



**Politecnico
di Torino**

Politecnico di Torino

Corso di Laurea Magistrale in
INGEGNERIA EDILE
A.a. 2022/2023

**Dal modello As-Designed al modello As-Built
attraverso la metodologia BIM: il caso studio
della stazione ferroviaria di Lecce**

Relatori:

Marika Mangosio
Matteo Del Giudice

Candidata:

Aleksandra Marku

Novembre 2022

Sintesi dei contenuti

Negli ultimi decenni anche il settore delle costruzioni è stato interessato dalla cosiddetta “rivoluzione digitale”, un processo di innovazione legato all’introduzione di tecnologie elettroniche digitali, che ha coinvolto non solo le differenti discipline caratterizzanti l’intero processo edilizio, ma anche tutti i ruoli professionali. La digitalizzazione dell’industria delle costruzioni ha come obiettivo da un lato l’integrazione di nuovi ed innovativi strumenti dedicati alla modellazione (2D o 3D) e alla visualizzazione del progetto, dall’altro un profondo cambiamento di prospettiva e di metodologia, vale a dire un vero e proprio cambiamento di paradigma. Oggi l’opera edilizia è concepita infatti in modo integrato e sinergico, secondo un approccio interdisciplinare, che vede coinvolti numerosi attori con apporti specialistici molto differenti e che necessita una modalità di gestione efficace e perfezionabile, per garantire un “prodotto finale” che rispecchi non solo le esigenze, ma anche l’aspettativa del cliente/committente.

Considerando i nuovi vincoli ambientali, energetici e sociali, il ricorso a nuovi metodi e strumenti digitali, quali il Building Information Modeling, risulta ormai imprescindibile, soprattutto nella gestione di progetti edilizi complessi quali quelli infrastrutturali. Tutte le fasi del processo edilizio possono usufruire dei vantaggi apportati dal nuovo approccio metodologico - la fase progettuale, quella esecutiva, fino ad arrivare al collaudo e alla successiva fase di esercizio - sia nel caso di nuovi edifici sia nel caso di edifici esistenti, attraverso l’elaborazione del cosiddetto modello *as-built*. La digitalizzazione del progetto e della fase di cantierizzazione ed in particolare la traduzione del modello *as-designed* in modello *as-built*, è oggetto di uno specifico approfondimento in questa tesi, attraverso l’analisi di un progetto in fase di realizzazione, relativo ai lavori di prolungamento del sottopasso ferroviario, con annesso nodo intersettoriale per la mobilità e la sosta, propedeutici al ribaltamento della stazione ferroviaria di Lecce.

Abstract

In recent decades the entire construction industry has experienced an interesting trend to the integration of digital technologies, that have involved all the roles and disciplines of the entire building process, and which have as their goal not only the use of technological innovations related to modeling (2D or 3D) and the visualization of the project, but a change of perspective and methodology. The now common conception of the building work as a static object, the result of a long-established science, does not represent the reality of the world of construction as the variety and number of subjects and professionals involved, It ensures that the sphere of construction is strongly characterized by a strong interdisciplinarity, which needs management and efficiency, in order to ensure a product that reflects not only the needs, but also the expectation of the customer/ customer.

Moreover, considering the new environmental, energy and social paradigms, it is realized that the use of new digital methods and tools, such as Building Information Modeling, is now

necessary, especially in the management of complex building projects such as infrastructure. All phases of the building process can benefit from the advantages of the methodology - from the design phase to the execution phase, up to the testing and management - whether it is new buildings, but also existing buildings, through the so-called As-built model. The digitalization of the buildings, designed and built, is the subject of further study in this thesis, through the analysis of the project in progress, related to "works of extension of the railway underpass with adjoining intersectoral node for the mobility and the overturning of the railway station of Lecce".

INDICE

SINTESI DEI CONTENUTI	1
ABSTRACT	1
INTRODUZIONE	5
PARTE 1: IL CONTESTO DELL'INDUSTRIA DELLE COSTRUZIONI	7
1.1. L'INDUSTRIA DELLE COSTRUZIONI IN EUROPA	7
1.1.1. Crescita ed Investimenti in Italia	7
1.1.2. Stakeholder e supply chain nell'industria delle costruzioni	8
1.1.3. Quadro Occupazionale e produttività in Europa	11
1.2. NUOVI PARADIGMI: LA FASE DI TRANSIZIONE VERSO LA GREEN ECONOMY	14
1.2.1. Il Green Deal europeo	14
1.2.2. Un'ondata di rinnovamento per Europa	15
1.2.3. Perseguimento dei nuovi obiettivi in Italia – la Legge Semplificazioni	17
1.3. DIGITALIZZAZIONE ED INNOVAZIONE NEL PROCESSO EDILIZIO	18
1.4. SVILUPPO ED EVOLUZIONE DELLA METODOLOGIA BIM	20
1.4.1. La progettazione integrale	23
1.4.2. Vantaggi nell'impiego della metodologia BIM	25
1.4.3. Ostacoli e problematicità nella diffusione del BIM	26
1.4.4. Le Fasi del Modello: As-Designed, As-Built, As-Maintained	28
1.4.5. Realizzazione del modello As-Built	29
1.4.6. L'estensione del modello as-built – DIM e Digital Twin	30
1.4.7. La progressiva diffusione del BIM in Europa e lo stato attuale	33
PARTE 2: NORMATIVA VIGENTE ED APPLICAZIONE DELLA METODOLOGIA BIM	36
2.1. Il settore delle infrastrutture in Italia	36
2.2. Il BIM in Edilizia	38
2.3. Gli appalti pubblici prima del BIM	40
2.4. Il BIM nel nuovo Codice degli Appalti	41
2.7.6. Decreto legislativo n. 50/2016	42
2.7.7. Decreto n. 560/2017	43
2.7.8. UNI EN ISO 19650:2019	47
2.4.4. UNI 11337	47
2.4.5. Linee guida ANAC	50
2.4.6. Decreto-legge n. 32/2019	50
PARTE 3: CASO STUDIO: LAVORI DI PROLUNGAMENTO DEL SOTTOPASSO FERROVIARIO CON ANNESSO NODO INTERSETTORIALE PER LA MOBILITA' E LA SOSTA PROPEDEUTICI AL RIBALTAMENTO DELLA STAZIONE FERROVIARIA DI LECCE	52
3.1. Introduzione	52

3.1.1.	Inquadramento urbanistico	52
3.1.2.	Descrizione dell'area di intervento	52
3.2.	Obiettivi specifici di Progetto	54
3.3.	Individuazione degli interventi da eseguire	54
3.3.1.	Adeguamento piazzale stazione	54
3.3.2.	Prolungamento del sottopasso pedonale	55
3.3.3.	Nuovo fabbricato FSE	55
3.3.4.	Aree di sosta	56
3.3.5.	Terminal Bus	57
3.4.	Caratteristiche funzionali, principali criticità e soluzioni adottate	58
3.5.	Elenco delle opere architettoniche previste nel progetto	59
	Blocco A – Prolungamento del sottopasso pedonale	60
	Blocco B - Parcheggio multipiano	61
	Blocco C – Nuovo fabbricato viaggiatori	62
	Blocco D – Terminal Bus e viabilità esterna	65
	Blocco E – Sistemazioni esterne ed opere di completamento	65
	Blocco F – Ricovero rotabili	65
	Blocco G – Uscita sottopasso su viale O. Quarta	66
	Blocco H – Condotta esistente	67
PARTE 4:	IL PROGETTO ESECUTIVO ATTRAVERSO LA METODOLOGIA BIM	68
4.1.	Il passaggio dalla progettazione tradizionale 2D alla progettazione integrale BIM in fase esecutiva del progetto	68
4.2.	Struttura e sviluppo del modello BIM	69
4.2.1.	Condivisione e gestione delle discipline	69
4.2.2.	Localizzazione del modello	72
4.2.3.	Introduzione dei Livelli	73
4.2.4.	Creazione e gestione di Famiglie	74
4.2.5.	Integrazione delle Fasi di progetto	76
4.2.6.	Verifica delle interferenze – <i>Clash detection</i>	79
4.2.7.	Stima di quantità ed Abachi	83
4.2.8.	Varianti di progetto	88
4.3.	La modellazione as-built	90
4.4.	Produzione degli elaborati grafici	94
	CONCLUSIONI	96
	BIBLIOGRAFIA	97
	ALLEGATI	102

Introduzione

La presente tesi ha come obiettivo quello di seguire ed analizzare il processo di sviluppo di un modello tridimensionale informativo attraverso la metodologia del Building Information Modeling, con integrazione di un modello contenente opere esistenti, e dunque inerenti alla modellazione as-built, applicato ad un caso studio reale costituito dal progetto di ampliamento e ribaltamento della stazione ferroviaria di Lecce. La naturale complessità del processo di costruzione - data sia dalla presenza di un gran numero di discipline interconnesse, che dal coinvolgimento di diverse figure professionali e stakeholder, sia pubblici che privati - implica il necessario impiego di strumenti e metodi di condivisione digitale. In questo modo si agisce sulla capacità dell'intero sistema produttivo di ottimizzare l'organizzazione, non solo dei dati, che ormai risulta fondamentale implementare nella modellazione al fine di ottenere un prodotto digitale che rappresenti quanto più fedelmente possibile la realtà, ma anche del processo stesso di progettazione, esecuzione e gestione delle opere edilizie.

Lo studio dell'argomento proposto è suddiviso in quattro parti principali:

- La prima parte è funzionale ad un'attività di cognizione sullo stato attuale dell'industria delle costruzioni e sui suoi sviluppi presenti e futuri nell'ambito della rivoluzione tecnologica. In questa sezione si evidenziano innanzitutto il contesto economico, finanziario, occupazionale e professionale con particolare riferimento alla situazione nazionale, per una valutazione dei potenziali effetti indotti dall'introduzione della metodologia in termini di produttività del settore. Un altro rilevante tema, che crea delle aspettative ma anche dei vincoli nei confronti dei processi e dei prodotti dell'industria delle costruzioni, è quello ambientale, che implica l'efficientamento, non solo in relazione all'utilizzo energetico finale, ma di tutte le operazioni che riguardano la progettazione e la realizzazione dell'opera;
- Dopo un'analisi generale, dunque, nella Parte 2 si analizza brevemente il quadro normativo nazionale, con particolare attenzione agli standard riferiti al BIM e la sua applicazione in ambito pubblico e privato, edilizio ed infrastrutturale;
- La parte 3 si concentra sulla descrizione del caso studio riportato e dunque sulla realizzazione del modello BIM, con realizzazione ed implementazione del modello as-built delle opere esistenti presenti nell'area interessata dai lavori. Il progetto è stato seguito durante il periodo di tirocinio presso lo studio di progettazione FkC Ingegneria s.r.l., impegnata nella consulenza architettonica, strutturale, energetica, ma anche di modellazione con metodologia BIM, attraverso l'impegno di software di bim authoring Autodesk Revit, per conto dell'impresa esecutrice dei lavori, Doronzo Infrastrutture s.r.l.;
- Infine, la quarta parte descrive il lavoro svolto da un punto di vista pratico, analizzando diversi aspetti della modellazione, funzionalità del software, risultati attesi ed ottenuti ed infine gli sviluppi futuri del progetto, nonché del suo gemello digitale, il modello BIM.

Attraverso il caso studio è possibile evidenziare quelli che sono i vantaggi riscontrabili dall'utilizzo del BIM – come per esempio la riduzione dei tempi di progettazione e rilevamento di errori ed interferenze tra le discipline, la facilità di controllo delle informazioni rilevate, la facilità di visualizzazione degli elementi attraverso la creazione di viste “multidisciplinari” (contenenti elementi appartenenti a diverse materie di studio) e altri - ma anche gli svantaggi che possono presentarsi durante l'impiego della metodologia, legati non tanto a difetti intrinseci, quanto alla difficoltà di applicazione data talvolta da inadeguata formazione tecnologica, o radicalizzazione in un sistema di lavoro basato sulla competitività invece che sulla collaborazione, con il risultato di una mancata integrazione tra progettazione e costruzione, e scarsa cooperazione tra i diversi attori della filiera, (Bellicini, 2019). Un cambiamento di prospettiva in questo senso è necessario al fine di permettere e raggiungere livelli qualità e produzione che vadano di pari passo con i progressi raggiunti da altri settori economici, e permetterne il loro potenziamento

PARTE 1

IL CONTESTO DELL'INDUSTRIA DELLE COSTRUZIONI

1.1. L'INDUSTRIA DELLE COSTRUZIONI IN EUROPA

1.1.1. Crescita ed Investimenti in Italia

L'industria delle costruzioni ha un impatto significativo sull'economia, l'ambiente e la civiltà nel suo complesso. Il prodotto edilizio va a definire la vita quotidiana in modi diversi, dal momento che le case, gli uffici e le modalità di trasporto sono tutte parti dell'ambiente costruito e della vita stessa di ciascuno. Le attività svolte e legate alla sfera delle costruzioni, contribuiscono a sostenere in modo significativo tutte le altre industrie: lo sviluppo economico del paese, considerando soprattutto la parte degli investimenti, è promosso dalla domanda interna di prodotti e servizi, accresciuta specialmente negli ultimi anni e tra i settori produttivi spicca l'importante contributo fornito dal settore delle costruzioni, il quale, dopo un lungo periodo di crisi, è ritornato a svolgere un ruolo trainante per l'economia nazionale ed europea. A questo risultato hanno contribuito, non solo il recente dinamismo in ambito edilizio ed infrastrutturale, ma anche tutte le attività annesse, arrivando a rappresentare il 22% del Pil ed attivando una filiera collegata a quasi il 90% dei settori economici, in grado di generare l'effetto propulsivo più elevato sull'economia tra tutti i comparti di attività industriale.

Lo sviluppo economico riscontrato negli ultimi due anni è ottenuto soprattutto grazie agli interventi pertinenti al settore delle costruzioni che ha rappresentato oltre un terzo della crescita del PIL del +6,5% nel 2021. Gli investimenti nel settore, infatti, sono cresciuti del +16,4% nel 2021 con numeri da record: produzione +24,3%, occupazione +11,8%, ore lavorate +26,7%. (ANCE, 2022)

Gli investimenti in ambito costruttivo sono in sostanza legati a:

- Investimenti in riqualificazione del patrimonio abitativo: +25% nel 2021 grazie ai bonus edilizi e ai meccanismi di cessione del credito e dello sconto in fattura, che porta a 55 miliardi il totale degli investimenti nel comparto.
- +43,4% l'incremento del giro d'affari collegabile agli incentivi fiscali nei primi 11 mesi del 2021.
- Superbonus 110%: 107.588 interventi per 18,3mld di euro gli ultimi dati del monitoraggio. (ENEA, 2022)

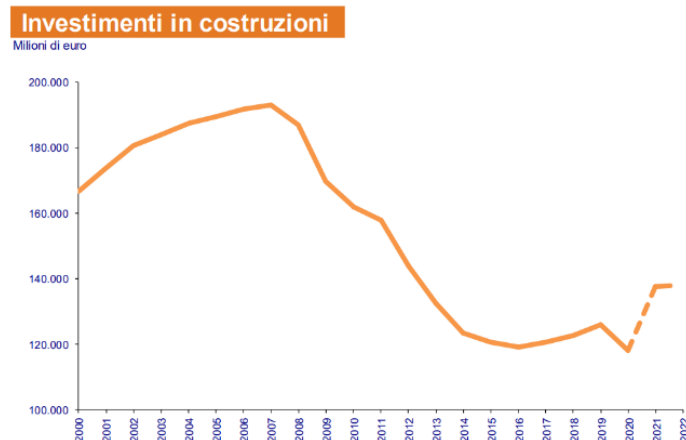


Figura 1 Elaborazione Ance su dati Instat

Nell'ambito delle opere pubbliche si evidenzia un +15% nel 2021 rispetto all'anno precedente, risultato di:

- investimenti fissi lordi della Pubblica Amministrazione: +16,3% nei primi 9 mesi del 2021;
- spesa in conto capitale dei comuni: +16% nel 2021;
- primo effetto acceleratorio dovuto al Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza (PNRR) e limitato agli investimenti già in corso di realizzazione ricompresi nel Piano europeo.

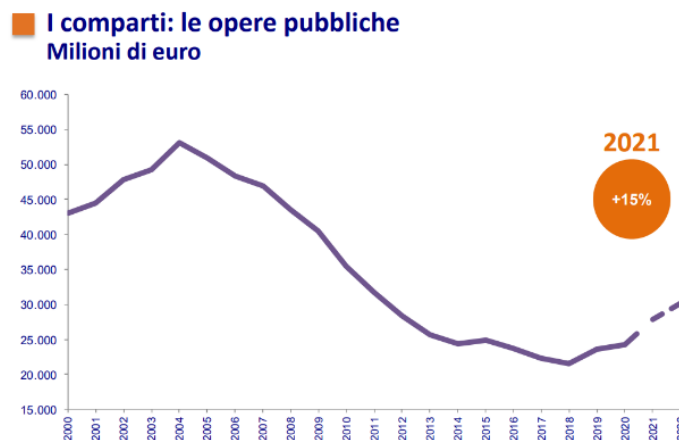


Figura 2 Fonte: Ance

1.1.2. Stakeholder e supply chain nell'industria delle costruzioni

Con il termine *Stakeholder* si indica qualunque persona, ente, gruppo, impresa o azienda che ha un certo coinvolgimento o interesse per un determinato elemento, prodotto, costruzione, azienda... Le parti interessate possono influenzare o essere influenzate dalle azioni, dalle

finalità e dalle politiche organizzative ed economiche. In ogni caso, a prescindere dunque dal prodotto che si vuole realizzare, occorre individuare gli interessi coinvolti e definire l'influenza sulle decisioni di progetto, creando un ordine gerarchico sull'urgenza delle richieste, delle relazioni esistenti e quanto esse siano legittime ai fini del progetto, (Ronald K. Mitchell, Bradley R. Agle and Donna J. Wood , 1997). Il potere di uno stakeholder sta nella sua capacità, in relazione al suo ruolo sociale, di mobilitare forze sociali, politiche o economiche, nonché nella capacità di influenzare la natura e la quantificazione delle risorse disponibili per il progetto.

Detto ciò, gli stakeholders dei quali il project manager deve interessarsi sono tutte quelle realtà che possono incidere sulla forma, sul progresso e sull'output di progetto. Distinguiamo gli stakeholders tra interni ed esterni:

- *Stakeholder interni (o primari):* la committenza (project owner) con poteri e responsabilità manageriali spesso correlati a interessi finanziari, e le aziende, cioè gruppi o individui che hanno una relazione di tipo contrattuale con la committenza. La committenza potrebbe anche essere un'azienda, un consorzio, o un privato che delega le attività di progetto, attraverso strutture contrattuali, responsabilità organizzative e/o finanziarie, ma mantiene comunque il controllo da un punto di vista generale.
- *Stakeholder esterni (o secondari):* manifestano le proprie valutazioni e pareri positivi o negativi riguardo al progetto, con la possibilità di influenzarlo attraverso azioni politiche o dirette. Essi sono le comunità locali, i governi locali, i possibili fruitori dell'output, i regolatori, i gruppi ambientalisti e i media.

Il successo dei progetti nel settore edile dipende fortemente dal raggiungimento delle aspettative durante il ciclo di vita del progetto o Project Life Cycle (PLC) da parte di ogni stakeholder. Nello specifico si identificano: il cliente, i project manager, i designers, gli appaltatori, i fornitori, i finanziatori, gli eventuali utenti, la proprietà, le comunità locali e gli impiegati (Newcombe R. , 2003). (ENEA, 2022)

Gli errori dei project manager nell'comprensione degli interessi dei vari stakeholder sono stati il motivo di innumerevoli fallimenti (Bourne L., Walker D. H., 2005), dovuti principalmente al fatto che, in questo settore particolare, gli stakeholder interni hanno le risorse necessarie e le capacità tali da rallentare e portare il progetto ad una situazione di blocco totale (Lim et al, 2005). Diventa quindi di rilevante importanza per il successo del progetto l'identificazione e la mappatura dei vari stakeholders, controllando e specificando la natura dei loro interessi, predicandone le reazioni per poterli soddisfare e valutandone l'impatto dei comportamenti.

Come si può facilmente capire, una gestione efficace degli stakeholders dipende fortemente dalle relazioni di collaborazione che si instaurano nel corso di uno o più progetti. Gli esempi di

benefici derivanti includono la riduzione degli sprechi, miglioramenti nell'efficienza operativa e in produttività, e miglioramenti nel coordinamento della Supply-Chain.

Ultimamente molti appaltatori si sono rivolti all'applicazione dei principi della partnership nei confronti dei loro fornitori e subappaltatori, che ne stanno riconoscendo l'importanza. Il problema rimane in quegli ambienti particolari caratterizzati da relazioni uniche e di breve termine, nei quali diventa difficile sviluppare situazioni di fiducia e collaborazione reciproca. Dal punto di vista strategico le aziende tendono ad allearsi (forma di partnership) per innovare, accedere a nuovi mercati, superare restrizioni locali, creare barriere all'ingresso per nuovi competitors e ridurre i rischi. Dal punto di vista operativo, fattori come, l'importanza strategica di un prodotto/servizio e la sua criticità sul prodotto finale, le capacità dell'organizzazione, e/o il bisogno di concentrarsi sulle competenze principali, possono influenzare la decisione di outsourcing. Le relazioni di mercato concorrenziale permettono l'acquisto dei prodotti/servizi al minor costo possibile, anche se le relazioni che vengono ad instaurarsi in questo contesto sono spesso prive o deboli di fiducia reciproca, caratterizzate da forte antagonismo e le imprese vivono nella paura che l'altra parte possa mettere in atto comportamenti opportunistici. Di conseguenza le aziende, in questo contesto senza scambio informativo, tendono a tenersi a mutua distanza ed ognuna a soddisfare i propri interessi. Da sempre questo tipo di relazioni ha caratterizzato il settore delle costruzioni traducendosi in comportamenti difensivi, relazioni contraddittorie e costi significativi, incorsi nel tentativo di definire le responsabilità, allocare i rischi e ridurre i costi stessi, attraverso forme contrattuali e di negoziazione complesse e bisognose anch'esse di organismi di controllo per il monitoraggio e la risoluzione di conflitti

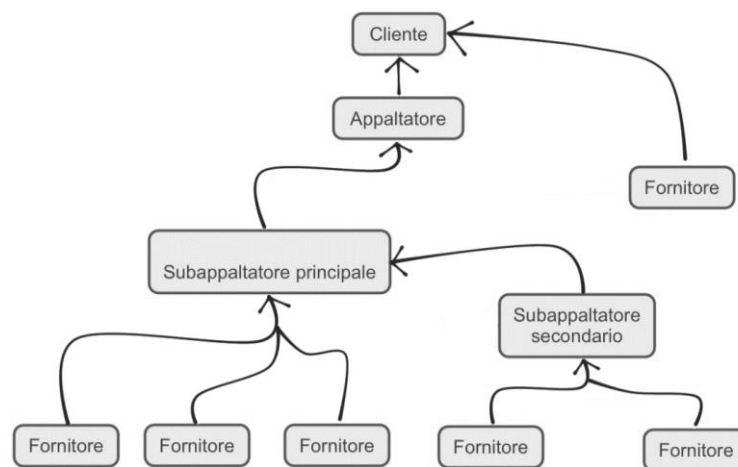


Figura 3 Schema della supply chain nelle costruzioni

1.1.3. Quadro Occupazionale e produttività in Europa

La tendenza positiva attribuibile ai livelli produttivi nel settore delle costruzioni ha avuto un effetto favorevole sull'incremento del livello di occupazione. Secondo un'analisi della CNCE¹ su 114 casse edili/edilcasse, nel 2021 il numero di ore lavorate è cresciuto del 26,7% rispetto allo stesso periodo del 2020, e contemporaneamente i lavoratori iscritti sono aumentati dell'11,8%. Il cambiamento vantaggioso nell'ambito del mercato del lavoro è provato anche dai dati Istat sulla forza lavoro, i quali evidenziano, nei primi 9 mesi del 2021, un aumento degli occupati nelle costruzioni (dipendenti ed indipendenti) del 7,2% rispetto allo stesso periodo del 2020. Il rilevato miglioramento può essere spiegato come il risultato degli investimenti promossi precedentemente descritti, che hanno dato una svolta decisiva alla ripresa post pandemica; ciononostante, i valori raggiunti, sebbene favorevoli e fruttuosi, non sono ancora sufficienti a compensare la consistente caduta dei livelli occupazionali accumulata in dieci anni di grave crisi settoriale, che ammonta a oltre 600.000 posti di lavoro persi nelle costruzioni. Bisogna precisare però che accanto ad una ripresa dell'occupazione, è emerso anche un ulteriore fenomeno, riguardante tutti i settori economici ma specialmente accentuato nell'industria delle costruzioni, ovvero la carenza di mano d'opera specializzata, (ANCE, 2022) che, secondo una ricerca del City & Guilds Group, incide sul 54% delle imprese di costruzione. Per esempio, Nel Regno Unito il settore edilizio perde circa 140.000 lavoratori all'anno, mentre il suo fabbisogno è di quasi 400.000 nuove assunzioni, nello stesso periodo di tempo, per risollevarne il proprio mercato, (E., 2019). Tale sintomo è generato anche da una *crisi d'immagine* che rende difficile affascinare e richiamare nuovi talenti, come afferma il Kier Group, seconda società edile del UK, che ha pubblicato un rapporto di ricerca sulla relazione proporzionale tra crisi di immagine del settore e di assunzioni. Dalla sua analisi e valutazione, la società inglese ha riconosciuto nell'adozione di tecnologie avanzate ed innovazioni nell'obsoleto mestiere dell'edilizia, la chiave di svolta del cambiamento di cui necessita il settore, dichiarando la propria missione senza mezzi termini: "Rinnovarsi o perire".

