto dal comma 7 dell'articolo 23 D.Lgs. 50/2016 e s.m.i. dal titolo "Livelli di progettazione per gli appalti, per le concessioni di lavori nonché per i servizi".

Tutte le Stazioni appaltanti devono dunque avvalersi di prezziari predisposti dalle Regioni e dalle Province Autonome territorialmente competenti per quantificare i costi di realizzazione.

L'Elenco Prezzi Unitari (EPU) utilizzato per il computo metrico estimativo della promenade fotovoltaica è il prezzario della regione piemonte 2020. In particolare sono state utilizzate le sezioni:

sez01 - Opere edili

sez03 - Edilizia sostenibile

sez06 - Impianti elettrici e speciali

sez28 - Salute e sicurezza sul lavoro – D.Lgs. 81/08 s.m.i.

Nella scelta delle voci da utilizzare bisogna tener conto di quanto prescritto dalla nota metodologica allegata al prezzario. Tra le caratteristiche più importanti riportate si evidenzia che i prezzi si riferiscono a situazioni ricorrenti e all'impiego di prodotti della migliore qualità, e che le condizioni al contorno cui le voci fanno riferimento sono riportate nella premessa delle singole sezioni tematiche. Il codice utilizzato dal prezzario è composto da quattro livelli. Il secondo, ovvero il campo relativo al capitolo è costituito da una lettera seguita da due cifre numeriche: la lettera P indica le forniture mentre la A le opere compiute.

In generale, l'analisi del prezzo di queste ultime tiene conto di manodopera, forniture, spese generali, utili d'impresa, noli e trasporti. In particolare i prezzi le spese generali e gli utili d'impresa sono pari al 26,50% dell'importo (rispettivamente il 15% ed il 10%) ad eccezione della sezione 28 che comprende la sola quota di spese generali. Nello specifico invece, le premesse relative ad ognuna delle sezioni utilizzate e sopracitate approfondiscono quanto indicato genericamente della nota metodologica: per la sezione 01 ad esempio i materiali in fornitura sono da considerarsi a piè d'opera. Nella sezione 06 invece tutti i materiali classificati con la lettera "P" (sola fornitura) hanno nella maggior parte dei casi il corrispondente prezzo relativo alla posa in opera nelle voci che riportano nel secondo campo la lettera "A" seguita da identico valore numerico. La posa in opera (P.O.) comprende quanto necessario per il regolare funzionamento delle apparecchiature inserite nel sistema previsto ad esclusione del costo del materiale, mentre la fornitura in opera (F.O.) è da intendersi comprensiva della sommatoria di costo dei materiali e della posa in opera.

Il computo metrico estimativo si riferisce ai soli lavori, sono dunque da escludersi dal computo la progettazione esecutiva, gli oneri per la sicurezza, le somme a disposizione dell'amministrazione. Conseguentemente non saranno conteggiati i compensi professionali dell'esecuzione dei lavori, delle verifiche e dei collaudi.

Il computo ottenuto sarà da intendersi principalmente come esempio di applicazione della quinta dimensione del BIM che permetta di fornire un esempio pratico di quel rapporto complementare che sussiste tra software di BIM Authoring e di Processing governato dall'interoperabilità. Per ottenere il costo di costruzione bisogna estrarre le quantità ed assegnarne il prezzo unitario corrispondente. "Tuttavia, il prezzo non può essere ottenuto dal modello. La stima dei costi richiede la competenza dello stimatore per analizzare i componenti di un materiale e come questi vengono installati"¹⁴.

L'elenco prezzi unitari (EPU) da utilizzare è spesso quello individuato dai prezzari regionali ma in alcuni casi può rendersi necessaria una nuova analisi prezzi.

Il prezzario può essere scaricato in specifici formati standard dai siti ufficiali delle principali software house così da poter essere importati all'interno di software di BIM Processing specializzati nello svolgere i BIM uses legati al 5D. Questi software permettono di importare, oltre al prezzario, il modello BIM in formato IFC così da poter leggere ed utilizzare i valori di tutti i parametri attribuiti ad ogni elemento modellato. Per questa ragione è importante che il software sia dotato della certificazione IFC rilasciata da Building SMART International che garantisce una corretta lettura di tali informazioni.

Le famiglie presenti nel modello importato possono essere già corredate dai parametri corrispondenti a quanto espresso dalla voce (lunghezza, diametro, ecc.), in questo caso le quantità possono essere rilevate direttamente. In caso contrario, si devono inserire delle regole di calcolo parametrico che consentono di effettuare formule utilizzando il valore dei parametri. L'insieme delle operazioni che contribuiscono alla estrazione delle quantità viene detta Quantity Take Off e consiste nell'ottenere il computo metrico degli elementi presenti nel modello.

Le quantità così ottenute vengono abbinate alle voci del prezzario che più rappresentano le caratteristiche degli elementi avendo cura di verificare in base alle considerazioni precedentemente descritte se la voce riguarda il solo costo del materiale e sarà dunque necessario aggiungere la manodopera o se invece comprende entrambe.

Facendo seguito a questa considerazione appare evidente che non tutte le voci possano essere abbinate direttamente ad elementi del modello BIM. Nelle pagine successive vedremo un confronto tra i due software più utilizzati in questo ambito ed i passaggi per la redazione del computo metrico estimativo approfondendo tramite alcuni esempi la differenza tra misure dirette, indirette ed ipotizzate per identificare alcune criticità del metodo.

¹⁴ Metkari, A.A., Attar, A.C., "Application of Building Information Modeling Tool for Building Project", in *International Journal of Science and Research (IJSR)*, 2015, 4 (5), pp. 324-9.

2. Livelli di dettaglio e valori calcolati negli abachi

Il modello BIM permette di rilevare le quantità riferite agli oggetti: si possono infatti visualizzare i valori dei parametri attribuiti ad ogni famiglia e all'interno di appositi abachi è possibile filtrare ed ordinare i risultati, nonché modificarne la formattazione ed eseguire calcoli tra valori appartenenti a diverse colonne tramite l'impostazione di formule.

Appare evidente che un computo metrico effettuato ad un LOD basso, in questo caso LOD C caratterizzato da famiglie dalle geometrie approssimate, presenterà alcuni valori all'interno dei parametri che potrebbero essere imprecisi rispetto a quelli degli oggetti reali. Per questa ragione è compito del tecnico che effettuerà il computo metrico avere la sensibilità di comprendere quali parametri tenere in considerazione e scegliere il metodo di calcolo più corretto ovvero quello che prende in causa i parametri affidabili.

Tuttavia, l'affidabilità dell'informazione, come già discusso nella sezione precedente, non è facile da riconoscere e soprattutto non dipende soltanto dal livello di sviluppo geometrico (LOG) di una famiglia che ci appare graficamente definita anche quando i parametri sono proprio quelli dimensionali.

Ad inficiare sulla buona riuscita del computo è anche quel livello di dettaglio di una famiglia che sembrerebbe essere solo rigurgante la rappresentazione grafica, ovvero il dettaglio basso, medio ed alto. Di certo non è cambiando il dettaglio di una vista che i valori di un abaco possano modificarsi, ma riguarda la creazione della famiglia stessa. Spesso vengono create all'interno della famiglia, diverse geometrie con impostazioni di visibilità differenti così da poter creare nel file di progetto elaborati in diverse scale, facendo assumere alla famiglia una grafica coerente con la rappresentazione. Questa sovrapposizione di geometrie nell'editor di famiglia non è un problema per tutti quei parametri che vengono inseriti dall'autore della famiglia e che sono facilmente controllabili ma altri, come il calcolo del volume, sono parametri automatici di sola lettura e per questo presentano il rischio di non accorgersi per nulla di questa criticità. Dopotutto l'oggetto appare esteticamente definito a dettaglio alto e il volume è un calcolo che prende in considerazione la sola geometria dell'elemento. Nel caso di un pilastro, la Lunghezza è un esempio di parametro facilmente controllabile e che non cambia dal dettaglio medio a quello basso mentre il volume è suscettibile anche dei più piccoli raccordi, come vedremo.

Un esempio di verifica dell'affidabilità dei parametri è stata ottenuta dal confronto tra due diverse formule per calcolare il volume dei pilastri in acciaio:

Il calcolo del peso dei profilati infatti può essere eseguito attraverso due formule distinte:

- Moltiplicando la Lunghezza (m) per il Peso nominale (kg/m)
- Moltiplicando il Volume (kg) per la Densità volumica del materiale (acciaio = 7850 kg/m³)

Infatti nelle tabelle dei profilati viene specificato che il Peso nominale fornito è stato calcolato assumendo come densità volumica dell'acciaio un valore di 7850 kg/m³.

Per controllare il risultato sono stati eseguiti entrambi i calcoli in un unico abaco su Revit.

Per inserire il parametro del peso nominale bisogna specificare il tipo di sezione all'interno della famiglia dei pilastri, una volta indicato, verranno automaticamente aggiunti tutti i parametri dimensionali della forma della sezione come parametri famiglia, tra cui il peso nominale, dove è stato inserito il valore indicato dalla tabella delle IPE. Infine si controllano le unità di misura da progetto. Alla pagina seguente vediamo l'abaco dei pilastri delle sole famiglie IPE (figura 38). Sulla sinistra dell'abaco, il calcolo del peso viene eseguito moltiplicando la lunghezza per il peso nominale e poi per il numero di elementi di pari lunghezza presenti nel modello mentre a destra moltiplicando il volume per la densità volumica dell'acciaio.

Abaco Pilastrini - IPE330									
Tipo	Lunghezza	Forma sezione: Peso nominale	Peso elemento	Conteggio	Peso totale	Volume	Densità	Peso elemento (per confronto)	Peso totale (per confronto)
AC_330	7,228 m	49,10 kgf/m	354,89 kgf	9	3194,05 kgf	0,389 m ³	7850,00 kg/m ³	339,45 kg	3055,01 kg
AC_330	7,258 m	49,10 kgf/m	356,37 kgf	3	1069,10 kgf	0,130 m ³	7850,00 kg/m ³	340,85 kg	1022,56 kg
AC_330	7,288 m	49,10 kgf/m	357,84 kgf	21	7514,66 kgf	0,916 m ³	7850,00 kg/m ³	342,26 kg	7187,54 kg
AC_330	7,325 m	49,10 kgf/m	359,66 kgf	3	1078,97 kgf	0,131 m ³	7850,00 kg/m ³	344,00 kg	1032,00 kg
AC_330	7,430 m	49,10 kgf/m	364,81 kgf	3	1094,44 kgf	0,133 m ³	7850,00 kg/m ³	348,93 kg	1046,80 kg
AC_330	7,515 m	49,10 kgf/m	368,99 kgf	24	8855,68 kgf	1,079 m ³	7850,00 kg/m ³	352,92 kg	8470,18 kg
AC_330: 63				63	22806,90 kgf	2,779 m ³			21814,09 kg

Figura 38. Abaco dei pilastrini di tipo IPE330. Famiglia contenente geometria a dettaglio medio ed alto.

Abaco Pilastrini - IPE330									
Tipo	Lunghezza	Forma sezione: Peso nominale	Peso elemento	Conteggio	Peso totale	Volume	Densità	Peso elemento (per confronto)	Peso totale (per confronto)
AC_330	7,228 m	49,10 kgf/m	354,89 kgf	9	3194,05 kgf	0,407 m ³	7850,00 kg/m ³	355,27 kg	3197,39 kg
AC_330	7,258 m	49,10 kgf/m	356,37 kgf	3	1069,10 kgf	0,136 m ³	7850,00 kg/m ³	356,74 kg	1070,22 kg
AC_330	7,288 m	49,10 kgf/m	357,84 kgf	21	7514,66 kgf	0,958 m ³	7850,00 kg/m ³	358,21 kg	7522,50 kg
AC_330	7,325 m	49,10 kgf/m	359,66 kgf	3	1078,97 kgf	0,138 m ³	7850,00 kg/m ³	360,03 kg	1080,10 kg
AC_330	7,430 m	49,10 kgf/m	364,81 kgf	3	1094,44 kgf	0,140 m ³	7850,00 kg/m ³	365,19 kg	1095,58 kg
AC_330	7,515 m	49,10 kgf/m	368,99 kgf	24	8855,68 kgf	1,129 m ³	7850,00 kg/m ³	369,37 kg	8864,91 kg
AC_330: 63				63	22806,90 kgf	2,908 m ³			22830,69 kg

Figura 39. Abaco dei pilastrini di tipo IPE330. Famiglia contenente geometria a dettaglio alto.

Dal primo risultato ottenuto si è notato che i valori calcolati negli abachi erano diversi. Risalendo alla formula per il calcolo del volume, formula automatica di sola lettura che moltiplica l'area della sezione con la lunghezza, si è notato che il problema era determinato dal calcolo dell'area della sezione del pilastrino. Quest'ultima non fa riferimento al dettaglio alto dell'elemento bensì al dettaglio medio. Eliminando la geometria di dettaglio medio (ovvero quello senza raccordi e dalla geometria semplificata) e importando nuovamente la famiglia all'interno del progetto si assiste ad un aggiornamento dei valori dell'abaco che si allineano con quelli calcolati attraverso le tabelle dei profilati (figura 39).

La differenza tra il volume dei pilastrini IPE330 di dettaglio medio e dunque di geometria semplificata ed il volume degli stessi computati a dettaglio alto si discosta per i soli raccordi ai piedi dell'anima (figura 40).

Premesso che il numero di cifre dopo la virgola visualizzate nell'abaco non influisce sui valori calcolati, il peso totale dei pilastrini computato rilevando il volume dell'elemento a dettaglio medio e quello computato con il volume a dettaglio alto comporta circa 1000 kg di differenza nel computo che corrisponde a circa 3'300 euro di differenza di costo per i soli pilastrini IPE. Le stesse considerazioni possono essere fatte non solo per la carpenteria metallica di cui i pilastrini IPE costituiscono il 25% del peso totale di tutti i profilati metallici presenti nel progetto ma anche per tutte le altre famiglie, pertanto il parametro da ritenere più affidabile è la lunghezza e verrà utilizzato il metodo di calcolo corrispondente.

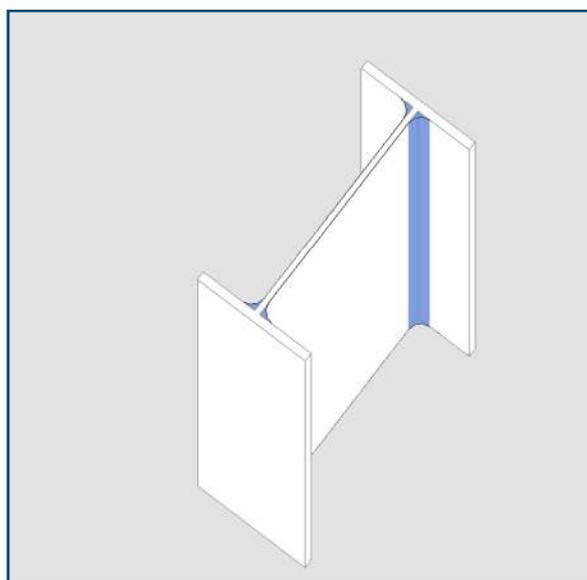


Figura 40. Differenza tra dettaglio medio e dettaglio alto di una famiglia di Pilastrini Strutturali IPE. Evidenziata di colore blu la geometria che riporta una differenza nel calcolo del volume. Elaborazione originale dell'autore.

Questa scelta deriva dal fatto che per ottenere il volume corretto dalle famiglie sarebbe necessario avere all'interno della famiglia la geometria dell'oggetto reale provvedendo in alcuni casi ad incrementare il LOG, inoltre si dovrebbe eliminare la geometria visibile a livello di dettaglio medio perdendo così la possibilità di agire graficamente nella rappresentazione degli oggetti.

Poiché il software di modellazione è preposto innanzitutto alla redazione di elaborati progettuali è sconsigliabile eseguire questa operazione per cui le famiglie manterranno le geometrie per le diverse scale di rappresentazione ed il volume verrà considerato un parametro non affidabile e da non utilizzare ai fini del calcolo del peso degli elementi.

Si è pensato di esporre questo esempio smpur ridotto, per comprendere come un modello BIM possa costituire una base affidabile per la sua precisione nel compiere misurazioni ed interrogazioni sulle quantità ma allo stesso tempo di quanto non ci si debba affidare totalmente ai risultati ottenuti dal programma senza attuare dei controlli, anche attraverso i metodi tradizionali.

La precisione con cui il modello estrapola le misurazioni ci fa notare che a volte ciò che riteniamo essere approssimazioni tollerabili possano invece influire di molto nei risultati finali.

La semplicità e velocità con cui otteniamo un risultato non deve essere l'obiettivo che spinge all'utilizzo della metodologia BIM, lo dovrebbero essere invece la precisione e l'affidabilità dei risultati in relazione al fatto di un controllo operato da diverse figure così da sfruttare il vero valore della metodologia costituito da una più alta collaborazione tra le parti.

Si possono riconoscere nella stessa famiglia, che visivamente ha uno sviluppo geometrico elevato, parametri la cui affidabilità può essere diversa, anche se relativi alle sue sole dimensioni.

Questo esempio rientra a mio giudizio in quello che comunemente viene chiamato iceberg BIM (figura 41).

Spesso ci si ferma al Modello tridimensionale che si vede e comprende più facilmente ma questo costituisce una minima parte del valore attribuibile alla metodologia BIM: la gestione informativa, costituita da un insieme di regole e processi è la vera base "nascosta" su cui il modello 3D viene definito.

Il professionista BIM che intende realizzare un modello deve definire una strategia di modellazione in relazione agli obiettivi preposti dalla committenza.



Figura 41. Iceberg BIM. Vedere qualcosa e perdersi molto. Fonte: www.ibimi.it [ultima consultazione il 05/09/2020]

Non basta conoscere il funzionamento dei software che si intendono usare e gestirne l'interoperabilità ma si devono conoscere i concetti fondamentali della metodologia ed applicarli.

Spesso i committenti non sanno le reali potenzialità della metodologia pertanto non sono in grado di valutare le competenze di chi offre loro servizi BIM. Bilar Succar¹⁵, nel suo blog "www.bimthinkspace.com" indica con il termine "Lavaggio BIM" l'azione di alcune organizzazioni che sfruttano la confusione dell'ambito più o meno consapevolmente per promettere la consegna di prodotti o servizi BIM al di là delle loro reali capacità sfruttando sostanzialmente il fatto che la committenza non abbia modo di accorgersi della bassa qualità di modellazione.

¹⁵ Bilar Succar è attualmente ricercatore e professore congiunto presso l'Università di Newcastle, si occupa di comunicazione visiva presso BIMexcellence.com. Nel 2004 ha fondato la società di consulenza ChangeAgents AEC per assistere le organizzazioni nell'adozione del BIM e dal 2011 al 2012 ha presieduto all'AIA/Consult Australia's BIM Education Working Group.

3. Principali software BIM-oriented per il computo metrico estimativo

Il mercato dei software BIM-oriented ha visto un forte sviluppo negli ultimi anni, data la progressiva obbligatorietà della metodologia BIM introdotta dal D.M. 560/2017 o decreto BIM.

La stima dei costi effettuata estrapolando le quantità dal modello BIM viene definita quinta dimensione BIM e si può espletare utilizzando programmi specializzati. Si tratta di software di BIM Processing nei quali importare i modelli in formato standard IFC.

Attualmente, i principali software sul mercato sono due: Team system Construction Project Managemet (CPM) e Primus IFC.

CPM è stato sviluppato da STR, una società di Team System, gruppo italiano che fornisce prodotti e servizi per la digitalizzazione di professionisti ed imprese. Teamsystem Construction costituisce ad oggi l'offerta più completa nell'ambito della gestione integrata dei dati di un'opera. Primus è invece prodotto da ACCA Software e come suggerisce il nome è stato il primo software ad essere realizzato dall'azienda nel 1990. Acca dal 2018 diventa membro di BuildingSMART International, ad oggi ha sviluppato 90 software.

Le principali caratteristiche dei due software sono poste a confronto in seguito:

Str vision CPM

Software house: **Str Vision**

Certificazione IFC Building SMART International: **sì**

Formato Standard prezzario: **XML; XML SIX**

Dimensioni BIM: **4D 5D 7D**

Interoperabilità con Revit: **Monodirezionale con sincronizzazione**

Caratteristiche:

È possibile modificare le unità di misura del file IFC anche dopo averlo importato nel programma. In un unico software si possono gestire: il computo metrico estimativo, la programmazione temporale e redigere il piano di manutenzione.

Primus IFC

Software house: **ACCA software**

Certificazione Building SMART International: **sì**

Formato Standard Prezzario: **.dcf**

Dimensioni BIM: **5D**

Interoperabilità con Revit: **Monodirezionale con sincronizzazione**

Caratteristiche:

Quando si esporta da Revit in formato IFC bisogna necessariamente avere l'accortezza di modificare le unità di misura perchè non sarà più possibile modificarle ed è sconsigliabile applicare per tutte le misurazioni formule di conversione che potrebbero aumentare la probabilità di commettere errori.

Il computo dei Lavori e il computo della sicurezza vengono redatti in due distinti documenti all'interno di un unico file in formato .dcf.

Primus IFC è un programma specializzato nel fare computi metrici estimativi da file IFC. non è completo ma è caratterizzato da interoperabilità bidirezionale con Primus e altri software della ACCA Software come ad esempio Primus-K per redarre il cronoprogramma. La selezione rapida degli elementi è molto efficace. Dovendo gestire separatamente i dati relativi ad ogni BIM Use i tempi brevi di caricamento e di attesa per le operazioni sono molto brevi.

4. Il rapporto tra il LOD, BIM uses e dimensioni del BIM

Il livello di sviluppo, che sostanzialmente rappresenta l'approfondimento di un modello BIM, va sempre riferito ad una specifica scala normata: per questo caso studio ci si riferisce alla UNI 11337:2017. La norma esplicita chiaramente che i LOD indicati non si riferiscono ad uno specifico stadio di progettazione quali studio di fattibilità, progettazione definitiva o progettazione esecutiva, tuttavia, è consuetudine indicare nel capitolato informativo il LOD C come livello di sviluppo minimo di un modello BIM a supporto della progettazione definitiva.

I BIM uses, ovvero gli usi che del modello BIM si possono fare, producono i *deliverables* richiesti dalla committenza e di conseguenza incidono sull'incremento informativo ma non tutte le informazioni vengono inserite nel software di modellazione, alcune non saranno presenti nel file nativo al momento della consegna.

Il modello della promenade fotovoltaica, è composto da tra discipline: strutturale, architettonica ed elettrica, il LOD minimo richiesto dalle linee guida della Torre della Regione Piemonte è il LOD C con l'aggiunta di 14 parametri condivisi e si prevede di utilizzare il modello a supporto della redazione del computo metrico estimativo.

Il LOD C della norma UNI prevede che nel modello strutturale vengano inseriti i materiali mentre per la disciplina elettrica la potenza indicativa degli apparecchi.

In questo caso, sia il materiale che la potenza sono anche dati fondamentali per poter scegliere la voce corrispondente dal prezzario, ma non sono le uniche informazioni necessarie.

A questo punto bisogna individuare le informazioni mancanti e scegliere se svolgere un incremento informativo nel software di BIM Authoring, in quello di BIM Processing o servendosi di programmi esterni. Bisogna chiedersi se queste informazioni complementari dovranno essere nuovamente tolte al momento della consegna del file as-built.

Un modello in cui tutti gli elementi hanno un LOD specifico, costituisce una base di partenza, ma non è finalizzato ad alcuno scopo. Per ottenere una stima, le informazioni da aggiungere per al modello BIM della Promenade una volta raggiunto il minimo LOD indicato dalle linee guida, sono: la temperatura di colore di un apparecchio ed il peso dei profilati metallici da inserire nel software di modellazione mentre i prezzi unitari nel software di BIM Processing. Secondo la strategia indagata, e sempre in accordo alle prescrizioni del capitolato informativo, le informazioni da inserire nel software di modellazione devono essere stabili nel tempo e utili alla gestione dell'opera da intendersi nella sua accezione più ampia.

Tutte le informazioni geometriche ed alfanumeriche utili alla gestione, dismissione, utili ad effettuare computi metrici per future demolizioni e così via.

Per individuare le informazioni necessarie allo sviluppo della quinta dimensione da inserire nel software di modellazione, in questo caso su Revit, bisogna individuare quali tra quelle sono utili anche alle fasi successive alla costruzione del bene, ragionando sulla temporaneità ed affidabilità dei dati, inserendo invece nei software di BIM processing le informazioni utili soltanto alla redazione di documenti specifici che dopo la loro consegna enon prevedono di aggiornare i propri dati e dunque non riguardano la gestione dell'opera e non andranno consegnate in un modello as-is. Quando ci si trova in una fase intermedia di sviluppo progettuale con un modello in LOD C, noteremo che mancano non solo informazioni alfanumeriche ma anche elementi geometrici specifici come piastre, bulloni ed ancoraggi. In alcuni casi potremmo dover effettuare la stima prima di avanzare ulteriormente con il progetto, per cui bisogna chiedersi se non aver inserito questi elementi comporti l'impossibilità di procedere ad una stima o se possiamo eseguire rilevazioni indirette o ipotizzate come spesso accade con l'armatura o la cassetatura, le cui quantità

possono essere stimate senza la presenza degli elementi.