Un altro fattore da prendere in considerazione è la produttività del lavoro: per descrivere la produttività nel settore delle costruzioni si può far riferimento a diverse quantità, come il fattore di prestazione, il tasso di produzione, il tasso unità prodotte /persona-ora (p/h) e altri. La produttività è usualmente definita come la misura dell'efficienza del processo produttivo, data dal rapporto tra output e input (→ fattore di produzione). cioè, il rapporto tra l'input di

¹ Commissione Nazionale paritetica per le Casse Edili: è l'ente nazionale costituito dalle parti sociali firmatarie dei Contratti Collettivi Nazionali di Lavoro dell'edilizia. La mission di CNCE è quella di svolgere un ruolo di indirizzo, controllo e coordinamento del sistema delle 114 Casse Edili/Edilcasse presenti sul territorio italiano.

una risorsa associata alla produzione reale (nella creazione economica valore); più in particolare, la *produttività di un dato lavoro* indica l'unità di prodotto per lavoratore (od ora lavorata). In ambito edilizio, la produttività del lavoro è il rapporto tra i progressi fisici ottenuti per p-h, ad esempio, p-hs per metro lineare di condotto posato o p-hs per metro cubo di calcestruzzo versato.

Le due misure più importanti di produttività del lavoro sono:

- l'efficacia con cui viene utilizzato il lavoro nel processo di costruzione: per esempio Euro necessari alla realizzazione di un m o un m² di stanza, oppure il costo per la fornitura di un determinato prodotto, o ancora, la quantità di lavoro richiesta alla realizzazione di un fabbricato.
- l'efficienza relativa del lavoro in un determinato tempo e luogo.

L'introduzione di una migliorata pianificazione/programmazione, aiutata soprattutto dalle innovazioni tecnologiche, ha un impatto significativo sul valore assunto dagli stessi indici elencati.

Passando per un momento ad una scala più ampia di quella Europea, ogni anno circa \$10 trilioni, corrispondenti al 13% del prodotto interno lordo globale, sono investiti in edifici, infrastrutture e impianti e, secondo le proiezioni della Global Construction e della Oxford Economics, questa cifra, è destinata ad aumentare, raggiungendo i \$14.9 trilioni entro il 2025. D'altra parte, si consideri anche che settore edile ad impiega il 7% della popolazione lavorativa e, *al di là delle percezioni locali di mercato*, si conferma ancora come determinante per l'andamento dell'economia globale. Tuttavia, mentre alcuni settori, come quello agricolo, hanno aumentato di 15 volte la propria produttività dal 1950 ad oggi, il comparto edile è fermo ai livelli del 1980, attestandosi come il ramo manifatturiero più deficitario.

Da una rilevazione statistica sulle opinioni di 210 attori del comparto, individuati nelle persone di imprenditori, fornitori e committenti, sono emerse dieci cause del problema produttivo che possono ricondursi a tre grandi categorie:

- a. *fattori esterni*: la crescente complessità dei progetti e l'aumento delle operazioni manutentive, la regolamentazione rigida, la frammentazione del suolo e la ciclicità della domanda pubblica, la distorsione del mercato provocata da corruzione e irregolarità;
- b. *dinamiche di industria*: la frammentazione e l'opacità del settore, il disallineamento dei contratti, l'inesperienza dell'acquirente;
- c. *fattori interni aziendali*: progettazione e investimenti inadeguati, project management ed esecuzione approssimative, mancata o inadeguata competenza della forza lavoro, insufficienti investimenti in termini di innovazione

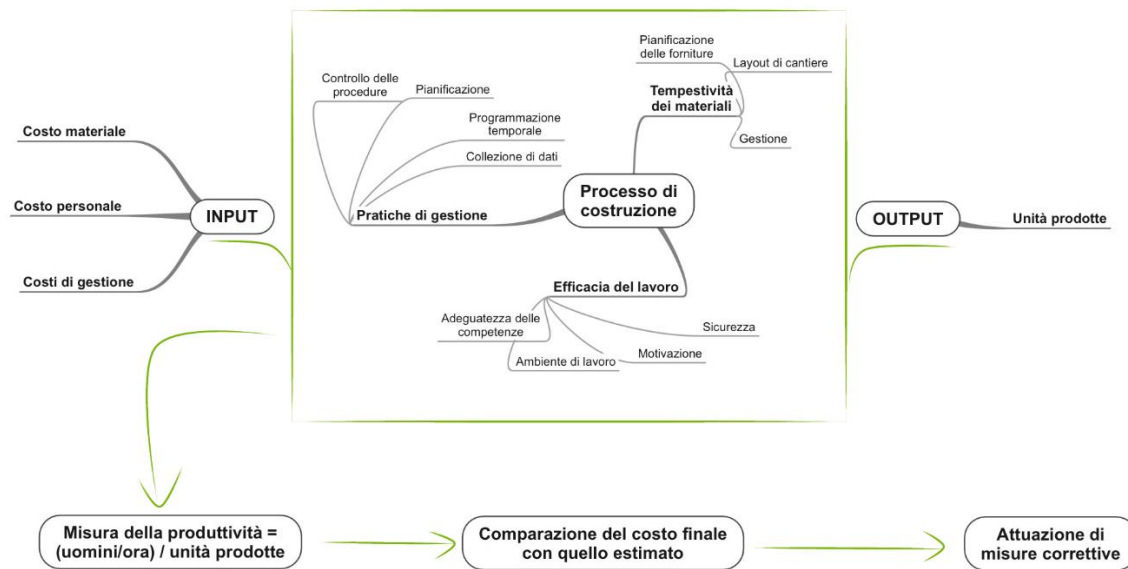


Figura 4 Processo di Costruzione

Il miglioramento della produttività nella costruzione è meglio capito quando la costruzione processo è visualizzato come un sistema completo come mostrato in Figura 4, (Nesticò A., Moffa R., 2018).

Il sistema è costituito dal *processo di costruzione*, dove *materiale*, *personale* (con tutti i costi relativi anche alle attrezzature, la formazione...) e *gestione* sono input (costi), cioè sono consumati dal sistema nel processo di produzione della costruzione (*unità*). La valutazione dell'efficienza del sistema (di produzione) descritto si ottiene raccogliendo ed elaborando informazioni sui *tassi di produttività* relativi al caso analizzato. Per misurare input/output, dunque il parametro definito come *produttività*, si fa generalmente riferimento a due tipi di "input":

- il *(persona/ora)/unità* ed il *costo/unità*: si concentra solo sul lavoro ed è utilizzato per valutare la produttività di lavorazioni ad alta intensità di lavoro;
- *costo/unità*: combina tutti gli effetti, ovvero i fattori che determinano il costo

In ogni caso, la produttività così misurata viene valutata rispetto ai valori del budget stimato, e nel caso di gap tra i valori iniziali e finali

Per migliorare l'efficacia del lavoro, possono essere affrontati vari fattori, tra cui la motivazione, la sicurezza sul lavoro, i fattori ambientali e limitazioni fisiche. pratiche di gestione includono la pianificazione, pianificazione, raccolta di dati, lavoro analisi e controllo.

La tempestività dei materiali è garantita da una corretta pianificazione degli appalti, sito layout, e altri fattori della fornitura, (Dozy, AbouRizk, & Ph.D. Construction Engineering and Management, 1993).

1.2. NUOVI PARADIGMI: LA FASE DI TRANSIZIONE VERSO LA GREEN ECONOMY

1.2.1. Il Green Deal europeo



Figura 5 Obiettivi Green Deal europeo. Fonte: <https://eur-lex.europa.eu/>

L'intero ciclo di vita di un edificio/costruzione – la realizzazione, l'utilizzo e la ristrutturazione/demolizione – comportano l'impiego di considerevoli quantità di energia e risorse minerarie (sabbia, ghiaia, cemento). Con riferimento ai dati evidenziati dal report della Commissione Europea sull' Efficienza energetica nell'edilizia, "complessivamente, gli edifici dell'UE sono responsabili del 40% del consumo energetico e del 36% delle emissioni di gas a effetto serra, dovute principalmente alla costruzione, all'utilizzo, alla ristrutturazione e alla demolizione", (Energia, 2020). Per far fronte alla duplice sfida che vede coinvolti energia e clima, considerandone anche aspetti di accessibilità economica, l'UE e gli Stati membri mostrano l'intento ad avviare un'"ondata di ristrutturazioni" di edifici pubblici e privati. L'aumento dei tassi di ristrutturazione rappresenta una concreta possibilità di ridurre l'importo delle bollette energetiche per l'utente finale, contrastare la carenza energetica sul

piano territoriale, e dare impulso all'attività economica e del sistema produttivo del settore delle costruzioni in termini introiti ed occupazione.

Per dare una spinta al Green Deal Europeo è necessaria una cooperazione tra i principi di sostenibilità ed il *buon design*. Tali obiettivi stimolano allora il dibattito sui nuovi metodi di costruzione e forme di progettazione, che possano fornire risposte pratiche alla domanda sociale.

1.2.2. Un'ondata di rinnovamento per Europa

Negli ultimi anni, diversi ambiti economici hanno volto la loro attenzione ai nuovi fabbisogni energetici ed ambientali ed oggi, il fenomeno della green economy sta coinvolgendo sempre più e costituisce un'opportunità anche per il settore dell'edilizia.

Il patrimonio edilizio esistente e il mondo delle costruzioni sono tra i principali responsabili delle emissioni di gas a effetto serra e del consumo energetico. La ristrutturazione di edifici pubblici e privati è una chiara priorità della Commissione Europea per promuovere l'efficienza energetica nel settore e realizzare gli obiettivi. La spinta europea allo sviluppo dell'edilizia sostenibile (riqualificazione energetica degli edifici esistenti e costruzione di nuovi ed efficienti edifici) e il recepimento delle normative in materia stanno in qualche misura avendo riflesso sull'intera industria.

Per perseguire questa ambizione di risparmi energetici e di crescita economica, la Commissione ha pubblicato il 14 ottobre 2020 una nuova strategia per promuovere il rinnovamento denominata *A Renovation Wave for Europe – Greening our buildings, creating jobs, improving lives* (Un'ondata di rinnovamento per Europa - Rendere più ecologici i nostri edifici, creare posti di lavoro, migliorare la vita), con l'obiettivo di promuovere il rinnovamento energetico nei prossimi dieci anni, con vantaggiose conseguenze sulla qualità della vita delle persone che vivono e utilizzano gli edifici, sulla riduzione delle emissioni di gas serra in Europa, sull'applicazione di tecnologie avanzate e sul migliorare il riutilizzo e riciclaggio dei materiali.

Entro il 2030, 35 milioni di edifici potrebbero essere rinnovati e fino a 160.000 posti di lavoro aggiuntivi potrebbero essere creati nel settore delle costruzioni.

La trasformazione da edilizia tradizionale a edilizia sostenibile non può tuttavia avvenire in automatico e la questione pone alcuni interrogativi sui quali è necessario iniziare un ragionamento, specie per evitare che nuove problematiche si aggiungano a questioni irrisolte come, ad esempio, il grado di complessità della normativa, l'assenza di barriere di ingresso alla professione, la scarsa qualificazione della manodopera e la diffusione di quella irregolare.

La strategia dotata dalla Commissione Europea si può riassumere con tre diverse priorità, che sono:

- decarbonizzazione di riscaldamento e raffreddamento degli ambienti;

- riduzione della povertà energetica e degli edifici che presentano le cattive prestazioni;
- ristrutturazione di edifici pubblici quali scuole, ospedali e edifici amministrativi.

La Commissione propone inoltre di abbattere le barriere esistenti durante la catena di ristrutturazione - dalla concezione di un progetto al suo finanziamento e completamento - con una serie di provvedimenti attraverso sostegni finanziari e strumenti di assistenza tecnica.

La strategia comprenderà le seguenti azioni principali:

- rafforzamento delle regolamentazioni, delle norme e delle informazioni sul rendimento energetico degli edifici per incentivare maggiormente le ristrutturazioni del settore pubblico e privato; introduzione graduale di norme minime obbligatorie di prestazione energetica per edifici esistenti, regole aggiornate per i Certificati di Prestazione Energetica, e un possibile estensione dei requisiti di ristrutturazione degli edifici per il settore pubblico;
- garantire un finanziamento accessibile e ben mirato, anche attraverso la ristrutturazione e potenziare le linee guida dello strumento di recupero e resilienza nell'ambito di NextGenerationEU; predisporre regole semplificate per combinare diversi flussi di finanziamento e molteplici incentivi per finanziamento privato, (Commissione Europea, Direzione generale della Comunicazione, n.d.);
- aumentare la capacità di preparare e attuare i progetti di ristrutturazione, assistenza alle autorità nazionali e locali attraverso la formazione e lo sviluppo di competenze per i lavoratori;
- espansione del mercato dei prodotti e dei servizi da costruzione sostenibili, attraverso la commercializzazione e l'integrazione di nuovi materiali e soluzioni basate sulla natura e sul riutilizzo e recupero dei materiali;
- la creazione di un nuovo Bauhaus europeo, un progetto interdisciplinare condiviso da un consiglio consultivo di esperti esterni tra cui scienziati, architetti, designer, artisti, pianificatori e della società civile.
- Sviluppare approcci "basati sul vicinato" per l'integrazione nelle comunità locali di soluzioni rinnovabili e digitali e creare distretti a zero energia, dove i consumatori diventano prosumer (consumatore che è a sua volta produttore) vendendo energia alla rete. La strategia prevede anche un affordable housing initiative per 100 distretti. (Directorate C - Renewables, Research and Innovation, Energy Efficiency, 2020)

L'*onda di rinnovamento* non riguarda solo l'efficienza energetica degli edifici, legate dunque anche alle questioni di natura ambientale, ma potrebbe avere la capacità di innescare una trasformazione su larga scala delle nostre città e dell'ambiente costruito. Questa rappresenta un'opportunità per avviare un processo lungimirante mirato ad una "rieducazione" del settore delle costruzioni nel senso di sviluppo di standard estetici e funzionali - in sincronia con lo stato dell'arte della tecnologia, l'ambiente e il clima.

1.2.3. Perseguimento dei nuovi obiettivi in Italia – la Legge Semplificazioni

Nel 2019, la Camera dei deputati ed il Senato della Repubblica Italiana hanno approvato un nuovo disegno di legge, che reca disposizioni urgenti in materia di sostegno e semplificazione per le imprese e per la pubblica amministrazione, e propone nuove idee per l'avvio della complessa riqualificazione energetica degli edifici.

Gli interventi devono mirare ad ammodernare prima di tutto gli edifici in G, F, E, fino a raggiungere Classe A1 o successiva (per interventi senza demolizione) e classe NZEB (Near Zeb) nel caso in cui di demolizione e ricostruzione.

Si propongono quindi due tipi di interventi edilizi:

- Il primo è la "riqualificazione energetica profonda": interventi volti a prestazioni energetiche e comfort ambientale delle case, senza la necessità di demolire l'edificio nel suo complesso.
- Il secondo tipo è rappresentato dalla "riqualificazione profonda con ristrutturazione edilizia": un intervento che prevede la demolizione dell'edificio esistente e la ricostruzione di un nuovo concept building.

La Legge Semplificazioni 120/2020 (Legge Semplificazioni) ha apportato diverse modifiche al Testo Unico (Testo Unico dell'Edilizia) DPR 380/2001, tra cui quelli all'art. 3 (Definizione di interventi edilizi), che al paragrafo 1, lettera d) riporta la definizione di:

"interventi di ristrutturazione edilizia", gli interventi rivolti a trasformare gli organismi edilizi mediante un insieme sistematico di opere che possono portare ad un organismo edilizio in tutto o in parte diverso dal precedente. Tali interventi comprendono il ripristino o la sostituzione di alcuni elementi costitutivi dell'edificio, l'eliminazione, la modifica e l'inserimento di nuovi elementi ed impianti. Nell'ambito degli interventi di ristrutturazione edilizia sono ricompresi altresì gli interventi di demolizione e ricostruzione di edifici esistenti con diversa sagoma, prospetti, sedime e caratteristiche planivolumetriche e tipologiche, con le innovazioni necessarie per l'adeguamento alla normativa antisismica, per l'applicazione della normativa sull'accessibilità, per l'installazione di impianti tecnologici e per l'efficientamento energetico. L'intervento può prevedere altresì, nei soli casi espressamente previsti dalla legislazione vigente o dagli strumenti urbanistici comunali, incrementi di volumetria anche per promuovere interventi di rigenerazione urbana. Costituiscono inoltre ristrutturazione edilizia gli interventi volti al ripristino di edifici, o parti di essi, eventualmente crollati o demoliti, attraverso la loro ricostruzione, purché sia possibile accertarne la preesistente consistenza. Rimane fermo che, con riferimento agli immobili sottoposti a tutela ai sensi del codice dei beni culturali e del paesaggio, di cui al decreto legislativo 22 gennaio 2004, n. 42, ad eccezione degli edifici situati in aree tutelate ai sensi *(degli articoli 136, comma 1, lettere c) e d), e 142)* del medesimo codice, nonché, fatte salve le previsioni legislative e degli strumenti urbanistici, a quelli ubicati nelle zone omogenee A di cui al decreto del Ministro per i lavori pubblici 2 aprile 1968, n. 1444, o in zone a queste assimilabili in base alla normativa regionale e ai piani

urbanistici comunali, nei centri e nuclei storici consolidati e negli ulteriori ambiti di particolare pregio storico e architettonico, gli interventi di demolizione e ricostruzione e gli interventi di ripristino di edifici crollati o demoliti costituiscono interventi di ristrutturazione edilizia soltanto ove siano mantenuti sagoma, prospetti, sedime e caratteristiche planivolumetriche e tipologiche dell'edificio preesistente e non siano previsti incrementi di volumetria².

La legge sulle semplificazioni ha quindi ampliato il concetto di demolizione/ricostruzione, ammettendo anche quelli con maggiore volume e ha ridotto la differenza tra demolizione/ricostruzione (nuova costruzione) e demolizione/ricostruzione (ristrutturazione). Queste modifiche contano solo al di fuori dei centri storici e degli edifici soggetti a vincoli storico-artistici.

In aree omogenee A³ o simili, in centri storici consolidati e in aree di particolare valore storico e architettonico, demolizione e ricostruzione saranno consentite solo nel contesto di piani dettagliati di recupero e riqualificazione urbana, che sono di competenza del Comune, per evitare operazioni di speculazione immobiliare. Molti edifici, soprattutto quelli con funzioni più complesse, come scuole ed ospedali, hanno un tempo di obsolescenza di 20- 30 anni. Nel nostro panorama immobiliare nazionale, vi sono situazioni preoccupanti, edifici ormai fatiscenti o inadatti, caratterizzati da obsolescenza tecnologica e funzionale. Occorre perciò garantire maggiori margini di intervento all'amministrazione pubblica, anche attraverso meccanismi di collaborazione pubblico-privato, nell'eventuale fase di avvio di politiche e progetti di rigenerazione urbana.

In termini di economia circolare nell'ambiente costruito, il tema della demolizione /ricostruzione e della riqualificazione funzionale degli edifici ha acquisito un valore strategico da un punto di vista economico, ambientale e soprattutto progettuale.

DIGITALIZZAZIONE ED INNOVAZIONE NEL PROCESSO EDILIZIO

In questo contesto in cui confluiscono nuove necessità e paradigmi ambientali, sociali, economici ed urbanistici, il carattere complesso e multidisciplinare del patrimonio edilizio ed infrastrutturale si manifesta: l'industria delle costruzioni e tutte le attività ed i servizi da essa

³Zona omogenea A) le parti del territorio interessate da agglomerati urbani che rivestano carattere storico, artistico e di particolare pregio ambientale o da porzioni di essi, comprese le aree circostanti, che possono considerarsi parte integrante, per tali caratteristiche, degli agglomerati stessi; Zona omogenea B) le parti del territorio totalmente o parzialmente edificate, diverse dalle zone A): si considerano parzialmente edificate le zone in cui la superficie coperta degli edifici esistenti non sia inferiore al 12,5 % (un ottavo) della superficie fondiaria della zona e nelle quali la densità territoriale sia superiore ad 1,5 m3/m2.

legate, inoltre, contribuiscono in modo sostanziale alle tendenze finanziarie ed economiche, nonché alla qualità di vita dei cittadini.

Dal punto di vista di del personale che compone l'ambito personale operante nelle costruzione alloca solo circa il 30% del suo tempo allo svolgimento del suo compito principale; il residuo 70% è impiegato in commissioni consecutive, organizzazione del lavoro e dell'équipe, allestimento e preparazione di materiali.

I progetti edilizi sono diventati sempre più complessi: budget e tempistiche di realizzazione crescono proporzionalmente alla potenziale qualità dei manufatti. In contrasto con numerosi altri settori, l'industria delle costruzioni ha avuto un lento avvicinamento al progresso tecnologico e di conseguenza, i miglioramenti del settore sono stati insufficienti a tenere il passo con l'avanzamento e l'ottimizzazione della produttività riscontrata nel settore manifatturiero negli ultimi 20 anni.

Affrontare il tema del progetto nell'era digitale rappresenta una sfida per tutti gli studiosi ed i ricercatori impegnati nel difficile compito di individuare le coordinate delle mappe utili alla comprensione dei cambiamenti in atto nella cultura del progetto del nostro tempo. La "rivoluzione digitale nel settore delle costruzioni" si presenta come una nuova cultura, che coinvolge le idee, i progetti, i ruoli di coloro che agiscono nei processi progettuali e la stessa produttività, espandendo il tal modo il livello di conoscenza socio-tecnica del contesto urbano. Le tecnologie digitali rinnovano la cultura dell'oggetto materiale spingendola verso sistemi in cui prevalgono le informazioni e le relazioni, da progetti singoli a modelli informativi con approccio integrativo, da processi di tipo lineare, caratterizzati da un'organizzazione di tipo reticolare gerarchizzato, a workflow circolari ed interdisciplinari, da tecnologie statiche e localizzate a dispositivi interattivi ed iterativi. La realtà moderna acquista liquidità e, pertanto, non è più conseguenza e, allo stesso tempo, fonte di separazioni, distribuzioni, divisioni ma è il risultato di dinamiche relazionali complesse, sistemiche ed ecologiche nel campo della natura e della cultura, e pertanto lo stesso approccio viene adoperato nell'analisi dei fenomeni coinvolti.

Occorre, quindi, sviluppare un'attitudine che ci consenta di delineare una nuova idea di progetto capace di sfruttare tutte le potenzialità tecnologiche per rinnovare il confronto con le emergenti istanze ecologiche, proponendo un'etica della ricerca scientifica e tecnologica, basata sui paradigmi della consapevolezza ambientale, della responsabilità delle scelte e della conoscenza collettiva, e che sappia ritrovare al suo interno una nuova prospettiva di senso estetico.

L'attività del progettare è, da sempre, un'operazione di "previsione" delle trasformazioni compiute sull'ambiente costruito, prefigurando gli impatti sociali, economici e culturali che l'opera implica nel momento in cui viene realizzata. La differenza di questa prefigurazione, tra la concezione tradizionale e quella più innovativa odierna, è data soprattutto dal portato di strumenti digitali che permettono di guardare oltre il momento della costruzione e dell'immediato successivo utilizzo del bene, intercettando una dimensione temporale molto più estesa.

Un notevole cambiamento è in corso nel settore delle costruzioni con l'aspetto della quarta rivoluzione industriale o IR 4.0 che convertirà il settore delle costruzioni in direzione di ulteriore digitalmente mestieri sviluppati. L'idea di creare un "gemello digitale" di un edificio o di un pezzo di infrastruttura è centrale per consentire decisioni accurate e ben informate da prendere durante tutto il ciclo di vita del progetto.

SVILUPPO ED EVOLUZIONE DELLA METODOLOGIA BIM

Il BIM, acronimo di "Building Information Modeling", la cui traduzione è "Modello di informazioni di un edificio", indica una tipologia di progettazione parametrica nata alla fine degli anni Settanta negli Stati Uniti, quando si incominciò a parlare di progettazione in tre dimensioni e di software in grado di simulare virtualmente edifici ed infrastrutture.

Con il termine BIM si esprime anche il concetto di rappresentazione digitale 3D di una struttura, o un generico oggetto, utilizzata per esprimerne le caratteristiche geometriche, ma anche informazioni qualitative e quantitative del suo intero ciclo di vita. I documenti contrattuali, disegni, dettagli dell'appalto, specifiche e altri documenti di costruzione possono essere facilmente ritrovati e correlati utilizzando il modello, (Haron, N.A.; Alias, A.; Bala Muhammad, I.; Dorothy, B., 2018)

Volendo definire un anno in cui la metodologia BIM ha avuto inizio possiamo farlo coincidere con il 1987, anno nel quale ebbe luogo il primo vero "esperimento" in BIM, tramite l'ideazione di una costruzione virtuale che venne ideata con l'ausilio del software ArchiCAD.

Il National Institute of Building Science, NIBS, definisce il Building Information Modeling come un processo adatto alla creazione e gestione di informazioni relative ad un progetto di costruzione in tutto il ciclo di vita del progetto stesso. Uno dei principali risultati di questo processo è il Building Information Model, la descrizione digitale di ogni aspetto, fisico e funzionale, del patrimonio costruito come *"una rappresentazione digitale di caratteristiche fisiche e funzionali di un oggetto e delle sue informazioni relative al ciclo di vita previsto"*, (building Information Modelling (bim), 2020). Non può quindi essere considerato un prodotto, una tecnologia o un semplice software, in quanto comprende più software⁴ utilizzati per le fasi di sviluppo del progetto di gara, dalla progettazione alla costruzione.

La metodologia BIM si basa sull'utilizzo di un *unico modello* geometrico tridimensionale, che tuttavia non è una semplice rappresentazione nello spazio, bensì contiene al suo interno tutte le informazioni riguardanti la progettazione e la realizzazione dell'opera edilizia o dell'infrastruttura.

⁴ Tra i più famosi software utilizzati per sviluppare la metodologia BIM si ricordano Edificius di ACCA Software e Autodesk Revit.

Pertanto, il BIM si configura al contempo come un vero e proprio *modello informativo*, che racchiude tutti i dati – tra cui geometrici - che riguardano l'intero ciclo di vita dell'opera: dal progetto alla costruzione, dalla gestione alla demolizione.

Si può affermare che un tipico progetto di costruzione genera una quantità colossale di dati. Qualsiasi progetto - da un piccolo progetto edilizio alle grandi opere infrastrutturali - richiede la creazione e la condivisione di una notevole mole di informazioni relative all'intero di vita del progetto, ma purtroppo, molti operatori sperimentano delle difficoltà nel gestire efficacemente queste informazioni. Per le aziende che non hanno un tale sistema in atto, capace di raccogliere ed organizzare i dati, si manifestano con molta probabilità ad errori progettuali, rilavorazioni, scadenze mancate, superamento dei costi, inefficienza dei componenti della squadra di professionisti, e anche contenziosi. La particolarità della metodologia BIM non sta nel semplice possesso delle informazioni, bensì nella condivisione delle stesse con tutti i soggetti coinvolti nella progettazione, che possono, in ogni momento, modificare o implementare le caratteristiche delle componenti edilizie. In questo modo gli errori vengono ridotti al minimo, le interferenze sono immediatamente rilevate e le fasi di cantiere possono essere dettagliate simultaneamente allo sviluppo del progetto o addirittura in anticipo. È necessario a tal fine stabilire un Ambiente di Condivisione Dati, , o Common Data Environment (CDE), che indica una fonte unica in cui inserire e da cui estrarre dati relativi alle parti interessate della costruzione coinvolta nel progetto. Si possono, perciò, memorizzare, gestire e modificare le informazioni, e condivise al contempo con professionisti operanti sul medesimo progetto. Secondo la norma UNI 11337, trattata più approfonditamente nel capitolo 2.4.4 UNI 11337, la piattaforma che sarà utilizzata dall'intero insieme di stakeholder dovrà soddisfare i seguenti requisiti:

- *Accessibilità* da parte di tutti i ruoli coinvolti nel processo (*con accesso nelle directory previste*);
- *Tracciabilità e successione storica* delle modifiche apportate ai dati contenuti (*attività di versioning*);
- *Supporto dei formati interoperabili* e dei formati in uso nel processo,

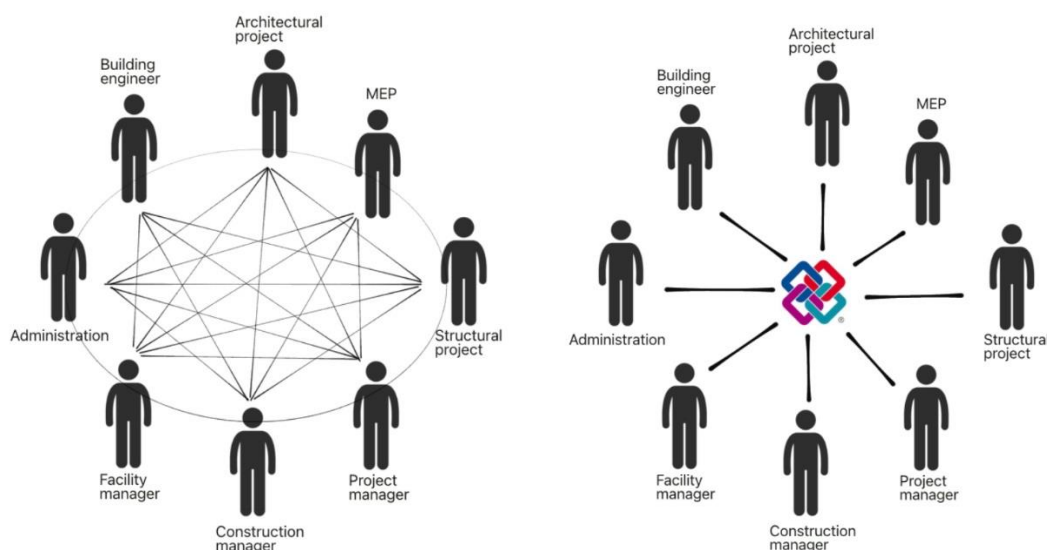


Figura 6 Flusso di lavoro tradizionale e flusso di lavoro con metodologia BIM

Il BIM è il processo di sviluppo, crescita ed analisi dei modelli tridimensionali generati in maniera digitale. Attraverso programmi che utilizzano hardware e software non proprietari gli edifici o le infrastrutture vengono costruiti prima dell'inizio della realizzazione vera e propria, sfruttando un modello virtuale totalmente fedele alla realtà, che per questo prende il nome di Twin Model, al cui assemblaggio collaborano tutti gli attori coinvolti nel progetto. Attraverso la perfetta rispondenza del modello virtuale all'opera da realizzare è possibile simulare con estrema precisione il comportamento del manufatto, a breve, medio e lungo termine, ancor prima di intraprenderne la costruzione. Dal modello tridimensionale vengono estrapolati vari tipi di dati, dai disegni in 2D a testi, fino ad elementi di tempo (4D) e di costo (5D). L'introduzione della piattaforma di progettazione BIM, che può essere paragonata ad un archivio digitale all'interno del quale tutti i soggetti del processo edilizio possono visualizzare e lavorare, consente di migliorare la comunicazione, la cooperazione, la simulazione, la condivisione e la progettazione nel suo complesso, anticipando gli effetti del progetto in cantiere e riducendo gli imprevisti che implicano una lievitazione dei costi e dei tempi. È un approccio strategico che permette di analizzare l'oggetto a base di gara e di valutarne le sue prestazioni future già in fase progettuale.

Attualmente il BIM è utilizzato da progettisti, stazioni appaltanti, imprese di costruzione, subappaltatori, fornitori e gestori dell'opera finita, i quali utilizzano questa piattaforma interoperabile per dialogare sullo stesso supporto.

Tra i soggetti che investono maggiormente nella metodologia BIM figurano l'Unione Europea, che ha inserito il BIM all'interno dei possibili strumenti per lo sviluppo dei bandi di gara delle opere pubbliche nella direttiva 2014/24/UE, la Commissione europea, che ha creato un gruppo di lavoro internazionale, l'EU BIM Task Group, ed infine il Governo italiano, che con decreto attuativo del nuovo Codice degli appalti del Ministero delle infrastrutture e dei trasporti ha introdotto l'obbligo del BIM nei bandi di lavori pubblici complessi.

L'obiettivo ultimo da raggiungere è la riduzione degli errori che è possibile soltanto favorendo il dialogo tra i diversi soggetti e che porterà all'abbattimento dei tempi e dei costi di realizzazione e mantenimento dei prodotti edilizi.

1.4.1. La progettazione integrale

Il BIM rappresenta un *metodo integrato di progettazione* la cui peculiarità risiede nella capacità di poter raccogliere, unificare e combinare tutti i dati che riguardano la progettazione di un'opera o di un'infrastruttura. Il campo di impiego del BIM interessa sia il settore delle *nuove costruzioni*, per quello che concerne tempi e modalità di esecuzione, sia il campo del *recupero, riqualificazione e manutenzione* del patrimonio costruito, attraverso il monitoraggio della vita futura dell'edificio attraverso la gestione e il facility management.⁵ Nell'intero processo di progettazione integrale il BIM ricopre un ruolo di rilievo poiché permette un corretto sviluppo, senza errori o imprecisioni, del progetto con un approccio multidisciplinare a cui contribuiscono tutti i soggetti coinvolti nella realizzazione dell'opera, attraverso la creazione di un modello informativo condiviso e modificabile, nella propria disciplina, da tutte le parti coinvolte.

La fase della *progettazione* assume un ruolo chiave nell'ottimizzazione dell'intero processo edilizio, in grado di apportare vantaggi in termini economici e tempistici, attraverso l'inclusione ed il controllo simultaneo delle opere da realizzare.

La fase che segue, costituita dal *progetto esecutivo*, assume la funzione di formulazione di "dettaglio", quasi con l'obiettivo di costituire un "manuale di assemblaggio", limitando in questo modo la probabilità di imbattersi in fenomeni e problematiche non precedentemente considerati, la necessità di esprimere decisioni ed il conseguente apporto di modifiche.

Un esempio di quanto la collaborazione e l'interazione tra i soggetti coinvolti risulti meno complessa con l'utilizzo della metodologia BIM è la risoluzione delle interferenze. Il progettista architettonico ha il compito di definire le forme e le geometrie dell'opera o dell'infrastruttura da realizzare. Egli produce un modello 3D nel quale il progettista strutturale andrà ad inserire gli elementi della struttura. Infine, il progettista impiantistico andrà ad aggiungere gli impianti necessari e potrà istantaneamente valutare dove questi interferiscono con la struttura o con componenti architettoniche di particolare rilievo. È indispensabile quindi, come precedentemente specificato, la creazione dell' ACDat (o CDE), ovvero una unica fonte di informazioni usata da tutti i professionisti coinvolti per collezionare, gestire, disseminare, analizzare, con un approccio iterativo, documentazione di progetto, modello grafico/geometrico e dati non grafici.

Ad ogni "oggetto edilizio" vengono associate diverse informazioni, che riguardano le diverse discipline che entrano in gioco nel processo di costruzione e fanno riferimento all'intero ciclo di vita dell'opera. Non si tratta solo di parametri geometrici, ma di tutte le informazioni e i

⁵ Il settore del facility management la metodologia BIM risulta utile nel campo della gestione, della pianificazione e del controllo degli aspetti e delle risorse legate alla manutenzione dell'opera.

documenti necessari alla gestione tecnico-economica dell'intervento. Tra i dati più comunemente raccolti all'interno di un modello BIM figurano infatti la localizzazione geografica dell'intervento, la geometria, la tipologia dei componenti, dei materiali o dei sistemi, la struttura portante, la performance termica, acustica, di resistenza al fuoco dei diversi elementi costruttivi, le componenti impiantistiche, i dati finanziari e legali, la durata attesa dell'intervento, le fasi di cantiere con le relative informazioni sulla sicurezza, le operazioni di manutenzione, la loro successione nel tempo e il costo stimato dell'intervento.

Il tema della progettazione integrale è importante se si pensa che ad un altro aspetto, vale a dire il costo di *costruzione di un intervento edilizio* e del *costo dell'intero ciclo di vita di un'opera pubblica*, argomenti trattati a partire dagli anni '70, quando il British Standard Institution fornì una definizione universale di "Terotecnologia" e cioè la tecnologia della conservazione, data dalla unione di management, risorse economiche, ingegneria e altre discipline, applicate al patrimonio del costruito con il fine stimolare una diminuzione dei oneri finanziari legati del ciclo dell' oggetto considerato, (Bisignano, 2011). Tale proposito è ottenuto considerando progettazione, installazione, manutenzione, restaurazione e sostituzione di ogni elemento su piccola o grande scala nel settore delle costruzioni, con conseguenti ritorni di informazioni sulla qualità della progettazione, le prestazioni e i costi. Solo nel 2017 però si arriva a definire in modo univoco il concetto di "Life Cycle Costing" come una tecnica di valutazione per prevedere i costi e le prestazioni nel tempo delle opere o delle infrastrutture. È importante che la metodologia BIM entri in gioco fin dalla prima fase della progettazione perché permette di stimare il costo dell'intero ciclo di vita dell'opera facendo delle valutazioni già all'atto della redazione del progetto di fattibilità tecnica ed economica, cioè in fase di redazione del primo livello di progettazione.

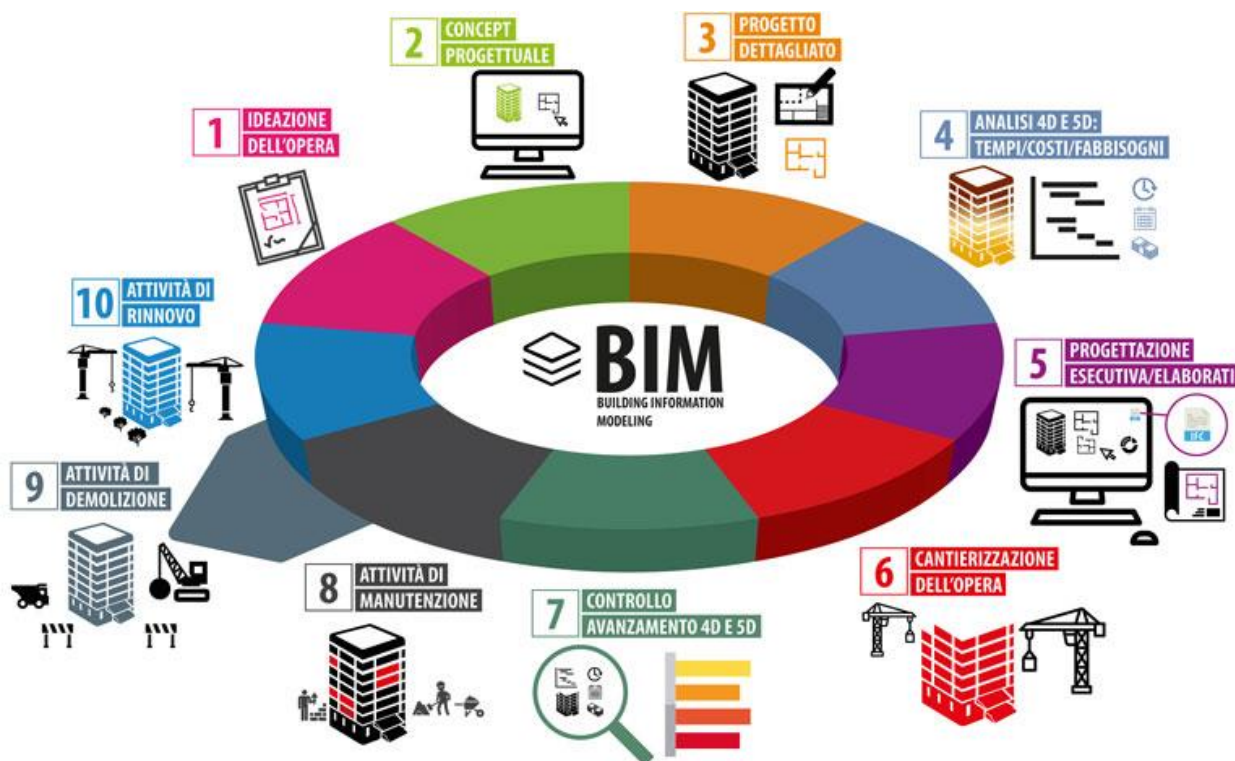


Figura 7 Processo edilizio e "dimensioni" della metodologia BIM

1.4.2. Vantaggi nell'impiego della metodologia BIM

- ✦ Minor numero di modifiche al progetto con conseguente riduzione dei tempi e dei costi legati alla progettazione o costruzione del prodotto edilizio. Inoltre, le modifiche effettuate sono trasmesse in tempo reale anche ai differenti collaboratori, attraverso modelli, tavole grafiche ed altri tipi di elaborati, condivisi nell'ambiente di condivisione dati.
- ✦ Riduzione delle incongruenze e contraddizioni rilevate tra i dati rappresentati nei diversi elaborati. La causa di questi errori di progettazione è spesso legata a modifiche apportate ad un elaborato, ad esempio una sezione, e non riportate in tutti gli altri, considerando non solo gli elaborati grafici, ma anche i documenti di tipo informativo utili alla valutazione e computazione del manufatto.
- ✦ BIM supporta la visualizzazione 3D e migliora coordinamento del progetto con conseguente incremento di efficacia nella trasmissione dei dati tra le differenti figure professionali coinvolte: la condivisione di un unico modello informativo tridimensionale geolocalizzato, contenente informazioni geometriche, qualitative e quantitative, permette una comunicazione poli-direzionale, che rende tutti partecipi;
- ✦ Con il modello BIM possono essere svolte analisi, che conducono ad una maggiore

efficacia nella progettazione ed un allungamento del ciclo di vita dell'opera in costruzione. Inoltre, l'integrazione di un numero sempre maggiore di informazioni relative non solo alla fase progettuale dell'iter costruttivo, ma anche alla fase esecutiva e gestionale, fa sì che il modello tridimensionale diventi uno strumento valido in ogni momento del ciclo di vita del prodotto edilizio, non possibile con strumenti tradizionali;

- ✚ Miglioramento nell'interpretazione dell'informazione iniziale, purché vengano definite e chiarite dal principio i rapporti di ingaggio che stanno alla base della collaborazione tra coloro che contribuiscono alla redazione del progetto.
- ✚ Un effetto considerevole dell'applicazione della metodologia descritta riguarda i miglioramenti nella discrepanza tra prezzo di aggiudicazione e prezzo finale dell'opera, vantaggio che incide notevolmente, soprattutto se si pensa al fatto che il 69% dei progetti in Italia viene realizzato con una variazione del 100% dei costi dal progetto all'esecuzione dei lavori, portando la spesa al raddoppio di quanto inizialmente preventivato;
- ✚ Miglioramento della performance e tempistiche della pubblica amministrazione.

1.4.3. Ostacoli e problematicità nella diffusione del BIM

- La necessità di nuovi profili professionali, come il CDE Manager, BIM Manager, il BIM coordinator, e il BIM specialist e la carenza di tali figure professionali, costituisce un rallentamento alla diffusione della metodologia BIM. Per fare chiarezza sul ruolo e le competenze richieste a tali professionisti, In data 13 dicembre 2018 è stata pubblicata la parte 7 della norma UNI 11337:2018 relativa alla gestione digitale dei processi informativi delle costruzioni., intitolata *Edilizia e opere di ingegneria civile – Gestione digitale dei processi informativi - Parte 7: Requisiti di conoscenza, abilità e competenza delle figure coinvolte nella gestione e nella modellazione informativa*”. Questa sezione della norma ha lo scopo di definire quale sia la funzione delle nuove figure chiave indicate precedentemente e descriverne compiti ed attività specifiche nel flusso informativo. Dunque, si che distinguono:

Tabella 1 Nuovi ruoli professionali legati al BIM

<i>CDE manager</i>	Professionista che si occupa della gestione dell'ambiente di condivisione dei dati
<i>BIM manager</i>	Figura impegnata nella gestione dei processi digitalizzati
<i>BIM</i>	Professionista responsabile della gestione e della modellazione

<i>coordinator</i>	
<i>BIM specialist</i>	Figura responsabile di gestione e modellazione informativa

- Natura frammentaria degli organismi professionali e loro organizzazione, in un contesto di un preponderante numero di PMI operanti nel settore edilizio, che non favorisce una visione complessiva del patrimonio immobiliare, instaurando di fatto un certo rischio di attuare strategie e soluzioni, senza considerare fattori critici, ma anche possibilità di miglioramento. Inoltre, le capacità economiche e finanziarie relative alle PMI, attive nella progettazione ed esecuzione delle opere, non sono sufficienti a garantire l'aggiornamento professionale e lo sviluppo delle competenze delle componenti del team di lavoro, con una conseguente impreparazione alla complessa sfida quale quella sviluppata anche a livello europeo. La difficoltà ad effettuare investimenti sulla formazione del personale e l'introduzione di strumenti (tra cui software talvolta dispendiosi) per l'applicazione del BIM, costituisce un importante limite all'ottimizzazione dell'attività legate al settore delle costruzioni.
- Mancanza di una conoscenza adeguata delle potenzialità e del funzionamento del BIM da parte di tutti i soggetti coinvolti nel settore delle costruzioni.
- Mancanza di una pianificazione mirata e rigorosa durante la fase iniziale;
- Problematiche legate al "Legal BIM" in particolare alla proprietà intellettuale ed alla gestione dei dati e dei contratti.

La necessità di adottare una strategia che punti all'efficientamento normativo e della collaborazione tra progettisti, imprese, produttori e manutentori, impone cambiamento ideologico e deontologico, dato dalla consapevolezza e comprensione del tema del BIM, affinché questo possa diventare uno strumento sistemico all'interno nell'industria delle costruzioni. Per incentivarne la divulgazione e conoscenza, la Commissione Europea ha impegnato l'EU BIM Task Group nella realizzazione e pubblicazione di un documento con l'obiettivo di introdurre una regolamentazione normativa e giuridica unica e di fornire una definizione ed una descrizione completa ed univoca di BIM all'interno del manuale "EU BIM Handbook" (Luglio 2017), (Furcolo).

La Comunità europea ha inoltre lanciato nello stesso anno un progetto, il BIMplement⁶, per la formazione professionale continua, rivolta a tutti gli attori del processo edilizio, con l'obiettivo di raggiungere un approccio europeo unificato al BIM.

⁶ L'obiettivo che questo progetto si pone è quello applicare un approccio sistematico seguendo l'ideologia del BIM che vada a ridurre il gap tra le prestazioni previste per l'edificio in fase di progettazione e quelle misurate

1.4.4. Le Fasi del Modello: As-Designed, As-Built, As-Maintained

Il controllo degli aspetti tecnici e finanziati sin dalle prime fasi di progettazione risulta fondamentale nell'ottica di efficientamento delle risorse materiali ed economiche coinvolte nell'industria delle costruzioni. La stima dei costi in fase di progetto, infatti, permette scegliere tra più alternative progettuali, scartandone alcune ritenute non alla portata del budget indicato dalla committenza. Questa necessità di conoscere sin da subito quanto possano costare, in termini concreti, tutte le scelte progettuali individuate, come precedentemente menzionato, conduce ad un lavoro di progettazioni sinergico, che influisce sulla capacità del progetto di rispondere alle esigenze espresse dalla committenza.