Nella maggior parte dei casi le voci del prezzo comprendono anche il costo di elementi accessori utili al montaggio, nel caso dei profilati metallici ne sono un esempio saldature ed ancoraggi. Alcune di queste entità, non dovranno essere modellate neppure ai LOD successivi ad esempio i mattoni all'interno di un muro, mentre altre andranno inserite valutando se passare direttamente al LOD successivo nella scala di riferimento. E' il caso del modello elettrico che è stato realizzato in LOD D perchè alcuni elementi, al LOD C secondo la scala UNI11337, non erano proprio rappresentati, l'informazione della sola potenza sarebbe stata insufficiente ma soprattutto tutti i dati mancanti trovano riscontro nella descrizione del LOD D, sia dal punto di vista geometrico che alfanumerico.

In un modello non solo possono coesistere LOD differenti ma il caso della promenade fotovoltaica dimostra che per poter svolgere un computo metrico estimativo in riferimento alla progettazione definitiva bisogna raggiungere almeno il LOD C per la disciplina strutturale ed architettonica ed il LOD D per quella elettrica. Questo da intendersi ancora una volta come livelli di sviluppo minimi che devono essere raggiunti.

5. Analisi del processo interoperabile

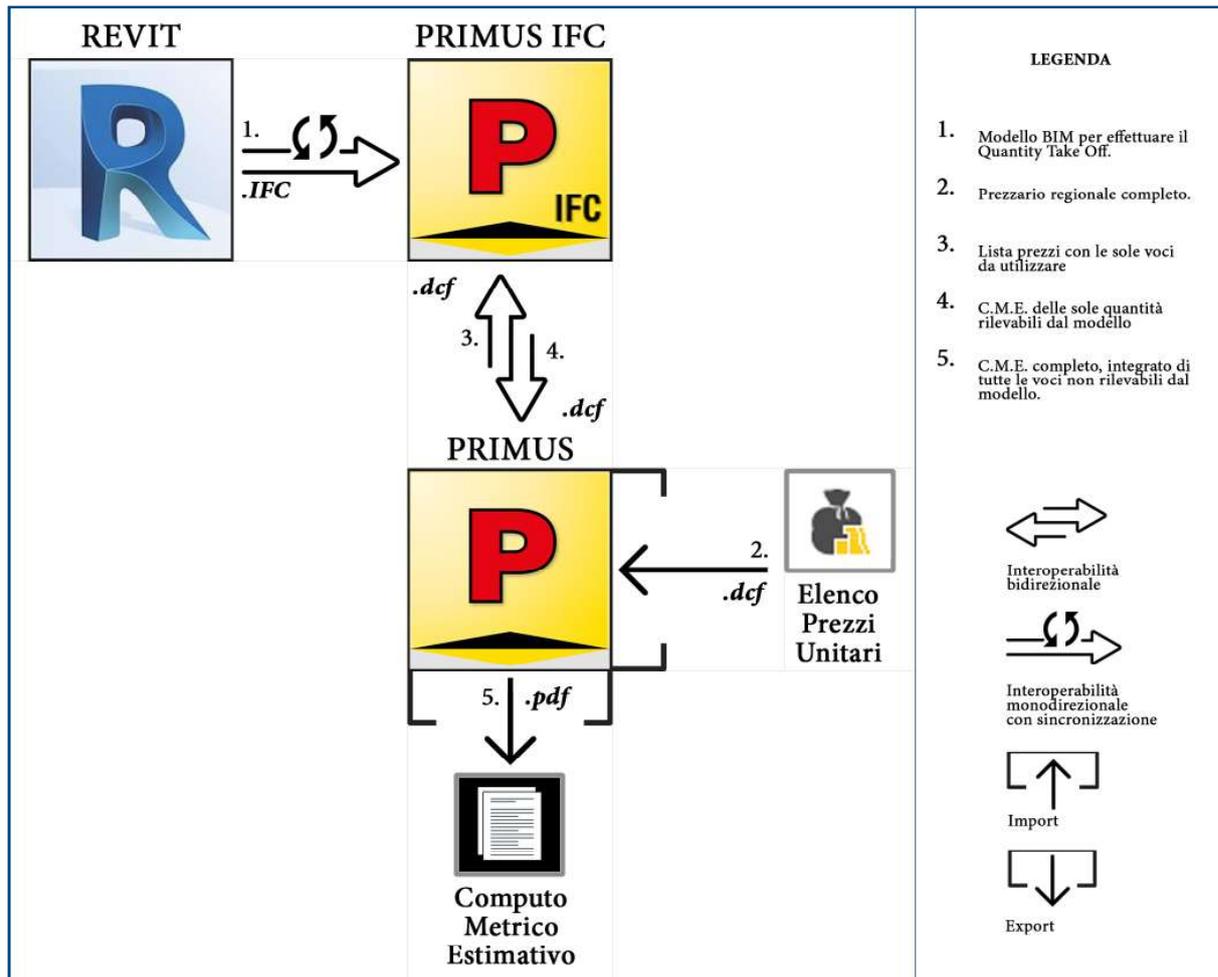


Figura 42. Interoperabilità tra Revit Primus IFC e Primus

Il flusso informativo tra il software di BIM Authoring e di BIM Processing, in questo caso rispettivamente tra Revit e Primus IFC è caratterizzato da interoperabilità monodirezionale, dunque l'incremento informativo che verrà sviluppato all'interno di Primus non sarà possibile restituirlo automaticamente sui modelli all'interno di Revit.

Lo scambio di informazioni infatti avviene attraverso lo standard IFC che, come già ribadito nei capitoli introduttivi della tesi, è un formato che permette la sola lettura delle informazioni all'interno dei modelli e su cui non è possibile scrivere nuovi dati o modificare quelli presenti al suo interno.

Tuttavia, quella che al primo sguardo sembrerebbe una grande limitazione, non la costituisce perché i dati che vengono inseriti sono considerabili informazioni temporanee non riutilizzabili. In particolare i dati aggiunti su Primus IFC sono le voci dei prezzari contenenti codici tariffa, descrizioni, costi unitari, incidenza della manodopera relazionati con le quantità richieste degli elementi del modello: a volte sono dati già presenti, altre volte vengono calcolate con specifiche formule. Queste informazioni si inseriscono per effettuare una stima del costo di costruzione ed una volta ottenuto il valore, non serve più averle nel modello e dovrebbero essere nuovamente tolte alla consegna del modello as-built. Ciò nonostante non è inconsueto trovare soluzioni quali Archvision che permettono di inserire su Revit queste informazioni, aggiungendo parametri al progetto.

Un software di BIM Authoring, non essendo specializzato nel gestire la quinta dimensione, con le sole viste ed abachi e senza l'ausilio di un programma esterno non permette di redigere un computo metrico estimativo o dell'elenco prezzi.

Le varianti apportate durante la modellazione influiscono sulle quantità rilevate e quindi sul computo metrico attraverso le entità ed ai loro parametri ma non c'è nessun collegamento o relazione matematica tra materiali inseriti nel modello e voci selezionate del prezzario. La scelta delle voci è una scelta operata anche secondo le condizioni al contorno ed è trattata separatamente da una associazione automatica che ad oggi non è possibile compiere.

Ne consegue che assume importanza la possibilità di poter sincronizzare il modello caricato. La sincronizzazione permette un aggiornamento automatico del computo metrico in caso di varianti al progetto iniziale per non dover rieseguire nuovamente i calcoli relativi alle regole parametriche.

può tuttavia essere, e questo è invece una opzione di fondamentale importanza.

Infine, come vedremo, sono molte le voci che non possono essere abbinare agli elementi modello, queste possono essere integrate con "software esterni" ed aggiunte manualmente.

è il caso di Primus che permette la le

vengono l'aggiunta dei prezzi non possono essere restituite al modello BIM.

Tuttavia, essendo i prezzi considerabili dati temporanei utili al conseguimento della sola stima dell'opera esauriscono la loro potenziale utilità al momento dell'esportazione del computo metrico estimativo, inserirli nel modello significherebbe incrementare il level of information (LOI) degli elementi senza comunque poter sfruttare quei dati traducendoli in informazione e questo perchè il software di BIM Authoring non è preposto a questo scopo.

6. Procedura: Primus IFC e l'integrazione con PRIMUS

Una volta ultimato sia il modello strutturale che quello elettrico rispettivamente in LOD C e D secondo la UNI11337 ed aver inserito i parametri condivisi richiesti, si può svolgere il computo metrico estimativo. Nel caso della promenade fotovoltaica, il cui modello è costituito da due discipline prevalenti, quella strutturale e quella elettrica, si presuppone che anche per il computo metrico estimativo i modelli vengano gestiti separatamente. In questo modo le figure professionali competenti possono gestire autonomamente la stima inserendo e strutturando le categorie secondo la propria esperienza. Per tale ragione sono stati computati in due file diversi, pur seguendo la medesima procedura, sia il computo metrico estimativo delle opere strutturali che quello dell'impianto elettrico e fotovoltaico.

La procedura completa per lo svolgimento è la seguente:

Esportare il modello BIM in formato IFC

Per permettere al software di BIM Authoring, in questo caso Revit, di trasmettere il modello informativo all'interno del software di BIM processing specializzato nella quinta dimensione come Primus IFC, essendo due programmi appartenenti a diverse software house, è necessario esportare da Revit entrambi i modelli in formato IFC. È bene sottolineare che in base al BIM Use che si intende sviluppare si deve ricorrere a diverse impostazioni di esportazione. In questo caso studio per effettuare il computo metrico la configurazione utilizzata ha previsto l'esportazione nella versione IFC2x3 Coordination View 2.0, che come indicato nel sito ufficiale Building SMART International è supportata da Primus IFC e selezionando l'opzione "esporta solo elementi visibili della vista" si è attuata una specifica selezione degli oggetti da esportare. È importante aver cura di controllare non solo le impostazioni di esportazione ma anche quelle di progetto, modificando prima le unità di misura per non doverle trasformare successivamente e per ogni singola misurazione. Ad esempio: la lunghezza in metri, il volume in metri cubi e la potenza in watt.

Importare il modello BIM all'interno di Primus IFC

Si importa il modello BIM in formato ifc nel programma Primus IFC il quale permette di leggere le proprietà (figura 43). Le informazioni attribuite ad un elemento sono l'insieme dei parametri presenti nel software di BIM Authoring al momento dell'esportazione, suscettibili delle impostazioni di esportazione IFC e dalla tipologia scelta di inserimento dei dati.

I parametri che saranno visualizzati, appariranno sotto la categoria di raggruppamento selezionata nel software di modellazione ed il loro valore potrà essere letto come testo o come numero. Tuttavia, il fatto che i parametri siano a tutti gli effetti quelli presenti su Revit non significa che potessero già essere tutti visualizzati e combinati tra loro negli abachi.

Una volta importato il file, possiamo riconoscere i Parametri base di sistema, tra cui: Categoria, Famiglia, Tipo, GlobalId, ID, Fase di creazione, Livello, contrassegni, Nome materiale e Finitura superficiale, indicati come valori testo. Al contrario, i parametri famiglia (ovvero quelli inseriti nella famiglia caricabile) quali Lunghezza, Volume, ed altri parametri dimensionali specifici vengono riconosciuti come valori numerici. I parametri famiglia sono un esempio di informazioni che non possono comparire negli abachi ma vengono comunque esportati nel formato IFC potendo essere utilizzati insieme ad altri nei software di BIM Processing. I Parametri condivisi, anch'essi di valore numerico o testo, vengono sia esportati nel formato IFC che visualizzati dagli abachi in Revit.

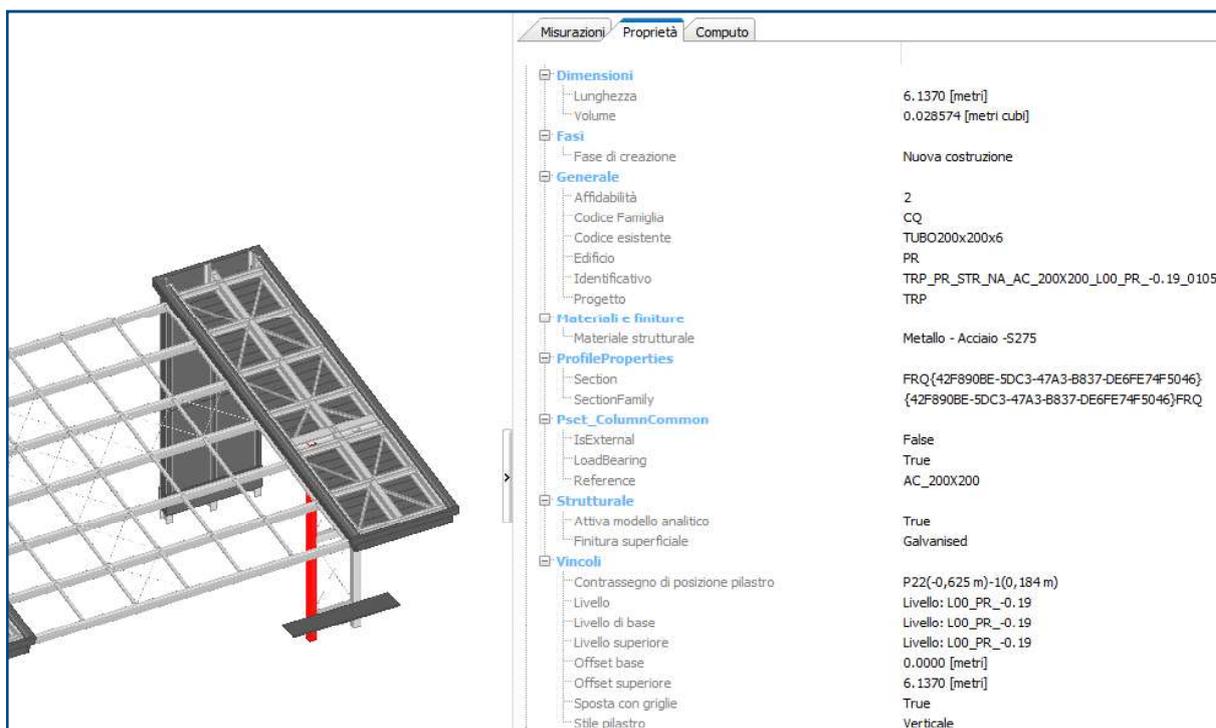


Figura 43. La scheda Proprietà: informazioni attribuite al pilastro selezionato.

Fonte: Stralcio di schermata da Primus IFC

Importare il Prezzario in Primus e le voci da utilizzare su Primus IFC

Il passo successivo è importare uno o più prezzari per abbinare la voce corrispondente alle quantità da rilevare. I prezzari devono essere scaricati dal sito ufficiale di ACCA software in formato .dcf, in questo caso il prezzario della Regione Piemonte 2020.

Questo file contiene tutte le voci di tutte le sezioni con il prezzo unitario e l'eventuale incidenza della manodopera. Lo stesso formato è utilizzato per listini prezzi o per computi.

E' consigliabile importarlo prima su Primus ed importare poi le sole voci che si intendono utilizzare direttamente in Primus IFC. Questo perché la ricerca delle voci risulta essere molto più veloce rispetto a Primus IFC.

Creare delle regole di misurazione

Una volta inserite le voci ed il modello in Primus IFC si possono effettuare delle regole di misurazione. Trascinando una voce di elenco prezzi con un'operazione di drag and drop dal listino alle misurazioni il programma permette di selezionare le entità da computare secondo tre modalità:

- individuandole automaticamente da una selezione multipla, filtrando tutti gli elementi in base ai parametri che accomunano gli elementi selezionati.
- impostando direttamente le regole personalizzate per determinare la selezione
- selezionando manualmente gli oggetti del modello

Una volta effettuata la selezione delle entità che si riferiscono alla voce del prezzario considerata si può creare la regola di misurazione da applicare. Alla pagina seguente si riporta un esempio di regola parametrica applicata ai pilastri tubolari di sezione quadrata e cava (figura 44).

Misurazioni | Proprietà | Computo

01.A18.A10.010
 Carpenteria per grandi orditure o industrializzata, capriate, tralicci, pilastri e simili, compresa coloritura ad una ripresa di antiruggine, escluse le sole opere murarie in ferro in profilati normali e lavorazione chiodata o bullonata

Prezzo unitario: 2.46 euro/kg
 Entità misurate: 42
 Quantità misurata: 9 276.46 kg
 Importo totale: 22 820.09 euro

Selezione
 Automatica: IfcColumn - Famiglia = TRP_PR_STR_CQ: AC_200X200 | Famiglia e tipo = TRP_PR_STR_CQ: AC_200X200 | ID tipo = TRP_PR_STR_CQ: AC_200X200 | Tipo = TRP_PR_STR_CQ: AC_200X200 | Descrizione = FRQ{42F8908E-5DC3-47A3...

Crea la regola di misurazione da applicare
 Usa le proprietà delle entità come misura

titolo della regola: Profilati metallici tubi (scatolati) in Acciaio a sezione quadrata 200mm spessore 6mm (36,55 kg/m) Lunghezza: rilevata da modello BIM

descrizione: Profilati metallici tubi (scatolati) in Acciaio a sezione quadrata 200mm spessore 6mm (36,55 kg/m) Lunghezza: rilevata da model

per.ug: 36.55

lunghezza: \$Dimensioni.Lunghezza\$

larghezza: []
 H/peso: []

Categorie
 CATEGORIE: 0: <nessuna>

WBS (Work Breakdown Structure)
 WBS\<NON assegnata>

solo NUMERI
 Dati identità
 Dimensioni
 Generale
 Strutturale
 Vincoli
 VARIABILI UTENTE
 FUNZIONI

Ht
 Lunghezza
 Volume
 b
 bf
 d
 k
 kr
 t
 tf
 tw

Inserisci variabile Lunghezza
 Inserisci come formula

Figura 44. La scheda Misurazioni: creazione di una regola parametrica.

Quando si definisce una nuova misurazione si può leggere da subito in alto a destra che il prezzo unitario della voce è di 2,46 euro/kg e che sono state selezionate 42 entità. Nel caso dei pilastri tubolari è stato inserito nel campo "parti uguali" il valore fisso che rappresenta il peso per unità di lunghezza di quello specifico profilato così come riportano le tabelle dei profilati metallici definite delle norme UNI che ne definiscono dimensioni e masse. In questo caso i tubi (scatolati) in acciaio a sezione quadrata di dimensioni 200x200cm e spessore 6 cm ha un valore di 36,55 kg/m. Nel campo "lunghezza" invece è stato inserito il valore del corrispondente parametro "Lunghezza". In questo modo il peso di ogni singolo pilastro facente parte della precedente selezione, filtrato per famiglia e tipo, verrà calcolato moltiplicando la propria lunghezza (valore parametrico variabile per singola istanza) moltiplicata per il peso lineare (valore fisso per tipo di profilato). Le misurazioni che vengono effettuate si relazionano con il modello, in questo modo selezionando gli elementi dal modello il computo metrico estimativo può essere filtrato ed indicare le sole voci che riguardano quegli elementi. Ad esempio, i pilastri non rivestiti ovvero le coppie di pilastri tubolari non riportano la voce della zincatura (figura 45).

Esportare il computo metrico estimativo delle misurazioni dirette

Una volta inserite tutte le misurazioni (figura 47) che possono essere eseguite direttamente dal modello ifc tramite regole parametriche si può esportare il computo metrico estimativo in formato .dcf così da poterlo importare su Primus.

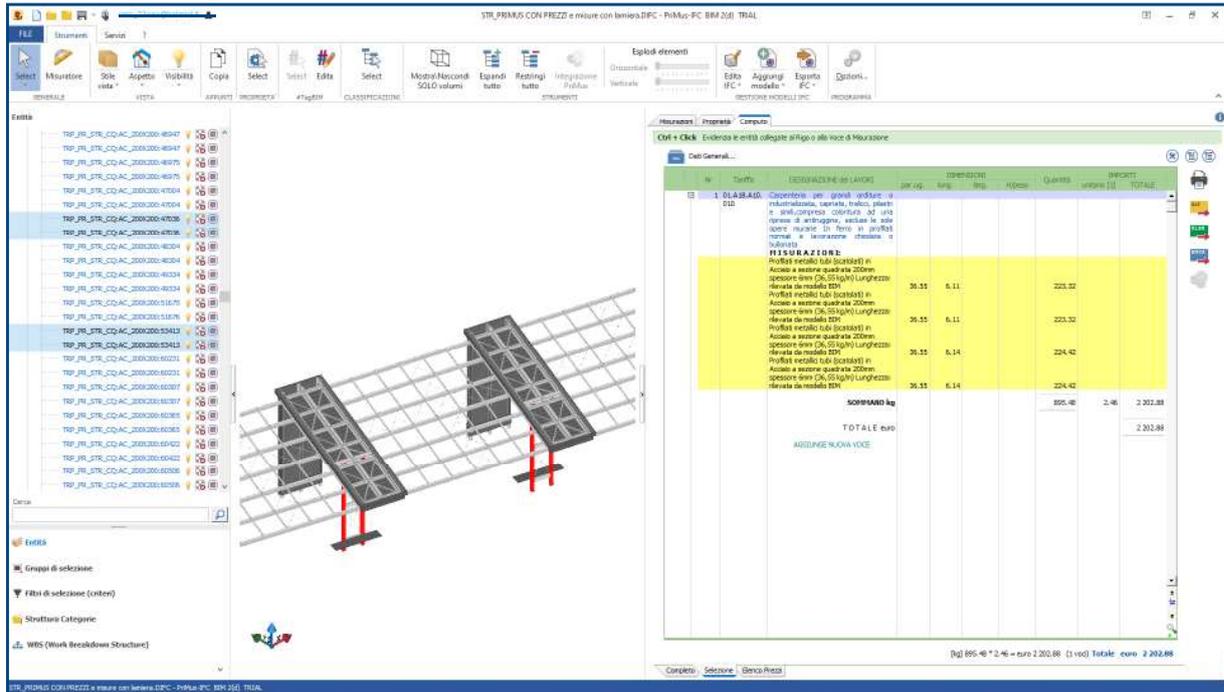


Figura 45. Scheda Computo. Isolare misurazioni riferite ai soli elementi selezionati.

Id	Descrizione	Unità	Misura	Quantità	Prezzo Unitario	Importo Totale
01.A02.E10.005	Allestimento di cantiere comprendente la collocazione di una unità di decontaminazione provvista di almeno tre aree quali locale q	cad	1674,47	0,00	0,00	
01.A02.E10.005	Allestimento di cantiere comprendente la collocazione di una unità di decontaminazione provvista di almeno tre aree quali locale q	cad	1674,47	0,00	0,00	
01.A18.A10.010	Carpenteria per grandi orditure o industrializzata, capriate, tralci, pilastri e simili, compresa coloritura ad una ripresa di antrugirugne	kg	2,46	0,00	0,00	
01.A18.A20.005	Posa in opera di carpenterie in ferro, per grandi orditure, tralci, capriate, pilastri e simili in profilati normali con lavorazione saldat	kg	2,82	0,00	0,00	
01.A18.A60.005	Piccoli profilati aventi altezza superiore a mm 80 in ferro, forniti con una ripresa di antrugirugne	kg	3,07	0,00	0,00	
01.A18.A70.005	Posa in opera di piccoli profilati in ferro, in ledne leggere al cromo, all'alluminio o in ottone	kn	4,18	0,00	0,00	
			SOMMANO	144 319,...	2,46	355 026,34
			SOMMANO	69,93	3,07	214,69
			SOMMANO	78 568,39	0,82	64 426,08

Figura 46. Elenco di alcune delle misurazioni effettuate direttamente dal modello.

Si noti a sinistra il numero di elementi selezionati, nella descrizione tra le parentesi il peso indicato dalle tabelle dei profilati, a destra il peso totale, infine la sommatoria dei pesi totali, il prezzo unitario della voce ed il prezzo totale.

Indicare informazioni generali su Primus

Su Primus, nella scheda "Dati Generali" vi sono una serie di sezioni in cui si possono inserire informazioni aggiuntive. Nella sezione Progetto, si può modificare la dicitura per l'intestazione della prima pagina degli elaborati da stampare, l'oggetto del computo, il committente, la descrizione del tariffario utilizzato. Inoltre, si possono inserire i dati in un modello di quadro economico predefinito in cui oltre all'importo per l'esecuzione delle lavorazioni, si possono aggiungere: l'importo per l'attuazione dei Piani di Sicurezza non soggetti a Ribasso d'asta e le Somme a disposizione della stazione appaltante.

Nella sezione Capitoli e Categorie si possono creare dei capitoli e sub-capitoli secondo una struttura gerarchica in modo da poter raggruppare le voci computate. Per avere un risultato ordinato e leggibile bisogna specificarne l'ordine di apparizione ed assegnarle alle voci dalla scheda elenco prezzi (figura 48).

La struttura in capitoli creata è facilmente consultabile al riepilogo strutturale in Capitoli all'ultima pagina di entrambi i computi allegati.

Nella sezione Moduli si può specificare l'incidenza della manodopera: sono stati inseriti in spese generali ed utili d'Impresa rispettivamente i valori del 15% e del 10%.

Nella scheda configurazione si può specificare il numero di cifre dopo la virgola o il simbolo come separatore di migliaia ed impostare un arrotondamento fisso degli importi. Queste operazioni è consigliabile eseguirle prima di iniziare ad inserire le misurazioni.

Aggiungere le misurazioni mancanti ed esportare i dati ottenuti

Dopo aver ultimato la configurazione del programma si aggiungono le voci mancanti ovvero quelle che non sono direttamente misurabili tramite regole parametriche associate al modello BIM come, ad esempio, i noli o la manodopera da aggiungere alle voci che non la comprendevano. Per queste misurazioni può essere utile lo strumento misuratore di Primus IFC per quotare le distanze all'interno del modello, tuttavia dove è possibile è consigliabile utilizzare sempre i valori dei parametri. Per ogni voce si può indicare non solo l'appartenenza ad uno specifico capitolo ma anche la tipologia di risorsa quali manodopera, materiali, noli o trasporti e la tipologia di lavoro a misura o a corpo.

Infine, si possono evidenziare le voci di Elenco prezzi più significative. In particolare quelle la cui somma rappresenti almeno il 75% del costo totale. Infatti, ogni voce riporta la sua incidenza percentuale rispetto al costo totale. L'omonima funzione è utile per controllare i risultati ottenuti ma soprattutto per comprendere su quali voci sarebbe più opportuno intervenire per ridurre i costi. Infine, è possibile confrontare il listino utilizzato con un altro, ad esempio il prezzo della regione Piemonte 2020 con quello del 2015 (figura 49).

Stampare il computo metrico estimativo e presentare i dati ottenuti

Una volta ultimato il computo metrico estimativo può essere stampato riportando l'incidenza della manodopera impostando le colonne da visualizzare ed il riepilogo strutturale in capitoli o categorie. Per esportare in forma tabellare i dati richiesti in modo da poterli inserire su Excel e presentarli attraverso grafici, si può usare lo strumento Super View che permette di inserire i campi in forma tabellare e filtrarli. Con questa operazione sono stati organizzati i costi ed esportati in formato .xls per generare i grafici ad anello nei risultati.

vista: Computo

N°	Tariffa	DESIGNAZIONE dei LAVORI	DIMENSIONI		Quantità	IMPORTI	
			par.ug.	lung.		unitario [1]	TOTALE
1	01.A02.E10.005	Allestimento di cantiere Allestimento di cantiere comprendente la collocazione di una unità' di decontaminazione provvista di almeno			1.00	1674.47	1674.47
Fondazioni							
14	01.A01.A55.010	Scavo a sezione obbligatoria o a sezione ristretta per opere di fondazione, in terreni sciolti o compatti, di largh			145.57	10.84	26 472.51
15	01.A04.B65.010	Calcestruzzo a prestazione garantita in accordo alla UNI EN 206, per strutture di fondazione "massive" (din			64.40	99.26	6 392.34
16	01.A04.E00.005	Vibratura mediante vibratore ad immersione, compreso il compenso per la maggiore quantità di materiale in			64.40	8.89	572.52
17	01.A04.M00.010	Formazione di casseforme per getti in calcestruzzo semplice od armato per un'altezza fino a 3.00 m dal piani			78.14	33.11	2 587.22
18	01.A04.C03.010	Getto in opera di calcestruzzo cementizio eseguito direttamente da autobetoniera con apposita canaletta in			64.40	8.73	562.21
19	01.A04.F00.015	Barre per cemento armato lavorate e disposte in opera secondo gli schemi di esecuzione in acciaio ad adere			9 660.29	1.53	14 780.24
Struttura							
4	01.A18.A10.010	Carpenteria per grandi orditure o industrializzata, capriate, tralci, pilastri e simili, compresa coloritura ad un			144 319.65	2.46	355 026.34
5	01.A18.A60.005	Piccoli profilati aventi altezza superiore a mm 80 In ferro, forniti con una ripresa di antruggine			69.93	3.07	214.69
6	01.A18.G00.015	Zincatura a caldo eseguita secondo le norme uni 5744/66 con esclusione di alluminio nel bagno di			78 568.39	0.82	64 426.08
Attrezzature esterne e Rivestimenti							
7	01.P12.G00.005	Lastre metalliche (prezzo medio) In lega di alluminio.			7 083.93	3.36	23 802.00
8	01.P12.M10.015	Rete tipo moscarola Di alluminio			533.40	4.59	2 448.31
9	01.P27.M15.005	Panca con intelaiatura in tubo d'acciaio del diametro esterno non inferiore a mm 30, sedile a schienale in reb			21.00	696.17	14 619.57
10	01.P01.A30.005	Operaio comune Ore normali			40.00	30.71	1 228.40
11	01.P01.A10.005	Operaio specializzato Ore normali			240.00	36.91	8 858.40
Noli							
2	01.P24.L10.005	Nolo di autogru idraulica telescopica compreso ogni onere per la manovra ed il funzionamento Della portata			56.00	51.99	2 911.44
3	01.P24.C75.005	Nolo di piattaforma aerea rotante, rispondente alle norme ispeis, installata su autocarro, con braccio a pil :			112.00	52.69	5 901.28
12	01.P01.A10.005	Operaio specializzato Ore normali			168.00	36.91	6 200.88
13	01.P24.A10.005	Nolo di escavatore con benna rovescia compreso manovratore, carburante, lubrificante, trasporto in loco e			24.00	61.11	1 466.64
TOTALE euro							515 251.01
AGGIUNGE NUOVA VOCE							

Dati Generali | Elenco Prezzi | **Misurazioni** | Stampa

Totale euro 515 251.01

Figura 47. Funzionalità Primus: scheda misurazioni.

vista: lista Prezzi

Tariffa	DESCRIZIONE dell' ARTICOLO	unità di misura	Prezzo [1]	Quantità	Importo
01.A04.C03.010	Getto in opera di calcestruzzo cementizio eseguito direttamente da autobetoniera con apposita canaletta In strutture di fondazione	m³	8.73	64.40	562.21
01.A04.E00.005	Vibratura mediante vibratore ad immersione, compreso il compenso per la maggiore quantità di materiale impiegato, noleggio vibratore e cor	m³	8.89	64.40	572.52
01.A04.F00.015	Barre per cemento armato lavorate e disposte in opera secondo gli schemi di esecuzione in acciaio ad aderenza migliorata B450A o B450C p	kg	1.53	9 660.29	14 780.24
01.A04.M00.010	Formazione di casseforme per getti in calcestruzzo semplice od armato per un'altezza fino a 3.00 m dal piano di appoggio delle armature di si	m²	33.11	78.14	2 587.22
01.A18.A10.010	Carpenteria per grandi orditure o industrializzata, capriate, tralci, pilastri e simili, compresa coloritura ad una ripresa di antruggine, escluse	kg	2.46	144 319.65	355 026.34
01.A18.A60.005	Piccoli profilati aventi altezza superiore a mm 80 In ferro, forniti con una ripresa di antruggine	kg	3.07	69.93	214.69

Standard
Tariffa 01.A18.A10.010 | Articolo | Cod. Fase
Carpenteria per grandi orditure o industrializzata, capri... ro in profilati normali e lavorazione chiodata o bullonata

Avanzate
Carpenteria per grandi orditure o industrializzata, capriate, tralci, pilastri e simili, compresa coloritura ad una ripresa di antruggine, escluse le sole opere murarie In ferro in profilati normali e lavorazione chiodata o bullonata

Impianti
Un.Misura | Sovrapprezzo in Perc./ Assistenza Muraria | Data

Prezzi: 2.46 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00

Dati Generali | **Elenco Prezzi** | Misurazioni | Stampa

(18 voci) Totale euro 515 251.01

Figura 48. Funzionalità Primus: applicare raggruppamenti in capitoli alle voci dell' elenco prezzi.

vista: lista Prezzi

Tariffa	DESCRIZIONE dell' ARTICOLO	unità di misura	Prezzo [1]	Quantità	Importo
01.A01.A55.010	Voce riservata!!!			0.00	0.00
01.A02.E10.005	Allestimento di cantiere comprendente la collocazione di una unità' di decontaminazione provvista	cad	1 674.47	1.00	1 674.47
01.A04.B65.010	Calcestruzzo a prestazione garantita in accordo alla UNI EN 206, per strutture di fondazione "ma	m³	99.26	64.40	6 392.34
01.A04.C03.010	Getto in opera di calcestruzzo cementizio eseguito direttamente da autobetoniera con apposita canaletta in	m³	8.73	64.40	562.21
01.A04.E00.005	Vibratura mediante vibratore ad immersione, compreso il compenso per la maggiore quantità di m	m³	8.89	64.40	572.52
01.A04.F00.015	Barre per cemento armato lavorate e disposte in opera secondo gli schemi di esecuzione in acciaio	kg	1.53	9 660.29	14 780.24
01.A04.M00.010	Formazione di casseforme per getti in calcestruzzo semplice od armato per un'altezza fino a 3.00	m²	33.11	78.14	2 587.22
01.A18.A10.010	Carpenteria per grandi orditure o industrializzata, capriate, tralci, pilastri e simili, compresa color	kg	2.46	144 319.65	355 026.34
01.A18.A60.005	Piccoli profilati aventi altezza superiore a mm 80 In ferro, forniti con una ripresa di antruggine	kg	3.07	69.93	214.69
01.A18.G00.015	Zincatura a caldo eseguita secondo le norme uni 5744/66 con esclusione di alluminio nel bagno di	kg	0.82	78 568.39	64 426.08

Voci di EP più significative (75%) - Art.21 comma 1-bis L.109/94

Tariffa	DESCRIZIONE	U.M.	Importo	%
01.A18.A10.01	Carpenteria per grandi orditure o industrializzata,	kg	355 026.34	68.904
01.A18.G00.01	Zincatura a caldo eseguita secondo le norme uni	kg	64 426.08	12.504

Totale euro 515 251.01 [1] | 419 452.42 | 81.407

Stampa ed esce | Evidenzia blocco Voci in E.P. | Cancel

Dati Generali | **Elenco Prezzi** | Misurazioni | Stampa

(10 voci) Totale euro 515 251.01

Figura 49. Funzionalità Primus: individuare le voci di EP più significative del progetto.

VI. Il BIM per la programmazione della manutenzione

1. Facility Management e strategie di manutenzione

Definizione di facility management

Il termine facility management viene spesso citato in riferimento alla settima dimensione del BIM. Nella sua accezione più comune, esso riguarda tutte le attività che permettono di gestire un'opera.

L'International Facility Management Association (IFMA), associazione no-profit fondata nel 1980 negli Stati Uniti per promuovere e sviluppare il Facility Management ne fornisce una definizione più completa:

“[...] la disciplina aziendale che coordina lo spazio fisico di lavoro con le risorse umane e l'attività propria dell'azienda. Integra i principi della gestione economica e finanziaria d'azienda, dell'architettura e delle scienze comportamentali e ingegneristiche”.

La norma europea EN ISO 41011:2018 " Facility management - Vocabolario" che sostituisce la UNI EN 15221-1:2007 "Facility Management - Parte 1: Termini e definizioni", che indica come sinonimi i termini: facility management, facilities management e la sigla FM, pubblica invece: "Funzione organizzativa che integra persone, luoghi e processi (punto 3.5.1) nell'ambiente edificato (punto 3.2.3) con lo scopo di migliorare la qualità (punto 3.7.1) della vita delle persone e la produttività dell'attività principale (punto 3.1.7)".

La prima definizione si incentra sul coordinamento di spazi e persone elencando i settori che l'attività coinvolge, mentre la seconda pone l'accento sullo scopo ovvero quello di migliorare la qualità della vita e la produttività dell'organizzazione.

Queste due definizioni insieme inquadrano il concetto di FM che non comprende la sola manutenzione del fabbricato ma che garantisca l'efficienza delle attrezzature, e la loro produttività nell'ottica del miglioramento continuo, garantendo sicurezza ma anche comfort per i fruitori della struttura, comprendendo la formazione e gestione aziendale secondo un processo di crescita dell'organizzazione stessa.

Entrambe le definizioni proposte comprendono la gestione degli spazi o luoghi e spesso quando ci si riferisce al 7D BIM si inseriscono parametri da assegnare ai locali al fine di ottenere schede tecniche



Figura 50. Cosa comprende il facility management
Fonte: www.IFMA.com [ultima consultazione il 23/10/2020].

di dettaglio dei vani che riportino non solo le dimensioni quali perimetro, altezza e ed area complessiva, ma anche informazioni come la destinazione d'uso, lo stato di locazione, la data di stipula e di fine del contratto con il relativo codice o ancora l'abilitazione al servizio di pulizia e la superficie libera e non è tutto. I volumi da climatizzare, spazi da illuminare e soprattutto impianti da gestire. Il database che si ottiene dovrebbe consentire la consultazione degli storici dei consumi e la gestione delle forniture.

In questa tesi il 7D BIM risulta una appendice che ne dà una definizione per poi interessarsi maggiormente della manutenzione dell'opera, per comprovare che il modello realizzato possa a tutti gli effetti costituire una buona base di partenza per effettuare il facility management. La soluzione finale proposta deriva dalle indicazioni delle linee guida che optano per una gestione priva di software specialistici che certamente potranno essere utilizzati ma che qui non vengono trattati. Per completezza si aggiunge che i software per sviluppare con un grado di approfondimento soddisfacente la settima dimensione del BIM ad oggi sono pochi e risultano essere molto costosi. L'obiettivo è quello di tramutare il piano di manutenzione cartaceo in una dashboard interattiva che sia editabile ed aggiornabile senza particolari competenze e non solo consultabile, secondo un approccio integrato.

Strategie di manutenzione

La manutenzione sta assumendo in questi ultimi anni un'importanza sempre maggiore, di conseguenza anche la normativa in questo ambito si è aggiornata, in particolare: il dlgs 50/2016 ha introdotto l'obbligo di inserire il progetto esecutivo degli interventi di manutenzione ordinaria come documento da porre a base di gara ed il dlgs 56/2017, decreto correttivo del Codice, bandisce le gare che richiedono servizi manutentivi sulla base di progetti semplificati. Alla luce di questi obblighi di legge la manutenzione rientra in fase progettuale e assume particolare importanza l'incremento di LOD soprattutto nella sua componente alfanumerica ma soprattutto lo standard COBie di cui tratteremo nelle pagine successive.

Vi sono diverse strategie (o politiche) di manutenzione, che in seguito vengono descritte e correlate agli esempi pratici di interventi presenti nella pensilina fotovoltaica. In particolare, si definisce:

Manutenzione autonoma

l'insieme di controlli o interventi gestiti autonomamente dall'utilizzatore, che prima di chiunque altro si accorge di guasti o principi di malfunzionamento: ne sono un esempio i controlli visivi o la pulizia delle superfici: si tratta di operazioni semplici e spesso periodiche che possono essere eseguite da utenti privi di formazione specifica. Sono caratterizzate da basso costo, coinvolgimento e maggior presa di coscienza da parte degli operatori in riferimento ai sistemi tecnologici di cui si occupano.

Manutenzione incidentale o a guasto

anche chiamata riparativa o correttiva, consiste in una riparazione o sostituzione di un componente a guasto avvenuto. L'intervento è volto a ripristinare la condizione precedente al guasto senza effettuare modifiche. Vi sono molti esempi riscontrabili nelle tavole allegate e sono nell'impianto elettrico sotto la sezione denominata: "manutenzione ordinaria riparativa".

Manutenzione preventiva

l'insieme di attività periodiche o programmate che riducono la probabilità che avvenga un guasto o una forma di degrado. La manutenzione preventiva può essere statistica, secondo condizione o predittiva. La prima si basa su modelli statistici che prendono in esame la vita utile di un componente, ad esempio gli apparecchi per l'illuminazione esterna della promenade devono essere sostituiti superate le 62.000 ore di funzionamento. Questo tipo di manutenzione sostituisce i componenti anche se non si presenta una reale necessità ma si ritiene molto probabile che si possa verificare un guasto a breve. La manutenzione secondo condizione analizza valori numerici che possano determinare l'attuale stato di salute di un elemento, si basa dunque su valori soglia oltre i quali la probabilità in cui il guasto avvenga è particolarmente alta.

Infine, la manutenzione predittiva, non sostitutiva alle altre ma da intendersi come a corredo del programma di interventi complessivo, è caratterizzata dall'azione di monitoraggio infatti è una tipologia di manutenzione a condizione che si basa sul rilevare i sintomi che portano al guasto. Sulla concezione che sia il deterioramento nel tempo a portare al guasto più che una azione istantanea individua segnali premonitori, ad esempio, attraverso analisi delle vibrazioni o termografiche.

Manutenzione produttiva o migliorativa

antitetica alla correttiva, punta ad aumentare le prestazioni o il valore di un sistema o di una sua parte prevedendo spesso ad acquistare nuovi componenti. L'obiettivo è quello di risolvere alla radice i problemi che si verificano più frequentemente prima che comportino perdite economiche ingenti. Questa strategia segue un approccio che può comportare costi bassi o molto alti in relazione a ciò che si ritiene opportuno realizzare, considerando che nel caso in cui si richieda una riprogettazione completa dei sistemi impiantistici si accetti anche un periodo di fermo per una più alta produttività futura. Un esempio può essere effettuare un *relamping* o sostituire i pannelli fotovoltaici con altri più efficienti.

In sintesi, quando si progetta la manutenzione, si può prevedere di intervenire a guasto avvenuto oppure anticipatamente scegliendo tra manutenzione riparativa o preventiva sulla base di valutazioni economiche. La scelta deve considerare non solo il costo degli interventi ma anche i costi propri ma anche i costi indotti e gli sprechi energetici. La scelta di effettuare una politica di manutenzione riparativa comporta sistematicamente fermi o cali di produzione degli impianti, tuttavia risulta più economica e richiede un'organizzazione meno complessa a confronto con la manutenzione preventiva che invece punta ad una maggiore efficienza e quindi ad un aumento della qualità del servizio per l'utente finale.

Oggi per manutenzione non si intende più una serie di interventi ma un sistema che coinvolge processi e funzioni aziendali, fornitori ed enti di produzione.

2. Il BIM per la manutenzione: lo standard COBie.

Se si considera che rispetto all'intera vita utile del bene, i costi di gestione dell'opera sono prevalenti rispetto a quelli sostenuti per la progettazione e costruzione, appare evidente che il facility management, che comprende l'insieme di tutte le attività relative alla gestione e manutenzione del manufatto, costituisce il BIM Use più richiesto dell'Asset Information Model.

Nonostante l'importanza del facility management, ad oggi le applicazioni specializzate nello svolgimento della settima dimensione del BIM sono poche. Tuttavia, la ricerca in questo campo è particolarmente attiva.

Lo standard COBie (Construction Operations Building Information Exchange) è uno standard internazionale di scambio di dati che, come il termine stesso suggerisce, permette di trasmettere le informazioni dalla fase di realizzazione dell'opera (construction) a quella di gestione e manutenzione dell'organismo edilizio (operation). Il COBie è un formato aperto che consiste sostanzialmente nel catalogare in un unico foglio di calcolo xml tutte le informazioni contenute nel modello.

Viene creato da Bill East nel 2007 nell'ambito del progetto del corpo degli ingegneri dell'esercito americano (US Army Corps of Engineer – USACE). COBie è diventato standard obbligatorio nel Regno Unito a partire dal 1° Gennaio 2016 per tutte le opere di nuova costruzione ed oggi è considerato di fondamentale importanza per fornire una soluzione alla codifica degli attuali manuali d'uso e manutenzione perchè permette di relazionare tra loro diversi oggetti.

All'atto pratico, per ottenere questo foglio di calcolo bisogna dapprima aver realizzato un modello BIM federato strutturato correttamente ed in cui sono stati inseriti tutti i parametri che contribuiscono a svolgere l'attività di gestione dell'immobile. Successivamente, bisogna esportare il modello in formato IFC (o IFCXML) attraverso la COBie Model View Definition¹⁶.

Una volta impostate le opzioni di esportazione, si ottiene un file xml contenente diversi fogli che organizzano i dati in forma strutturata.

Il foglio di calcolo elenca tutti i parametri presenti nel modello e che appartengono a tutti gli elementi modellati ma soprattutto l'esportazione è bidirezionale.

Questo significa che gli operatori possono non solo consultare direttamente i dati richiesti senza dover aprire il modello BIM, ma li possono modificare nel file Excel che potrà essere importato nuovamente nel modello BIM popolando i valori dei parametri come indicato dal file COBie, così da ampliarne ed aggiornarne il database.

Questo risulta particolarmente utile per proprietari, appaltatori che devono fare la stima dei costi ed in particolar modo per facility manager e manutentori.

Come sempre, l'esportazione dovrà essere impostata correttamente indicando quali famiglie di elementi esportare, i criteri di codifica, le unità di misura. Avere a disposizione un modello contenente dati strutturati permette di non avere dati ridondanti, mancanti o disomogenei ciò che avviene invece in un insieme frammentato di strumenti e processi. Questo accade perchè ci sono diversi stakeholders che necessitano di conoscere o modificare informazioni e spesso gli stessi attributi vengono replicati con diversa nomenclatura o non vengono compresi per mancanza di efficacia comunicativa di dati.

¹⁶ Carradori, M., "COBie: una soluzione IFC-based al problema del Facility Management", bis-lab.eu, 09/04/2017. Disponibile su <http://www.bis-lab.eu/2017/04/09/cobie-una-soluzione-ifc-based-al-problema-del-facility-management/> [ultima consultazione il 07/11/2020]

3. Parametri per la manutenzione

Per eseguire l'attività di programmazione della manutenzione attraverso la metodologia BIM disporre di un modello dal livello di sviluppo adeguato alle caratteristiche del piano di manutenzione dell'opera. L'incremento informativo per questo BIM use, interessa soprattutto la parte impiantistica degli edifici, ed è caratterizzato da non poche criticità che riguardano l'inserimento e la gestione dei dati tanto dal punto di vista metodologico quanto dal lato tecnologico.

Per descrivere le criticità riscontrate, si è deciso di ripercorrere i ragionamenti effettuati nell'ambito di questa tesi, descrivendoli e analizzando gli approcci a livello operativo, dal punto di vista metodologico e confrontandoli con la normativa di riferimento.

Il punto di partenza per la soluzione al problema del facility management sembrerebbe essere l'inserimento di nuovi parametri all'interno del software di modellazione BIM. Questa considerazione trova riscontro ed accomuna la maggior parte degli articoli accademici che trattano l'argomento con le Linee Guida di Processo BIM Corporate (BIMCM) pubblicate dall'Agenzia del Demanio. In Italia, la ricerca universitaria sta dando un contributo reale alla definizione di metodi operativi che non sono ancora consolidati che interessano soprattutto il tema del facility management. In un articolo di recente pubblicazione risulta emblematica l'intervista ad Antonio Agostini, direttore generale dell'Agenzia del Demanio in cui, in riferimento al processo di digitalizzazione dell'Agenzia, dichiara:

«Le prime iniziative messe in campo sono state certamente quelle di collaborazione con le Università, già nel 2015, che hanno permesso un primo avvicinamento alla tematica da parte dei nostri tecnici, seguite poi dallo svolgimento di continue attività formative¹⁷.

Il primo step è presentato dunque dalla consultazione di vari articoli che tra loro riportano differenze minime e puntuali nella definizione dei parametri ma esprimono essenzialmente il medesimo approccio.

La strategia prevede di inserire una serie di parametri condivisi: i più significativi sono indicati nella tabella presentata in figura 51 nel gruppo "manutenzione", in particolare si contano 8 parametri condivisi di cui uno relativo alla strategia di manutenzione e 7 che riportano un numero identificativo riferiti alle singole tipologie di intervento.

Nell'immagine vengono evidenziati in blu i parametri condivisi e viene specificato se sono applicati all'istanza o al tipo di un oggetto BIM indicando la relativa normativa di riferimento.

Si riporta in seguito un estratto significativo dell'articolo da cui è estratta l'immagine presentata: "Grazie all'implementazione di questi parametri, risulta possibile ottenere abachi di sintesi per la visualizzazione ed il calcolo dei costi legati alle attività manutentive, oltre che raggruppamenti più dettagliati dei componenti edilizi e degli asset tecnologici. Non è però possibile associare procedure schedulate di manutenzione per l'esecuzione di un'attività, pertanto è necessario il collegamento ad un sistema CAFM o CMMS grazie all'interoperabilità del BIM."¹⁸

Disporre di un modello BIM può ritenersi una condizione necessaria ma non sufficiente per la gestione della manutenzione di un'opera. Bisognerà coinvolgere altri sistemi tecnologici, le cui funzionalità possono essere associate agli smart object del modello informativo.

¹⁷ Samorì, C., "Gli appalti BIM dell'Agenzia del Demanio: verso un patrimonio digitale dell'asset immobiliare", www.ingenio-web.it, 30/09/2020.

¹⁸ Osello, A., Ugliotti, F.M., Semeraro, F., "Il BIM orientato al Facility Management", Infobuild.it, pp.18/05/2016. Disponibile su <https://www.infobuild.it/approfondimenti/bim-orientato-facility-management/> [ultima consultazione il 16/11/2020]

GRUPPO	TIPOLOGIA PARAMETRO	PARAMETRI	RIFERIMENTO
CLASSIFICAZIONE ITALIANA	TIPO	Classe Unità Tecnologica	UNI 8290
	TIPO	Unità Tecnologica	UNI 8290
	TIPO	Classe di Elemento tecnico	UNI 8290
	TIPO	Componente	
	TIPO	Codice Componente	
	TIPO	<u>Subcomponente</u>	
	TIPO	Codice <u>Subcomponente</u>	
PRODOTTO	TIPO	Produttore	Revit - UNI 10951
	TIPO	Modello	Revit - UNI 10951
	ISTANZA	Numero di serie	
	TIPO	Fornitore	
	TIPO	Installatore	
LOCALIZZAZIONE	ISTANZA	Edificio	Revit
	ISTANZA	Ambito Edilizio	Revit
	ISTANZA	Livello	Revit
	ISTANZA	Locale	Revit
	ISTANZA	Esposizione	
	ISTANZA	Posizione	UNI 10951
COLLEGAMENTI	TIPO	URL Scheda tecnica	
	TIPO	URL (collegamento a DB gestionale)	
	TIPO	URL (Manuale installazione, uso e manutenzione)	
MANUTENZIONE	TIPO	S (Strategia di manutenzione)	UNI EN 15331 - UNI 11257
	TIPO	COD1 (Tipo di intervento)	UNI 11257
	TIPO	M1 (Descrizione)	UNI 11257
	TIPO	F1 (Frequenza)	UNI 10951 - UNI 11257
	TIPO	C1 (Costo)	UNI 10951
	TIPO	T1 (Durata)	UNI 10951
	TIPO	R1 (Risorse operative)	UNI 10951 - UNI 11257
	TIPO	Scheda 1 (Riferimento intervento)	UNI 11257

Figura 51. Tipologia e riferimenti normativi dei parametri per la programmazione della manutenzione. Fonte: Osello, A., Ugliotti, F.M., Semeraro, F., “Il BIM orientato al Facility Management”, Infobuild.it, pp.18/05/2016. Disponibile su <https://www.infobuild.it/approfondimenti/bim-orientato-facility-management/> [ultima consultazione il 15/11/2020]

Questo metodo propone l'inserimento di parametri condivisi per specificare all'interno del modello il tipo di intervento che si rende necessario al seguito di un controllo descrivendolo ed indicandone costi e tempi.