Il bisogno di modificare, non solo il progetto definitivo, ma anche il progetto esecutivo, con la conseguente realizzazioni di costruttivi (che possono modificare in modo anche sostanziale il progetto esecutivo), è una tipica conseguenza delle necessità e delle dinamiche di cantiere, dove il progetto esecutivo redatto dal progettista può risultare problematico da applicare o eccessivamente oneroso. Va anche specificato, inoltre, che la maggior parte del lavoro al fine di realizzare modelli informativi (BIM) oggi si concentrano sulla rappresentazione delle condizioni di una struttura così com'è progettata (As-Designed), piuttosto che le sue condizioni di come costruita (As-Built) o come utilizzata in fase di esercizio (As-Maintained). Dunque, in particolare si ha:

- Modello As-designed: è la rappresentazione progetto e delle specifiche dell'edificio prima dell'inizio della costruzione. Questo modello è il risultato del lavoro multidisciplinare, coordinato attraverso software operanti in ambito BIM, di architetti, designer e ingegneri.
- Modello As-Built: rappresenta lo stato dell'edificio dopo il completamento della fase di costruzione, comprese tutte le modifiche all'ambito delle opere a realizzare, i materiali installati, eventuali dimensioni e così via. In questo caso, il modello mostra la geometria ed il posizionamento di tutti gli elementi edilizi completati nell'ambito del contratto, e spesso differisce sostanzialmente dal modello di progetto, a causa di rilavorazioni, condizioni impreviste del sito e altre modifiche al progetto originale man mano che la costruzione procede (varianti). Nella pratica, gli elaborati "as built" vengono generalmente prodotti dall'impresa esecutrice, apportando le correzioni delle tavole di progetto, attraverso l'inserimento di tutte le modifiche di come è stato eseguito. Per questo motivo, i disegni "as built" costituiscono gli elaborati finali, i quali rappresentano lo stato della costruzione al momento della conclusione delle attività di realizzazione e collaudo, e che dovranno essere consegnati al cliente o al servizio

una volta terminata l'opera. Si mira a mettere in pratica tutte le conoscenze che i diversi attori europei coinvolti hanno a disposizione sul BIM attraverso un processo che si articola in quattro fasi: fase di sviluppo; fase di implementazione, al termine della quale si ottiene una matrice di qualità che, nella fase successiva di testing e validazione, ciascun paese dovrà applicare a casi pilota; ed infine fase di replica.

manutenzione e gestione per attuazione appropriata degli interventi di manutenzione o esercizio.

- **Modello As-Maintained (o As-Is):** è una rappresentazione delle informazioni e degli elementi di un edificio nella sua fase di esercizio, dopo il completamento della costruzione, che può descrivere lo stato della costruzione anche diversi anni dopo la realizzazione. Questo tipo di modello torna particolarmente utile, non solo per effettuare interventi di miglioramento e ristrutturazione, ma anche per valutare il funzionamento della struttura nel corso del suo ciclo di vita. I dati presenti in questa tipologia di modello, perciò, possono differire dai dati del modello as-built, in quanti le condizioni mutano col passare del tempo.

Per produrre modelli As-Built e As- Maintained, è opportuno introdurre sistemi di imaging 3D che consentono l'acquisizione efficiente e dettagliata dello stato attuale di una struttura sotto forma di set misurazioni puntuali, note come *nuvole di punti* e, sebbene questi file rappresentino accuratamente la forma e la funzione dell'elemento, il fatto che le scansioni siano misurazioni puntuali discrete (non continue) limitano l'utilizzo di dati As-built. Le nuvole di punti cioè, non possiedono alcuna informazione sul punto rappresentato, ad eccezione della sua posizione nello spazio, ma non è in grado, ad esempio, di determinare se un insieme di punti appartiene ad uno o all'altro elemento (esempio muro o porta), (Higgins, 2022).

1.2.5. Realizzazione del modello As-Built

Attraverso il modello globale finale dell'opera edilizia, vale a dire il modello che ne descrive le caratteristiche post-realizzazione oltre a quelle progettuali, il futuro gestore dell'opera stessa sarà a conoscenza di tutti i dati di funzionamento e potrà così stabilire una appropriata programmazione della frequenza e dell'entità degli interventi di manutenzione e programmare, di conseguenza, la spesa necessaria a tali operazioni. Inoltre, la facoltà di rendere possibile un confronto tra il modello definito nella fase progettuale con il modello as-built permette di correggere le previsioni progettuali rispetto alla configurazione finale dell'opera.

Negli ultimi anni sono stati sviluppati sempre modelli per la valutazione della qualità della costruzione, mediante tecniche talvolta innovative come l'acquisizione con Laser scanner e fotogrammetria, Tuttavia, alcune limitazioni, come la difficoltà a poter accedere ad alcune informazioni, la richiesta di competenze specialistiche degli operatori, ed infine, la dipendenza da strumenti e processi che richiedono tempo.

Il Modello As-Built non costituisce semplicemente una rappresentazione tridimensionale della realtà ma un vero e proprio processo e strumento di analisi, verifica e sintesi della complessità architettonica e funzionale dell'oggetto edilizio, tenendo conto, oltre agli aspetti geometrico-dimensionali, anche quelli territoriali e storici, che vanno a determinare le caratteristiche estetiche e progettuali dell'edificio. Il crescente interesse degli studiosi per l'applicazione del

Building Information Modeling (BIM) agli edifici storici ha introdotto alcune questioni legate all'affidabilità dell'As-built, in relazione, non solo al rapporto tra modello tridimensionale e dimensioni effettive dell'opera, ma anche alle altre informazioni circa le tecnologie costruttive ed aspetti qualitativi, (Maiezza, 2019). Il *livello di affidabilità* (LoR, Level of Reliability) del modello As-Built può essere visto come il contributo sinergico del livello di accuratezza geometrica (Level of Accuracy, LoA) ed il livello di qualità della fonte delle informazioni (Level of Quality, LoQ). Il suo valore, dunque, dipende dal tipo di fonti e tecniche utilizzate per raccogliere i dati relativi allo stato attuale dell'edificio, elencati in ordine di affidabilità crescente come segue, (Apollonio, F.I.; Giovannini, E.C., 2015):

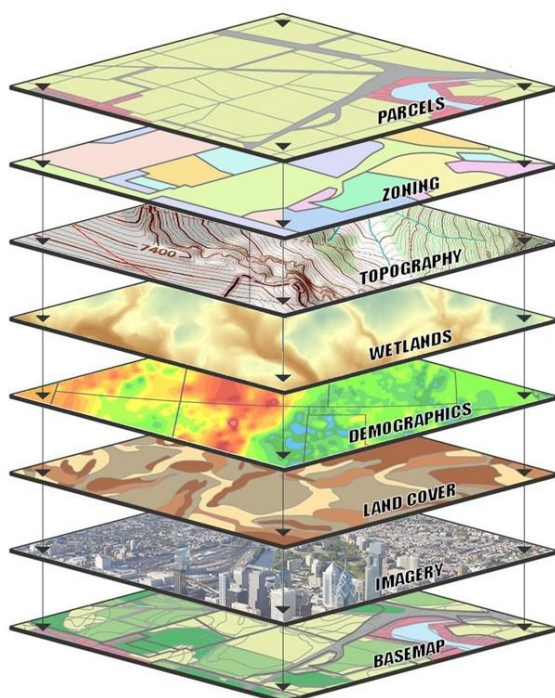
- a) Acquisiti attraverso tecnologie di laser scanning e fotogrammetria;
- b) Basati sul disegno di rilievo
- c) Basati originali e disegni di rilievo incompleti modificati;
- d) Basati su riferimenti di progetti contemporanei (stesso architetto e modo di rappresentare);
- e) Dati dedotti da livelli precedenti;
- f) Riferimenti inconsistenti.

1.4.6. L'estensione del modello as-built – DIM e Digital Twin

Tradizionalmente, nel campo delle prestazioni energetiche degli edifici, l'attenzione di esperti e ricercatori si è concentrata sino ad ora sul singolo edificio piuttosto che sui grandi "blocchi" edilizi. Un passo verso la realizzazione dell'obiettivo desiderato è quello di valutare il grado di efficienza energetica di oggetti incorporati nel distretto, per valutarne gli andamenti. Invece di focalizzarsi solo sul miglioramento in termini di efficienza energetica per un particolare edificio, questo approccio richiede sfide da risolvere a livello distrettuale (Koch et al. 2012) e che evidenzia il significato del concetto di "target dei consumi energetici degli edifici".

Si consideri anche che la raccolta, l'utilizzo, il controllo e la condivisione di dati sono diventate operazioni molto veloci e convenienti grazie al progresso tecnologico in ambito di informazione e di comunicazione: Internet mobile, cloud computing, big data ed Internet of Things (IoT). L'elemento chiave dell'applicazione del BIM, ed in generale della digitalizzazione del processo edilizio, risulta essere la raccolta ed il trattamento di quanti più dati possibili, relativi al manufatto edilizio/infrastrutturale ed al suo contesto, al fine di effettuare analisi e previsioni, che risultano tanto più attendibili quanto più il modello informativo si avvicina all'oggetto reale. La conoscenza e previsioni dei fenomeni coinvolti nella costruzione e nella gestione di un'opera edilizia, implica l'applicazione di un approccio Smart Building, in cui lo stesso edificio, supportato dall'utilizzo delle tecnologie e strumenti del GIS ed IoT, restituisce nel tempo informazioni e feedback sul suo attuale stato. Il BIM è adoperato nella creazione, gestione e condivisione dei dati riferiti alla costruzione e al suo ciclo di vita, mentre il Geographic

Information System (GIS) è adoperato per collezionare, gestire e analizzare i dati riferiti all'ambiente urbano⁷, attraverso “layers piani”, Figura 1Figura 8. Dunque, l'applicazione integrata di BIM e GIS è essenziale nelle applicazioni Smart City dove sono richiesti i dati di edifici ed ambiente urbano.



GIS DATA LAYERS

Il GIS (Geographic Information System) permette di includere in un sistema informativo dati territoriali attraverso la sovrapposizione di layers che rappresentano mappe tematiche. Vengono incluse informazioni come: strade, particelle catastali, zone, topografia, demografia, superfici, contesti rurali, contesti urbani..

Quando questi layers sono sovrapposti gli uni agli altri, è possibile individuare trend spaziali e relazioni tra i diversi layer, il che permette una cognizione delle caratteristiche di uno spazio localizzato.

Figura 8 Gis Data Layers, (Kolios et al, 2017)

L'estensione delle informazioni e del grado di conoscenza del manufatto, correttamente localizzato all'interno del suo reale contesto, conduce cosiddetto District Information Modeling (sintetizzato con l'acronimo DIM), ovvero applicazione del concetto di Smart Building ad una determinata area di contesto urbano o extraurbano. In particolare, il sistema DIM mira a gestire e risolvere problemi sensibili legati al consumo energetico degli edifici esistenti nel quartiere (Scala Urbana), compresi i processi di gestione e manutenzione dell'involucro edilizio ed implementazione di sistemi HVAC. Una corretta gestione ed analisi delle informazioni raccolte dagli edifici, possono contribuire all'elaborazione ed attuazioni di nuove politiche di sviluppo urbano: la pianificazione energetica urbana dovrebbe iniziare con trasformazioni che sfruttano nuovi pacchetti tecnologici e che possano essere ampiamente utilizzati da vari tipo di utenti. Per esempio, per un progetto di pianificazione energetica di una determinata area, il progettista può ottenere le informazioni del piano urbano, le caratteristiche della comunità interessata ed il pacchetto tecnologico energetico appropriato inserendo l'ubicazione dell'area di destinazione. Inoltre, lo studio dei fenomeni riguardanti infrastrutture ed ambiente edilizio

può essere effettuato combinando il modello generato con altri software di simulazione esistenti. Gli utenti medi, gli operatori di gestione dell'energia o il governo possono Utilizzare il 3D piattaforma per la visualizzazione dei consumi energetici della città, del quartiere o dell'edificio, come schematizzato in Figura 9, (Yamamura, S.; Fan, L.; Suzuki, Y., 2017).

L'utilizzo di rilevatori e sensori mira, infine, a sviluppare una piattaforma aperta orientata al web-service in grado di visualizzare i dati a livello distrettuale in tempo reale. Consente l'accesso aperto con dispositivi personali e realtà aumentata (A/R), permettendo la visualizzazione delle informazioni relative agli andamenti energetici, l'analisi dei costi, la pianificazione e valutazione manovre energetiche, l'identificazione e manutenzione dei guasti, e la condivisione delle informazioni sull'energia, (Moghadam, S.; Lombardi, P.; Toniolo, J., 2017)

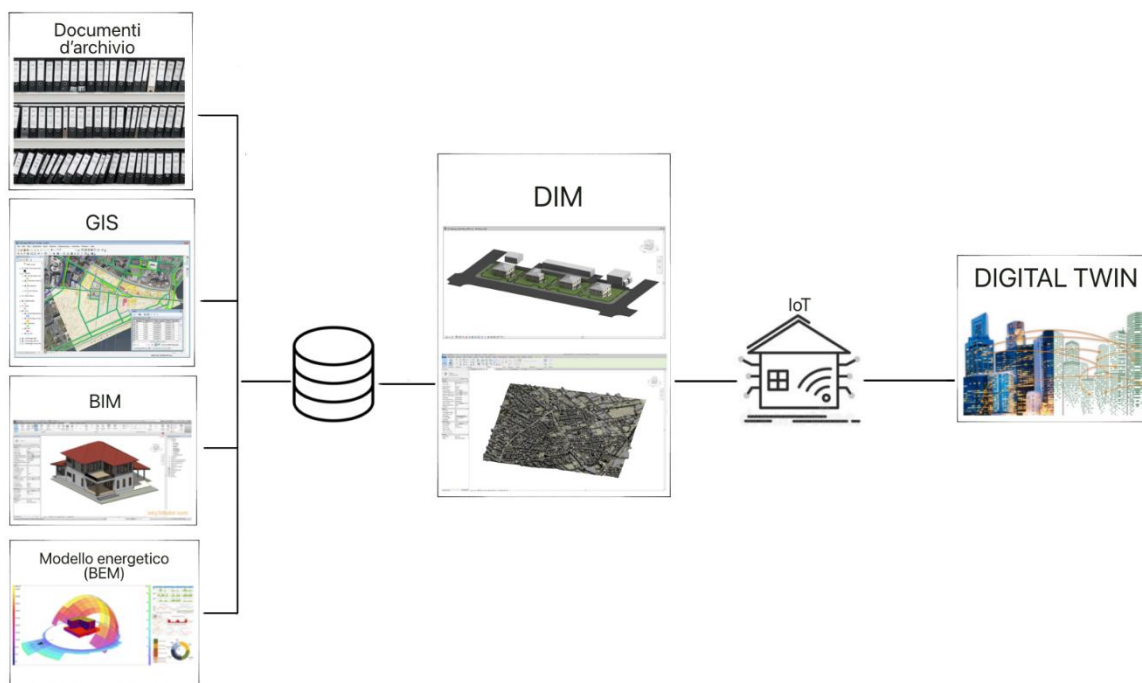


Figura 9 Realizzazione del DIM e Digital Twin

La creazione e lo sviluppo del modello informativo tridimensionale, esteso man mano ad aree sempre più ampie, parte dunque da una fase di indagine ed osservazione di documenti d'archivio, al fine di comprendere al meglio la tipologia costruttiva e gli aspetti funzionali dei diversi edifici. La raccolta di documenti ed informazioni può condurre alla realizzazione di un database storico in cui si fondono i dati storici e dati territoriali, intesi come geolocalizzazione attraverso strumenti e metodologie GIS, ma anche condizioni climatiche ed ambientali, in un modello parametrico 3D. Come specificato dall'American Institute of Architects (A.I.A.), occorre porre particolare attenzione alla scelta del livello di sviluppo e il livello di dettaglio del

modello a realizzare, sapendo che Livello di dettaglio può essere pensato come input all'elemento, mentre Level of Development è uscita affidabile, (Del Giudice, M.; Patti, E.; Osello, A., 2014).

- Livello di dettaglio (Level of Detail, LoD) rappresenta il grado di dettaglio incluso nell'elemento del modello.
- Livello di sviluppo (Level of Development, LOD) è il grado di geometria dell'elemento e le informazioni allegate è stato pensato attraverso il grado a cui team di progetto membri possono fare affidamento sulle informazioni quando si utilizza il modello. Il Level of Development può essere visto come somma tra il Livello di Dettaglio (LoD) ed il Livello di Informazione (LOI).

Il livello di dettaglio (LOD) del 3D modelli e il livello di precisione (LOA) tra nuvole di punti e BIM dipende dalla qualità dei dati dell'indagine 3D (punto nuvole e rete geodetica). È possibile stabilire la posizione georeferenziata di ogni punto nello spazio reale utilizzando tecniche avanzate di rilevamento 3D. Ogni punto ha specifiche coordinate (x,y,z) nello spazio e può essere utilizzato nel digitale ambientale al fine di ottenere BIM as-built.

1.4.7. La progressiva diffusione del BIM in Europa e lo stato attuale

L' utilizzo della metodologia BIM nel settore delle costruzioni, che si tratti di progettisti, imprese o pubblica amministrazione, varia a seconda dei Paesi. In alcuni Stati, soprattutto in quelli del nord Europa, l'approccio di progettazione integrale attraverso il BIM è ormai obbligatorio in tutti i progetti pubblici e si sta diffondendo molto rapidamente anche nel settore privato delle costruzioni. Le nazioni e maggiormente avanzate da questo punto di vista e che rappresentano anche un punto di riferimento per altri paesi sono quelle nordeuropee e britanniche. Allo stesso tempo, anche nel resto d'Europa, ogni nazione si sta pian piano muovendo, attraverso regole e norme che ne definiscono le caratteristiche dei modelli informativi e dei processi, ma anche definendo le tempistiche, i requisiti, nonché i contenuti dei capitoli informativi.

In particolare, il Regno Unito è uno dei paesi europei che vanta uno dei più alti numeri di imprese di costruzione che utilizzano il Building Information Modeling al livello 2 o superiore, e mantiene una salda leadership nell'utilizzo e implementazione del Bim nelle fasi di progettazione e di costruzione. Nel 2011 il governo britannico ha lanciato un progetto per l'adozione e l'impiego della metodologia BIM sia nel settore pubblico che privato, con l'obiettivo di ridurre i costi di progetto e realizzazione. È stato pubblicato dunque tramite il Cabinet Office il *government construction strategy*, documento con il quale illustrare la strategia per l'adozione della nuova tecnologia BIM, attuando dunque un programma a lungo termine per integrare l'uso del BIM progetti di costruzione pubblica finanziati a livello

nazionale; a marzo 2016, basato sempre sulla strategia del precedente, è stato emanato il Government Construction Strategy 2016-20 in cui si definiscono i contenuti minimi dei capitoli informativi e quanto necessario affinché i progetti consegnati raggiungano il Livello 2, (DIGITAL&BIM ITALIA, 2022). Con la collaborazione di diverse istituzioni, uno fra i principali enti di normazione e certificazione a livello globale, vale a dire il British Standards Institution (BSI), ha emanato molteplici norme di riferimento riferite BIM, e per facilitarne la comprensione e l'applicazione, il BSI ha istituito il B/555 Committee, che ha la funzione di definire ed aggiornare il B/555 Roadmap. Questo documento rappresenta una guida per l'industria britannica specializzata nella realizzazione e gestione dei beni costruiti: il B/555 Roadmap costituisce uno strumento usato per valutare ed identificare gli standards, i tools e le guide che possono essere applicabili in riferimento ai livelli di maturità del BIM. Al suo interno, infatti, vengono definiti due concetti fondamentali, (Ronca, P.; Bazan, F.; Zichi, A., 2017) :

- il BIM Capability, e cioè l'abilità dell'uso degli strumenti BIM, individuati in tre livelli;
- il Maturity Level, che descrive il livello di approfondimento di un modello, come sintetizzato nel grafico che segue.

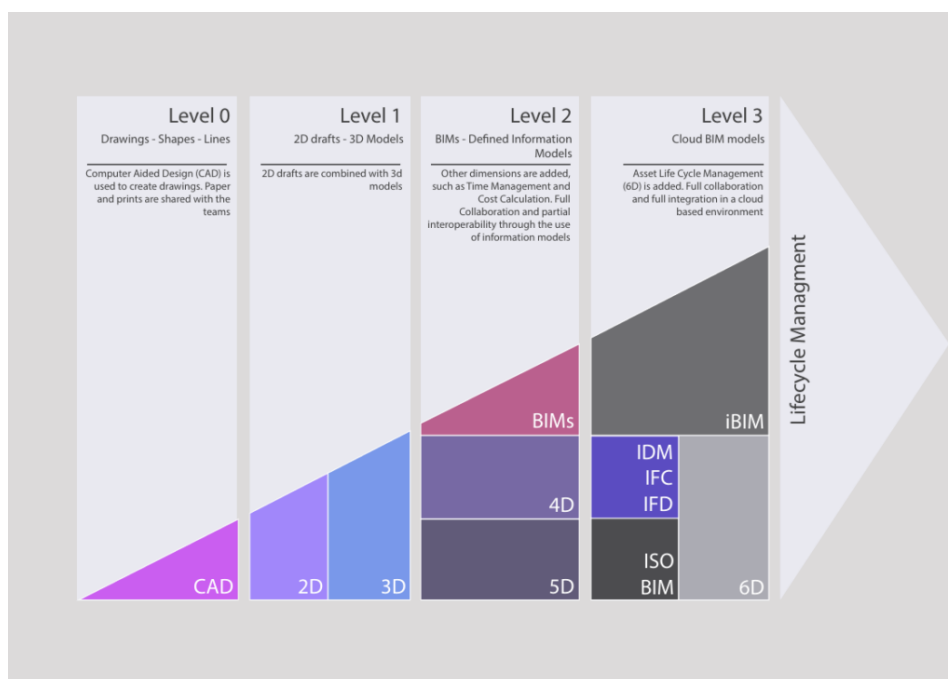


Figura 10 Livelli di maturità della progettazione con metodologia BIM

PARTE 2

NORMATIVA VIGENTE ED APPLICAZIONE DELLA METODOLOGIA BIM

Il settore delle infrastrutture in Italia

Un campo del settore delle costruzioni su cui è interessante approfondire qualche aspetto è quello delle infrastrutture, anche in relazione al caso studio presentato nei prossimi capitoli.

Risultano incisivi nello sviluppo e nella crescita economica, gli investimenti in infrastrutture, ed un incremento della qualità delle di queste, nuove od esistenti, parte dalla corretta gestione del capitale pubblico e risorse pubbliche ai fini di potenziarne il rendimento, e producendo così un valore. Si ha come effetto un incremento di produttività di tutti i settori economici a cui si possa pensare, producendo a sua volta a dei miglioramenti della qualità di vita dei cittadini⁸. In particolare, si riducono i costi di trasporto delle imprese e si amplia l'accessibilità dei luoghi e dei mercati e la mobilità di cose e persone. Pertanto, le capacità di pianificazione e coordinazione della Pubblica Amministrazione ha un peso sul rendimento delle risorse pubbliche, che, se ben impiegate, possono creare così valore, e dunque capitale pubblico, che a sua volta, è in grado di accrescere la produttività del settore privato.⁹

Il problema del calo degli investimenti italiani nel settore delle infrastrutture può essere attribuito in particolar modo a:

- difficoltà spesso riscontrare da parte delle stazioni appaltanti di programmare, pianificare ed eseguire gli interventi nei tempi e costi previsti, ma talvolta anche a mancanza di risorse economiche da destinare agli investimenti (in particolar modo dal 2008 al 2016)
- mancanza di sicurezza nella "stabilità" della normativa in atto: sicura realizzazione delle opere infrastrutturali è stata soggetta a limiti ed interruzioni, a causa del cambiamento

⁸ Infrastrutture, accessibilità e crescita, Angela Stefania Bergantino, Università degli Studi di Bari Aldo Moro, RIVISTA DI ECONOMIA E POLITICA DEI TRASPORTI Anno 2013, numero 1, ISSN 2282-6599

⁹ M.Draghi, D.Franco, Documento di Economia e Finanza 2022, Ministero dell'Economia e delle Finanze, Deliberato dal Consiglio dei Ministri il 6 aprile 2022

ed il susseguirsi dei diversi governi, che da questo punto di vista non hanno garantito una continuità sullo svolgimento dei lavori pubblici, a volte già avviati.