Questi parametri sono chiaramente implementabili, si possono indicare ad esempio le risorse operative, il costo delle attrezzature, ma anche indicazioni relative ad una manutenzione in sicurezza. Nel caso studio della promenade si sono riscontrate alcune criticità nell'attuare questo metodo.

In primis, questi parametri non possono soddisfare tutte le strategie di manutenzione ma soltanto la manutenzione ordinaria programmata.

La scelta di applicare questi parametri al "tipo" di elemento, come indicato in figura 51, è coerente nel caso ci si riferisca alla strategia di manutenzione ordinaria programmata ma non per quella di manutenzione ordinaria riparativa (o a guasto) che interessa la singola istanza.

Ne consegue che questi parametri definiscono i soli interventi caratterizzati da periodicità, a conferma della presenza del parametro relativo alla frequenza (F), la cui unità di misura viene indicata dalle linee guida dell'Agenzia del Demanio in minuti. Una delle differenze riscontrate tra i vari testi che si riferiscono a questo approccio non riguarda soltanto il numero di parametri da inserire ma è proprio relativa alla strategia: alcuni propongono un solo parametro S, altri indicano la possibilità di utilizzare questo metodo con diverse strategie di manutenzione e non solo con quella di manutenzione ordinaria programmata.

A livello operativo, questo approccio si basa sulla creazione, per ogni tipologia di intervento, di una serie di parametri che la caratterizzano.

Su Revit, una volta creati i parametri condivisi è possibile in ogni momento selezionare o deselezionare le categorie di elementi a cui vengono applicati.

Se ne deduce che non si debbano inserire tanti parametri quanto il conteggio di tutti gli interventi del progetto e di tutte le categorie di elementi. Ma aggiungerne "soltanto" tanti quanto è il numero massimo di interventi di manutenzione ordinaria programmata previsti su un elemento appartenente al progetto.

Agli elementi con meno interventi non verranno applicati tutti i parametri condivisi inseriti, ma soltanto tante serie da 7 parametri (nel caso dell'immagine presentata) quante tipologie di intervento sono previste per quel determinato tipo.

Si presenta in seguito un caso pratico riferito alle fondazioni strutturali della promenade, considerata la categoria di elementi più semplice poiché vi è una sola famiglia e un solo tipo di elemento in tutto il progetto ed il piano di manutenzione prevede pochi interventi.

Il primo passaggio è stato quello di codificare il piano di manutenzione fornito: per il caso studio della promenade sono state individuate 52 tipologie di intervento: 13 per il modello BIM strutturale e 39 per quello elettrico. La tabella in figura 52 rappresenta gli interventi relativi alla sola categoria delle fondazioni strutturali.

Seguendo il numero di parametri indicati in figura 51, per questi elementi si dovrebbero inserire oltre al parametro S, ben 28 parametri condivisi per gestire esclusivamente la strategia di manutenzione ordinaria programmata.

Nel progetto della promenade, gli elementi per cui sono previsti il maggior numero di interventi per questo tipo di strategia sono i quadri elettrici: dal piano di manutenzione fornito se ne riconoscono 24. Si dovrebbero inserire dunque 168 parametri condivisi (7 per ogni tipologia di intervento) da creare e compilare all'interno del software di BIM Authoring. Ciò rappresenta una criticità dal punto di vista delle tempistiche di creazione e compilazione di questi parametri se non si utilizzano linguaggi di programmazione visuale. Questo accade perché il funzionamento del software Revit implica che per assegnare ad un oggetto delle informazioni si possano sol-

Codice Categoria	S	COD	M	F
FS	Programmata	Controllo visivo generale della struttura	ispezione visiva della superficie di tutti gli elementi costituenti la struttura in c.a. onde individuare crepe, filature, distacchi del copri ferro, rigonfiamenti, in particolar modo nelle zone più esposte agli agenti atmosferici.	525600
FS	Programmata	Controllo a cura di personale specializzato	controllo consistenza elemento strutturale ed eventuale presenza di lesioni o distacchi di materiale. Verifica integrità e perpendicolarità della struttura e delle possibili zone adiacenti all'elemento strutturale. Verifica della carbonatazione e dell'ossidazione dell'armatura	2628000
FS	Programmata	Consolidamento del terreno	sistemazione e consolidamento di terreno smosso	525600
FS	Programmata	Estirpazione della vegetazione	eliminazione di crescita di vegetazione (erba, licheni, muschi, ecc.) sulla superficie dell'elemento o su parte di essa	259200
FS	Riparativa	Intervento per anomalie di corrosione	rimozione parti ammalorate e ruggine/Ripristino armatura corrosa con vernici anticorrosive, malte, trattamenti specifici o attraverso idonei passivanti protettivi/Protezione/ Ricostruzione dei copriferri mancanti	NA
FS	Riparativa	Intervento per rinforzo elemento	riparazione e ripristino integrità e resistenza elemento strutturale lesionato tramite resine, malte, cemento o altri prodotti	NA
FS	Riparativa	Intervento per riparazione e ripresa delle lesioni	rinforzo strutturale mediante realizz. gabbie di armature integrative o applicazione nuovi componenti di rinforzo	NA
FS	Riparativa	Intervento per pulitura e rimozione	pulitura e rimozione cls ammalorato e sostanze estranee accumulate sulla superficie mediante spazzolature, idrolavaggi o sabbature a secco	NA
FS	Riparativa	Intervento per ripristino configurazione statica	consolidamento e ripristino linearità o orizzontalità elemento strutturale deformato anche mediante applicazione di elementi aggiuntivi di sostegno	NA

Figura 52. Stralcio della tabella degli interventi delle fondazioni strutturali della promenade Est-Ovest. Elaborazione originale dell'autore.

tanto aggiungere dei parametri: questi, se visualizzati in un abaco e dunque in forma tabellare, aggiungono nuove colonne. Non si possono aggiungere parametri che "duplicano" le righe ad un abaco: ogni elemento può apparire in una sola riga. Per questa ragione si sceglie di moltiplicare le colonne. La relazione tra i parametri che si riferiscono alla stessa tipologia di intervento avviene associando per ognuno un numero che indica che si riferiscono tutte alla stessa tipologia di intervento.

Nonostante ci siano delle criticità, superabili in Revit attraverso l'uso di Dynamo, questo approccio si ritiene coerente dal punto di vista metodologico. La strategia di modellazione indagata nell'ambito di questa tesi ritiene che il modello BIM debba costituire un database aggiornato ed affidabile in cui sono contenute le informazioni nel tempo stabili, che sono in effetti rappresentate dagli interventi programmati e non da quelli a guasto.

Per trovare una soluzione che possa comprendere anche gli altri interventi manutentivi e non solo la manutenzione ordinaria programmata, si è pensato di rivolgere le informazioni all'esterno del software di modellazione. Inizialmente, la prima proposta presentata è stata quella di eseguire un'operazione di Join tra tabelle con cardinalità uno-a-molti (1:M), basata su un valore chiave il cui risultato genererà una nuova tabella. Questa operazione, derivata dagli strumenti di sistemi informativi geografici (GIS) è rappresentata schematicamente in Figura 53 in riferimento alle fondazioni strutturali della promenade.

Abaco delle fondazioni strutturali

Codice Categoria	Famiglia	Identificativo	Area
Text	Elementid	Text	Area
FS	Platea	Progetto_Edificio_Disciplina_Famiglia_Tipo_Livello_n_prog(es.00001)	24,262 m²
FS	Platea	Progetto_Edificio_Disciplina_Famiglia_Tipo_Livello_n_prog(es.00002)	24,262 m²

Tabella degli interventi

Codice Categoria	S	COD	M	Varie
Text	Text	Text	Text	Number
FS	...	...	...	n
FS	...	...	...	n
FS	...	...	...	n

Creazione di una nuova Tabella

Codice Categoria	Famiglia	Identificativo	Area	S	COD	M	Varie
Text	Elementid	Text	Area	Text	Text	Text	Number
FS	Platea	Progetto_Edificio_Disciplina_Famiglia_Tipo_Livello_n_prog(es.00001)	24,262 m²	...	...	...	n
FS	Platea	Progetto_Edificio_Disciplina_Famiglia_Tipo_Livello_n_prog(es.00001)	24,262 m²	...	...	...	n
FS	Platea	Progetto_Edificio_Disciplina_Famiglia_Tipo_Livello_n_prog(es.00001)	24,262 m²	...	...	...	n
FS	Platea	Progetto_Edificio_Disciplina_Famiglia_Tipo_Livello_n_prog(es.00002)	24,262 m²	...	...	...	n
FS	Platea	Progetto_Edificio_Disciplina_Famiglia_Tipo_Livello_n_prog(es.00002)	24,262 m²	...	...	...	n
FS	Platea	Progetto_Edificio_Disciplina_Famiglia_Tipo_Livello_n_prog(es.00002)	24,262 m²	...	...	...	n

Figura 53. Rappresentazione concettuale dell'operazione di Join con cardinalità uno-a-molti, eseguita tra Abaco Revit e tabella degli interventi relativa alla categoria di elementi dell'abaco. Elaborazione originale dell'autore.

Lo schema riporta solo alcuni parametri come ad esempio l'area per l'abaco Revit ma il numero di colonne o di righe non è influente con le modalità di questa procedura.

Nel caso specifico delle fondazioni, si aggiunge una colonna alla tabella degli interventi che indica il Codice Categoria degli elementi il cui valore è per tutti i campi "FS" e si esporta l'abaco delle fondazioni strutturali che contiene tutti i parametri che li caratterizzano, tra cui necessariamente "identificativo" e "codice categoria". Per altre categorie di elementi sarà necessario utilizzare valori chiave differenti come il codice famiglia o inserire un parametro condiviso da utilizzare per l'operazione di Join uno per ogni strategia di manutenzione dell'opera.

Nel programma Power BI, che permette di gestire relazioni tra tabelle, si può facilmente eseguire il Join, creando una nuova tabella che duplicherà le righe dell'abaco su Revit, riportando per ogni fondazione, riconoscibile tramite il proprio identificativo, tutte le tipologie di intervento.

Nel caso studio, l'abaco delle fondazioni strutturali su Revit ha 6 righe che rappresentano matematicamente tutti gli elementi presenti nel progetto che appartengono a quella categoria, la tabella degli interventi per le fondazioni ha 9 righe e 5 colonne, per cui la tabella risultato del join tra le due tabelle, avrà 54 righe in totale e all'abaco Revit verranno aggiunte 4 colonne essendo il valore chiave, in questo caso la colonna relativa al Codice Categoria, coincidente con quella dell'abaco Revit.

Tuttavia, il risultato ottenuto non è considerabile metodologicamente corretto. Infatti, si procederebbe esportando tutti gli abachi per categoria in un unico file Excel in cui ogni foglio rappresenta una categoria (fondazioni strutturali, connessioni strutturali, ecc..), allo stesso modo con cui sono state create le tabelle degli interventi. Ogni categoria di elementi andrebbe relazionata con la corrispondente tabella di interventi manutentivi per poi ottenere molte nuove tabelle Excel, facilmente compilabili, utilizzabili per creare dashboard o report interattivi con Power BI ma difficilmente implementabili.

A livello normativo, per quanto riguarda l'attività di manutenzione con il BIM si richiama l'ormai nota normativa tecnica volontaria nazionale, la UNI11337, che al LOD G richiede di indicare le seguenti informazioni:

- Tipologia di intervento, che possiamo ritenere congruente con il parametro condiviso "COD"
- Data di manutenzione/sostituzione
- Soggetto manutentore

Le indicazioni della norma sono generiche e non specificano le modalità di inserimento di queste informazioni per non limitare la possibilità di utilizzare diverse piattaforme BIM-oriented.

L'approccio descritto, pur interpretando correttamente il requisito di aggiornabilità che la norma vuole indicare, si può ritenere non si basi fedelmente sulle prescrizioni della scala LOD.

Infatti, le informazioni richieste dalla UNI11337 si riferiscono a tutte le tipologie di intervento: il parametro "Data di manutenzione/sostituzione" suggerisce infatti l'inclusione della strategia di manutenzione riparativa.

La norma UNI10951 dal titolo "Sistemi informativi per la gestione della manutenzione dei patrimoni immobiliari - Linee guida" fornisce indicazioni metodologico-operative approfondendo gli obiettivi del sistema informativo. Quest'ultimo deve registrare gli storici, consentire l'elaborazione dei dati per supportare decisioni strategiche e fornire anche le indicazioni operative per pianificare, coordinare e controllare l'attività manutentiva.

In sintesi, l'inserimento dei dati non può prescindere da una consolidata strategia di gestione degli stessi che coinvolge diversi sistemi informativi. L'inserimento dei dati deve controllarne la coerenza, permetterne l'aggiornabilità e l'implementazione, ma soprattutto, i dati devono essere accessibili attraverso regole che ne garantiscano sicurezza e tracciabilità compatibilmente con la loro eterogeneità.

4. La soluzione più efficiente e la proposta transitoria

La soluzione più efficiente

Per sviluppare l'attività di facility management coerentemente con la metodologia BIM si rendono necessarie competenze informatiche avanzate e si devono attuare investimenti hardware e software da parte della committenza.

Tenuto conto degli aspetti precedentemente descritti, la soluzione operativa più valida sembra essere quella di utilizzare database relazionali che organizzino ed amplino i dati provenienti dal modello BIM. In particolare, con l'impiego di CMMS Software di tipo BIM-oriented, è possibile gestire e coordinare tutte le strategie di manutenzione: per sfruttare queste funzionalità è necessario predisporre un ambiente di condivisione dei dati. Inoltre, bisogna indicare ruoli, competenze e responsabilità degli addetti che operano direttamente o indirettamente sui dati per definire regole di accesso e protocolli di cybersecurity. Queste considerazioni trovano conferma in un articolo, di cui si riporta un estratto:

"La strada più efficiente in termini informatici, ma condizionata dalla disponibilità di infrastrutture di rete performanti, è quella di allestire un sistema software per supportare l'interoperabilità tra diversi elaboratori su di una medesima rete ovvero in un contesto distribuito; tale caratteristica si ottiene associando all'applicazione un'interfaccia software che esponga all'esterno il servizio associato".¹⁹

A livello operativo, il database relazionale con Revit può essere realizzato con Revit DB Link e gestito con Microsoft Access. La struttura di questo database è analoga agli abachi su Revit ma viene aggiunta una chiave primaria che relaziona i valori con cardinalità uno a uno (1:1) oppure uno a molti (1:M) e viceversa.

Per ottenere una soluzione completa, si dovrebbero utilizzare piattaforme web che sfruttino un'interfaccia user-friendly e dunque di facile utilizzo per gli operatori.

Il database deve evitare agli operatori di reinserire più volte gli stessi valori, pertanto è consigliabile sviluppare specifiche applicazioni mobile per garantire la portabilità dello strumento ed inserire i dati direttamente al momento dell'esecuzione dei controlli. Il BIM server consente di raccogliere le informazioni permettendo la consultazione degli storici ed organizzando diverse tipologie di file in modo strutturato.

Secondo la norma UNI11337 la gestione diretta o indiretta dei dati all'interno dell'ACDat è preferibile venga posta in capo alla committenza che può comunque decidere di delegarla ad una delle imprese affidatarie.

Le considerazioni finora espresse convergono l'attenzione sull'ambiente di condivisione dei dati, il cui concetto è mutato dal CDE britannico come sottolineato in un articolo pubblicato da Alberto Pavan:

"Potremmo dunque dire che il CDE britannico resta, nella sua essenza, un archivio documentale, seppure evoluto, l'ACDat italiano cerca di avvicinarsi sempre più ad un concetto di Data Base relazionale, più simile ad una struttura informativa aziendale"²⁰.

Pertanto, è la condivisione ed organizzazione dei dati all'interno dell'ACDat a permettere di sfruttare le funzionalità dei CMMS Software o a rendere accessibili i dati dalle piattaforme web.

¹⁹ Lo Turco, M., "Rappresentare e gestire patrimoni immobiliari: il BIM per il Facility Management", in *Territorio Italia*, 2015, 2, pp. 33-48.

²⁰ Pavan, A., "Ribaltamento di costi e responsabilità del Common Data Environment (CDE) su progettisti e imprese. È corretto?", www.ingegno-web.it, 21/12/2016.

La proposta transitoria

A seguito delle considerazioni precedentemente descritte, la strategia di modellazione informativa che nell'ambito di questa tesi indaga l'incremento informativo del modello BIM in fase di progettazione definitiva, prevede di codificare gli interventi manutentivi all'esterno del software di BIM Authoring ma restituire comunque queste informazioni all'interno del file di progetto, attraverso modalità che non devono inficiare nel livello di sviluppo degli oggetti. In particolare, si propone l'importazione di tabelle Excel che codificano tutte le tipologie di interventi manutentivi previste dal piano di manutenzione dell'opera. Come accade per l'inserimento di quote o di testi in Revit, anche le tabelle Excel, importate come spreadsheet ed inserite all'interno di apposite tavole per la manutenzione, permettono di restituire l'informazione al lettore senza creare alcun parametro.

L'obiettivo primario è quello di fornire tutti i dati per la programmazione della manutenzione e le loro relazioni logiche con gli smart object in modo tale da rendere facilmente comprensibili gli intenti.

Questa procedura si riferisce esclusivamente all'inserimento delle informazioni che forniscono le caratteristiche di ogni tipologia di intervento mentre i dati, anch'essi utili ad eseguire l'attività di manutenzione ma che rappresentano informazioni intrinseche degli elementi, vanno inserite come parametri. Ciò accade, ad esempio, per le informazioni di prodotto per ricambi ed acquisti tecnici.

Il funzionamento delle tavole interattive per la manutenzione è essenzialmente il medesimo per tutte. Ogni tavola si riferisce ad una o più famiglie di elementi. Il loro utilizzo permette di consultare tutte le informazioni disponibili sulle varie tipologie di intervento, contengono un'immagine esplicativa degli elementi interessati da quel tipo di interventi ed abachi che indicano quantità e caratteristiche degli smart objects corrispondenti agli oggetti reali. In questo modo, viene fornita un'indicazione sulle tempistiche e sui costi della manutenzione ordinaria programmata. Inoltre, per quanto riguarda la manutenzione correttiva, in caso si rendesse necessario un intervento, lo si può segnalare direttamente sulla tavola di riferimento della famiglia di elementi in cui sono inserite una o più viste interattive.

All'atto pratico, si attiva la vista inserita nella tavola, si seleziona l'elemento e si compila il parametro "Codice manutenzione ordinaria riparativa" assegnando un codice che indica la tipologia di intervento che si rende necessaria, le cui caratteristiche ricordiamo essere visualizzabili nella tabella excel importata sempre sulla tavola. L'elemento verrà evidenziato automaticamente nella vista a cui sono applicati filtri di visualizzazione grafica basati su quel parametro e apparirà nell'abaco sottostante con altri parametri utili a descrivere l'elemento stesso. All'abaco è stato impostato un filtro per cui mostra soltanto gli elementi che hanno il parametro "Codice manutenzione ordinaria riparativa" compilato, riportando il numero totale di elementi per i quali si rende necessario un intervento di riparazione o sostituzione. Tutti i dati inseriti, sia all'interno degli spreadsheet che i parametri assegnati agli oggetti del modello, sono aggiornabili ed implementabili. Tuttavia, si vuole ricordare che è sconsigliabile eseguire la gestione della manutenzione sul software di BIM Authoring, perchè non è predisposto a questo scopo.

Le tavole sono consultabili nell'ALLEGATO2, si allega a questo documento un unico estratto dalla tavola per la manutenzione degli apparecchi per illuminazione (figura 54).

L'immagine mostra, che subito dopo aver compilato il parametro, l'elemento in cui è necessario intervenire viene evidenziato in rosso su una vista preimpostata e compare nell'abaco sottostante il suo identificativo insieme a tutte le caratteristiche utili all'attività manutentiva.

La gestione dei dati relativi alle attività manutentive avviene successivamente alla consegna del modello as-built ma la pianificazione dell'attività di manutenzione dell'opera per ritenersi effica-

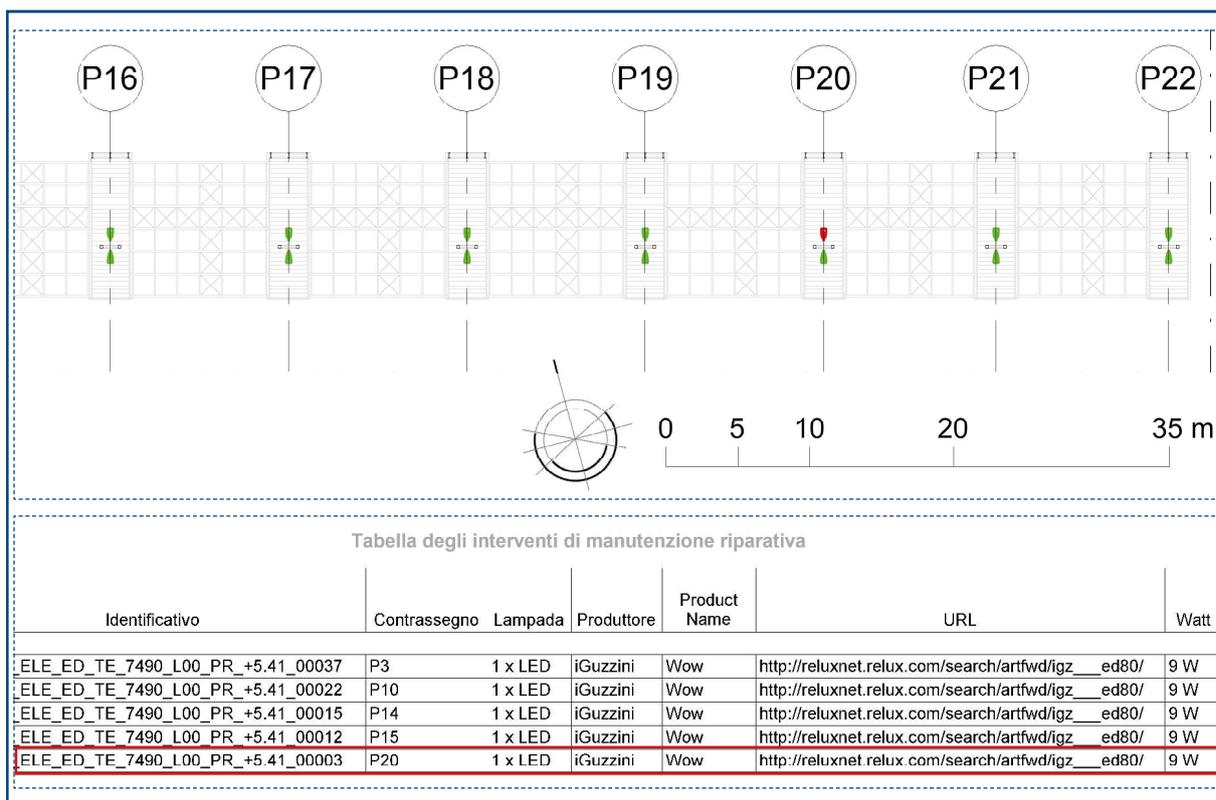


Figura 54. Estratto dalla Tavola per la manutenzione degli apparecchi per illuminazione. Nome della tavola di riferimento: TRP_PR_ELE_FM_ED [Disponibile in ALLEGATO2] Elaborazione originale dell'autore

ce deve essere già prevista dalla progettazione definitiva dell'opera. Il nuovo paradigma muove verso una nuova concezione del piano di manutenzione che non è più considerato come un documento statico ma è rappresentato dalla consegna strutturata di informazioni da aggiornare costantemente. La strategia di modellazione informativa basata sulla stabilità dei dati nel tempo non è applicabile direttamente al processo di gestione dell'opera, la cui caratteristica è proprio il continuo aggiornamento dei dati, è applicabile nella consegna del modello as-built perchè ciò che sta alla base di una corretta manutenzione è una profonda conoscenza delle caratteristiche tecniche dell'opera.

In questo lavoro non si vuole confondere il ruolo dell'architetto progettista con quello dell'architetto dei dati, figura che si occupa della progettazione di sistemi informatici ma si rileva piuttosto che la necessità di instaurare un dialogo univoco tra le varie figure competenti porti un avvicinamento alle competenze informatiche da parte dei progettisti. Infatti, nel proporre diversi scenari e nel confrontarne le caratteristiche, ci si trova spesso a dover gestire una grande mole di dati la cui comunicazione rientra comunque tra gli obiettivi progettuali.

La proposta delle tavole interattive non è in alcun modo da considerarsi la più efficiente ma piuttosto come una opzione transitoria alla costruzione di una rete di sistemi informativi che richiede diverse competenze ma soprattutto degli investimenti da parte della committenza.

Una soluzione corretta sull'organizzazione dei dati relativi al piano di manutenzione dell'opera all'interno e all'esterno dei software di BIM Authoring deve comprendere il dialogo tra progettisti e facility manager considerando che le competenze non sono soltanto edili ma anche gestionali, amministrative ed informatiche.

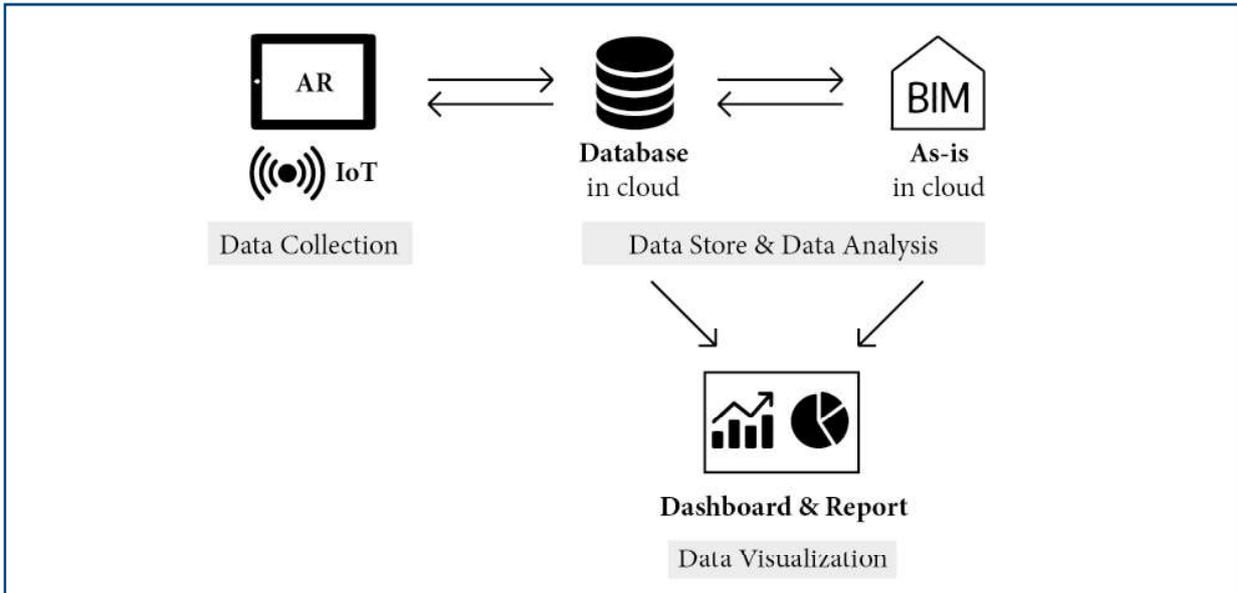


Figura 55. Workflow metodologico-operativo per l'integrazione tra BIM e Facility Management. Elaborazione originale dell'autore.

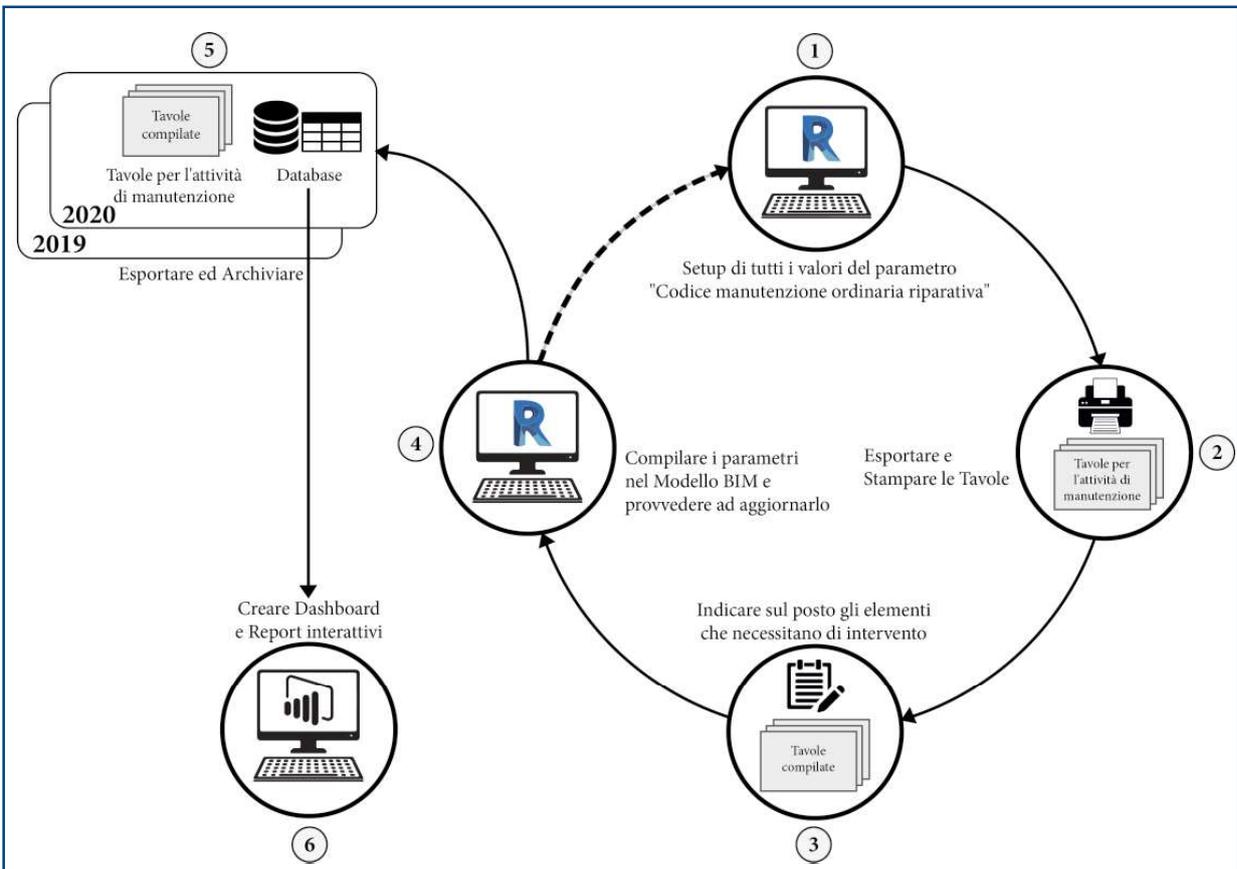


Figura 56. Proposta transitoria per supportare la gestione delle attività di manutenzione. Elaborazione originale dell'autore.

In figura 55 viene rappresentato lo schema metodologico-operativo che permette di gestire efficacemente e di rispettare le prescrizioni a livello normativo precedentemente descritte. Gli operatori che eseguono l'attività di manutenzione potranno utilizzare applicazioni che possono supportare la realtà aumentata per indicare univocamente gli interventi manutentivi da effettuare o già eseguiti aggiornando direttamente il database ed il modello BIM as-is pubblicati nell'ambiente di condivisione dati. L'integrazione tra il database ed il modello BIM permette inoltre di generare dashboard e report non soltanto alfanumerici ma corredati da riferimenti grafici. La visualizzazione e l'analisi di questi dati permette di rilevare miglie da apportare alle strategie di manutenzione che possono essere gestite e coordinate. In particolare, si possono prevedere strategie di manutenzione predittiva tramite l'installazione di sensori che trasmettono i dati al database pubblicato in cloud.

In conclusione, la strategia indagata per la realizzazione di un modello BIM a supporto della progettazione definitiva prevede l'inserimento di dati relativi alla programmazione della manutenzione ma che non implicino un incremento informativo degli oggetti. Il ruolo del progettista è comunicare efficacemente come si sono pianificate le attività di manutentive in relazione alle caratteristiche dell'opera, che è ciò che le tavole possono comunicare. Le informazioni sono dunque contenute nel modello e sono logicamente comprensibili.

Successivamente alla costruzione dell'opera, che ricordiamo potrebbe apportare varianti e dunque differenze tra Project Information Model e modello as-built, si relazioneranno a livello informatico i dati agli oggetti in modo da poterne usufruire efficacemente. A livello progettuale, si esplicano le modalità operative delle attività manutentive, A livello informatico bisognerebbe prevedere quantomeno il dialogo tra progettisti e facility manager. In ogni caso, non spetta al progettista predisporre l'ambiente di condivisione dati e l'allestimento di sistemi informatici.

Tuttavia, in questa tesi, è stata espressa la richiesta di ipotizzare comunque una modalità operativa efficace, precedentemente descritta ed una proposta transitoria, qui definita di tipo "Revit Stand-Alone", che permetta di eseguire l'attività manutentiva senza richiedere ulteriori investimenti economici e di formazione impliciti dell'utilizzo di software di facility management e/o di web-app.

Essa prevede di utilizzare le tavole su Revit come schematizzato in figura 56.

Inizialmente, su Revit, si resettano i valori dal parametro "Codice manutenzione riparativa" anche attraverso visual program languages. Il secondo step prevede di esportare e stampare le tavole per indicare sul posto gli elementi in cui sono stati eseguiti o si dovranno eseguire gli interventi.

Queste tavole verranno consegnate dagli operatori ad un esperto BIM che si occuperà di inserire queste informazioni sulle tavole, aggiornare il modello, implementarlo ed esportare un database con possibilità di relazionarlo tramite Join con le caratteristiche preimpostate degli interventi manutentivi e pubblicare database e tavole in un server BIM condiviso.

Le tavole forniscono il supporto per redigere relazioni, identificando univocamente gli elementi e le loro caratteristiche, in questo modo la committenza potrà tenere sotto controllo i costi e gli operatori dimostrare la loro diligenza nello svolgere l'attività di manutenzione dell'opera pubblica.

VII Risultati

1. Tavole progettuali e Tavole interattive per l'attività manutentiva

Tavole progettuali

All'interno dei modelli BIM strutturale ed elettrico sono state realizzate alcune tavole inserendo viste del modello agendo sui grade di ogni elemento e corredando i disegni con quote, etichette e legende.

In particolare sono state create 6 tavole progettuali in formato A1:

- quattro tavole per descrivere le opere strutturali ed architettoniche;
- due tavole per descrivere l'impianto fotovoltaico ed illuminotecnico.

Le prime derivano dal modello strutturale mentre le seconde dal modello elettrico.

Infine tutte le viste tematiche inserite nella sezione della Tesi "Filtri applicati agli abachi" sono state generate dai modelli BIM realizzati agendo sulle impostazioni di visualizzazione grafica e attraverso la creazione ed applicazione di filtri.

Tavole interattive per l'attività manutentiva

Per la programmazione della manutenzione si è pensato di fornire delle tavole all'interno del file di progetto che possano aiutare ad individuare gli elementi che necessitano di interventi e le cui caratteristiche sono descritte nella sezione della Tesi dedicata al 7D BIM.

In totale sono state realizzate 7 tavole sulla base del piano di manutenzione fornito.

Le tavole riguardano, per le opere strutturali ed architettoniche la gestione degli interventi per:

- Fondazioni strutturali;
- Connessioni strutturali;
- Carter di rivestimento.

Per l'impianto elettrico invece sono state realizzate 4 tavole interattive per gestire:

- Apparecchi per illuminazione;
- Pannelli fotovoltaici;
- Quadri elettrici;
- String-Box.

Le tavole progettuali sono consultabili nell'ALLEGATO 1 mentre le tavole per l'attività manutentiva sono raccolte nell'ALLEGATO 2.

2. Computo metrico estimativo ed elenco prezzi

Il computo metrico estimativo, allegato alle pagine seguenti del documento, comprende l'incidenza della manodopera specificandone l'importo e la percentuale sul totale.

Il C.M.E. è diviso per opere strutturali ed impiantistiche ed è strutturato in capitoli e sub-capitoli riepilogati all'ultima pagina di ognuna delle due sezioni.

Il costo complessivo ottenuto dalle operazioni di quantity take off e pricing utilizzando il prezzario Regione Piemonte 2020 per la costruzione del tratto della Promenade fotovoltaica in oggetto è di 2'305'000 €.

Il costo totale riferito alle opere strutturali è di 515'000 € di cui l'incidenza percentuale sul totale della manodopera è del 41,8% mentre la seconda sezione, che comprende impianto fotovoltaico e di illuminazione il costo totale è di 1'790'000 € di cui il 10,3% dei costi sono di manodopera.

Questi importi così come il modello BIM si riferiscono al tratto che è stato effettivamente realizzato, che non comprende la prima campata, ovvero quella compresa tra la griglia P1 e P2 come si evince dalle tavole progettuali e considerando come stato di fatto la foto del cantiere antecedente la realizzazione dell'opera in figura 19. A livello operativo sono state aggiunte le fasi al modello per indicare nello "stato di fatto", le pavimentazioni sopra all'area dei parcheggi, i quadri elettrici di bassa e media tensione ed alcune canaline preesistenti, indicate in blu nelle tavole progettuali impiantistiche [ALLEGATO 1]. Queste istanze vengono escluse dal computo, che rileva unicamente gli elementi a cui è associata la fase "Stato di progetto". A queste si aggiungono la pavimentazione della pista ciclabile ed il sistema di smaltimento delle acque meteoriche per le quali non sono state rilevate sufficienti informazioni.

Ulteriori considerazioni sui risultati, sono fornite in riferimento ai grafici dei costi che presentano i dati con una maggiore potenzialità comunicativa.

Alcune voci sono state computate con regole parametriche perché legate direttamente agli oggetti, altre tramite quotatura sul software di BIM Processing e dunque basandosi comunque sul modello BIM come, ad esempio, avviene per la cassatura o per la struttura di fissaggio dei pannelli fotovoltaici, elementi che non sono modellati ma le cui dimensioni sono facilmente ottenibili dal modello. In altri casi invece, sono state ipotizzate come avviene per la manodopera ed i noli che dipendono dalla strategia di costruzione dell'impresa, dalle risorse impiegate e dai mezzi ed attrezzature previsti e che dunque implicano una stima dei tempi (4D BIM).

**COMPUTO METRICO ESTIMATIVO
ed ELENCO PREZZI:

OPERE STRUTTURALI**

Num.Ord. TARIFFA	INDICAZIONE DEI LAVORI E DELLE SOMMINISTRAZIONI	Quantità	IMPORTI		COSTO Manodopera	incid. %
			unitario	TOTALE		
	R I P O R T O					
	LAVORI A MISURA					
	Allestimento di cantiere (Cap 1)					
1 01.A02.E10. 005	Allestimento di cantiere comprendente la collocazione di una unita' di decontaminazione provvista di almeno tre aree quali locale spogliatoio, locale doccia con acqua calda e fredd ... uanto richiesto dalla legislazione vigente in materia Compreso il trasporto e il noleggio per tutta la durata dei lavori					
	SOMMANO cad	1,00	1'674,47	1'674,47	0,00	
	Parziale Allestimento di cantiere (Cap 1) euro			1'674,47	0,00	0,000
	Fondazioni (Cap 2)					
	Scavi (SbCap 2)					
2 01.A01.A55. 010	Scavo a sezione obbligata o a sezione ristretta per opere di fondazione, in terreni sciolti o compatti, di larghezza minima 30 cm, anche in presenza di acqua fino ad un battente ma ... oltre 1,50 m di profondità da conteggiare totalmente a parte. Fino a 3 m di profondità rispetto al piano di sbancamento					
	SOMMANO m ³	145,57	10,84	1'577,98	838,54	53,140
	Opere in c.a. (SbCap 3)					
3 01.A04.B65. 010	Calcestruzzo a prestazione garantita in accordo alla UNI EN 206, per strutture di fondazione "massive" (plinti, travi rovesce e platee) e muri interrati di grande spessore. Classe ... UNI-EN 197/1-2006. Fornitura a piè d'opera, escluso ogni altro onere. Classe di resistenza a compressione minima C28/35					
	SOMMANO m ³	64,40	99,26	6'392,34	0,00	
4 01.A04.C03. 010	Getto in opera di calcestruzzo cementizio eseguito direttamente da autobetoniera con apposita canaletta In strutture di fondazione					
	SOMMANO m ³	64,40	8,73	562,21	562,21	100,000
5 01.A04.E00. 005	Vibratura mediante vibratore ad immersione, compreso il compenso per la maggiore quantita' di materiale impiegato, noleggio vibratore e consumo					
	A R I P O R T A R E			10'207,00	1'400,75	

Num.Ord. TARIFFA	INDICAZIONE DEI LAVORI E DELLE SOMMINISTRAZIONI	Quantità	IMPORTI		COSTO Manodopera	incid. %
			unitario	TOTALE		
	R I P O R T O			10'207,00	1'400,75	
6	energia elettrica o combustibile Di calcestruzzo cementizio armato SOMMANO m ³	64,40	8,89	572,52	412,67	72,080
01.A04.F00.0 15	Barre per cemento armato lavorate e disposte in opera secondo gli schemi di esecuzione In acciaio ad aderenza migliorata B450A o B450C per gli usi consentiti dalle norme vigenti SOMMANO kg	9'660,29	1,53	14'780,24	8'498,64	57,500
7	Formazione di casseforme per getti in calcestruzzo semplice od armato per un'altezza fino a 3.00 m dal piano di appoggio delle armature di sostegno. nel prezzo si intendono compres ... la superficie effettivamente a contatto con il conglomerato cementizio. Realizzate con tavole in legname di abete e pino SOMMANO m ²	78,14	33,11	2'587,22	2'359,54	91,200
	Parziale Fondazioni (Cap 2) euro			26'472,51	12'671,60	47,867
	Struttura in acciaio (Cap 3) Struttura portante (SbCap 4)					
8	Carpenteria per grandi orditure o industrializzata, capriate, tralicci, pilastri e simili,compresa coloritura ad una ripresa di antiruggine, escluse le sole opere murarie In ferro in profilati normali e lavorazione chiodata o bullonata SOMMANO kg	144'319,65	2,46	355'026,34	129'478,11	36,470
01.A18.A10. 010						
9	Zincatura a caldo eseguita secondo le norme uni 5744/ 66 con esclusione di alluminio nel bagno di fusione Di grossa carpenteria (profilati, np, lamiere di spessore oltre mm 2) SOMMANO kg	78'568,39	0,82	64'426,08	50'026,85	77,650
01.A18.G00. 015						
	Struttura di supporto (SbCap 5)					
10	Piccoli profilati aventi altezza superiore a mm 80 In ferro, forniti con una ripresa di antiruggine SOMMANO kg	69,93	3,07	214,69	154,68	72,050
01.A18.A60. 005						
	Parziale Struttura in acciaio (Cap 3) euro			419'667,11	179'659,64	42,810
	A R I P O R T A R E			447'814,09	192'331,24	

Num.Ord. TARIFFA	INDICAZIONE DEI LAVORI E DELLE SOMMINISTRAZIONI	Quantità	IMPORTI		COSTO Manodopera	incid. %
			unitario	TOTALE		
	R I P O R T O			447'814,09	192'331,24	
	Attrezzature esterne e rivestimenti (Cap 4) Rivestimenti (SbCap 6)					
11 01.P01.A10. 005	Operaio specializzato Ore normali SOMMANO h	408,00	36,91	15'059,28	15'059,28	100,000
12 01.P12.G00. 005	Lastre metalliche (prezzo medio) In lega di alluminio. SOMMANO kg	7'083,93	3,36	23'802,00	0,00	
13 01.P12.M10. 015	Rete tipo moscarola Di alluminio SOMMANO kg	533,40	4,59	2'448,31	0,00	
	Attrezzature esterne (SbCap 7)					
14 01.P01.A30. 005	Operaio comune Ore normali SOMMANO h	40,00	30,71	1'228,40	1'228,40	100,000
15 01.P27.M15. 005	Panca con intelaiatura in tubo d'acciaio del diametro esterno non inferiore a mm 30, sedile a schienale in reticolato di filo d'acciaio amaglia non superiore a mm 15x15, ricoperto in materiale sintetico colorato Lunghezza non inferiore a metri 2.00 SOMMANO cad	21,00	696,17	14'619,57	0,00	
	Parziale Attrezzature esterne e rivestimenti (Cap 4) euro			57'157,56	16'287,68	28,496
	Noli mezzi d'opera (Cap 5) Per sollevamento (SbCap 8)					
16 01.P24.C75.0 05	Nolo di piattaforma aerea rotante, rispondente alle norme ispeis, installata su autocarro, con braccio a piu' snodi a movimento idraulico, compreso l'operatore ed ogni onere connesso per il tempo di effettivo impiego Con sollevamento della navicella fino a m 12 SOMMANO h	112,00	52,69	5'901,28	4'134,44	70,060
17 01.P24.L10.0 05	Nolo di autogru idraulica telescopica compreso ogni onere per la manovra ed il funzionamento Della portata fino a q 100 SOMMANO h	56,00	51,99	2'911,44	2'067,12	71,000
	A R I P O R T A R E			513'784,37	214'820,48	

Num.Ord. TARIFFA	INDICAZIONE DEI LAVORI E DELLE SOMMINISTRAZIONI	IMPORTI	COSTO Manodopera	incid. %
		TOTALE		
	RIPORTO			
	<u>Riepilogo Strutturale CAPITOLI</u>			
M	VOCI A MISURA euro	515'251,01	215'706,33	41,864
M:001	Opere strutturali euro	515'251,01	215'706,33	41,864
M:001.001	Allestimento di cantiere euro	1'674,47	0,00	0,000
M:001.002	Fondazioni euro	26'472,51	12'671,60	47,867
M:001.002.002	Scavi euro	1'577,98	838,54	53,140
M:001.002.003	Opere in c.a. euro	24'894,53	11'833,06	47,533
M:001.003	Struttura in acciaio euro	419'667,11	179'659,64	42,810
M:001.003.004	Struttura portante euro	419'452,42	179'504,96	42,795
M:001.003.005	Struttura di supporto euro	214,69	154,68	72,048
M:001.004	Attrezzature esterne e rivestimenti euro	57'157,56	16'287,68	28,496
M:001.004.006	Rivestimenti euro	41'309,59	15'059,28	36,455
M:001.004.007	Attrezzature esterne euro	15'847,97	1'228,40	7,751
M:001.005	Noli mezzi d'opera euro	10'279,36	7'087,41	68,948
M:001.005.008	Per sollevamento euro	8'812,72	6'201,56	70,371
M:001.005.009	Per sbancamento euro	1'466,64	885,85	60,400
	TOTALE euro	515'251,01	215'706,33	41,864
	Data, 19/09/2020			
	Il Tecnico			
	----- ----- ----- ----- ----- ----- ----- ----- ----- ----- -----			
	A RIPORTARE			

Comune di Torino
Provincia di Torino

pag. 1

ELENCO PREZZI

OGGETTO: PROMENADE EST-OVEST - LOTTO 1
Capitolo 1: Opere strutturali

COMMITTENTE: Regione Piemonte

Data, 19/09/2020

IL TECNICO

Num.Ord. TARIFFA	DESCRIZIONE DELL'ARTICOLO	unità di misura	PREZZO UNITARIO
Nr. 1 01.A01.A55. 010	Scavo a sezione obbligata o a sezione ristretta per opere di fondazione, in terreni sciolti o compatti, di larghezza minima 30 cm, anche in presenza di acqua fino ad un battente massimo di 20 cm, eseguito con idonei mezzi meccanici, esclusa la roccia da mina, misurato in sezione effettiva, compreso il carico sugli automezzi, trasporto e sistemazione entro l'area del cantiere, escluse eventuali sbadacchiature per scavi oltre 1,50 m di profondità da conteggiare totalmente a parte. Fino a 3 m di profondità rispetto al piano di sbancamento euro (dieci/84)	m ³	10,84
Nr. 2 01.A02.E10. 005	Allestimento di cantiere comprendente la collocazione di una unita' di decontaminazione provvista di almeno tre aree quali locale spogliatoio, locale doccia con acqua calda e fredda, locale equipaggiamento e di una unita' di filtraggio acqua oltre a tutto quanto richiesto dalla legislazione vigente in materia Compreso il trasporto e il noleggio per tutta la durata dei lavori euro (milleseicentoseptantaquattro/47)	cad	1'674,47
Nr. 3 01.A04.B65. 010	Calcestruzzo a prestazione garantita in accordo alla UNI EN 206, per strutture di fondazione "massive" (plinti, travi rovesce e platee) e muri interrati di grande spessore. Classe di esposizione ambientale XC2 (UNI 11104), classi di consistenza S4 e S5, Dmax aggregati 32 mm, Cl 0.4, cemento "LH" a basso sviluppo di calore (inferiore o uguale a 270 J/g) in accordo alla UNI-EN 197/1-2006. Fornitura a piè d'opera, escluso ogni altro onere. Classe di resistenza a compressione minima C28/35 euro (novantanove/26)	m ³	99,26
Nr. 4 01.A04.C03. 010	Getto in opera di calcestruzzo cementizio eseguito direttamente da autobetoniera con apposita canaletta In strutture di fondazione euro (otto/73)	m ³	8,73
Nr. 5 01.A04.E00. 005	Vibratura mediante vibratore ad immersione, compreso il compenso per la maggiore quantita' di materiale impiegato, noleggio vibratore e consumo energia elettrica o combustibile Di calcestruzzo cementizio armato euro (otto/89)	m ³	8,89
Nr. 6 01.A04.F00.0 15	Barre per cemento armato lavorate e disposte in opera secondo gli schemi di esecuzione In acciaio ad aderenza migliorata B450A o B450C per gli usi consentiti dalle norme vigenti euro (uno/53)	kg	1,53
Nr. 7 01.A04.M00. 010	Formazione di casseforme per getti in calcestruzzo semplice od armato per un'altezza fino a 3.00 m dal piano di appoggio delle armature di sostegno. nel prezzo si intendono compresi e compensati gli oneri per la fornitura al piano, le opere di banchinaggio, le armature di sostegno e controventamento, i distanziatori metallici completi di staffaggio, il taglio, lo sfrido, il materiale accessorio, le chiodature, il disarmo e la pulizia, l'abbassamento, lo sgombero e quanto altro necessario per dare il lavoro finito a regola d'arte. la misurazione verrà effettuata sulla superficie effettivamente a contatto con il conglomerato cementizio. Realizzate con tavole in legname di abete e pino euro (trentatre/11)	m ²	33,11
Nr. 8 01.A18.A10. 010	Carpenteria per grandi orditure o industrializzata, capriate, tralici, pilastri e simili,compresa coloritura ad una ripresa di antiruggine, escluse le sole opere murarie In ferro in profilati normali e lavorazione chiodata o bullonata euro (due/46)	kg	2,46