Trattando nel dettaglio la limitazione e l'interruzione dei progetti e lavori avviati, la Infrastructure Research & Advisory Unit di AGICI ha effettuato un'analisi sui "Costi del Non Fare", rimarcando le conseguenze economiche della mancata o ritardata realizzazione delle infrastrutture italiane. L'Osservatorio sfrutta i risultati provenienti dall'analisi costi-benefici per monitorare lo sviluppo infrastrutturale e sottolinea come la carenza, l'inadeguatezza o il mancato sviluppo di infrastrutture strategiche – strade, ferrovie, connessioni superveloci, porti, aeroporti – potrebbero condurre a più di 600 miliardi dal 2016 al 2030¹⁰, e ,nello specifico, nel settore ferroviario, nello stesso periodo di riferimento , sono stimati complessivamente 113,8 miliardi di euro perduti, di cui 30,7 lavori relativi a progetti per Alta Velocità e 83,1 miliardi per ferrovie convenzionali¹¹.

La graduale riduzione dei costi legati alle opere non portate a termine può essere il prodotto sia dall'impiego dell'analisi costi-benefici, da eseguire sin dai primi livelli di progettazione dell'opera, sia dall'impiego di metodi e software per la digitalizzazione dei processi legati alla realizzazione di infrastrutture pubbliche. La digitalizzazione e la gestione intelligente dei dati possono contribuire alla realizzazione di un sistema infrastrutturale più efficiente e sicuro, poiché soggetto a periodiche manutenzioni e interventi di controllo programmati. Affinché si possa stimolare lo sviluppo infrastrutturale occorre mirare ad una semplificazione delle procedure realizzative e la riorganizzazione dei processi autorizzativi mediante una migliore definizione dei ruoli dei soggetti che intervengono nel processo edilizio.

l'OCSE afferma inoltre che sarebbe opportuno investire una somma pari a circa 50mila miliardi di dollari, corrispondente a circa il 2,5% del PIL mondiale, in infrastrutture intercontinentali, entro il 2030. Dal punto di vista europeo, le infrastrutture di trasporto sono materia del programma Connecting Europe Facility (CEF) e del programma Horizon 2020. La chiave affinché l'Italia, ed in generale l'Europa, tornino ad investire nelle infrastrutture sta nella consapevolezza che queste opere determinano e contribuiscono alla ridefinizione dell'ecosistema in senso più ampio. Le infrastrutture rappresentano uno degli strumenti per raggiungere la trasformazione di una comunità. Parte della somma da investire per le infrastrutture potrebbe provenire dai fondi messi a disposizione dall'Unione Europea, nello specifico, dal Fondo Europeo per lo Sviluppo Regionale (FESR). Il fondo consiste in 1 miliardo e 328 milioni di euro messi a disposizione solo per le infrastrutture, destinato per la maggior parte alle regioni del sud Italia, come Basilicata, Calabria, Campania, Puglia e Sicilia.

¹⁰ IL RAPPORTO AGICI 2016 , Il «non fare» costa 606 miliardi, <https://www.ilsole24ore.com/art/il-non-fare-costa-606-miliardi-AEx8HOQ>

¹¹ OSSERVATORIO COSTI DEL NON FARE ANIE/ASSIFER: PRIORITARIO IL PIANO DEI TRASPORTI.

Il rilancio del settore infrastrutturale e degli appalti pubblici ha avuto inizio senza dubbio con il superamento della Legge obiettivo, che prevedeva una serie di opere pubbliche da realizzare tassativamente in quanto ritenute prioritarie, ma delle quali spesso non ci si curava di comprovarne l'effettiva essenzialità.

Anche il nuovo Codice degli appalti pubblici, che oltre a prevedere l'istituzione di due fondi per le opere infrastrutturali, impone una serie di misure di semplificazione per le procedure di gara (articolo 4126), rappresenta un nuovo approccio alla progettazione e pianificazione delle opere pubbliche. Con questo codice sono previsti percorsi più snelli dal punto di vista burocratico per le procedure di affidamento, per l'approvazione dei progetti, per le procedure di aggiudicazione, che garantiranno un nuovo modo di fare infrastrutture, più trasparente, razionale e attento alla pianificazione ed alla legalità. L'obiettivo del nuovo codice e del regolamento che andrà ad integrarlo è senz'altro quello di utilizzare gli strumenti digitali per poter raggiungere il progetto perfetto, senza varianti, errori o contenziosi, supportato da un processo trasparente in ogni suo passaggio e che abbia come unico obiettivo la qualità dell'opera.

Incide positivamente sulla situazione infrastrutturale e degli appalti pubblici anche il BIM, strumento di promozione della concorrenza, che incentiva la partecipazione delle imprese straniere, favorendo la bancabilità del progetto grazie alla riduzione del rischio finanziario.

Il BIM in Edilizia

Con l'introduzione del BIM nel settore dell'edilizia, si apre una stagione in cui multidisciplinarietà, interdisciplinarietà ed integrazione delle specialità consentiranno il superamento delle logiche separatistiche ancora presenti nel settore delle costruzioni. Le applicazioni BIM imitano il reale processo costruttivo. L'opera o l'infrastruttura non è più creata con elaborati in 2D composti da linee, ma è realizzata virtualmente attraverso elementi costruttivi reali, quali muri, solai, solette, travi... Questo permette ai diversi soggetti coinvolti nel processo edilizio di seguire una logica progettuale molto vicina a quella costruttiva.

A questo strumento è affidato il compito di rivoluzionare la gestione dei processi costruttivi perché consente, attraverso un modello tridimensionale, di anticipare alla fase di progettazione gli effetti del cantiere, vale a dire quello che avverrà in sito, monitorando anche la fase di esecuzione e risparmiando sui tempi e sui costi.

Il BIM permette a tutti i soggetti impegnati nel progetto, architetti, strutturisti, impiantisti, costruttori, di collaborare in tempo reale. La novità di maggior impatto risiede nel fatto che all'interno di un unico modello tridimensionale vi è un gran numero di informazioni disponibili, dal momento che a ciascun oggetto edilizio sono associati una serie di dati ed informazioni,

come la tipologia, la performance termica, acustica, la durata attesa, il costo... che tutti i soggetti possono condividere e modificare, per le parti di loro competenza. Si possono così prevenire errori, giungere a nuove soluzioni, dettagliare le fasi di manutenzione dell'opera o dell'infrastruttura una volta concluso il cantiere, con un risparmio sui costi e sui tempi di realizzazione e gestione delle opere.

Inoltre, l'approccio integrato del BIM consente di archiviare, all'interno del modello digitale, tutti i dati riguardanti l'opera durante la progettazione, la costruzione e lungo il suo intero ciclo di vita: dalle componenti tecnologiche ed impiantistiche ai disegni e ai manuali tecnici, fino alle variazioni di tempo e di costo. In tal modo è possibile collegare gli elementi virtuali modellati in tre dimensioni con gli oggetti reali. Il modello tridimensionale viene creato per poi essere utilizzato in tutte le fasi, compresa quella di gestione, per determinare, ad esempio, stime energetiche, per misurare, verificare e migliorare i processi costruttivi, per raccogliere informazioni sulle prestazioni impiantistiche durante il ciclo di vita dell'edificio, per la gestione operativa e per la manutenzione dell'opera. È inoltre possibile tenere traccia dello storico delle operazioni di controllo per anticipare le necessità future.

Da quanto detto emergono le enormi potenzialità della metodologia BIM se applicata alla progettazione, realizzazione, gestione e manutenzione delle opere pubbliche. A seguito della prima fase di organizzazione e costruzione digitale del modello tridimensionale, con l'inserimento di tutti i dati e le informazioni relative ad ogni suo aspetto e disciplina, sarà poi possibile ottenere, rapidamente, in ogni momento e nel formato più consono, tutti i dati e le informazioni che costituiscono i Key Performance Indicators¹² per la valutazione e la misurazione istantanea del raggiungimento del livello minimo e del livello che ci si pone come obiettivo. Da questo passaggio è poi possibile valutare l'eventuale sfalsamento tra i due risultati ottenuti.

In sostanza, il BIM non serve solo per delineare le diverse fasi della costruzione di un edificio, ma rappresenta anche un metodo essenziale per il controllo, la verifica e la riduzione degli errori in fase di esecuzione rappresentando un rigoroso metodo di controllo preventivo del modello tridimensionale.

Il cantiere non andrà più gestito in maniera tradizionale, ma dovrà essere diretto seguendo la logica del BIM: monitoraggio, pianificazione, analisi in tempo reale di tempi e costi. L'istituto per le tecnologie della costruzione è il soggetto che, all'interno del CNR, si occupa di edilizia. Da quando l'istituto ha iniziato a trattare l'argomento BIM, inteso non solo come metodo di

¹² I Key Performance Indicators o indicatori chiavi di prestazione sono indicatori numerici di performance utilizzati per misurare il rendimento delle attività svolte e il raggiungimento dell'obiettivo. In ambito edile i principali KPI che si individuano possono essere ad esempio il numero di progetti eseguiti, il numero di modifiche richieste dal committente a seguito della presentazione del progetto, il tempo impiegato per realizzare un intervento, il discostamento tra il tempo atteso e il tempo impiegato per portare a termine un'opera...

lavoro o come processo di progettazione, ma anche a livello di cantierabilità dell'opera, ha cominciato anche ad investire su attività di formazione del personale in questo campo. È così che ha preso il via un nuovo corso che punta a definire le competenze applicative e di cantiere legate a questa nuova metodologia di progettazione. Tra gli obiettivi del corso si possono annoverare la capacità di monitorare ed elaborare digitalmente i dati di produzione riferiti all'opera, la capacità di guidare il capocantiere elaborando report ed indicazioni relative all'andamento dei tempi e dei costi dell'opera in fase di realizzazione, l'abilità di dialogare con il project manager e di elaborare report degli stati di fatto e degli scenari evolutivi dell'opera.

L'industria delle costruzioni è rimasta pressoché invariata nel corso degli anni e rappresenta l'unico comparto industriale che non riesce ancora a tenere sotto controllo alcune variabili del processo, quali i tempi ed i costi di realizzazione, nonché la qualità del prodotto finito ed i costi di realizzazione e di gestione. Da un'indagine condotta dal Ministero delle infrastrutture e dei trasporti emerge come l'utilizzo sempre maggiore e su scala sempre più ampia della metodologia BIM in tutta Europa potrebbe determinare un risparmio del 10% sui costi per il settore delle costruzioni e genererebbe un fatturato di oltre 130 miliardi di euro.

La realizzazione di un'opera o di un'infrastruttura si basa sulla gestione e sull'elaborazione di informazioni, ciascuna di competenza dei diversi attori del processo: cliente, progettista, impresa di costruzioni, collaudatore, manutentore. La sola progettazione vede all'opera differenti discipline: l'architettura, la struttura, gli impianti...

Gli appalti pubblici prima del BIM

Prima del BIM qualsiasi appalto pubblico veniva risolto tramite l'utilizzo di applicazioni CAD (Computer Aided Design), una metodologia che imitava il tradizionale processo che avveniva in passato con il tecnigrafo. Con questo nuovo sistema era possibile avere una visione d'insieme del progetto che prima, a causa di errori, difficoltà di correzione ed incongruenze, non era immaginabile. I sistemi CAD sono stati introdotti alla fine degli anni '70 e si sono diffusi a partire dalla metà degli anni '80. La rappresentazione in CAD del progetto a base di gara avviene con una notevole quantità di linee e polilinee necessarie a riprodurre ciascun oggetto all'interno di tutti gli elaborati grafici utili a fornire un progetto completo. I disegni CAD sono creati indipendentemente l'uno dall'altro, quindi è chiaro come questa tipologia di modellazione sia molto laboriosa e presenti diversi svantaggi. Non essendoci infatti alcuna correlazione tra una linea disegnata in un elaborato e quella disegnata in un altro, ciascuna modifica deve essere apportata singolarmente e manualmente su ogni elaborato CAD. Sono chiari i rischi legati alla dimenticanza o alla distrazione qualora una modifica non venisse apportata su tutti i documenti o comunicata agli altri attori del processo edilizio.

Altre problematiche che si ripercuotevano sul buon funzionamento del settore degli appalti pubblici prima dell'introduzione del BIM erano legate a:

- Scarsa collaborazione tra i soggetti coinvolti nel progetto;
- Investimenti insufficienti nel settore delle nuove tecnologie e della ricerca, che non hanno permesso un'evoluzione della metodologia CAD;
- Scarsa ed inadeguata gestione delle informazioni.

Queste problematiche hanno sempre portato ad un uso inefficace del denaro pubblico, ad un elevato rischio finanziario per le aziende, legato a sforamenti impreveduti dei costi a causa delle numerose interferenze da risolvere delle quali ci si rendeva conto solo in fase di cantiere, e consegne in ritardo delle opere pubbliche³¹.

Negli ultimi trent'anni si è passati da una progettazione in due dimensioni, basata sui sistemi CAD di linee e polilinee, ad una progettazione, sempre con sistemi CAD, ma in tre dimensioni, ed infine ad una progettazione parametrica per oggetti, inizialmente solo quantitativa, oggi anche qualitativa.

Il BIM nel nuovo Codice degli Appalti

In Italia, da Giugno 2014 si è intrapreso il percorso verso l'introduzione della digitalizzazione del settore delle costruzioni, e per questo motivo viene istituito, con delibera del Capo del Dipartimento per le politiche europee, il gruppo di lavoro per l'elaborazione della strategia per la riforma degli appalti pubblici. Il gruppo di lavoro ha lavorato alla produzione di un documento, costituito da cinque capitoli, che riguardano:

1. Assetto normativo ed istituzionale che preveda regole più chiare e istituzioni che abbiano una rilevanza maggiore nel settore e che lavorino in maniera coordinata;
2. Capacità amministrativa delle stazioni appaltanti, che devono rendersi più efficienti, professionali e digitali;
3. Apertura alla concorrenza attraverso la pubblicazione di bandi di gara più semplici, procedure di aggiudicazione aperte e trasparenti;
4. Nuovo sistema delle concessioni;
5. Più vasto ed accurato sistema di controlli per una lotta all'inefficienza ed alla corruzione più efficace.

Le Direttive comunitarie 2014/23/UE, 2014/24/UE e 2014/25/UE vennero recepite dal Governo italiano con la cosiddetta Legge Delega del 28 gennaio 2016, il cui articolo 1 fa riferimento al "progressivo utilizzo di metodi e strumenti tecnologici elettronici specifici, quali quelli di modellazione informativa per l'edilizia e le infrastrutture". La Legge Delega venne integralmente inserita all'interno del nuovo Codice dei contratti pubblici. Infine, il Decreto n. 50/2016 ha subito diverse sostanziali, ma fino all'entrata in vigore di queste ultime, esso ha

rappresentato di concerto, insieme al decreto del Ministro delle infrastrutture e dei trasporti n. 560 del 1° dicembre 2017, alla norma UNI 11337 del 2013 ed infine le indicazioni integrative delle linee guida 1/2016 di ANAS, uno dei documenti che hanno posto i presupposti per l'introduzione e la diffusione del BIM nel territorio italiano.

2.7.6. Decreto legislativo n. 50/2016

All'interno del nuovo Codice degli appalti pubblici viene sancita l'obbligatorietà dell'uso di metodi e strumenti elettronici. Nello specifico all'articolo 23 del D.lgs. n. 50/2016 vengono definiti i criteri ed i livelli di progettazione, articolati secondo tre livelli successivi di approfondimento:

- progetto di fattibilità tecnica ed economica
- progetto definitivo
- progetto esecutivo.

Vengono fissati poi una serie di principi verso cui la progettazione deve orientarsi, come il soddisfacimento dei fabbisogni della comunità, la qualità della progettazione, il rispetto delle norme ambientali e dei vincoli ed il risparmio sia di energia che di utilizzo del suolo.

Per sviluppare questi tre livelli di progettazione, l'amministrazione può richiedere, come previsto alla lettera h), "l'uso di metodi e strumenti elettronici specifici quali quelli di modellazione per l'edilizia e le infrastrutture". L'utilizzo di questi metodi e strumenti elettronici è finalizzato alla razionalizzazione ed organizzazione delle attività di progettazione e le connesse verifiche, andando a migliorare e snellire processi che fino ad oggi hanno influito sui tempi, sulle modalità di partecipazione alle gare di appalto e sui costi delle opere e delle infrastrutture.

Il comma 13 specifica ulteriormente quali possono essere gli scenari di utilizzo di questi strumenti elettronici di modellazione. Tali strumenti utilizzano piattaforme interoperabili a mezzo di formati aperti non proprietari, al fine di garantire la libera concorrenza ed il coinvolgimento di specifiche progettualità tra i progettisti. L'ambiente di condivisione delle informazioni all'interno del quale opera la metodologia BIM è un ambiente digitale di raccolta e condivisione di dati relativi all'opera da realizzare con tutti gli attori del processo edilizio. L'utilizzo di metodi e strumenti tecnologici ed innovativi può essere richiesto solo nel caso di stazioni appaltanti dotate di personale adeguatamente preparato.

Il riferimento al BIM compare anche nell'articolo 113 del nuovo Codice degli appalti pubblici, riguardante l'incentivo del 2% ai progettisti interni alle pubbliche amministrazioni. In questo articolo si specifica che i premi non potranno superare il 50% dello stipendio annuo lordo ed il

restante 20% dovrà essere destinato all'acquisto di beni, strumenti tecnici ed elettronici specifici, come quelli per il BIM, ed al miglioramento delle banche dati.

2.7.7. Decreto n. 560/2017

Il decreto del Ministero delle infrastrutture e dei trasporti n. 560/2017, detto anche "Decreto BIM" o "Decreto Del Rio" o "Decreto di obbligatorietà", si dà compimento a quanto indicato all'interno dell'articolo 23 del nuovo Codice degli appalti pubblici. Viene quindi decretata l'obbligatorietà dei metodi e degli strumenti elettronici di modellazione nelle opere pubbliche. Per questo motivo, sebbene non sia possibile definire un vero e proprio "anno zero" del BIM, si può comunque considerare il 2017 come anno in cui questa metodologia ha fatto il suo debutto nella normativa italiana e nel settore delle costruzioni. È infatti nel 2017 che si è iniziato a fare riferimento al BIM, non solo associato all'utilizzo di un software, ma come vera e propria metodologia che può essere applicata in ogni fase del ciclo di vita della costruzione. Data dunque la svolta decisiva data dall'integrazione di questa norma, si è deciso di analizzare in maniera dettagliata quanto legiferato all'interno di essa:

Il "Decreto BIM" istituisce il Building Information Modeling nel processo di pianificazione, progettazione, esecuzione, manutenzione e gestione delle opere pubbliche. È il primo riferimento di legge che definisce le azioni da mettere in atto ed i requisiti necessarie alle stazioni appaltanti per rendere possibile la progressiva diffusione del BIM all'interno del settore edile.

Il processo di legittimazione di questo decreto è stato molto discontinuo. Inizialmente era prevista una fase transitoria di durata tra i 12 e i 14 mesi in cui le opere al di sopra della soglia comunitaria, fissata a 5,2 milioni di euro, avrebbero dovuto essere progettate e proposte con metodologia BIM. Il piano di introduzione del BIM nel settore delle opere pubbliche sarebbe dovuto andare a regime nel 2022.

Tuttavia, dal momento che il livello di formazione delle stazioni appaltanti, delle imprese e dei professionisti in Italia in materia di BIM era ancora scarso si è deciso di adottare un piano di progressiva introduzione, da distribuire nell'arco di sei anni. Sia le società di ingegneria dell'OICE (che hanno giudicato l'obbligatorietà immediata una fuga in avanti eccessiva rispetto al livello di preparazione delle stazioni appaltanti italiane) che i professionisti esperti nel settore (che hanno evidenziato la necessità di mettere a punto delle linee guida di supporto alle pubbliche amministrazioni affinché si possa rendere il BIM obbligatorio) hanno frenato il Ministro delle infrastrutture e dei trasporti Del Rio, che ha quindi deciso di dare tempo al settore di adeguarsi alla novità.

Una volta stabilito che le opere di importo maggiore e quelle di importanza strategica dovranno adeguarsi alla progettazione in BIM seguendo un calendario progressivo, è altrettanto ragionevole modulare l'applicazione del BIM anche in base alle competenze delle amministrazioni, partendo da quelle centrali per poi passare agli enti locali. Le amministrazioni devono infatti essere sufficientemente qualificate, cioè devono soddisfare alcuni requisiti, essere dotate di personale qualificato ed essere in possesso degli strumenti idonei per poter utilizzare il BIM.

L'Ente di Normazione Italiano (UNI) ha pubblicato nel 2019 la prassi di riferimento dal titolo "UNI/PdR 74:2019 – Sistema di Gestione BIM – Requisiti". Il documento definisce i requisiti di un Sistema di Gestione BIM (SGBIM) che un'impresa attiva nel settore delle costruzioni deve mettere in atto per favorire l'efficienza nelle fasi di programmazione, progettazione, produzione, esercizio ed eventuale dismissione dell'opera o dell'infrastruttura. La norma è pensata in coerenza con la UNI EN ISO 9001:2015 in modo che le società che attuano un sistema di gestione per la qualità (SGQ) possano facilmente integrarlo con il sistema di gestione BIM. La norma inoltre evidenzia due elementi fondamentali nello sviluppo dei progetti, vale a dire la leadership e la politica aziendale, importanti ai fini della diffusione e dell'applicazione dei contenuti del documento all'interno dell'ambiente di lavoro. Il documento individua anche tutti gli elementi di supporto necessari per implementare il sistema di gestione come, ad esempio, fornire le risorse necessarie per l'istituzione, l'attuazione, il mantenimento ed il costante perfezionamento del sistema di gestione di un processo con la metodologia BIM. Il documento si completa con l'appendice A, la quale contiene una check list dei requisiti minimi ed opzionali a cui le stazioni appaltanti, società di ingegneria, architettura, progettazione, costruttori e gestori devono fare riferimento. L'obiettivo e la strategia sono dunque quelli di attivare un percorso lento, ma di crescita costante affinché la pubblica amministrazione potesse adeguarsi ai nuovi metodi e strumenti digitali. Per rendere ancor più graduale questo passaggio alla digitalizzazione, in una prima bozza il BIM era obbligatorio solo per le costruzioni strategiche, per le opere con particolari standard di sicurezza e con un alto affollamento di persone. Alcuni lavori, considerati semplici, avrebbero potuto continuare ad essere elaborati e portati a termine con i metodi tradizionali. La definizione di lavori semplici comprende ad esempio i palazzi residenziali senza particolari problematiche riguardanti la sicurezza.

L'ultima versione del decreto, ossia il decreto Mims del 2 agosto, che apportata una serie di modifiche al DM 560/2017, sancisce che l'utilizzo di metodi e strumenti elettronici è obbligatorio solo per i lavori complessi, la cui definizione è contenuta all'articolo 2 comma e)

del decreto BIM.¹³ Di seguito, nella tabella, si riportano i requisiti dell'opera pubblica in relazione all'obbligatorietà sull'adozione della metodologia BIM.

Tabella 2 Adozione del BIM per tipologia di opera. In rosso sono indicate le disposizioni eliminate.