Num.Ord. TARIFFA	DESCRIZIONE DELL'ARTICOLO	unità di misura	PREZZO UNITARIO
Nr. 9 01.A18.A60. 005	Piccoli profilati aventi altezza superiore a mm 80 In ferro, forniti con una ripresa di antiruggine euro (tre/07)	kg	3,07
Nr. 10 01.A18.G00. 015	Zincatura a caldo eseguita secondo le norme uni 5744/66 con esclusione di alluminio nel bagno di fusione Di grossa carpenteria (profilati, np, lamiere di spessore oltre mm 2) euro (zero/82)	kg	0,82
Nr. 11 01.P01.A10. 005	Operaio specializzato Ore normali euro (trentasei/91)	h	36,91
Nr. 12 01.P01.A30. 005	Operaio comune Ore normali euro (trenta/71)	h	30,71
Nr. 13 01.P12.G00. 005	Lastre metalliche (prezzo medio) In lega di alluminio. euro (tre/36)	kg	3,36
Nr. 14 01.P12.M10. 015	Rete tipo moscarola Di alluminio euro (quattro/59)	kg	4,59
Nr. 15 01.P24.A10. 005	Nolo di escavatore con benna rovescia compreso manovratore, carburante, lubrificante, trasporto in loco ed ogni onere connesso per il tempo di effettivo impiego, della capacita' di m ³ 0.500 euro (sessantauno/11)	h	61,11
Nr. 16 01.P24.C75.0 05	Nolo di piattaforma aerea rotante, rispondente alle norme ispels, installata su autocarro, con braccio a piu' snodi a movimento idraulico, compreso l'operatore ed ogni onere connesso per il tempo di effettivo impiego Con sollevamento della navicella fino a m 12 euro (cinquantadue/69)	h	52,69
Nr. 17 01.P24.L10.0 05	Nolo di autogru idraulica telescopica compreso ogni onere per la manovra ed il funzionamento Della portata fino a q 100 euro (cinquantauno/99)	h	51,99
Nr. 18 01.P27.M15. 005	Panca con intelaiatura in tubo d'acciaio del diametro esterno non inferiore a mm 30, sedile a schienale in reticolato di filo d'acciaio amaglia non superiore a mm 15x15, ricoperto in materiale sintetico colorato Lunghezza non inferiore a metri 2.00 euro (seicentonovantasei/17)	cad	696,17
Data, 19/09/2020			
Il Tecnico			
----- ----- ----- ----- ----- ----- -----			

**COMPUTO METRICO ESTIMATIVO
ed ELENCO PREZZI:**

IMPIANTO ELETTRICO

Num.Ord. TARIFFA	INDICAZIONE DEI LAVORI E DELLE SOMMINISTRAZIONI	Quantità	IMPORTI		COSTO Manodopera	incid. %
			unitario	TOTALE		
	R I P O R T O					
	LAVORI A MISURA					
	Impianto fotovoltaico (SpCap 1) Campo fotovoltaico (Cap 1) Moduli fotovoltaici (SbCap 1)					
1 03.A13.A01. 020	Posa in opera di moduli fotovoltaici a struttura rigida in silicio cristallino o amorfo, su struttura di sostegno modulare costituita da profil ... lo di cestello o altra attrezzatura per il trasporto su copertura Su coperture inclinate, superficie installata oltre m ² 100 SOMMANO m ²	2'517,20	61,43	154'631,60	154'631,60	100,000
2 03.P14.A03. 025	Moduli fotovoltaici ad integrazione architettonica totale realizzati con celle di silicio mono/policristallino Vetro-vetro SOMMANO Wp	371'712,00	3,87	1'438'525,44	0,00	
	Sistemi di montaggio (SbCap 2)					
3 01.P01.A10. 005	Operaio specializzato Ore normali SOMMANO h	168,00	36,91	6'200,88	6'200,88	100,000
4 03.P14.B02.0 05	Struttura metallica di fissaggio dei collettori solari. Su tetti inclinati, complanare alla falda, prezzo per metro quadro di collettore SOMMANO m ²	2'517,20	26,91	67'737,85	0,00	
	Impianti vano tecnico (Cap 2) Gruppo di conversione cc/ca (SbCap 3)					
5 01.P01.A20. 005	Operaio qualificato Ore normali SOMMANO h	32,00	34,21	1'094,72	1'094,72	100,000
6 03.P14.A12. 010	Inverter trifase in BT per connessione in rete con trasformatore per separazione galvanica, conversione DC/AC realizzata con tecnica PWM e pont ... distorsione armonica < 3%, efficienza > 90%, display a cristalli liquidi, conforme norme CEI 11-20. Potenza nominale 20 kWp SOMMANO cad	14,00	4'327,67	60'587,38	0,00	
	A R I P O R T A R E			1'728'777,87	161'927,20	

Num.Ord. TARIFFA	INDICAZIONE DEI LAVORI E DELLE SOMMINISTRAZIONI	Quantità	IMPORTI		COSTO Manodopera	incid. %
			unitario	TOTALE		
	R I P O R T O			1'728'777,87	161'927,20	
	Apparecchiature elettriche (SbCap 4)					
7 06.A09.M05. 015	F.O. Fornitura in opera di quadro protezione in pvc per utilizzatori F.O. di quadro protezione utilizzatori a parete con sezion. e fusibili 2P SOMMANO cad	14,00	44,99	629,86	301,01	47,790
	Linee di collegamento (SbCap 5)					
8 06.A01.I01.0 30	F.O. Fornitura in opera, in tubi o canaline predisposte, di cavo unipolare schermato compresi i collegamenti elettrici, morsetti, capicorda ed ogni accessorio per rendere il cavo perfettamente funzionante. F.O. di cavo tipo FG70M1H1M1 0,6/1 kV 1 x 16 SOMMANO m	350,00	6,62	2'317,00	1'076,25	46,450
9 06.A01.I02.0 15	F.O. Fornitura in opera, in tubi o canaline predisposte, di cavo bipolare schermato compresi i collegamenti elettrici, morsetti, capicorda ed ogni accessorio per rendere il cavo perfettamente funzionante. F.O. di cavo tipo FG70M1H1M1 0,6/1 kV 2 x 4 SOMMANO m	350,00	5,20	1'820,00	863,23	47,430
10 06.A01.I02.0 30	F.O. Fornitura in opera, in tubi o canaline predisposte, di cavo bipolare schermato compresi i collegamenti elettrici, morsetti, capicorda ed ogni accessorio per rendere il cavo perfettamente funzionante. F.O. di cavo tipo FG70M1H1M1 0,6/1 kV 2 x 16 SOMMANO m	2'940,00	11,00	32'340,00	10'342,33	31,980
	Accessori per il regolare funzionamento (SbCap 6)					
11 06.A10.B04. 010	F.O. Fornitura in opera di tubazione in polietilene a doppia parete per cavidotto interrato, resistenza alla compressione =>350N, completa di r ... la posa in opera, escluso la formazione e il ripristino degli scavi. F.O. di tubo corrugato doppia parete per cavidotto D.50 SOMMANO m	25,81	3,64	93,95	68,51	72,920
12 06.A10.B04. 030	F.O. Fornitura in opera di tubazione in polietilene a doppia parete per cavidotto interrato, resistenza alla compressione =>350N, completa di r ... a posa in opera, escluso la formazione e il ripristino degli scavi.					
	A R I P O R T A R E			1'765'978,68	174'578,53	

Num.Ord. TARIFFA	INDICAZIONE DEI LAVORI E DELLE SOMMINISTRAZIONI	Quantità	IMPORTI		COSTO Manodopera	incid. %
			unitario	TOTALE		
	R I P O R T O			1'765'978,68	174'578,53	
13	F.O. di tubo corrugato doppia parete per cavidotto D.110 SOMMANO m	205,12	6,57	1'347,64	817,88	60,690
06.A11.I01.0 60	F.O. Fornitura in opera di base per passerella a filo di acciaio zincato a caldo autoportante, completa di mensole di sostegno, piastre di giunz ... i e gli altri accessori sono gli stessi dlla canalina chiusa in acciaio zincato) F.O. di passerella a filo dimensione 150x75 SOMMANO m	341,70	14,98	5'118,67	2'317,73	45,280
	Impianto di illuminazione (SpCap 2) Linee elettriche (Cap 3)					
14	F.O. Fornitura in opera di cassette di derivazione da esterno in metallo, grado di protezione minimo IP 67, completa di coperchio, piastre e gu ... ori per i raccordi delle tubazioni e ogni altro accessorio per la posa in opera. F.O. di cassetta metallica IP 67 100x100x50 SOMMANO cad	21,00	13,97	293,37	168,75	57,520
06.A12.C01. 005						
15	F.o. di pozzetto Realizzato in muratura di mattoni pieni o in getto di calcestruzzo, completo di bordino e di chiusino in ghisa a tenuta ermeti ... 90 cm. Compreso scavo, ripristino e smaltimento materiale di risulta. F.O. di pozzetto 60x60x90 cm con chiusino 75 kg carr. SOMMANO cad	10,00	285,23	2'852,30	1'062,48	37,250
06.A12.E04. 030						
	Linee elettriche di collegamento (SbCap 7)					
16	F.O. Fornitura in opera, in tubi o canaline predisposte, di cavo tripolare schermato compresi i collegamenti elettrici, morsetti, capicorda ed ogni accessorio per rendere il cavo perfettamente funzionante. F.O. di cavo tipo FG70M1H1M1 0,6/1 kV 3 x 4 SOMMANO m	800,00	6,16	4'928,00	2'105,24	42,720
06.A01.I03.0 15						
	Corpi illuminanti (SbCap 8)					
17	Operaio comune Ore normali SOMMANO h	24,00	30,71	737,04	737,04	100,000
01.P01.A30. 005						
	A R I P O R T A R E			1'781'255,70	181'787,65	

Num.Ord. TARIFFA	INDICAZIONE DEI LAVORI E DELLE SOMMINISTRAZIONI	Quantità	I M P O R T I		COSTO Manodopera	incid. %
			unitario	TOTALE		
	R I P O R T O			1'781'255,70	181'787,65	
18 06.P26.A25. 010	Plafoniera con posa a soffitto o a sospensione, corpo in lamiera d'acciaio verniciata, diffusore in plastica prismatizzato o microprismatizzato ... efficienza luminosa > 110; per flusso compreso nel campo 3.600 ÷ 4.700 lm ed avente potenza elettrica assorbita fino a: 36 W SOMMANO cad	42,00	133,27	5'597,34	0,00	
	Mezzi d'opera e attrezzature (SpCap 3) Campo fotovoltaico (Cap 1) Per lavori in quota (SbCap 9)					
19 01.P24.C75.0 05	Nolo di piattaforma aerea rotante, rispondente alle norme ispels, installata su autocarro, con braccio a piu' snodi a movimento idraulico, compreso l'operatore ed ogni onere connesso per il tempo di effettivo impiego Con sollevamento della navicella fino a m 12 SOMMANO h	56,00	52,69	2'950,64	2'067,22	70,060
	Impianti vano tecnico (Cap 2) Impalcature (SbCap 10)					
20 28.A05.A10. 015	TRABATTELLO completo e omologato, su ruote, prefabbricato, di dimensioni 1,00x2,00 m, senza ancoraggi: altezza fino a 12,00 m: trasporto, montaggio, smontaggio e nolo fino a 1 mese o frazione di mese SOMMANO cad	1,00	234,21	234,21	0,00	
	Parziale LAVORI A MISURA euro			1'790'037,89	183'854,87	10,271
	T O T A L E euro			1'790'037,89	183'854,87	10,271
	----- ----- ----- ----- ----- ----- ----- ----- ----- ----- -----					
	A R I P O R T A R E					

Num.Ord. TARIFFA	INDICAZIONE DEI LAVORI E DELLE SOMMINISTRAZIONI	IMPORTI	COSTO Manodopera	incid. %
		TOTALE		
	RIPORTO			
	<u>Riepilogo Strutturale CAPITOLI</u>			
M	VOCI A MISURA euro	1'790'037,89	183'854,87	10,271
M:001	Impianto fotovoltaico euro	1'772'444,99	177'714,14	10,026
M:001.001	Campo fotovoltaico euro	1'667'095,77	160'832,48	9,647
M:001.001.001	Moduli fotovoltaici euro	1'593'157,04	154'631,60	9,706
M:001.001.002	Sistemi di montaggio euro	73'938,73	6'200,88	8,387
M:001.002	Impianti vano tecnico euro	105'349,22	16'881,66	16,024
M:001.002.003	Gruppo di conversione cc/ca euro	61'682,10	1'094,72	1,775
M:001.002.004	Apparecchiature elettriche euro	629,86	301,01	47,790
M:001.002.005	Linee di collegamento euro	36'477,00	12'281,81	33,670
M:001.002.006	Accessori per il regolare funzionamento euro	6'560,26	3'204,12	48,841
M:002	Impianto di illuminazione euro	14'408,05	4'073,51	28,272
M:002.003	Linee elettriche euro	14'408,05	4'073,51	28,272
M:002.003.006	Accessori per il regolare funzionamento euro	3'145,67	1'231,23	39,140
M:002.003.007	Linee elettriche di collegamento euro	4'928,00	2'105,24	42,720
M:002.003.008	Corpi illuminanti euro	6'334,38	737,04	11,636
M:003	Mezzi d'opera e attrezzature euro	3'184,85	2'067,22	64,908
M:003.001	Campo fotovoltaico euro	2'950,64	2'067,22	70,060
M:003.001.009	Per lavori in quota euro	2'950,64	2'067,22	70,060
M:003.002	Impianti vano tecnico euro	234,21	0,00	0,000
M:003.002.010	Impalcature euro	234,21	0,00	0,000
	TOTALE euro	1'790'037,89	183'854,87	10,271
	Torino, 17/09/2020			
	Il Tecnico			

	A RIPORTARE			

Comune di Torino
Provincia di Torino

pag. 1

ELENCO PREZZI

OGGETTO: PROMENADE EST-OVEST - LOTTO 1 (Area Torre)
Capitolo 2: Impianto elettrico

COMMITTENTE: Regione Piemonte

Data, 19/09/2020

IL TECNICO

Num.Ord. TARIFFA	DESCRIZIONE DELL'ARTICOLO	unità di misura	PREZZO UNITARIO	incid. %	importo
				MDO	MDO
Nr. 1 01.P01.A10.0 05	Operaio specializzato Ore normali euro (trentasei/91)	h	36,91	100.000	36,91
Nr. 2 01.P01.A20.0 05	Operaio qualificato Ore normali euro (trentaquattro/21)	h	34,21	100.000	34,21
Nr. 3 01.P01.A30.0 05	Operaio comune Ore normali euro (trenta/71)	h	30,71	100.000	30,71
Nr. 4 01.P24.C75.0 05	Nolo di piattaforma aerea rotante, rispondente alle norme ispeis, installata su autocarro, con braccio a piu' snodi a movimento idraulico, compreso l'operatore ed ogni onere connesso per il tempo di effettivo impiego Con sollevamento della navicella fino a m 12 euro (cinquantadue/69)	h	52,69	70.060	36,91
Nr. 5 03.A13.A01. 020	Posa in opera di moduli fotovoltaici a struttura rigida in silicio cristallino o amorfo, su struttura di sostegno modulare costituita da profilati in alluminio o acciaio, incluso cablaggio, escluso il nolo di cestello o altra attrezzatura per il trasporto su copertura Su coperture inclinate, superficie installata oltre m ² 100 euro (sessantauno/43)	m ²	61,43	100.000	61,43
Nr. 6 03.P14.A03.0 25	Moduli fotovoltaici ad integrazione architettonica totale realizzati con celle di silicio mono/policristallino Vetro-vetro euro (tre/87)	Wp	3,87	0.000	0,00
Nr. 7 03.P14.A12.0 10	Inverter trifase in BT per connessione in rete con trasformatore per separazione galvanica, conversione DC/AC realizzata con tecnica PWM e ponte IGBT, filtri EMC in ingresso e in uscita, scaricatori di sovratensione, interruttori di potenza, dispositivo di distacco automatico dalla rete, tensione di uscita 400 V, con frequenza 50 Hz e distorsione armonica < 3%, efficienza > 90%, display a cristalli liquidi, conforme norme CEI 11-20. Potenza nominale 20 kWp euro (quattromilatrecentoventisette/67)	cad	4'327,67	0.000	0,00
Nr. 8 03.P14.B02.0 05	Struttura metallica di fissaggio dei collettori solari. Su tetti inclinati, complanare alla falda, prezzo per metro quadro di collettore euro (ventisei/91)	m ²	26,91	0.000	0,00
Nr. 9 06.A01.I01.0 30	F.O. Fornitura in opera, in tubi o canaline predisposte, di cavo unipolare schermato compresi i collegamenti elettrici, morsetti, capicorda ed ogni accessorio per rendere il cavo perfettamente funzionante. F.O. di cavo tipo FG70M1H1M1 0,6/1 kV 1 x 16 euro (sei/62)	m	6,62	46.450	3,07
Nr. 10 06.A01.I02.0 15	F.O. Fornitura in opera, in tubi o canaline predisposte, di cavo bipolare schermato compresi i collegamenti elettrici, morsetti, capicorda ed ogni accessorio per rendere il cavo perfettamente funzionante. F.O. di cavo tipo FG70M1H1M1 0,6/1 kV 2 x 4 euro (cinque/20)	m	5,20	47.430	2,47
Nr. 11 06.A01.I02.0 30	F.O. Fornitura in opera, in tubi o canaline predisposte, di cavo bipolare schermato compresi i collegamenti elettrici, morsetti, capicorda ed ogni accessorio per rendere il cavo perfettamente funzionante. F.O. di cavo tipo FG70M1H1M1 0,6/1 kV 2 x 16 euro (undici/00)	m	11,00	31.980	3,52
Nr. 12 06.A01.I03.0 15	F.O. Fornitura in opera, in tubi o canaline predisposte, di cavo tripolare schermato compresi i collegamenti elettrici, morsetti, capicorda ed ogni accessorio per rendere il cavo perfettamente funzionante. F.O. di cavo tipo FG70M1H1M1 0,6/1 kV 3 x 4 euro (sei/16)	m	6,16	42.720	2,63
Nr. 13 06.A09.M05. 015	F.O. Fornitura in opera di quadro protezione in pvc per utilizzatori F.O. di quadro protezione utilizzatori a parete con sezion. e fusibili 2P euro (quarantaquattro/99)	cad	44,99	47.790	21,50
Nr. 14 06.A10.B04. 010	F.O. Fornitura in opera di tubazione in polietilene a doppia parete per cavidotto interrato, resistenza alla compressione =>350N, completa di raccordi ed ogni accessorio per la posa in opera, escluso la formazione e il ripristino degli scavi. F.O. di tubo corrugato doppia parete per cavidotto D.50 euro (tre/64)	m	3,64	72.920	2,65

2. Grafici dei costi

I risultati ottenuti dal computo metrico estimativo sono stati organizzati in grafici.

Su Primus non solo è possibile redarre documenti ma anche esportare gli importi delle misurazioni in tabelle Excel. I dati contenuti nelle tabelle, una volta ordinati e modificati, possono essere importati e trasformati per ottenere diagrammi che ne agevolino la comprensione.

I grafici dei costi alle pagine successive sono stati creati utilizzando Power BI. Un programma che permette di visualizzare i dati attraverso diagrammi personalizzabili ed interattivi. Largamente usato per la creazione di dashboard, report interattivi o immersivi, può unificare i dati da diverse origini, creare relazioni tra tabelle ed esportare le nuove in tabelle create in Excel.

Queste operazioni capaci di aumentare la comprensione dei dati attraverso la rappresentazione grafica strutturata, rientrano nell'attività di Data visualization, attività comunicativa per aiutare a prendere decisioni sulla base dei dati.

Alle pagine seguenti si presentano principalmente tre tipi di grafici per rappresentare i costi relativi alle opere strutturali e all'impianto elettrico.

Grafici ad anello

Mostrano la ripartizione dei costi e presentano l'incidenza percentuale rispetto al costo totale. Quello superiore è stato realizzato per macro-categorie di elementi, quello sottostante invece è strutturato per singole voci ed al suo centro è stato collocato un **diagramma ad albero di scomposizione**. In questo modo si possono consultare gli importi di ogni voce. Entrambi i grafici ad anello sono tematizzati con una legenda colore per macro categorie.

Grafici a colonne in pila

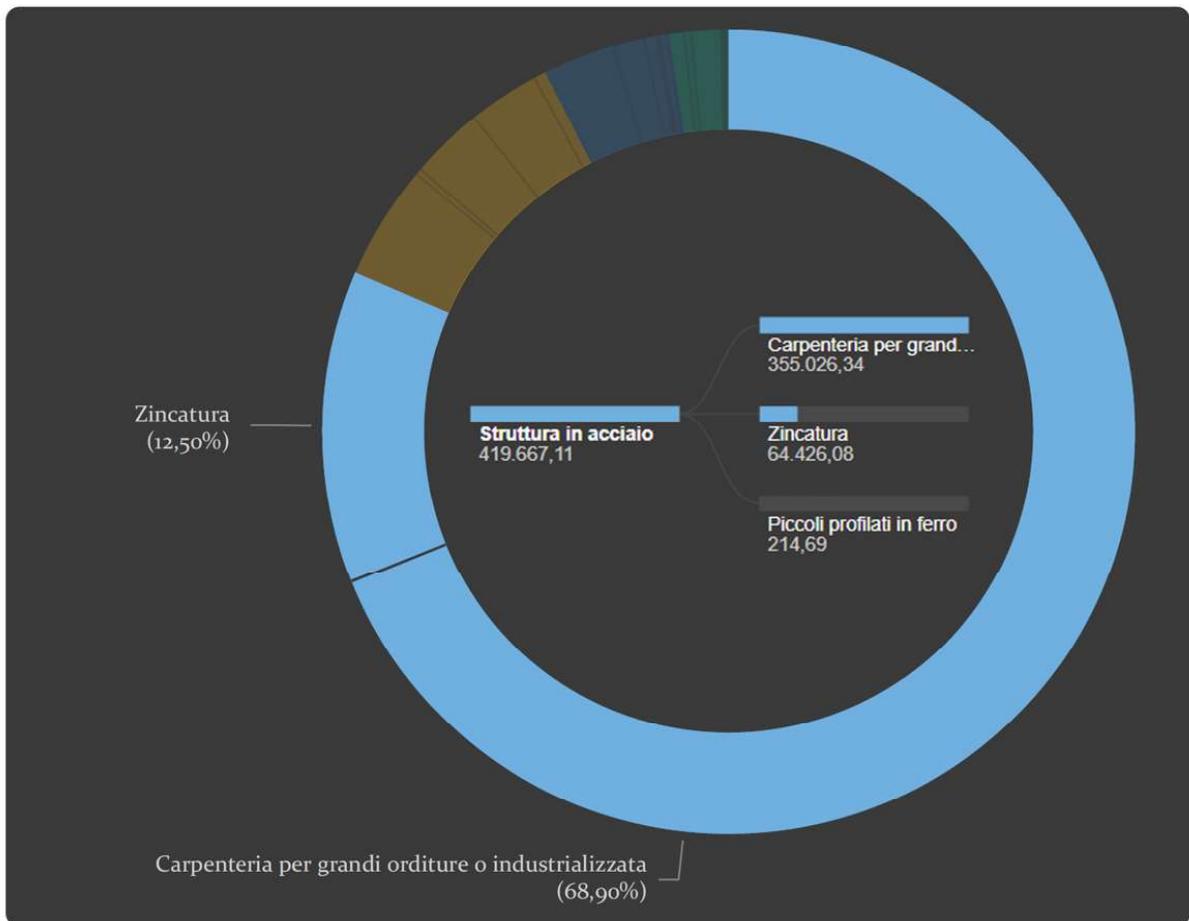
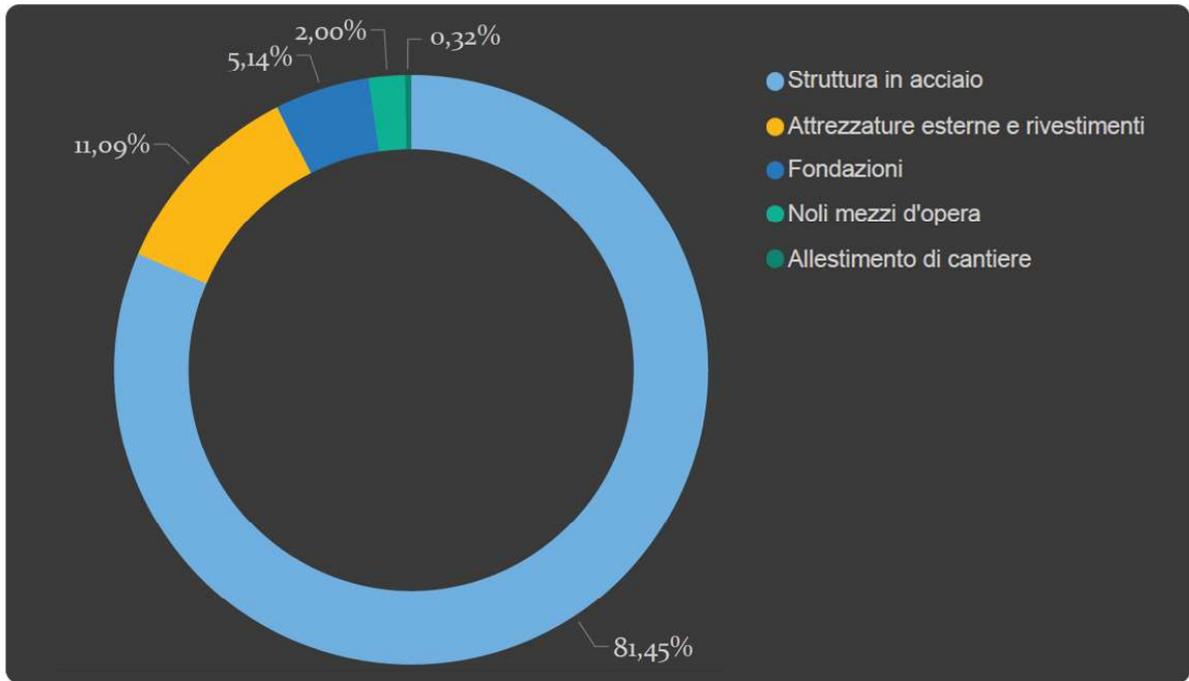
Permettono di confrontare gli importi di ogni lavorazione e dunque di ogni voce per costo del materiale. Ogni colonna rappresenta una lavorazione, se una voce comprende sia la manodopera che il costo del materiale, i due importi vengono scorporati e rappresentati in due differenti pile e sovrapposti. L'importo totale è indicato con una etichetta posta in sommità, mentre i due importi che ne sono addendi vengono indicati con etichette interne alle due colonne: la pila bianca è il costo del materiale, quella grigia è l'importo della manodopera. Le colonne sono disposte in ordine decrescente rispetto all'importo totale e permettono il confronto del costo del materiale tra diverse voci. Queste informazioni possono essere utili per compiere scelte progettuali più economiche i cui ragionamenti non devono prescindere dalla futura attività di manutenzione dell'opera.

Grafici a barre raggruppate

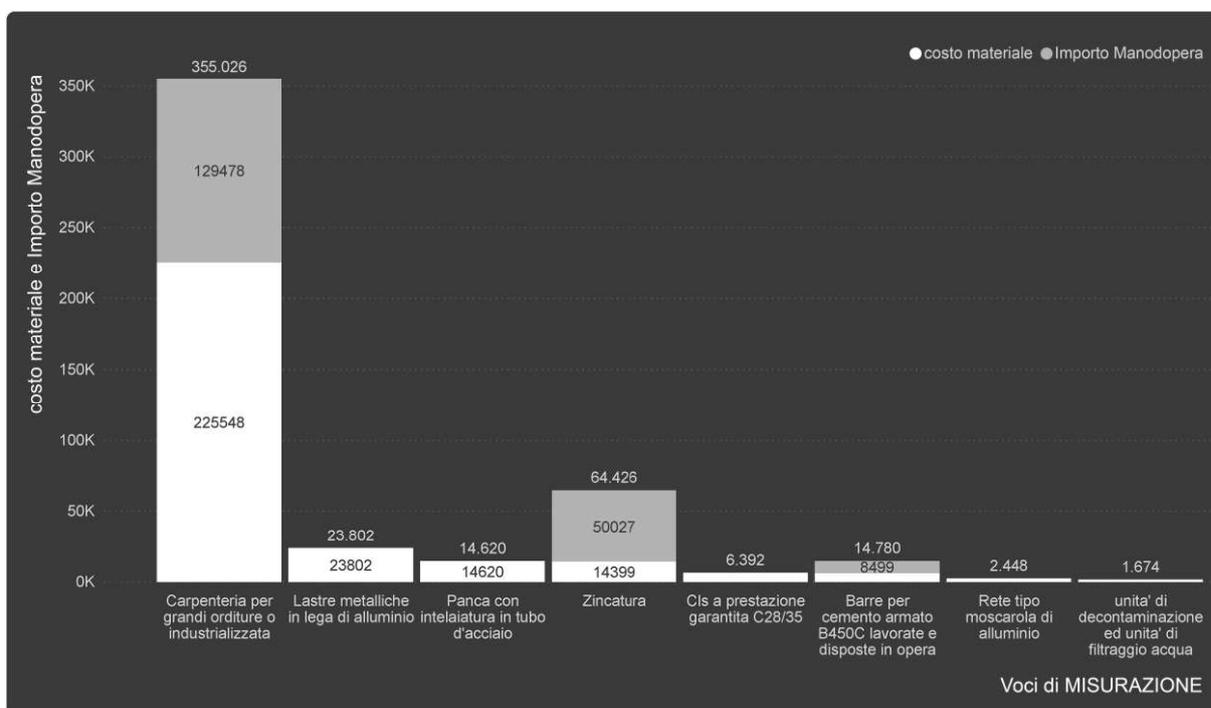
Questo tipo di grafico è molto utile per confrontare importi che si riferiscono a diversi listini. Nell'esempio presentato si sono poste a confronto le voci più significative dell'opera per comprendere l'andamento del mercato negli ultimi 5 anni. Il confronto è avvenuto tra il Prezzario Regione Piemonte del 2015 e del 2020. Un'operazione che è possibile eseguire facilmente perchè Primus permette il confronto diretto tra listini riconoscendo lo stesso codice tariffa e i relativi importi. Dopo aver verificato anche manualmente i risultati, si sono confrontati i Prezzi Unitari: ponendo il listino del 2015 come 100% si ottiene la variazione percentuale dopo 5 anni, del costo delle stesse lavorazioni. In particolare, per le opere strutturali si nota un leggero incremento del costo della carpenteria metallica e della zincatura ed una riduzione di circa il 15% del costo del calcestruzzo. Infine per l'impianto fotovoltaico si registrano più del 50% dei costi in meno.

Grafici dei costi: opere strutturali

Incidenza percentuale dei costi



Voci che incidono maggiormente

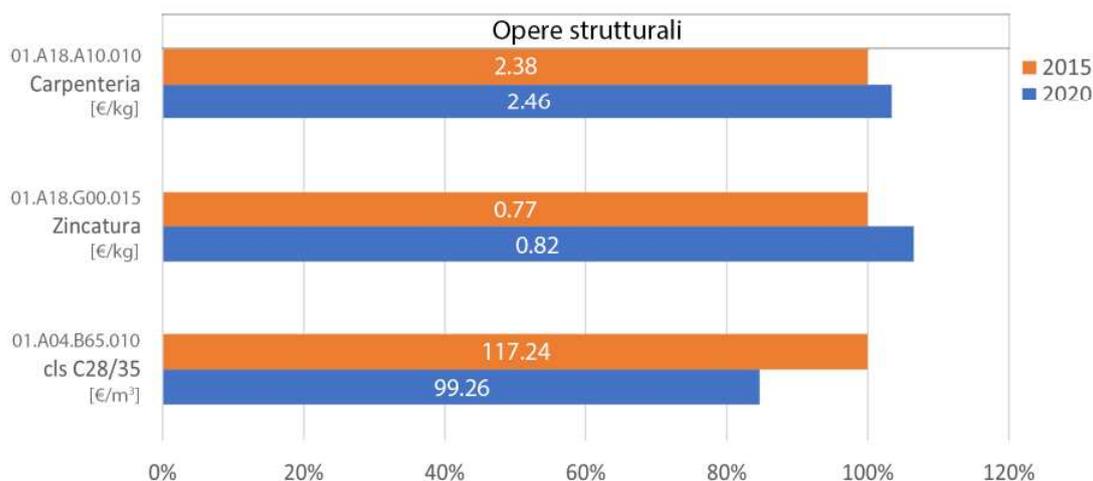


Le due voci più significative per le opere strutturali sono la Carpenteria metallica e la Zincatura. Per entrambe le voci il costo della manodopera è elevato, rispettivamente pari al 36% e al 78% del costo totale.

La zincatura secondo le indicazioni progettuali non è stata applicata a tutti i profilati metallici ma soltanto alla struttura metallica che risulta interamente rivestita in carter.

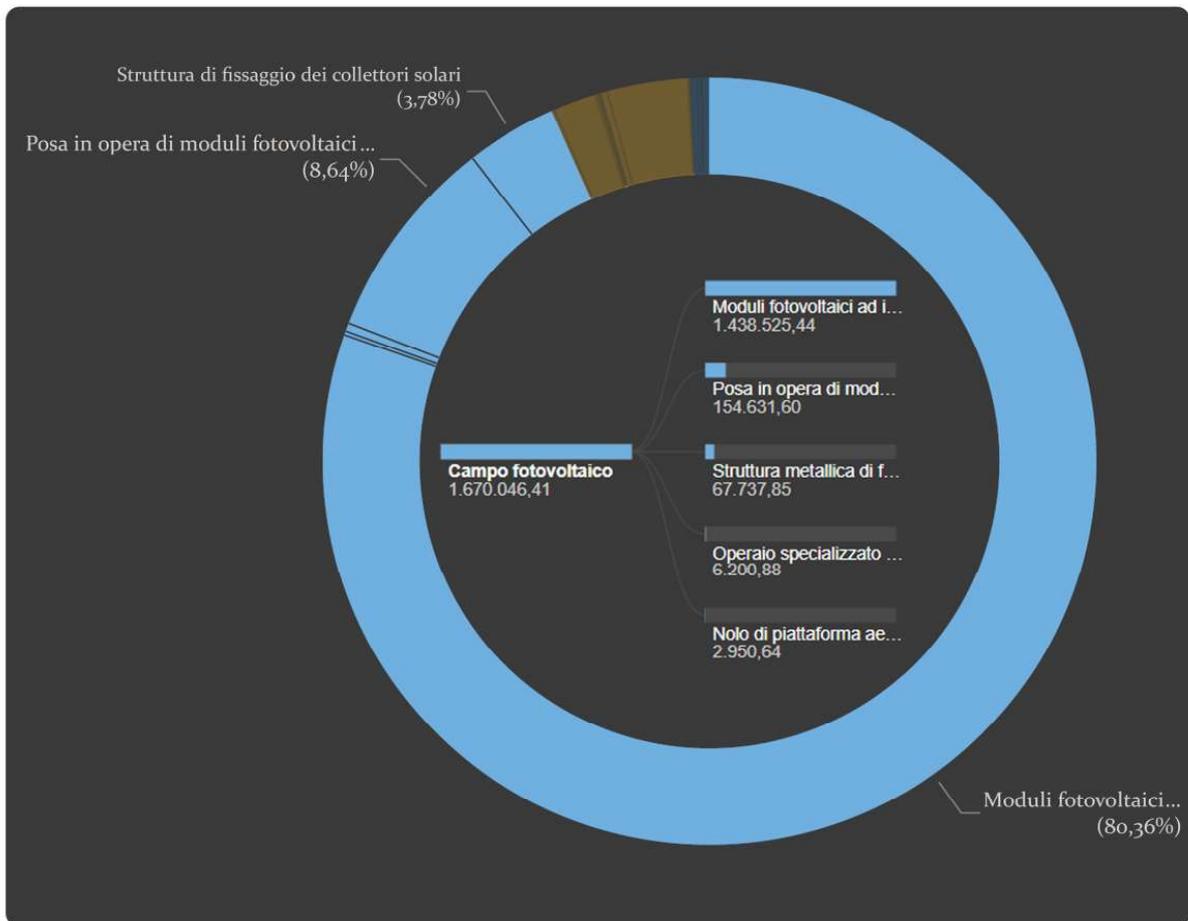
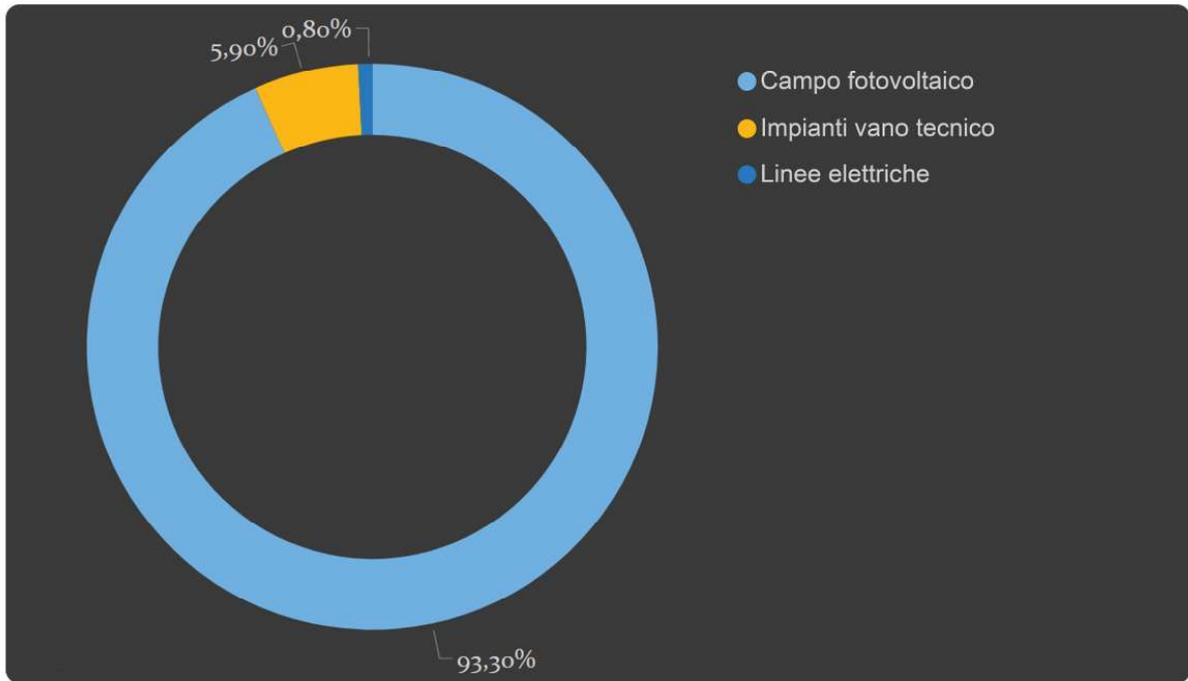
Probabilmente questa scelta è dovuta al fatto che il controllo visivo degli elementi rivestiti, essendo più difficoltoso, possa essere eseguito meno frequentemente, per cui si è previsto di fornire una maggiore resistenza alla corrosione ai materiali meno ispezionabili.

Confronto tra listini

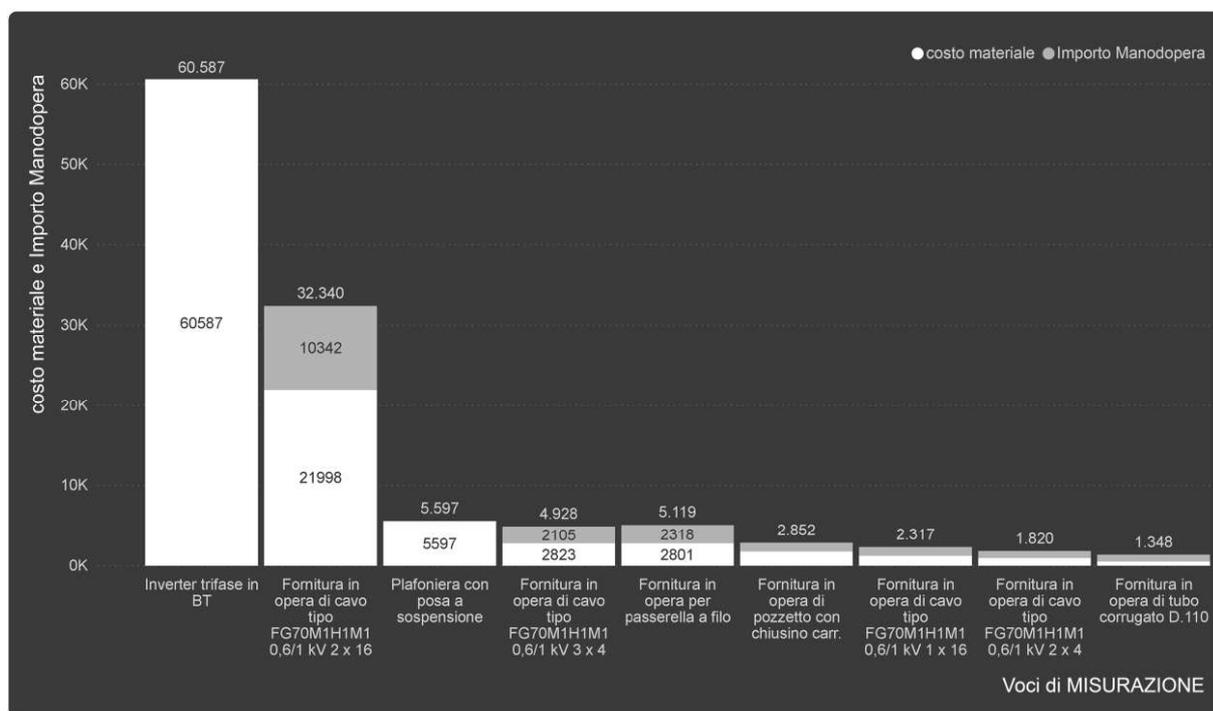


Grafici dei costi: impianto elettrico

Incidenza percentuale dei costi

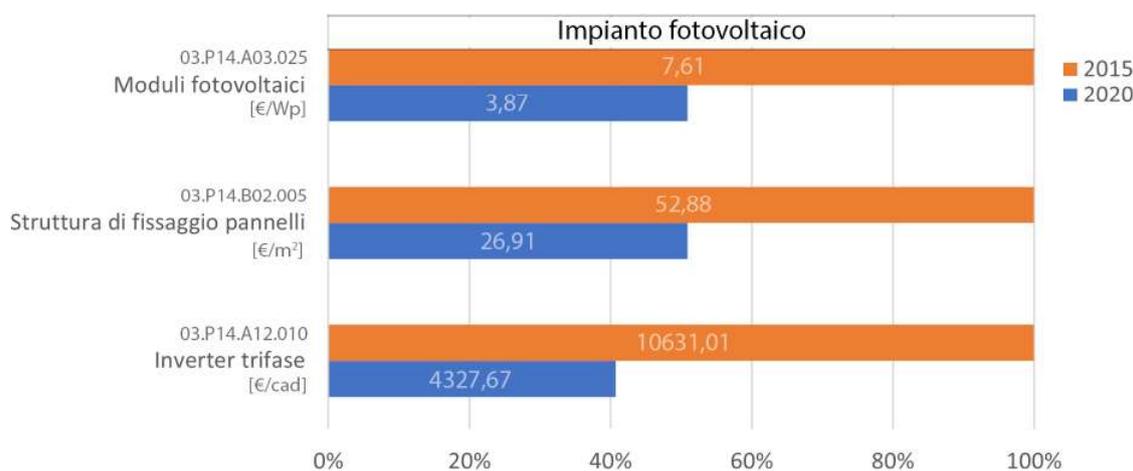


Voci che incidono maggiormente



Le voce più significativa per l'impianto elettrico si riferisce ai moduli fotovoltaici ad alta efficienza il cui solo costo del materiale è pari all'80% del costo complessivo degli impianti elettrici. Al secondo posto per costo del materiale la struttura di fissaggio. In queste due voci è già stato scorporato il costo del materiale dalla manodopera, visibile nel diagramma ad albero di scomposizione, all'interno al grafico ad anello della pagina di sinistra, pertanto non sono stati inseriti nello schema soprastante.

Confronto tra listini



VIII Conclusioni

1. Conclusioni

Quando si trattano i dati che descrivono un'opera, ci si accorge che è riduttivo considerarli soltanto come componente grafica ed alfanumerica. Il tema dell'affidabilità delle informazioni, dell'accuratezza dei dati geometrici, del requisito di aggiornabilità e possibilità di implementazione, della loro accessibilità, la relazione che i dati hanno tra loro ed il sistema di metadocumentazione sono tutti fattori che definiscono la qualità di modellazione informativa.

Per creare il modello BIM di un'opera come la Promenade Est-Ovest, caratterizzata da una struttura modulare, è particolarmente importante saper gestire gli elementi che la compongono non solo singolarmente ma nel loro insieme. Pertanto, se non si vuole incorrere in lunghi tempi di modellazione è bene prevedere, quando possibile, il mantenimento della funzionalità parametrica degli oggetti attraverso la corretta gestione dei parametri di tipo e la creazione di gruppi o assiemi che consentano la gestione di più elementi. Per svolgere la modellazione informativa è stata codificata ogni parte dell'opera classificando per famiglia e tipo tutti gli elementi del progetto e sono state ponderate scelte come preferire la creazione di connessioni strutturali all'inserimento di singole entità quali piastre, bulloni ed ancoraggi.

Per comprendere un progetto in tutte le sue parti è necessaria una grande capacità di comunicazione da parte dei progettisti. La produzione di elaborati bidimensionali è molto limitante sotto questo aspetto ed il contesto dell'opera non è escluso da questo tipo di considerazioni. Per questa ragione, prima di sviluppare il modello BIM della Promenade si è reso necessario inserire il file rappresentativo dell'area su cui sorge l'opera, per comprenderne le scelte formali che sono state affrontate in fase progettuale proprio in relazione all'ambiente. Ne è un esempio la gestione del dislivello di circa 2 metri nel senso longitudinale e la collocazione di attrezzature elettriche nel locale della cabina di trasformazione presente sul file degli interrati. Comporre modelli BIM multidisciplinari pone spesso il progettista di fronte a varie problematiche costruttive si pensi ad esempio alle interferenze geometriche tra elementi che spesso si traducono in nuove formetrie da prevedere.

Infine, la possibilità di interrogare globalmente gli elementi attraverso viste tematiche o consultando gli abachi dona al progettista una visione complessiva più concreta dell'opera. Un aspetto molto interessante è infatti proprio quello della graficizzazione dei dati che potrebbe non solo trovare un'utilità analitica ma avere, un domani, persino risvolti creativi purché coerenti con le intenzioni progettuali.

Il capitolo dedicato allo sviluppo della quinta dimensione del BIM pone in evidenza il fatto che il software di modellazione Revit sia uno strumento di misurazione di elevata precisione ma anche che è il professionista che, conoscendone le caratteristiche determina la correttezza dei risultati. Infatti è stata riscontrata una differenza di peso tra gli stessi pilastri a dettaglio medio e a dettaglio alto, identificando l'errore nel parametro del volume calcolato.

Ne consegue, che se si considera di utilizzare il valore del parametro volume di una famiglia come dato affidabile per eseguire calcoli, si deve controllare che il risultato si riferisca al dettaglio

alto dell'elemento e che i volumi a dettaglio medio o basso non interferiscano con il calcolo. Questo esempio fa emergere l'importanza di interrogarsi sempre sull'affidabilità dei dati al momento del loro utilizzo. La scelta di mantenere i GRADE degli oggetti vuole sottolineare la prevalenza della capacità comunicativa e di rappresentazione che caratterizza il software di modellazione, preposto soprattutto per la redazione di tavole progettuali a diverse scale ma che non è assoluta ma da considerare in relazione alle esigenze progettuali.

Il 5D BIM comprende due operazioni: il *Quantity Take Off* e il *pricing*.

L'estrazione delle quantità dal modello o *Quantity Take Off* è un'operazione fondamentale per la stima del costo di costruzione ma è anche utilizzata durante la fase di gestione dell'opera, ad esempio, per determinare i costi degli interventi manutentivi. Per formulare preventivi a consuntivo bisogna infatti conoscere informazioni sul manufatto quali il numero di elementi da controllare o la superficie complessiva in cui applicare un prodotto specifico.

Pertanto, la perdita informativa riguardante i dati che consentono lo svolgimento del computo metrico degli oggetti modellati costituisce uno svantaggio importante. Quando possibile, questi dati, insieme a tutte le informazioni che contribuiscono a definire le caratteristiche fisiche, meccaniche e termiche delle entità modellate dovrebbero essere inseriti direttamente nel software di BIM Authoring.

Viceversa, accade per l'incremento informativo determinato dall'operazione di pricing ovvero di applicazione dei prezzi unitari.

Si riporta a favore di questa conclusione un articolo pubblicato dall'*International Journal of Science and Research (IJSR)* in cui si legge:

"[...] il prezzo non può essere ottenuto dal modello. La stima dei costi richiede la competenza dello stimatore per analizzare i componenti di un materiale e come questi vengono installati"²¹.