TIPOLOGIA DI LAVORI	IMPORTO	DATA
Lavori complessi	≥ 100 milioni €	Dal 1° gennaio 2019
	≥ 50 milioni €	Dal 1° gennaio 2020
	≥ 15 milioni €	Dal 1° gennaio 2021
Opere di nuova costruzione ed interventi su costruzioni esistenti, fatta eccezione per le opere di manutenzione ordinaria	≥ 15 milioni € ≥ 5,35 milioni €	Dal 1° gennaio 2022
Opere di nuova costruzione ed interventi su costruzioni esistenti, fatta eccezione per le opere di manutenzione ordinaria e straordinaria	≥ 5,35 milioni € ≥ 1 milione €	Dal 1° gennaio 2023
Opere di nuova costruzione ed interventi su costruzioni esistenti, fatta eccezione per le opere di manutenzione ordinaria e straordinaria	≥ 1 milione € ≤ 1 milione €	1° gennaio 2025

Il Ministero delle infrastrutture e dei trasporti si era prefissato come obiettivo quello di giungere ad una definizione di digitalizzazione del settore delle costruzioni che fosse la più condivisa possibile con i soggetti che operano nel settore. Di conseguenza per l'approvazione del Decreto è stato previsto un doppio passaggio: prima ha avuto luogo una lettura del Consiglio superiore dei lavori pubblici a cui l'allora Ministro delle infrastrutture e dei trasporti, Graziano Del Rio, ha chiesto un parere consultivo, per arrivare ad una versione blindata del provvedimento. Poi ha avuto inizio la fase di consultazione pubblica, durante la quale il testo del Decreto è stato sottoposto al vaglio degli operatori del mercato. Dall'attività di audizione dei principali stakeholder del settore delle costruzioni le più rilevanti osservazioni emerse sono state:

- Il bisogno di individuare dei profili e dei percorsi formativi adeguati al personale della pubblica amministrazione in relazione alle funzioni che questo svolge;

¹³ e) lavori complessi, fermo restando quanto previsto dall'articolo 3, comma 1, lettera o), del codice dei contratti pubblici, i lavori caratterizzati da elevato contenuto tecnologico o da una significativa interconnessione degli aspetti architettonici, strutturali e tecnologici, ovvero da rilevanti difficoltà realizzative dal punto di vista impiantistico- tecnologico ed in ogni caso tutti quei lavori per i quali si richieda un elevato livello di conoscenza finalizzata principalmente a mitigare il rischio di allungamento dei tempi contrattuali o il superamento dei costi previsti, oltre che alla tutela della salute e la sicurezza dei lavoratori coinvolti, rendendo disponibili informazioni attendibili ed utili anche per la fase di esercizio ed in generale per l'intero ciclo di vita dell'opera. Rientrano tra i lavori complessi, altresì, quelli determinati da esigenze particolarmente accentuate di coordinamento e di collaborazione tra discipline eterogenee, la cui integrazione in termini collaborativi è ritenuta fondamentale;

- La difficoltà nell'acquisizione degli strumenti di modellazione data la difficoltà nell'utilizzo e il loro costo;
- L'interoperabilità tra i diversi software e formati utilizzati dai professionisti coinvolti nella progettazione, esecuzione e gestione dell'opera;
- La necessità di creare riferimenti normativi caratterizzati da un applicabilità ed univocità.

Attraverso questo processo il Ministero delle infrastrutture e dei trasporti ha puntato ad affrontare fin da subito le eventuali criticità, per poi approvare il testo in via definitiva e procedere alla sua pubblicazione.

Un altro punto molto discusso è stato il riferimento alle norme UNI. Il presidente dell'UNI ha preso posizione, nel marzo 2017¹⁴, quando il decreto era ancora in fase di consultazione, riguardo alla decisione del Ministero delle infrastrutture e dei trasporti di non fare menzione delle norme UNI. Sebbene UNI sia un soggetto privato, questo svolge compiti importanti per tutti i soggetti che operano nel panorama edilizio italiano. Con il decreto BIM si vuole elaborare un modello pubblico di riferimento per il settore dell'edilizia. Dal momento che non sarebbe stato sensato introdurre un riferimento alle norme dell'Organizzazione Internazionale per la Standardizzazione ISO, in quanto, trattandosi di normazioni tecniche con valore globale avrebbero potuto contenere elementi in contrasto con il sistema normativo italiano, il legislatore nazionale ha optato per il non inserimento di alcuna normativa tecnica, né UNI, né ISO. All'interno della commissione, istituita con D.lgs. n. 242/2016, le opinioni sull'inclusione di un riferimento alle norme UNI erano discordanti. Alcuni membri della commissione reputavano il riferimento semplicemente volontario, seppur utile per ricollegarsi ad una norma tecnica, la UNI 11337, che rappresenta il riferimento più avanzato in merito alla metodologia BIM presente sul panorama italiano. I membri della commissione contrari all'inserimento del riferimento alla norma UNI ritenevano la citazione inopportuna in quanto tali norme nascono in ambito privato, mentre il Decreto BIM vuole essere un riferimento pubblico per il nuovo obbligo di digitalizzazione.

Altri due punti di criticità che ci si è trovati ad affrontare prima dell'entrata in vigore del Decreto BIM sono stati la definizione troppo generica di lavori complessi e la possibilità per le stazioni appaltanti di richiedere fin dall'entrata in vigore del decreto la progettazione con procedure digitali delle varianti relative ad interventi approvati prima dell'entrata in vigore di tale decreto.

¹⁴ (Latour, Torretta (Uni): «Norme Uni nel decreto Bim per non disorientare il mercato» 2017)

2.7.8. UNI EN ISO 19650:2019

Il 14 marzo 2019 sono state pubblicate dall'UNI le parti 1 e 2 della norma UNI EN ISO 19650:2019 intitolata "Organizzazione e digitalizzazione delle informazioni relative all'edilizia e alle opere di ingegneria civile, incluso il Building Information Modeling – Gestione informativa mediante il Building Information Modeling". La norma ISO era già stata emessa nel dicembre 2018 ed è formata da cinque parti, di cui due sono state tradotte dall'UNI.

La *parte 1*, "Concetti e principi", contiene concetti e principi generali riguardo al BIM, indirizzate a tutti gli operatori che intervengono nel ciclo di vita dell'opera: dal progettista al manutentore.

La *parte 2*, "Fase di consegna dei cespiti immobili", stabilisce i requisiti in merito alla gestione dei dati durante la fase di consegna al committente dell'opera completata.

Questa norma ha come obiettivo quello di sottolineare l'importanza dell'organizzazione delle informazioni trasmesse da ogni operatore della filiera e i processi decisionali che riguardano ciascun operatore coinvolto.

2.4.4. UNI 11337

La Commissione Prodotti, processi e sistemi per l'organismo edilizio dell'UNI, nel Gennaio 2017 ha dato avvio alla definizione della Norma UNI11337 – Edilizia ed opere di ingegneria civile – Gestione digitale dei processi informativi delle costruzioni, di cui il completamento è stato portato a termine ad inizio 2020.

La norma è attualmente divisa in dieci parti e ciascuna specificatamente tratta uno degli aspetti del BIM.

La *parte 1* "modelli, elaborati ed oggetti" tratta gli aspetti generali della gestione digitale del processo informativo come, ad esempio, la struttura degli strumenti utilizzati per trasmettere e condividere le informazioni, la gestione informativa del processo (di ideazione, produzione o esercizio, sia di nuova costruzione che di conservazione, riqualificazione o recupero) ma anche del prodotto, che sia edificio o infrastruttura. Son dunque contenute nozioni sui concetti di "dato", "informazione" e "contenuto informativo", modalità di trasmissione e rappresentazione attraverso la modellazione e gli elaborati, il significato di oggetti digitali e strutture informative.

La *parte 2* riguarda i "Criteri di denominazione e classificazione di modelli, prodotti e processi" e mira a definire in modo univoco le relazioni che intercorrono tra le informazioni riferite ai diversi elementi in base agli elaborati in cui questi vengono menzionati.

La *parte 3*, “Modelli di raccolta, organizzazione e archiviazione dell'informazione tecnica per i prodotti da costruzione”, introduce le schede informative digitali, definendone le caratteristiche e gli attributi caratterizzanti. È presente in questa parte la suddivisione tra LOG, e cioè il Livello di Geometria (che equivale al LoD, ovvero Livello di Dettaglio) del modello, e LOI, Livello di Informazione. Insieme, LOG e LOI contribuiscono a definire il Livello di Sviluppo, LOD, come precedentemente accennato. In particolar modo, si individuano una serie di livelli, riconosciuti con l’acronimo internazionalmente LOD (Level of Development). Differentemente da quanto stabilito dall’ AIA (American Institute of Architects), la quale ha individuato cinque livelli di sviluppo indicati come:

- LOD 100: concettuale,
- LOD 200: geometria approssimativa,
- LOD 300: geometria precisa,
- LOD 400: fabrication,
- LOD 500: as-built,

I livelli di sviluppo, coerenti con la fase corrispondente di processo, si identificano secondo la norma UNI 11337, attraverso una scala alfabetica e sono:

- LOD A oggetto simbolico (2D)
- LOD B oggetto generico (Ingombro)
- LOD C oggetto definito
- LOD D oggetto dettagliato
- LOD E oggetto specifico (prodotto e commercializzato)
- LOD F oggetto eseguito (As built)
- LOD G oggetto aggiornato (gestione e manutenzione)

La *parte 4* della norma, intitolata “Evoluzione e sviluppo informativo di modelli, elaborati ed oggetti”, tratta gli aspetti qualitativi e quantitativi della gestione digitalizzata del processo progettuale ed informativo relativo al settore delle costruzioni. L’obiettivo di questa sezione è quello di descrivere gli obiettivi da raggiungere per ciascuna fase di progetto (di fattibilità tecnica ed economica, definitivo, esecutivo), nonché i modelli producibili, gli elaborati, gli oggetti, gli strumenti mediante i quali gli obiettivi vengono raggiunti.

La *parte 5*, “Flussi informativi nei processi digitalizzati”, definisce i ruoli, le regole ed i flussi indispensabili alla produzione, gestione e trasmissione delle informazioni.

La *parte 6* riguarda le “Linee guida per la redazione del capitolato informativo”, un documento indispensabile in ogni opera pubblica, predisposto dal committente, che contiene le esigenze e i requisiti informativi richiesti agli operatori ai quali viene domandato di presentare

un'offerta per prestazioni offerte nella sfera BIM.. In questa parte della norma vengono fornite indicazioni su quali devono essere i contenuti minimi del capitolato, vale a dire la definizione dell'oggetto principale per cui si propone una prestazione BIM, le obbligazioni secondarie, le responsabilità dei soggetti coinvolti ed i diritti e gli obblighi di ciascuna parte.

È considerata altamente importante la *parte 7*, denominata “Requisiti di conoscenza, abilità e competenza per le figure coinvolte nella gestione digitale dei processi informativi”, che ha lo scopo di definire nel dettaglio le caratteristiche ed il livello di formazione delle figure che intervengono nei processi edili.

In particolare, la normativa determina le seguenti figure professionali :

- CDE Manager: ha il compito di gestire il cloud, l'ambiente di condivisione dei dati dove verranno caricate tutte le informazioni relative all'unico modello tridimensionale;
- BIM Manager: è il gestore dei processi digitalizzati, è colui che si occupa di gestire tutto il sistema dal vertice. Questa figura potrebbe indicare un soggetto professionale con caratteristiche simili al RUP;
- BIM Coordinator: è il coordinatore dei flussi informativi di commessa, ha il compito di far interagire le diverse competenze coinvolte in fase di redazione del progetto, ad esempio gli impiantisti, gli strutturisti, l'architetto;
- BIM Specialist: è la figura più esperta per quanto riguarda la gestione e la modellazione in BIM all'interno dell'organico dell'azienda o dell'ente.

La *parte 8* descrive i “Processi integrati di gestione delle informazioni e delle decisioni” e fornisce linee guida per l'applicazione del BIM ai differenti processi di settore.

Nella *parte 9*, “Gestione informativa in fase di esercizio (Due Diligence, Piattaforma collaborativa e Fascicolo del fabbricato)” vengono definite e normate la *Due Diligence*, il *rilievo digitale* (nuvole di punti, tomografie termografie, la loro acquisizione e gestione), le regole di costruzione delle *Piattaforme di Collaborazione* ed infine, il *Fascicolo del Costruito digitale*, riferito, non solo l'edilizia, ma anche le infrastrutture e l'ambiente antropomorfo, per tutto il ciclo di vita dell'opera.

La *parte 10*, “Organizzazione delle figure coinvolte nella gestione e nella modellazione informativa”, affronta innovative tematiche del BIM nel campo degli aspetti di gestione amministrativa e le applicazioni future, (Pavan, 2020). Viene qui affrontato un argomento che in Building Smart International (BSI) prende il nome di E-permit BIM, ovvero quell'insieme di processi che rendono possibile ottenere un controllo automatico, finalizzato al rilascio di un titolo abilitativo o un'autorizzazione amministrativa relativa a un certo progetto elaborato in ambiente BIM.

2.4.5. Linee guida ANAC

Il nuovo codice degli appalti (d.lgs. 18 aprile 2016, n. 50), colloca l'ANAC in posizione centrale e le attribuisce spinose funzioni normative e decisionali. Il ruolo centrale e decisivo dell'ANAC emerge, in particolare, dall'art. 213, in cui si dichiara che le attività di vigilanza, controllo e regolazione sui contratti pubblici, nei limiti di quanto stabilito dal codice, sono responsabilità dell'Autorità nazionale anticorruzione (ANAC). La più importante novità è costituita proprio dall'attribuzione dell'incarico di regolazione all'ANAC. Tale funzione implica l'elaborazione di linee guida, bandi – contratti – tipo ed altri strumenti di regolazione flessibile, ma non per questo meno vincolanti. L'obiettivo è dunque un atto di regolazione, con risultato riscontrabile nell'efficace conformità nell'attività degli operatori del settore.

Le linee guida dell'ANAC si possono classificare come:

- a) linee guida “vincolanti”: quando integrano o completano il contenuto normativo del Codice, ai fini della sua attuazione;
- b) linee guida “non vincolanti”: quando si limitano a fornire indicazioni operative o un'interpretazione del Codice. Anche questa categoria di linee guida non richiede una puntuale motivazione per la loro inosservanza (analogamente alle circolari interpretative).

L'Obiettivo di ANAC è quello di elaborare indicazioni da aggiungere prescrizioni del Decreto BIM, che vanno a fornire un supporto pratico agli operatori del settore delle costruzioni, pur mantenendo tali indicazioni un valore non vincolante.

2.4.6. Decreto-legge n. 32/2019

Un ulteriore documento su cui è opportuno e che completa il quadro normativo del settore degli appalti pubblici italiani includendo anche il ruolo che il BIM ricopre al suo interno, è costituito dal Decreto-legge n. 32/2019, il cosiddetto Decreto “sblocca cantieri”.

Il provvedimento, intitolato “Disposizioni urgenti per il rilancio del settore dei contratti pubblici, per l'accelerazione degli interventi infrastrutturali, di rigenerazione urbana e di ricostruzione a seguito di eventi sismici”, istituisce in via d'urgenza disposizioni e normative che riguardano:

- Il rafforzamento del settore dei contratti pubblici,
- La maggiore tempestività negli interventi infrastrutturali,

- Il proposito della rigenerazione urbana,
- La ricostruzione dopo alcuni eventi terrestri occorsi particolari aree del territorio.

In particolare, l'articolo 1 comma 20 lettera gg) fa riferimento ad alcune modifiche previste all'articolo 216 del Codice degli appalti, che riguarda Disposizioni transitorie e di coordinamento.

Nel decreto si indica la richiesta al Governo di definire, all'interno del regolamento, alcune disposizioni che mirino all'integrazione della norma. Sempre all'interno del regolamento dovranno essere inserite delle specificazioni in materia di nomina, ruolo e compiti del RUP, progettazione di lavori, servizi e forniture e verifica del progetto.

PARTE 3

CASO STUDIO: LAVORI DI PROLUNGAMENTO DEL SOTTOPASSO FERROVIARIO CON ANNESSO NODO INTERSETTORIALE PER LA MOBILITA' E LA SOSTA PROPEDEUTICI AL RIBALTAMENTO DELLA STAZIONE FERROVIARIA DI LECCE

Introduzione

Il progetto ricostruisce il quadro di coerenza complessivo che tiene conto degli interventi già programmati, progettati o in corso di esecuzione da parte dell'Amm.ne Comunale. L'ipotesi progettuale, nel suo assetto definitivo, è stata oggetto di ulteriori riunioni operative che hanno visto coinvolti l'Amm.ne Comunale di Lecce, le Ferrovie del Sud Est e RFI animate dalla comune volontà di ottimizzare i rispettivi obiettivi ed esigenze gestionali ed armonizzandoli secondo forme di condivisione più ampie possibili. Il 14 gennaio 2014, il R.U.P ha approvato il progetto, ai sensi del DPR n° 207/2010. Il progetto dunque risale a data precedente all'entrata in vigore del D.Lgs 50/2016.

3.1.1. Inquadramento urbanistico

Il P.R.G. vigente destina l'area interessata dall'intervento parte a "sede viaria", parte "Area di rispetto della sede viaria" e parte F30 "Attrezzature per le infrastrutture dei trasporti". Con deliberazione n. 74 del 04.10.2013 il Consiglio Comunale ha approvato il progetto preliminare e il progetto Definitivo in data 14.01.2014, confermando la destinazione di piano per le aree già destinate a viabilità e verde di arredo stradale nonché quella dell'area destinata a F30 "Attrezzature per le infrastrutture dei trasporti". Visto che l'area interessata dall'intervento non ha strutture e luoghi di interesse patrimoniale il Comune ha deciso di non destinare alcuna somma alla salvaguardia del patrimonio di interesse storico/artistico.

3.1.2. Descrizione dell'area di intervento

L'area di intervento risulta esser particolarmente contrassegnata dalla presenza della stazione ferroviaria, la quale contiene allo stato attuale un unico accesso, attraverso il prospetto che si apre su viale Oronzo Quarta. Questa connessione urbana collega direttamente la stazione con il centro storico e, attraverso viale Gallipoli, alle principali vie di scorrimento urbano. Al contempo, però, la stazione ferroviaria e il fascio di binari ad essa pertinente, rappresentano un elemento di interruzione tra il lato della città più urbanizzato e storicamente consolidato, ed il lato più periferico che si sviluppa attorno all'area delle cave di Marco Vito. La stazione ferroviaria di Lecce è interessata dai flussi ferroviari di RFI, a livello nazionale e regionale, e di

FSE per quel che il traffico ferroviario regionale e locale. Infine, è presente anche il servizio pubblico urbano su gomma.

L'area racchiusa tra il retro della stazione ferroviaria, viale Grassi, via dei Ferrari e via Rudiae, è quindi separata dalla stazione, ma costituisce un valore strategico, in particolar modo se considerato in relazione alla possibilità di essere pensata e trasformata non solo in un nodo di scambio intermodale¹⁵, ma anche in un elemento di ribilanciamento urbano. Questo è un importante aspetto da prendere in considerazione in quanto rappresenta una concreta possibilità di spostare l'accesso principale alla stazione ferroviaria sul lato opposto rispetto a com'è ora collocato, andando a ridurre notevolmente il traffico privato automobilistico, che, diretto alla stazione, ostruisce le vie di circolazione interna di viale Gallipoli e viale Ortonzo Quarta.

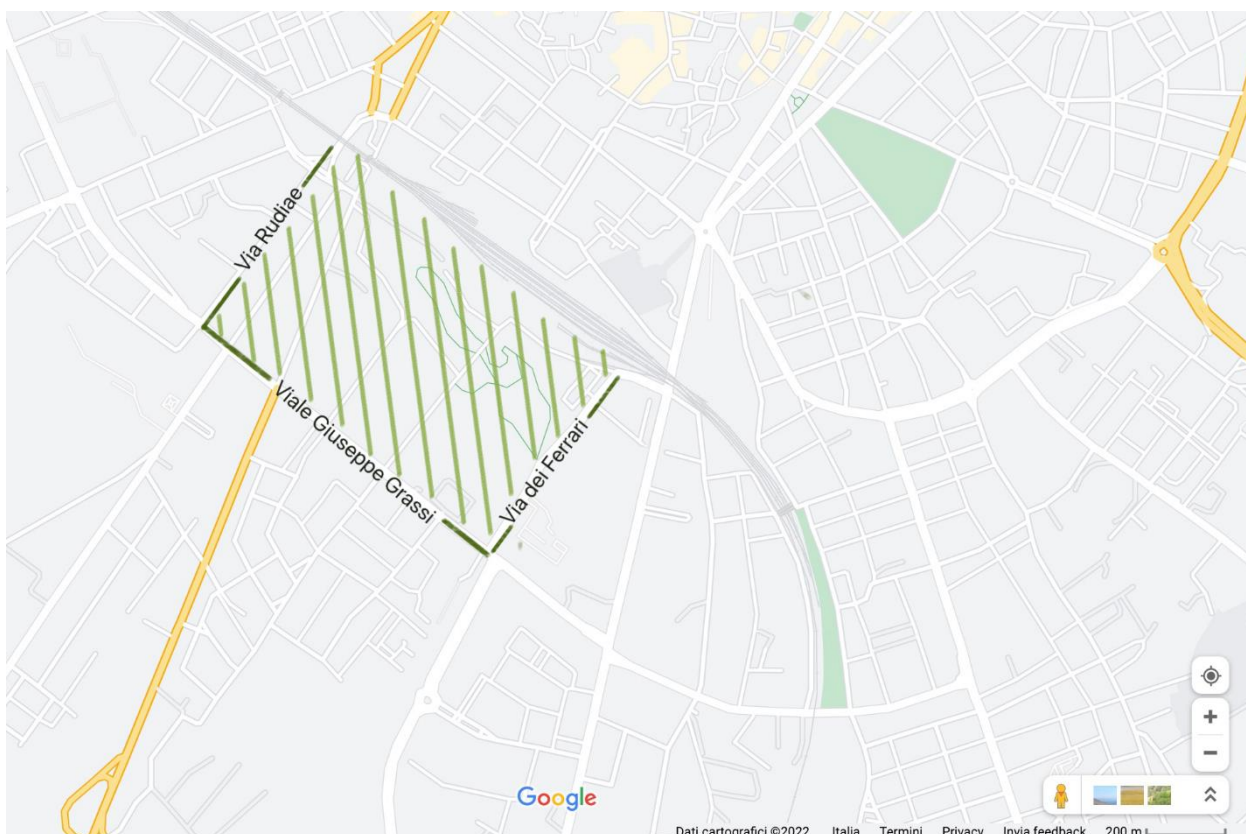


Figura 12 Area di intervento

Il toponimo *cave di Marco Vito* denota la zona dedicata dell'attività estrattiva della pietra leccese a pochi metri dal centro storico della città. Dopo la dismissione delle cave, tale spazio

¹⁵ Struttura complessa, tipo porto, stazione ferroviaria, adibita al trasporto intermodale, cioè di merci per lo più containerizzate ed "unitizzate", che vi trovano un nodo di scambio, dotato di servizi del tipo carico e scarico, ma anche assistenza e consulenza, ad esempio, (Definizione: Intermodale, n.d.).

è stato dedicato al servizio di recapito fognario cittadino, ma successivamente, solo in tempi più recenti, è stata promossa l'idea di ridefinire il ruolo di tale area, conferendole un'importanza sulla manovra di riassetto urbano, trasformandole in un parco che dà l'occasione di riscoprire una parte di paesaggio per troppo tempo dimenticato della città. Notevoli sono anche le potenzialità connesse allo sviluppo turistico e storico culturale, in quanto a una delle cave accoglie il sito della Masseria Tagliatelle ed il Ninfeo delle Fate.

Nonostante la comprovata importanza storico culturale, l'area interessata dalla trattazione risulta essere afflitta da marcati fenomeni di degrado fisico-funzionale ed ambientale. Per tale ragione, gli interventi avviati possono costituire nella loro complessa strategia generale di riqualificazione dell'intera area.

Obiettivi specifici di Progetto

Con il Progetto Esecutivo sono stati raggiunti i seguenti specifici risultati:

- Annullare l'elemento di interruzione urbana, costituito dal fascio di binari, mediante il prolungamento del sottopasso ferroviario che avrà la funzione di connettere l'ambito urbano - lato città – con l'area delle Cave di Marco Vito, soggette nel frattempo a processi di riqualificazione urbana;
- Qualificare ed rinnovare l'area della stazione, conferendole il ruolo di nodo di scambio intermodale;
- Razionalizzare l'utilizzo della stazione da parte di RFI e FSE attraverso una separazione dei flussi ferroviari, dedicando in modo esclusivo gli ultimi due binari sul lato delle cave di Marco Vito alle Ferrovie del Sud Est, con annesso fabbricato viaggiatori;
- Sblocco del traffico urbano diretto e proveniente dalla stazione ferroviaria.

Individuazione degli interventi da eseguire

Le opere previste in progetto sono riassuntivamente sintetizzabili come segue:

3.3.1. Adeguamento piazzale stazione

Le modifiche al piano del ferro della stazione di Lecce, previste nel progetto, sono necessarie alla divisione dei flussi dedicati ai treni RFI e FSE; a quest'ultimo saranno dedicati gli ultimi due binari, dal lato delle cave di Marco Vito. Tali interventi sono di fatto complementari a quelli pianificati da RFI, resi possibili da un altro canale di finanziamento, volti a razionalizzare l'utilizzo della stazione da parte di RFI attraverso le modifiche del piano del ferro e la dotazione di nuovi Apparati Centrali (ACC-M). In relazione a tali interventi previsti da RFI, FSE è tenuta a restituire i fabbricati (Parco Ovest), fino a questo momento utilizzati come deposito locomotive, a RFI che ne prevede la ristrutturazione e rifunzionalizzazione nell'ambito del nuovo impianto di

segnalamiento (ACC-M). Alla luce delle modifiche funzionali sopra riportate, la Stazione Appaltante provvederà, nell'ambito dei lavori previsti nel Progetto Esecutivo e riportati in Verde nella tavola ARM.01 e ARM.02, alla realizzazione di tre binari tronchi paralleli con annessa area di lavaggio, previsti a suo uso esclusivo nelle aree adiacenti al Museo Ferroviario.

3.3.2. Prolungamento del sottopasso pedonale

L'accesso ai binari della stazione ferroviaria di Lecce è consentito dal sottopasso pedonale che permette di raggiungere i binari dal I° al V°, passando dal livello -1, e dunque senza attraversare i binari stessi. I restanti binari, dal VI° all'VIII°, sono accessibili solamente con attraversamenti in superficie, con ovvie criticità correlate alla sicurezza di tale operazione. Il prolungamento del sottopasso pedonale esistente, esaudisce la necessità di rimuovere tale fonte di pericolo, ma al contempo, rappresenta un'opportunità per permettere l'accesso ai binari sia dal lato di Viale Oronzo Quarta – lato città – che dal lato delle Cave di Marco Vito, parte che costituisce il nodo di connessione con il contesto con carattere extraurbano.

Le operazioni ed i processi che concernono il prolungamento del sottopasso pedonale sono stati progettati in modo tale da assicurare la continuità dell'esercizio ferroviario, ed in particolare, dedicando aree di cantiere specifiche alle diverse fasi esecutive, caratterizzate da un layout che permetta la fruizione in piena sicurezza della stazione ferroviaria, secondo le prescrizioni di RFI.

Il prolungamento del sottopasso raggiungerà l'area delle cave di Marco Vito attraverso rampe e percorsi pedonali coperti che arriveranno sulla piazza, posta a quota binari, sulla quale si aprirà il fabbricato viaggiatori di progetto, che sarà lo spazio di transizione tra la stazione ed il terminal autobus.

3.3.3. Nuovo fabbricato FSE

con "ribaltamento della stazione ferroviaria" si intende un progetto di ridefinizione dell'assetto complessivo degli accessi e dei collegamenti, urbani ed extraurbani, con fulcro la Stazione ferroviaria di Lecce. Un ruolo decisivo in quest'ottica, è assunto dal nuovo fabbricato viaggiatori delle FSE, che ospiterà funzioni interamente inerenti alle attività infrastrutturali e della mobilità.

Da un punto di vista spaziale, il fabbricato viaggiatori – che funge da snodo tra il sottopasso ferroviario ed il parcheggio multipiano – si articola su tre piani fuori terra dei quali il piano a quota binari è in larga parte aperto al pubblico e destinato a spazi

di attraversamento, attesa e servizio degli utenti dell'infrastruttura ferroviaria. I livelli superiori del fabbricato viaggiatori sono destinati ad uffici in cui saranno allocate le funzioni di gestione del personale viaggiante e personale di macchina delle FSE. L'edificio è costituito da un volume parallelepipedo di forma allungata nella direzione parallela ai binari con i due prospetti principali che si differenziano in modo tale da ottimizzarne l'illuminazione naturale nel fronte sud-ovest e la protezione dai rumori e dai venti freddi sul lato nord. Oltre il solaio di copertura del fabbricato una pensilina metallica, in aggetto rispetto alla volumetria principale, contribuisce al controllo climatico consentendo di proteggere, durante la stagione estiva, le superfici vetrate esposte a sud-ovest e allo stesso tempo di schermare le componenti impiantistiche. Tale struttura serve anche come supporto per l'impianto fotovoltaico formato da 90 + 90 pannelli da 220 Wp a servizio dell'edificio. Sempre sul solaio di copertura trova posto, oltre alle macchine degli impianti termici e meccanici, un impianto solare termico a circolazione forzata.

3.3.4. Aree di sosta

Come già ricordato in precedenza, nell'immediato intorno dell'area oggetto di intervento sono programmati e finanziati interventi che comporteranno un complessivo miglioramento della viabilità dell'intera area interessata dalla stazione, e ad essa limitrofa. Ciò nonostante, la dimensione e la posizione delle aree potenzialmente adoperabili come parcheggio, anche in relazione ai tracciati stradali ed alle aree disponibili, risultano particolarmente influenzati dalla presenza del "Parco delle Cave". In questo senso, il ribaltamento della stazione ferroviaria produrrà come effetto quella di ricollocare una significativa parte delle quantità di traffico, dirette al nodo ferroviario, sul lato esterno della città sfruttando le vie extraurbane. Il rafforzamento e l'espansione della rete FSE conferiscono all'infrastruttura un ruolo strategico anche considerando un altro tema e progetto che riguarda la mobilità della città di Lecce, vale a dire il completamento del servizio di metropolitana di superficie. In questa ottica, l'obiettivo risulta essere anche quello di indirizzare su ferro parte degli spostamenti su gomma che si riversano sulla città.

È inoltre prevista la realizzazione di parcheggi di scambio interrati facilmente raggiungibili dalla stazione che insisteranno nella fascia compresa tra i binari ed il terminal bus. Più precisamente, è prevista la realizzazione di un parcheggio composto da tre livelli interrati all'interno della cava adiacente all'officina riparazioni FSE. La copertura dell'ultimo livello di parcheggi accoglierà una piazza che consentirà direttamente l'accesso ai binari e, attraverso le connessioni verticali direttamente al

sottopasso pedonale. La scelta di realizzare un parcheggio multipiano interrato, oltre a ragioni di natura estetica-funzionale, è di fatto imposta dalla scarsa disponibilità di aree adiacenti della stazione ferroviaria, nelle quali inserire le aree da destinare a parcheggio.

3.3.5. Terminal Bus

Il progetto prevede la realizzazione di un sistema della viabilità in cui si integra l'area destinata a terminal bus extraurbani, nel quale potranno stazionare contemporaneamente 15 autobus, e che sarà collocato nello spazio inizialmente compreso tra via Codacci Pisanelli ed il ciglio di cava. Il meccanismo di accesso al terminal è costituito da una doppia rotatoria, progettata al fine di consentire ed ottenere la massima versatilità del sistema delle possibili entrate, analizzando ed integrando al meglio la viabilità esistente, anche in relazione al transito dei mezzi pesanti, il quale può avvenire quasi esclusivamente percorrendo via del Ninfeo. La soluzione descritta rappresenta quella più efficiente per garantire un migliore accesso all'area, anche perché la viabilità di accesso attraverso via dei Ferrari risulta in ogni caso vincolata alle preesistenze.

Il terminal prevede la realizzazione di stalli che saranno dotati di marciapiedi che possano permettere la discesa, e si raccordano ad un percorso pedonale protetto che permette il raggiungimento agevole dei binari a tutti gli utenti che usufruiscono del servizio su gomma, oppure di attraversare la stazione arrivando direttamente il centro della città. La limitatezza delle aree a disposizione e l'entità del finanziamento, hanno indirizzato e determinato una soluzione progettuale, che riguarda l'intero nodo di scambio, in generale, e l'area del terminal bus.

Gli stalli programmati dal progetto sono senz'altro una soluzione parziale ad una domanda complessiva più ampia, concernente spazi da destinare alla mobilità e, pertanto, la sosta dovrà essere regolarizzata in modo tale da disciplinare ed autorizzare una sosta correlata rigorosamente alle operazioni di partenza/arrivo, individuando e dedicando aree limitrofe, nelle quali può essere effettuata la sosta prolungata dei bus che, solo al momento di carico/scarico, si avvicineranno di conseguenza all'area della stazione.

Caratteristiche funzionali, principali criticità e soluzioni adottate

L'impostazione progettuale delle opere architettoniche risulta essere fortemente condizionata dalle preesistenze che ne definiscono in modo tassativo sia il confine nord – con le ovvie dipendenze dall'area ferroviaria RFI – che quello sud segnato dalla presenza di un'area in passato utilizzata per cavare "pietra Leccese" e che nel progetto in esame costituisce un limite fisico invalicabile. L'assenza di aree utilizzabili quali aree di sosta nelle immediate vicinanze del nuovo fabbricato viaggiatori ha di fatto imposto di utilizzare l'esigua impronta della cava preesistente per realizzarvi un parcheggio interrato che altrimenti non avrebbe avuto spazi adeguati a distanze contenute dalla stazione ferroviaria. Una delle criticità più significative è stata l'impossibilità di poter definire in modo puntuale la stratigrafia sia della cava che della zona dell'attuale rimessa FSE. Durante la redazione del Progetto Esecutivo è stata integrata la campagna di sondaggi di cui 5 sondaggi a carotaggio continuo nella zona della cava e 3 sondaggi sismici nella zona del sottopasso pedonale, ove possibile, per determinare in modo puntuale alcune zone critiche:

- la zona compresa tra l'attuale sottopasso e il limite della cava;
- la zona compresa tra la rampa di accesso al parcheggio e la rotatoria adiacente.

Nel primo caso si è stabilito, con buona approssimazione, che per i primi 2.00 – 3.00 metri, sotto il piano del ferro, siamo in presenza di terreno di riempimento che poggia sul substrato di calcarenite compatta. Nel secondo caso abbiamo una stratigrafia con una potenza di circa 18.00 metri di terreno di riporto che, per poter scavare fino alla quota di imposta delle fondazioni del parcheggio, verrà sostenuto con l'ausilio di una berlinese di micropali intirantata. Per la restante parte delle superfici perimetrali del parcheggio è stata predisposta, visto la natura calcarenitica del terreno, un muro in cls di rivestimento con alcune chiodature di rinforzo.

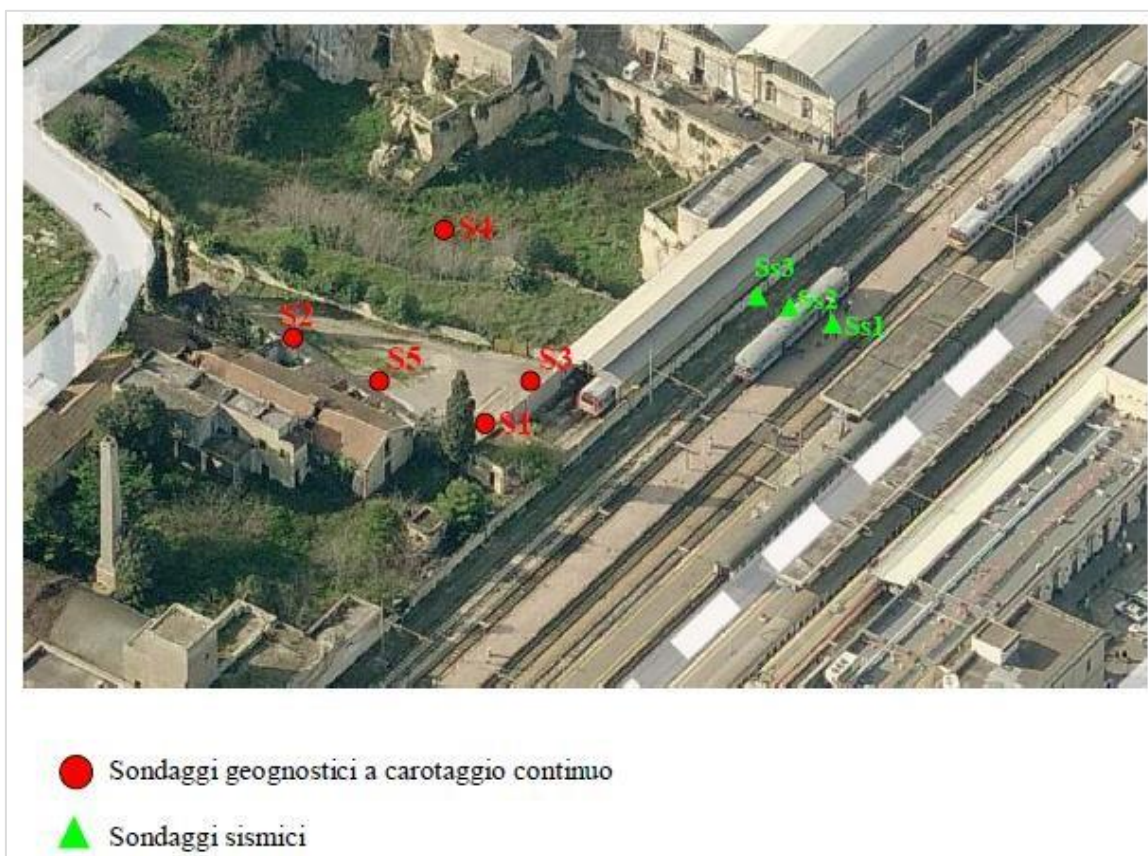


Figura 13 Ubicazione sondaggi geognostici e sismici integrativi

Elenco delle opere architettoniche previste nel progetto

Di seguito si elencano le diverse opere architettoniche che costituiscono l'intervento in progetto:

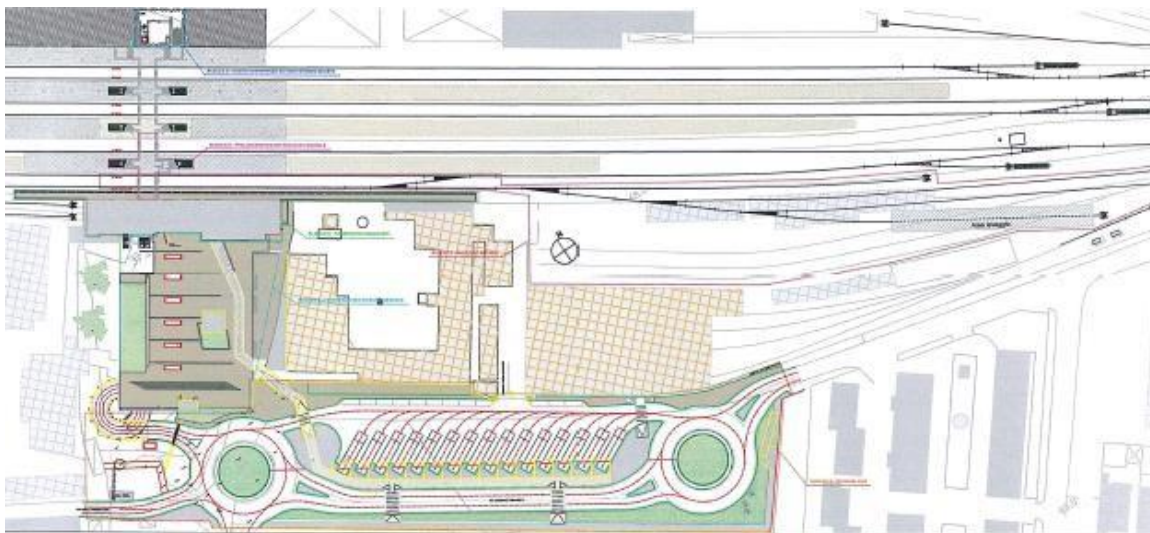


Figura 14 Planimetria generale dell'area di intervento

Blocco A – Prolungamento del sottopasso pedonale

Il prolungamento del sottopasso ferroviario esistente sarà realizzato – in analogia con la parte esistente – con le medesime caratteristiche geometriche e con l'utilizzo dei medesimi materiali e finiture. Lo scatolare del sottopasso sarà realizzato in CA; per i pavimenti e i rivestimenti delle pareti saranno utilizzate lastre in granito che consentono – oltre che di armonizzarsi con l'esistente – una buona durabilità delle opere realizzate.

Il controsoffitto del sottopasso sarà realizzato in doghe di alluminio del medesimo tipo di quelle presenti previa campionatura da sottoporre alla D.LL. ed al di sopra dello stesso saranno predisposti i corrugati per il passaggio delle componenti impiantistiche previste.

Il sottopasso esistente sarà dotato di due impianti ascensore: il primo dal lato dell'attuale stazione ferroviaria; il secondo, su specifica richieste di RFI, di accesso alla nuova banchina ubicata tra gli attuali VI e VII binario in modo tale da consentirne un agevole utilizzo anche a

soggetti a ridotta mobilità ovviando, in parte, all'utilizzo dei montascale di difficile utilizzo e manutenzione.

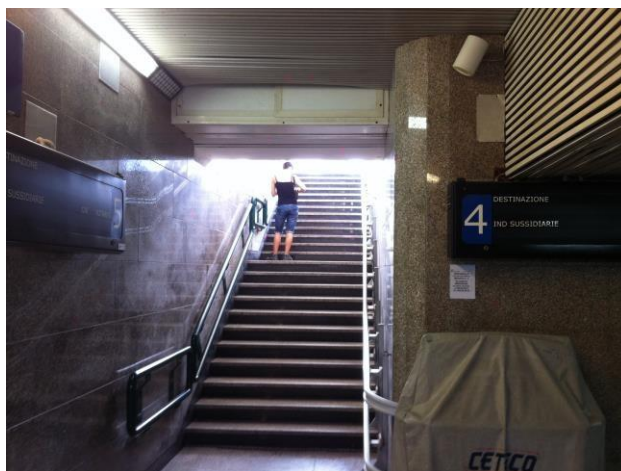


Figura 15 Il sottopasso esistente in corrispondenza delle uscite al 4 e 5 binario

Per la realizzazione dello scatolare verranno dismessi, per un tratto di circa 40 metri, gli attuali binari VII e VIII mentre i binari V e VI rimarranno sempre in esercizio, e baipassati con l'utilizzo della tecnologia a spinta associata ad un sistema di sostegno dei binari di tipo Essen. La banchina collocata tra gli attuali IV e V binario rimarrà interdetta per un breve periodo di tempo, stimato in 30 giorni lavorativi, necessari per il collegamento tra vecchio e nuovo sottopasso e per il rifacimento di parte della banchina stessa in corrispondenza del monolite.

La banchina ubicata tra gli attuali VI e VII binari sarà parzialmente dismessa per un periodo di circa 80 giorni lavorativi ma rimarrà agibile per un tratto di circa 120 m lato Museo Ferroviario.

Nella zona di affiancamento tra il VI binario e le future scale di accesso alla nuova banchina, ubicata tra il VI ed il VII binario, verrà realizzata, a sostegno dello scavo, una paratia di micropali tirantata.

Blocco B - Parcheggio multipiano

Direttamente connesso con il livello -1 corrispondente al sottopasso ferroviario esistente ed in adiacenza al fabbricato viaggiatori, si sviluppa la struttura del parcheggio multipiano interrato articolato su tre livelli il primo dei quali risulta accessibile dal sottopasso ed accoglierà la quota parte dei parcheggi riservati ai disabili che saranno facilmente accessibili dagli ascensori che collegano i diversi livelli del sistema.

La struttura intelaiata, fondata su pali trivellati di grande diametro, è realizzata con elementi prefabbricati, pilastri-travi-soletta, e pavimentazione monolitica col sistema fresco su fresco¹⁶, rivestita da manto di usura spesso circa 2 centimetri a base di quarzo puro sferoidale (durezza > 7 nella Scala Mohs¹⁷) composto da miscela di cemento e quarzo. Una rampa elicoidale prefabbricata, ubicata sul lato sud ovest del parcheggio interrato, consente il collegamento diretto sia tra i diversi livelli del parcheggio che con la viabilità esterna.

Il parcheggio è servito da 3 blocchi scala che ne costituiscono anche le vie di fuga antincendio associati ad ascensori tutti accessibili ai disabili. È prevista inoltre la realizzazione di un impianto di spegnimento del tipo manuale costituito da idranti UNI 45 e UNI 70 ed un impianto di spegnimento automatico (sprinkler) a servizio dell'intera autorimessa.

Per raggiungere la quota di imposta delle fondazioni del parcheggio è necessario eseguire una serie di sbancamenti che risultano in parte ricadenti in terreno calcarenitico ed in parte in materiale di riporto con il quale, nel tempo, è stata riempita la cava. Nel caso della calcarenite si prevedono, essendo particolarmente fratturata, due distinti interventi; A) per le pareti a diretto contatto con il parcheggio un placcaggio costituito da una parete in calcestruzzo armato e chiodato; B) per la parete a confine con l'area dell'Officina FSE un disgaggio degli elementi pericolanti. Infine, per la zona di riempimento è prevista una paratia di micropali tirantata che dovrà non solo sostenere lo scavo ma anche fare da fondazione al muro di contenimento della rotatoria.

Blocco C – Nuovo fabbricato viaggiatori

Il fabbricato viaggiatori FSE è un edificio che si sviluppa su 3 livelli fuori terra oltre ad uno interrato che mette direttamente in contatto il sottopasso ferroviario con il livello -1 del parcheggio interrato e - attraverso i collegamenti verticali – con il livello della piazza e del terminal bus.

La scala di collegamento tra la sala di attesa e il piano interrato è dotata di grate di chiusura necessarie per impedire l'accesso al fabbricato viaggiatori durante le ore notturne; anche l'ascensore verrà disattivato nelle ore di chiusura della stazione.

L'edificio è costituito da un telaio in CA e da facciate di tamponamento differenziate in funzione della loro esposizione.

Il prospetto principale lato binari – esposto a nord - è caratterizzato da un fronte sostanzialmente chiuso su cui compaiono; una pensilina a copertura della banchina a servizio

¹⁶ La posa *fresco su fresco* (o tradizionale) consiste nella realizzazione, in unico momento, sia del piano di posa (massetto o sottofondo) che della pavimentazione.

¹⁷ La scala di Mohs è un criterio empirico per la valutazione della durezza dei materiali

dell'attuale VIII binario, i collegamenti verticali (scale ed ascensori), i servizi igienici e i vani tecnici e di servizio.

Il tamponamento verticale ha una stratigrafia del seguente tipo, procedendo dall'esterno verso l'interno:

- Intonaco esterno;
- Muratura termoisolante realizzata con blocchi presso-vibrati in calcestruzzo di argilla espansa dello spessore di cm 25;
- Isolamento termico in lastre di polistirene espanso estruso battentato dello spessore di cm 8;
- Muratura in fette di tufo dello spessore di cm 12;
- Intonaco interno.

Tale stratigrafia è stata adottata sulle parti tamponate dei prospetti di testata laddove gli stessi non hanno tipologia di tamponamento come quella che interessa il prospetto sud-ovest che prospetta sulla piazza pedonale.

Il prospetto principale su piazza del fabbricato viaggiatori è caratterizzato dalla presenza di fasce marcapiano che ne scandiscono lo sviluppo orizzontale enfatizzandone la sensazione di permeabilità da parte di chi proviene attraverso la piazza pedonale. Le chiusure verticali sono costituite in larga parte da facciate continue con infissi in alluminio a taglio termico e vetro camera stratificato 3+3 – 15 – 3+3 al fine di consentire a tutti gli uffici di avere una buona illuminazione diurna e garantire i necessari rapporti aeroilluminanti agli ambienti di lavoro.

I pavimenti interni saranno realizzati in gres porcellanato di 1° scelta, in ceramica smaltata monocolore per pavimenti e rivestimenti dei servizi igienici, le pareti saranno intonacate con intonaco civile ed i controsoffitti saranno costituiti da lastre di calcio fibrosilicato ad alte prestazioni (con certificazione REI 120) in classe 0 con spessore 6 mm e dimensioni di 600 x 600 mm.

Il fabbricato viaggiatori prevede, al livello interrato, una zona di transito pedonale per i viaggiatori che dal sottopasso e dal parcheggio interrato permette di raggiungere la soprastante stazione e viceversa. In tale zona sono allocati i servizi igienici per i viaggiatori.

Tabella 3 Dimensionamento del sistema HVAC

AMBIENTE	AREA LOCALI (m ²)	VOLUME (m ³)	SUPERFICI DI AERAZIONE (m ²)	SUPERFICI DI AERAZIONE PREVISTADA REGOLAMENTO (m ²)	VOLUME MINIMO ESTRAZIONE PREVISTA DALLA NORMA UNI 10339	ESTRAZIONE TOTALE REALIZZATA	Vol/h
VANO TECNICO	7	25	===	===	98	100	4
CENTRALE IDRICA	13	44	===	===	178	200	5
WC DIS	3	9	===	===	71	120	1

							3
WC DIS	3	9	===	===	71	120	1 3
WC D	7	18	===	===	145	320	1 8
WC U	7	18	===	===	145	320	1 8
ANTI WC U	12	33	===	===	NON PREVISTA	130	4
LOCALE DI SERVIZIO	8	29	===	===	117	120	4
TOTALE	60	186			825	1430	8

L'aerazione di tali locali avviene per mezzo di un sistema di estrazione aria di tipo meccanico funzionante in continuo.