I prezzi di riferimento sono molto diversificati tra loro, le voci che definiscono dovranno essere adattate a tutta una serie di condizioni esterne all'opera stessa che il modello BIM, per quanto completo, non può indicare. Inoltre, i prezzi hanno un'attendibilità che decrementa nel tempo, non si tratta di informazioni stabili nel corso della vita dell'opera, nè di dati che richiedono di essere aggiornati successivamente alla fase costruttiva. Per questa ragione la strategia indagata non ne prevede l'inserimento nel software di BIM Authoring e la loro eventuale presenza dovrebbe essere rimossa al momento della consegna del modello come as-built.

L'evoluzione informativa di un modello BIM, intesa come incremento informativo geometrico ed alfanumerico durante lo svolgimento di una commessa BIM non coincide semplicemente con la progressione indicata nella scala LOD come indica la norma stessa. Il livello di sviluppo degli oggetti è legato alle prescrizioni del capitolato informativo, alla necessità e alle modalità di sviluppo dei BIM Uses del modello informativo di progetto.

²¹ Metkari, A.A., Attar, A.C., "Application of Building Information Modeling Tool for Building Project", in *International Journal of Science and Research (IJSR)*, 2015, 4 (5), pp. 324-9.

Il CI è dunque il punto di partenza e comprende un minimum modeling requirement basato su una scala LOD normata affiancato da richieste diversificate che possono prevedere non soltanto l'inserimento di dati geometrici ed informativi, come descritto nella sezione dedicata al capitolo "Specifiche definite dalle linee guida". Le modalità di svolgimento di BIM Use influenzano l'incremento informativo del modello, il quale dovrebbe essere controllato e presentato nel pGI ricordando che la gestione informativa non dovrebbe contemplare esclusivamente la quantità di dati da inserire nel modello ma interessarsi alla qualità della modellazione nella sua concezione più ampia.

Una strategia di modellazione definita sulla base dello svolgimento di più usi contempla sempre l'utilizzo di più software come nel caso presentato in questa tesi per il 5D BIM utilizzando Primus e per la comunicazione dei risultati, il programma di Data Visualization Power BI. Inoltre, si devono fare considerazioni sulla stabilità dei dati nel tempo che richiedano una aggiornabilità necessaria a compiere futuri sviluppi dei BIM Uses dal momento della consegna del modello as-built. Queste considerazioni permettono di compiere decisioni su quali dati debbano essere inseriti all'interno del software di BIM Authoring e dunque possono aiutare a compiere decisioni sulla scelta dei software da utilizzare che costituiscono un investimento, da parte dei progettisti anche in termini di formazione.

Per quanto riguarda la programmazione della manutenzione ma estendibile anche all'attività di Facility Management, la soluzione più efficace si basa sulla struttura dell'ambiente di condivisione dei dati che viene predisposta dalla stazione appaltante.

Infatti, è la condivisione dei dati in un server a permettere di sfruttare le funzionalità dei software CMMS e/o di rispettare le principali indicazioni normative sulla predisposizione dei database con particolare riferimento alla sicurezza e tracciabilità dei dati.

La committenza deve scegliere se attuare una serie di investimenti internamente alla propria organizzazione o rivolgersi ad aziende esterne per curare l'attività di facility management.

La dotazione hardware e software non è sufficiente allo sviluppo dei BIM uses relativi alla settima dimensione del BIM, che non si prefiggono l'obiettivo di redigere documenti statici, ma richiedendo un costante aggiornamento dei dati, l'interoperabilità non deve più avvenire soltanto tra il sistema di software allestito ma permettere ai diversi elaboratori delle figure competenti di intervenire sul database posto nell'ambiente di condivisione dei dati.

L'allestimento di questa rete di sistemi informativi in un contesto distribuito richiede una "interoperabilità tridimensionale" che impone investimenti sulla componente tecnologica, organizzativa e decisionale della committenza ma che se attuata può portare ad una gestione efficiente e sostenibile per la singola opera (BIM), a scala di quartiere (DIM) e per la Smart City.

IX. Bibliografia e sitografia

1. Bibliografia

- Di Giuda, G. M., (a cura di), *Introduzione al BIM: Protocolli di modellazione e gestione informativa*, Società Editrice Esculapio, 2019.
- Di Giuda, G. M., Maltese, S., Re Cecconi, F., Villa, V., *Il BIM per la gestione dei patrimoni immobiliari: Linee guida, livelli di dettaglio informativo grafico (LOD) e alfanumerico (LOI)*, Milano: Hoepli editore, 2017.
- Eastman, C., Fisher, D., Lafue, G., Lividini, J., Stoker, D., Yessios, C., *An Outline of the Building Description System*, Institute of Physical Planning, Carnegie-Mellon University, 1974.
- Eastman, C., Teicholz, P., Sacks, R., Liston, K., *BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers, and Contractors*, John Wiley & Sons Inc., Hoboken, 2008.
- Comunità Europea: EUBIM Task Group, *Manuale per l'introduzione del BIM da parte della domanda pubblica in Europa. Un'azione strategica a sostegno della produttività del settore delle costruzioni: un fattore trainante per l'incremento del valore, l'innovazione e la crescita*, 2017. Disponibile su <http://www.eubim.eu/wp-content/uploads/2018/02/GROW-2017-01356-00-00-IT-TRA-00.pdf> [ultima consultazione il 09/07/2020].
- CNAPPC, *Guida Bim Bang: breve introduzione all'era digitale del mondo delle costruzioni*, 2019. Disponibile su <http://www.awn.it/component/attachments/download/2157> [ultima consultazione il 05/09/2020]
- Del Giudice, M., "Il ruolo delle tecnologie digitali per la rappresentazione progettuale", in *Disegno*, 2018, 3, pp. 119-128.
- Gallaher, M. P., O'Connor, A. C., Dettbarn, J., John, L., Gilday, L.T., *Cost analysis of inadequate interoperability in the US capital facilities industry*, NIST, Gaithersburg, 2004.
- Garagnani, S., Cinti Luciani, S., "Il modello parametrico in architettura: la tecnologia B.I.M. di Autodesk Revit", in *Disegnare con*, 2011, 4 (7), pp. 20-9.
- Laakso, M., Kiviniemi, A. O., "The IFC standard: A review of History, development, and standardization", in *Electronic Journal of Information Technology in Construction*, 2012, 17, pp. 134-61.
- Lo Turco, M., "Rappresentare e gestire patrimoni immobiliari: il BIM per il Facility Management", in *Territorio Italia*, 2015, 2, pp. 33-48.
- Magone, A., Mazali, T. (a cura di), *Industria 4.0. Uomini e macchine nella fabbrica digitale*, goWare e Edizioni Angelo Guerini e Associati, 2016.

- Metkari, A.A., Attar, A.C., “Application of Building Information Modeling Tool for Building Project”, in *International Journal of Science and Research (IJSR)*, 2015, 4 (5), pp. 324-9.
- Osello, A., Ugliotti, F.M. (a cura di), *BIM: verso il catasto del futuro. Conoscere, digitalizzare, condividere. Il caso studio della Città di Torino*, Roma: Gangemi Editore, 2017.
- Ozturk, G. B., “Interoperability in building information modeling for AECO/FM industry”, in *Automation in Construction*, 2020, 113, pp. 103-122.
- Paparella, R., Zanchetta, C., *BIM & Digitalizzazione del Patrimonio Immobiliare. Dai dati della costruzione alla costruzione del dato. Per la gestione interoperabile della manutenzione assistita*, Esculapio, 2020.
- Rizzarda, C. C., Gallo, G., *La sfida del BIM, un percorso di adozione per progettisti e imprese*, Milano: Tecniche Nuove, 2017.

2. Normativa

- Nuovo Codice degli Appalti, Decreto Legislativo n. 50, 18 aprile 2016.
- Decreto BIM o “Decreto Baratonò”, DM n. 560, 1° dicembre 2017.
- UNI 11337:2017, “Edilizia e opere di ingegneria civile - Gestione digitale dei processi informativi delle costruzioni - Parte 4: Flussi informativi nei processi digitalizzati”, 26 gennaio 2017.
- UNI 11337:2017, “Edilizia e opere di ingegneria civile - Gestione digitale dei processi informativi delle costruzioni - Parte 5: Flussi informativi nei processi digitalizzati”, 26 gennaio 2017.
- UNI EN ISO 19650:2019, “Organizzazione e digitalizzazione delle informazioni relative all’edilizia e alle opere di ingegneria civile, incluso il Building Information Modelling (BIM) – Gestione informativa mediante il Building Information Modelling – Parte 1: Concetti e principi – Parte 2: Fase di consegna dei cespiti immobili”, 14 marzo 2019.
- UNI EN ISO 41011:2018, “Facility management – Vocabolario”, 26 luglio 2018.
- UNI 10951:2001, "Sistemi informativi per la gestione della manutenzione dei patrimoni immobiliari - Linee guida", 31 Luglio 2001.

3. Sitografia

BIM: CONCETTI E NORME IN COSTANTE EVOLUZIONE

BIM ED INDUSTRIA 4.0

- Stefani, M., “BIM e Industria 4.0: quale legame?”, Ingenio-web.it, 30/10/2017. Disponibile su <https://www.ingenio-web.it/7268-bim-e-industria-40-quale-legame> [ultima consultazione il 15/04/2020]
- Frontera, M., “Con il Bim la progettazione entra nell’era 4.0”, IlSole24Ore.com, 28/05/2019. Disponibile su <https://www.ilsole24ore.com/art/con-bim-progettazione-entra-nell-era-40-AC3eFkJ> [ultima consultazione il 15/04/2020]
- Da Pos, V., “Cosa significa essere pronto per il BIM? Cosa è il BIM?”, Cadline.com. Disponibile su <https://www.cadlinesw.com/sito/blog/cos-e-il-bim> [ultima consultazione il 16/04/2020]
- Oldani, F., “I progetti in Industria 4.0 valgono in Italia 3,2 miliardi di euro”, Mark-up.it, 20/06/2019. Disponibile su <https://www.mark-up.it/i-progetti-in-industria-4-0-valgono-in-italia-32-miliardi-di-euro/> [ultima consultazione il 16/04/2020]
- Ciribini, A., “Il Settore della Costruzione e dell’Immobiliare in Italia: 2020-2030”, Ingenio-web.it, 30/12/2019. Disponibile su <https://www.ingenio-web.it/25513-il-settore-della-costruzione-e-dellimmobiliare-in-italia-2020-2030> [ultima consultazione il 17/04/2020]
- Ciribini, A., “Effetti della Trasformazione Digitale: Opportunità e Rischi per il Settore della Costruzione e dell’Immobiliare”, Ingenio-web.it, 03/04/2020. Disponibile su <https://www.ingenio-web.it/25824-effetti-della-trasformazione-digitale-opportunita-e-rischi-per-il-settore-della-costruzione-e-dellimmobiliare> [ultima consultazione il 18/04/2020]

IL BIM

- Harpaceas.it, “BIM: cos’è il Building Information Modeling?”. Disponibile su <https://harpaceas.it/bim-cose-il-building-information-modeling/> [ultima consultazione il 04/05/2020]
- Camerini, D., “Building Information Modeling (BIM): cos’è, stato di adozione in Italia e nel mondo”, Agendadigitale.eu, 16/10/2019. Disponibile su <https://www.agendadigitale.eu/infrastrutture/building-information-modeling-bim-cose-stato-di-adozione-in-italia-e-nel-mondo/> [ultima consultazione il 04/05/2020]
- Wikipedia, “Building Information Modeling”. Disponibile su https://it.wikipedia.org/wiki/Building_Information_Modeling [ultima consultazione il 04/05/2020]

DAL CAD AL BIM

- Bim.acca.it, “Nascita del BIM e il modello virtuale secondo Eastman”, Disponibile su <http://bim.acca.it/nascita-del-bim-modello-virtuale-secondo-eastman/> [ultima consultazione il 09/05/2020]

- Biblus.net, “Building information modeling o model? La storia del BIM e l’evoluzione software”, 26/05/2016. Disponibile su <http://biblus.acca.it/building-information-modeling-o-model-la-storia-del-bim-e-levoluzione-software/> [ultima consultazione 09/05/2020]
- Nissim, L., “In BIM la M è tripla”, Ibimi.t, 24/10/2016. Disponibile su <http://www.ibimi.it/in-bim-la-m-e-tripla/> [ultima consultazione il 10/05/2020]
- Edilportale.it, “BIM: a cosa serve e chi lo userà”, 22/10/2015. Disponibile su https://www.edilportale.com/news/2015/10/focus/bim-a-cosa-serve-e-chi-lo-user%C3%A0_48424_67.html [ultima consultazione il 10/05/2020]

LE DIMENSIONI DEL BIM

- Furcolo, N., “Le 7 dimensioni del BIM”, Biblus.acca.it. Disponibile su <http://biblus.acca.it/focus/le-7-dimensioni-del-bim/> [ultima consultazione il 24/05/2020]
- 3drepo.com, “What Are BIM Dimensions?”, 12/03/2019. Disponibile su <https://3drepo.com/what-are-bim-dimensions/> [ultima consultazione il 24/05/2020]
- Biblus.accasoftware.com, “The 7 dimensions of the BIM methodology”. Disponibile su <https://biblus.accasoftware.com/en/7-dimensions-of-the-bim-methodology/> [ultima consultazione il 27/05/2020]
- Axdstudio.com, “All the BIM dimensions”, Disponibile su <http://www.axdstudio.com/bim-dimensions/> [ultima consultazione il 27/05/2020]
- Thenbs.com, “BIM dimensions - 3D, 4D, 5D, 6D BIM explained”. Disponibile su <https://www.thenbs.com/knowledge/bim-dimensions-3d-4d-5d-6d-bim-explained> [ultima consultazione il 27/05/2020]
- Constructionlifecycle.com, “The various dimensions of BIM explained”, 3/05/2018. Disponibile su <https://www.constructionlifecycle.com/operations-management/bim-dimensions/> [ultima consultazione il 09/06/2020]
- Rohde, B., “What are BIM Dimensions and How It Can Support Your Production Cycle”, blog.spatial.com, 21/02/2019. Disponibile su <http://blog.spatial.com/bim-dimensions> [ultima consultazione il 10/06/2020]
- Napolano, L., Prota, A., Salzano, A., Asprone, D., “Il BIM a supporto della progettazione sostenibile mediante l’integrazione di analisi LCA”, Ingenio.web.it, 26/09/2014. Disponibile su <https://www.ingenio-web.it/3673-il-bim-a-supporto-della-progettazione-sostenibile-mediante-lintegrazione-di-analisi-lca> [ultima consultazione il 20/06/2020]
- Negri, R., “BIM e progettazione sostenibile: un esempio di eccellenza”, Bimportale.com, 22/01/2018. Disponibile su <https://www.bimportale.com/bim-progettazione-sostenibile-un-esempio-eccellenza/> [ultima consultazione il 24/06/2020]
- Ciraci, S., “Bim e i protocolli di sostenibilità: una sinergia biunivoca”, Ingenio-web.it, 25/05/2017. Disponibile su <https://www.ingenio-web.it/6805-bim-e-i-protocolli-di-sostenibilita-una-sinergia-biunivoca> [ultima consultazione il 25/06/2020]
- Peretti, C., “Sostenibilità: elementi ed esempi di progettazione edile consapevole”, 01building.it, 22/11/2019. Disponibile su <https://www.01building.it/bim/sostenibilita-progettazione-consapevole/> [ultima consultazione il 25/06/2020]

INTEROPERABILITÀ

- Biblus.acca.it, “Piattaforme interoperabili e formato IFC nei processi BIM”. Disponibile su http://biblus.acca.it/focus/piattaforme-interoperabili-e-formato-ifc-nei-processi-bim/#Scheda_di_decreto_ [ultima consultazione il 29/06/2020]
- 01building.it, “Il formato IFC e l’interoperabilità”, 21/08/2019. Disponibile su <https://www.01building.it/bim/formato-ifc-interoperabilita/> [ultima consultazione il 30/06/2020]
- Lagazio, I., “Progettare BIM, software e interoperabilità: qualche riflessione... utile”, Ingenio-web.it, 29/07/2016. Disponibile su <https://www.ingenio-web.it/5870-progettare-bim-software-e-interoperabilita-qualche-riflessione-utile> [ultima consultazione il 30/06/2020]
- Biblus.acca.it, “BIM e IFC: l’interoperabilità dei software e il Building Smart International”, 16/06/2016. Disponibile su <http://biblus.acca.it/bim-e-ifc-linteroperabilita-tra-i-software-e-il-buildingsmart-international/> [ultima consultazione il 02/07/2020]
- Pavan, A., “Obbligo dei formati aperti per la modellazione digitale, uso cosciente”, Ingenio-web.it, 15/09/2018. Disponibile su <https://www.ingenio-web.it/21171-obbligo-dei-formati-aperti-per-la-modellazione-digitale-uso-cosciente> [ultima consultazione il 02/07/2020]

LIVELLI DI MATURITÀ BIM

- Bim.acca.it, “Livelli di maturità del BIM, il Regno Unito si avvicina al traguardo del Livello 3 per il 2020”. Disponibile su <http://bim.acca.it/livelli-maturita-bim-regno-uni-to-traguardo-livello-3-2020/> [ultima consultazione il 04/06/2020]
- Bim.acca.it, “Da 0 a 3, cosa sono i livelli di maturità BIM”. Disponibile su <http://bim.acca.it/livelli-di-maturita-bim/> [ultima consultazione il 04/06/2020]
- Nissim, L., “L’indice di Maturità BIM”, Ibimi.it, 6/10/2015. Disponibile su <http://www.ibimi.it/lezione-13-lindice-di-maturita-bim/> [ultima consultazione il 05/06/2020]
- Dari, A., “BIM livello 1, 2 o 3 : cosa significano questi numeri”, Ingenio-web.it, 07/08/2015. Disponibile su <https://www.ingenio-web.it/4713-bim-livello-1-2-o-3--cosa-significano-questi-numeri> [ultima consultazione il 05/06/2020]
- Designingbuilding.co.uk, “BIM maturity levels”, 09/09/2020, Disponibile su https://www.designingbuildings.co.uk/wiki/BIM_maturity_levels#Level_0_BIM [ultima consultazione il 05/06/2020]

EVOLUZIONE NORMATIVA

- Pavan, A., Mirarchi, C., Cavallo, D., De Gregorio, M., “Standard BIM, il mondo dopo la ISO 19650”, Ingenio-web.it, 6/05/2020. Disponibile su <https://www.ingenio-web.it/26765-standard-bim-il-mondo-dopo-la-iso-19650> [ultima consultazione il 12/07/2020]
- Nationalbimstandard.org. Disponibile su <https://www.nationalbimstandard.org/> [ultima consultazione il 12/07/2020]
- Dari, A., “Vademecum della Digitalizzazione: dal BIM al GIS, dal COBie al Common Data Environment”, Ingenio-web.it, 17/03/2020. Disponibile su <https://www.ingenio-web.it/23599-vademecum-della-digitalizzazione-dal-bim-al-gis-dal-cobie-al-common-data-environment> [ultima consultazione il 14/07/2020]

LOX

- Pavan, A., “Sistema dei LOD italiano: UNI 11337-4 2017”, Ingenio-web.it, 12/01/2018. Disponibile su <https://www.ingenio-web.it/18667-sistema-dei-lod-italiano-uni-11337-4-2017> [ultima consultazione il 16/07/2020]
- Bourg, H., “Tutto sulla ISO 19650, Pt. 1: concetti e principi”, blog.archicad.it, 2/08/2019. Disponibile su <https://blog.archicad.it/tutto-quello-che-hai-sempre-voluto-sapere-sulla-iso-19650> [ultima consultazione il 17/07/2020]
- Bolpagni, M., “The many faces of ‘LOD’”, Bimthinkspace.com, 19/07/2016. Disponibile su <https://www.bimthinkspace.com/2016/07/the-many-faces-of-lod.html> [ultima consultazione il 17/07/2020]
- McPhee, A., “What is this thing called LOD”, Practicalbim.com, 01/03/2013. Disponibile su <http://practicalbim.blogspot.com/2013/03/what-is-this-thing-called-lod.html> [ultima consultazione il 18/07/2020]

IL BIM NEGLI APPALTI PUBBLICI

- “Le figure professionali del Building Information Modeling (BIM)”, ingenio-web.it, 13/01/2020. Disponibile su <https://www.ingenio-web.it/25568-le-figure-professionali-del-building-information-modeling-bim> [ultima consultazione il 09/11/2020]
- Bagni, B., “BIM: le nuove figure professionali”, Bimportale.com, 28/11/2017. Disponibile su <https://www.bimportale.com/bim-le-nuove-figure-professionali/> [ultima consultazione il 09/11/2020]
- Furcolo, N., “I nuovi ruoli del BIM”, biblus.acca.it. Disponibile su <https://biblus.acca.it/focus/i-ruoli-del-bim/> [ultima consultazione il 09/11/2020]
- 01building.it, “Le figure professionali del BIM”, 04/11/2019. Disponibile su <https://www.01building.it/bim/le-figure-professionali-del-bim/> [ultima consultazione il 09/11/2020]
- Picinelli, M., “Le nuove figure associate al BIM: persone oltre a processi e strumenti”, Disponibile su <https://www.bimfactory.it/le-nuove-figure-associate-al-bim/> [ultima consultazione il 09/11/2020]

CASO STUDIO: LA PROMENADE EST-OVEST

- Regione.piemonte.it, “Parco della Salute di Torino – Normativa”. Disponibile su <https://www.regione.piemonte.it/web/temi/sanita/ricerca-innovazione/parco-della-salute-torino-normativa> [ultima consultazione il 05/09/2020]
- Regione.piemonte.it, “Parco della Salute - Documenti progettuali”. Disponibile su <https://www.regione.piemonte.it/web/temi/sanita/ricerca-innovazione/parco-della-salute-documenti-progettuali> [ultima consultazione il 07/09/2020]
- Determinazione Dirigenziale pubblicata sul Bollettino Ufficiale della Regione Piemonte ai sensi dell’art. 61 dello Statuto e dell’art. 5 della L.R. n. 22/2010

- Esitigara.it. Disponibile su <http://www.esitidigara.it/archivio/index.php?riferimento=248719> [ultima consultazione il 11/09/2020]

7D BIM

- IFMA.it, "Cos'è il Facility Management". Disponibile su http://www.ifma.it/index.php?pagina=articolo.php&id_articolo=25&var_id_menu=68&nodata [ultima consultazione il 04/11/2020]
- Assoeman.it, "Le politiche di manutenzione", 28/09/2017. Disponibile su <https://www.assoeman.it/2017/09/le-politiche-di-manutenzione/> [ultima consultazione il 04/11/2020]
- Edilportale.com, "Manutenzione ordinaria, ecco il decreto sui livelli di progettazione", 07/05/2018. Disponibile su https://www.edilportale.com/news/2018/05/progettazione/manutenzione-ordinaria-ecco-il-decreto-sui-livelli-di-progettazione_63889_17.html [ultima consultazione il 04/11/2020]
- Ressa, F., "Livelli di progettazione semplificata per manutenzione: ecco la bozza di decreto", Biblus.acca.it, 10/05/2018. Disponibile su <https://biblus.acca.it/manutenzione-ordinaria-come-proggettarla-ecco-la-bozza-di-decreto/> [ultima consultazione il 05/11/2020]
- Antonelli, S., "BIM, manutenzioni e ristrutturazioni: la nascita del facility manager", iicbim.it, 03/07/2019. Disponibile su <http://www.iicbim.org/bim-manutenzioni-e-ristrutturazioni-la-nascita-del-facility-manager/> [ultima consultazione il 06/11/2020]
- Perlademocraziaeluguaglianza.it, "Bim e facility management: La manutenzione degli edifici nell'era della BIM technology". Disponibile su <http://www.perlademocraziaeluguaglianza.it/bim-e-facility-management/> [ultima consultazione il 06/11/2020]
- Manutenzione-online.com, "Il BIM per il facility management evoluto", 15/12/2015. Disponibile su <https://www.manutenzione-online.com/articolo/il-bim-per-il-facility-management-evoluto/> [ultima consultazione il 06/11/2020]
- Carradori, M., "COBie: una soluzione IFC-based al problema del Facility Management", bis-lab.eu, 09/04/2017. Disponibile su <http://www.bis-lab.eu/2017/04/09/cobie-una-soluzione-ifc-based-al-problema-del-facility-management/> [ultima consultazione il 07/11/2020]
- Samori, C., "Gli appalti BIM dell'Agenzia del Demanio: verso un patrimonio digitale dell'asset immobiliare", www.ingenio-web.it, 30/09/2020. Disponibile su <https://www.ingenio-web.it/28237-gli-appalti-bim-dellagenzia-del-demanio-verso-un-patrimonio-digitale-dellasset-immobiliare> [ultima consultazione il 15/11/2020]
- Pavan, A., "Ribaltamento di costi e responsabilità del Common Data Environment (CDE) su progettisti e imprese. È corretto?", www.ingenio-web.it, 21/12/2016. Disponibile su <https://www.ingenio-web.it/6334-ribaltamento-di-costi-e-responsabilita-del-common-data-environment-cde-su-progettisti-e-imprese-e-corretto> [ultima consultazione il 14/11/2020]
- Osello, A., Ugliotti, F.M., Semeraro, F., "Il BIM orientato al Facility Management", Infobuild.it, 18/05/2016. Disponibile su <https://www.infobuild.it/approfondimenti/bim-orientato-facility-management/> [ultima consultazione il 16/11/2020]