La Tabella 3 sopra riportata evidenzia, per ogni ambiente posto al piano -1, quelli che sono i volumi estratti in funzione del volume dell'ambiente stesso. Tali volumi sono stati calcolati in accordo con quanto riportato nel Regolamento di Igiene Comunale e della norma UNI 10339.

Relativamente alla zona di collegamento tra sottopasso, autorimessa e piano a livello binari si ha:

AMBIENTE	AREA LOCALIS (m ²)	SUPERFICI DIAERAZIONE (m ²)	SUPERFICIE DI AERAZIONE PREVISTADA REGOLAMENTO 1/8 S (m ²)
ZONA DI COLLEGAMENTO	120	26,18	16

L'illuminazione di tali ambienti sarà di tipo artificiale. Il riscaldamento sarà realizzato mediante ventilconvettori installati nei singoli ambienti, alimentati da una pompa di calore installata in copertura all'edificio.

Per la progettazione del nuovo fabbricato viaggiatori si è fatto riferimento ai requisiti dell'allegato IV del D.Lgs. 81/08 e s.m.i. Il nuovo Fabbricato Viaggiatori, ospitante gli ambienti di lavoro, è stato progettato e sarà gestito in rispondenza con quanto previsto dall'allegato IV del D.lgs 81/08 e s.m.i.

Blocco D – Terminal Bus e viabilità esterna

Dal lato cave di Marco Vito è prevista la realizzazione del terminal bus (con annessi stalli per il parcheggio taxi) strettamente dedicato al trasporto pubblico su gomma essendo di fatto interdetto il traffico privato su gomma all'interno delle aree di manovra dei bus.

Una viabilità disposta in posizione parallela a terminal bus ed adiacente le cave consentirà al traffico privato su gomma di non interferire con l'area riservata al terminal destinato al trasporto pubblico.

Il percorso pedonale che connette direttamente l'area di discesa dagli autobus al fabbricato viaggiatori è caratterizzato dall'assenza di incroci tra percorsi pedonali e viabilità carrabile e da una copertura leggera realizzata in carpenteria metallica che consente di proteggere i pedoni dagli agenti atmosferici. Tale percorso è illuminato con faretti da incasso integrati nella struttura della pensilina al fine di segnare visivamente e rendere facilmente riconoscibile il percorso di collegamento con il sottopasso ed il fabbricato viaggiatori.

Blocco E – Sistemazioni esterne ed opere di completamento

Il progetto prevede la realizzazione sulla copertura del parcheggio interrato di una piazza pedonale pavimentata con elementi di pietra calcarea dura proveniente dalle cave di Apricena dello spessore di cm. 6-8.

Le opere a verde sono in larga prevalenza concentrate nella fascia di transizione tra la viabilità tra le due rotatorie ed il marciapiede posto immediatamente a ridosso del muro che delimita il "Parco delle Cave".

Blocco F – Ricovero rotabili

Attualmente il materiale rotabile delle ferrovie del Sud Est è ricoverato nell'area Ovest della stazione (parco ovest) in adiacenza al primo binario RFI, la movimentazione dei treni FSE sino ad arrivare agli attuali VII e VIII binario, comporta una serie di manovre che rallentano l'esercizio e amplificano i problemi di sicurezza ferroviaria.

RFI ha avviato la progettazione (a valere su altro canale di finanziamento) per la razionalizzazione della stazione attraverso le modifiche del piano del ferro e la dotazione di nuovi apparati ACC-M, che prevede tra l'altro l'eliminazione del parco Ovest.

Alla luce di quanto esposto, il progetto prevede la realizzazione di un fascio di binari destinato a ricovero e lavaggio del materiale rotabile in forza alle Ferrovie del Sud Est, nell'area della ex squadra rialzo, migliorando e separando i due flussi ferroviari ed eliminando rallentamenti e problemi di sicurezza ferroviaria; verrà consentita inoltre l'interoperabilità tra le due reti.

L'intervento prevede di realizzare:

- N. 2 nuovi binari tronchi adibiti a sosta;

- N. 1 nuovo binario tronco adibito a lavaggio del materiale rotabile,
- La modifica dell'attuale VIII binario di stazione che consentirà sia la comunicazione con la zona dell'officina meccanica che la sosta nella parte terminale lato San Cesario.

Blocco G – Uscita sottopasso su viale O. Quarta

Il prolungamento del sottopasso ferroviario oltre che consentire il raggiungimento dei diversi binari all'interno della stazione ferroviaria, consentirà inoltre di avere un collegamento pedonale diretto tra le due parti di città divise dal fascio di binari. Tale collegamento potrà essere utilizzato sia durante gli orari di apertura della stazione ferroviaria, sia durante gli orari di chiusura della stazione attraverso un passaggio diretto esterno-esterno alla stazione. Al fine di garantire la sicurezza delle aree ferroviarie durante gli orari di chiusura – evitando che si possa accedere ai marciapiedi ed alle aree ferroviarie - è prevista la realizzazione di cancelli in acciaio posizionati all'inizio delle scale di accesso oltre alla realizzazione di un sistema di videosorveglianza.

Il sottopasso esistente sarà dotato di due impianti ascensore: il primo dal lato dell'attuale stazione ferroviaria (Figura 16) il secondo, su specifica richieste di RFI, di accesso alla nuova banchina ubicata tra il VI e VII binario (Figura 17) in modo tale da consentirne un agevole utilizzo anche a soggetti a ridotta mobilità ovviando, in parte, all'utilizzo dei montascale di difficile utilizzo e manutenzione.



Figura 16 Il sottopasso esistente vista in direzione di Viale O. Quarta



Parete su cui è prevista l'apertura in breccia per realizzazione ascensore

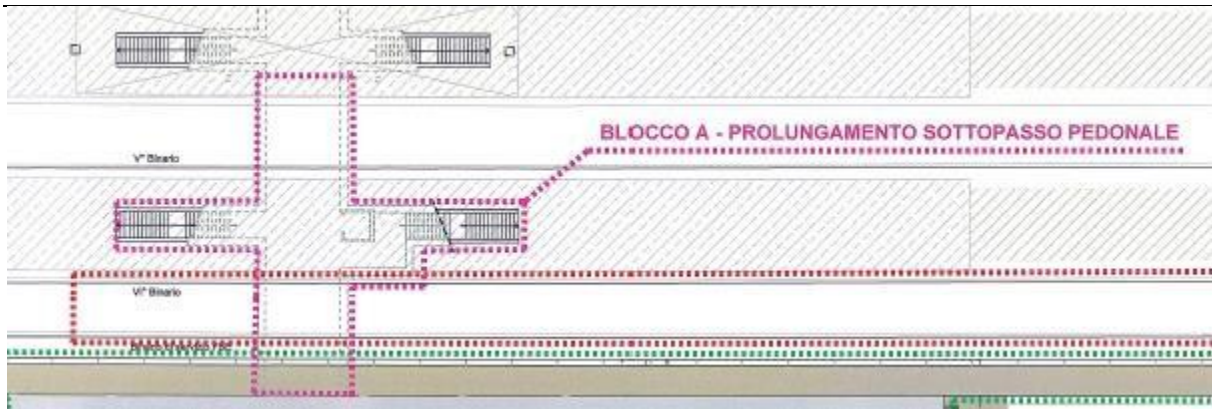


Figura 17 Nuovo accesso alla banchina tra il VI e VII binario

Blocco H – Condotta esistente

Sul fondo della cava è ubicata una condotta esistente di scarico di acque piovane che deve essere mantenuta in esercizio e che sarà utilizzata come recapito delle acque bianche provenienti dalla palazzina viaggiatori, dal parcheggio, dal terminal bus e dalla viabilità esterna.

La condotta verrà rinfiancata per tutta la sua lunghezza e verranno realizzati: un pozzetto di ispezione a tenuta stagna e un torrino per il recapito delle acque provenienti dalle nuove strutture.

PARTE 4

IL PROGETTO ESECUTIVO ATTRAVERSO LA METODOLOGIA BIM

Il passaggio dalla progettazione tradizionale 2D alla progettazione integrale BIM in fase esecutiva del progetto

Al momento della redazione ed approvazione del progetto definitivo, posto a base di gara, vale a dire nell'anno 2014, non era entrato ancora in vigore nessuno dei provvedimenti di legge elencati nella Parte 2 della presente tesi: né il nuovo codice degli appalti, che in realtà non introduce grandi modifiche sui contenuti relativi ai primi 3 livelli di progettazione (tra cui dunque il PD), ma soprattutto, nemmeno i decreti relativi alla progettazione con metodologia e strumenti BIM. Il progetto definitivo ed i documenti progettuali ad esso precedenti sono stati redatti con la metodologia "classica" di progettazione, che include perlopiù strumenti e tecnologie CAD, con lo scopo di creare un modello, tipicamente 2D, del disegno tecnico che descrive l'oggetto, non dell'oggetto stesso. Analogamente al termine BIM – come menzionato nel paragrafo 0 – anche il termine CAD è utilizzato con un duplice significato:

- *computer-aided drafting*, "disegno tecnico assistito dal computer", con cui si intende il campo dell'informatica (la computer grafica) dedicato alla realizzazione di tecnologie e software a supporto dell'*attività di disegno tecnico*, ed in particolare, la creazione di un modello, tipicamente 2D, che descrive il manufatto. Si intende dunque, ad esempio, la creazione dei disegni tecnici (piante, prospetti, sezioni, assonometrie), come nel caso degli elaborati pertinenti al caso studio presentato;
- *computer-aided design*, "progettazione assistita dall'elaboratore", che indica quel settore dell'informatica rivolto alla creazione di tecnologie e software per supportare l'*attività di progettazione* (design), con lo scopo di creare modelli 3D, di fatto puramente geometrici dell'oggetto. Il modello così elaborato è utilizzato per lo sviluppo di calcoli ed analisi statistiche, materia del *Computer-aided engineering*, CAE, e cioè "ingegneria assistita dal computer", che denota applicazioni e software mirati alla risoluzione di problemi ingegneristici mediante il calcolo numerico.

Le differenti discipline e progettisti sono stati integrati nel progetto definitivo attinente all'ampliamento dell'infrastruttura leccese includendo sia elaborati ottenuti mediante rappresentazioni grafiche bidimensionali del tipo *computer-aided drafting* (AutoCAD), ma anche documentazione di calcolo numerico e verifica di requisiti, prodotti disgiuntamente dalle figure professionali coinvolte. Nessun modello tridimensionale informativo e nessun ambiente di condivisione dati, comune a tutti i membri della progettazione, è stato creato nelle prime fasi progettuali.

Alla luce delle diverse tipologie di interventi in programma però, e dunque della complessità, non solo dell'opera infrastrutturale in sé, ma che anche relativa alla coordinazioni delle informazioni e delle fasi di costruzione, tenendo conto anche dell'esercizio dell'attività inerenti alla stazione ferroviaria, l'impresa esecutrice impegnata nella redazione del Progetto Esecutivo, la **Doranzo Infrastrutture S.r.l.**, con la collaborazione dello studio di ingegneria **FkC Ingegneria**, coordinato dall'Ing. Francesco Carpagnano, consulente dell'impresa appaltante in materia di progettazione architettonica, strutturale e modellazione digitale, ha intrapreso la realizzazione del modello tridimensionale informativo, con l'utilizzo del software *Autodesk Revit*, software di BIM authoring che raggruppa diverse discipline e fasi progettuali in un unico software, capace di implementare e gestire le informazioni inerenti a progettazione architettonica, strutturale, impiantistica, energetica ecc. La decisione di realizzare un modello informativo a supporto della costruzione ed esecuzione dei lavori di prolungamento del sottopasso ferroviario con annesso nodo intersettoriale per la mobilità e la sosta propedeutici al ribaltamento della stazione ferroviaria di Lecce, deriva certamente dalla consapevolezza dei benefici apportati dall'utilizzo della metodologia BIM, ma anche dalla volontà di affrontare ed integrare questa nuova sfida del mondo delle costruzioni.

È importante sottolineare, con riferimento all'Allegato 1 - Elenco Elaborati relativi al progetto esecutivo – Stazione Lecce, che non tutte le discipline implicate nel progetto preso in esame sono state integrate nel modello informativo 3D: la sezione impiantistica (idrico, elettrico e condizionamento), così come il ramo antincendio, nonché parte delle caratteristiche strutturali, non sono ad oggi presenti nel modello, poiché l'avanzamento di quest'ultimo dipende fortemente dalle "competenze digitali e modellistiche" dei professionisti e team operanti. Concretamente, il team di FkC ingegneria provvede alla realizzazione dell'intero modello tridimensionale, integrando progressivamente caratteristiche ed informazioni pertinenti a tutte le discipline ingegneristiche menzionate.

Struttura e sviluppo del modello BIM

4.2.1. Condivisione e gestione delle discipline

Il primo step affrontato nella realizzazione del modello informativo tridimensionale è costituito dalla valutazione delle opzioni di condivisione di dati e modello in base alle opzioni rese disponibili dal software utilizzato (Revit):

- *Links* - collegamento più modelli di Revit, consentendo ai membri del team di lavorare distintamente sulle diverse opere e lavorazioni in programma, come indicato nella sezione *0 Elenco delle opere architettoniche previste nel progetto*
- *Worksets* - Condivisione del lavoro in cui gli utenti possono lavorare insieme nello stesso modello di Revit, secondo due modalità: mediante l'uso di una stessa rete locale (LAN) o, nel caso in cui sia necessario collaborare tra utenti che non si trovano nella stessa posizione geografica, utilizzando Revit Server (connette gli uffici che condividono

una rete ma non si trovano nella stessa posizione geografica) o Revit Cloud Worksharing. Revit Server (servizio basato su cloud che consente a qualsiasi utente di Revit all'interno o all'esterno di una rete di collaborare a un modello di Revit).

In particolar modo, nel caso studio esaminato - considerando il progetto comprende opere estese su un'area piuttosto ampia, con caratteristiche geometriche e funzionali differenti, in aggiunta all'esigua disponibilità di personale altamente qualificato in ambito modellistico, che potesse gestire un unico modello informativo condiviso da più parti – si è optato per la tipologia di condivisione del modello per *Links*, creando dunque modelli separati per le diverse tipologie di lavori coinvolti, come mostrato in Figura 18 e Figura 19.

Quando si collega un modello che contiene altri modelli collegati attraverso links, i modelli diventano allora nidificati e possono essere visualizzati o nascosti nel modello host. La visualizzazione dipende dall'impostazione definita per *Tipo di riferimento* nel modello principale, in cui si presentano due opzioni:

- *Sovrapposizione*, attraverso cui i modelli nidificati non vengono collegati e visualizzati nel modello host;
- *Associazione*, opzione che carica e permette la visualizzazione dei modelli collegati nidificati nel modello host.

La gestione del modello informativo attraverso la nidificazione di link, migliora inoltre le prestazioni del software, che deve elaborare un numero di dati ed informazioni minore, per la maggior parte del tempo, con la possibilità di aggiungere o rimuovere un modello collegato al modello host, in base alle necessità.

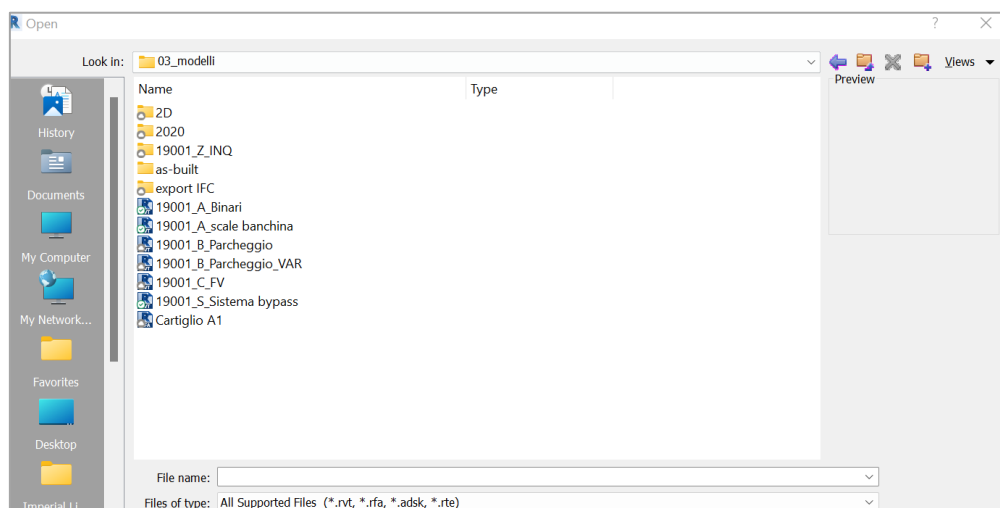


Figura 18 Cartella di progetto - Modelli

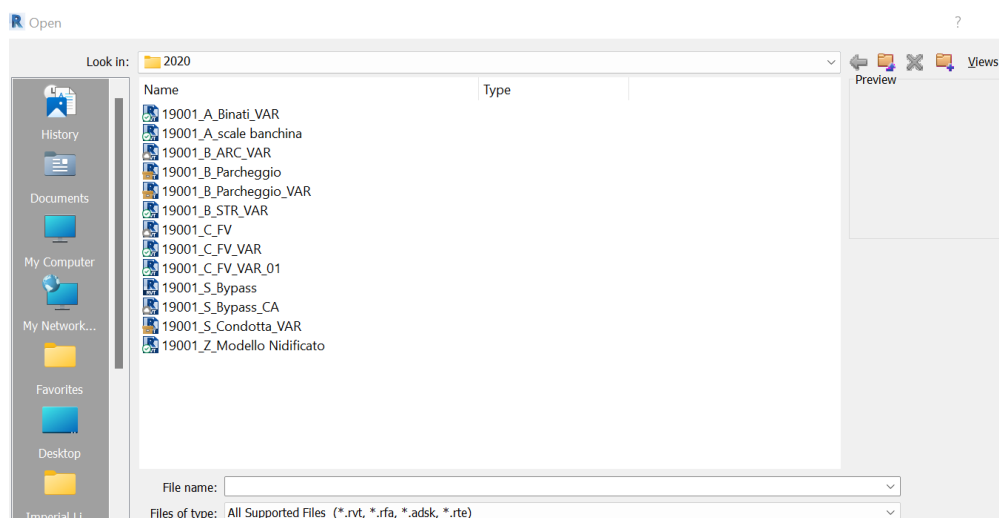


Figura 19 Cartella di progetto - Modelli dal 2020

La denominazione dei modelli è indicata con *19001_Codice_Descrizione_Variante_...* dove:

- *19001* è arbitrariamente scelta dallo studio di progettazione in base al progressivo dei progetti seguiti;
- *Codice* è costituito da una lettera che indica la tipologia di opera inclusa nel modello tra cui:

Tabella 4 Corrispondenza tra modello e opere a realizzare

CODICE	DESCRIZIONE
A	Binari da 1 a 7 e Sottopasso al livello -1
B	Parcheggio multipiano interrato
C	Fabbricato Viaggiatori e Binario 8
S	Sistema Bypass e Condotte sotterranee
Z	Modello d'insieme (nidificato)

- *Descrizione del Contenuto*

I modelli di Revit collegati sono elencati nella lista Revit Links del Project Browser e nel caso in cui un modello collegato nel progetto viene modificato, Revit aggiorna automaticamente il collegamento ogni volta che si apre il modello host.


Dal punto di vista di condivisione dei contenuti del modello informativo, questa è possibile attraverso il formato IFC (Industry Foundation Classes) definito dall' ISO/PAS 16739:2005 è un formato di scambio aperto, costituito delle informazioni sugli edifici elaborate da software compatibili. Questo formato, dunque, ha come obiettivo quello di consentire l'interscambio di un modello informativo senza perdita o distorsione dei dati relativi al suo intero ciclo di vita, e al contempo facilitare il trasferimento di file tra i diversi software di modellazione BIM (ad esempio Autodesk o Bentley), (IFC model cos'è? Qual è il legame BIM-IFC?, 2017)

4.2.2. Localizzazione del modello

Per quanto riguarda il posizionamento dei modelli collegati nei modelli host, ci sono diverse possibilità offerte dal software, che prevede inserimenti in “modalità automatica”, quindi attraverso opzioni come *auto – da centro a centro*, *auto – da origine interna a origine interna* o *auto – da coordinate condivise*, o in modalità manuale, trascinando dunque il modello nel punto desiderato.

Nel caso in esame, si è deciso di creare un file DWG relativo al sito del progetto, specificando la posizione di un punto di riferimento che utilizza coordinate GIS, ed in particolare che presentano estensione *.pos*, file che contengono le descrizioni di testo di una posizione creata da dispositivi GPS di Trimble Navigation, o ricevitori Global Positioning System. Trimble Navigation, una società che fornisce soluzioni di posizionamento avanzate, è più noto per i suoi ricevitori GPS. Un file POS contiene un ID e seguita da una o più posizioni, in longitudine e latitudine, per ID. Esso individua inoltre in modo efficiente, fornendo un elenco che mostra le diverse coordinate che descrivono il punto di origine definito in un file ATT corrispondente.

Quando si collega il file DWG del sito ad un modello di Revit, le coordinate GIS vengono utilizzate per determinare coordinate condivise tra di essi. Il modello di Revit viene posizionato correttamente rispetto al sito. Inoltre, le stesse coordinate GIS vengono utilizzate per definire la posizione reale (latitudine e longitudine) del modello di Revit.

Infine, per confermare la posizione geografica del modello di Revit, fare clic sulla scheda Gestisci ► gruppo Posizione progetto ►  (Posizione).

Nella scheda Posizione e dunque nella sezione di scelta, è stata selezionata l'opzione *Ottieni posizione da punto rilevamento*, così i campi *Sistema di coordinate GIS*, *Latitudine* e *Longitudine* presentano le informazioni di localizzazione acquisite dal file DWG, come mostrato in Figura 20.

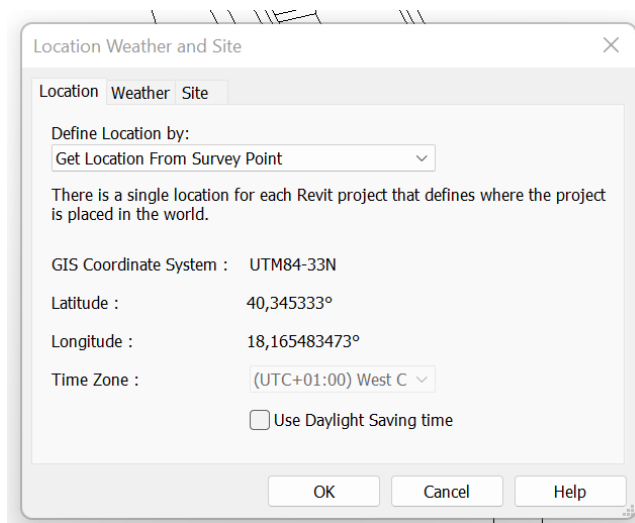


Figura 20 Geolocalizzazione del modello attraverso coordinate condivise

Il corretto posizionamento, ed in particolare usando coordinate spaziali, non solo comuni a tutti i modelli collegati, ma anche georeferenziati geodeticamente, consente:

- di lavorare in modo coordinato e coordinare correttamente i modelli di progetto per lavorare su piattaforme diverse;
- Visualizzare il progetto nella sua posizione reale (inclusa la sovrapposizione dei dati BIM e GIS).
- Collegare file che hanno punti base diversi (con sistemi di coordinate arbitrari).
- Sovrapporre facilmente nuvole di punti;
- eseguire un'analisi energetica accurata del modello.

4.2.3. Introduzione dei Livelli

Uno dei primi step della realizzazione del modello, riguarda l'introduzione dei Livelli del Progetto. Nel caso analizzato, i livelli sono definiti per ciascuno dei modelli realizzati, in base alle altezze altimetriche di progetto individuate. Per esempio, si riporta di seguito il caso nel modello del Blocco B - Parcheggio multipiano, in cui sono individuati principalmente quattro livelli, coincidenti con i piani del parcheggio a realizzare, di cui tre interrati (livelli -3, -2 e -1) ed uno coincidente con il livello della piazza adiacente I FV (livello 0). L'inserimento dei livelli è utile al fine di determinare dei vincoli altimetrici selezionabili per tutti gli elementi che verranno inseriti nel modello: spostando il livello, o eliminandolo, la stessa operazione verrà applicata a tutti gli oggetti ad esso collegati, come mostrato in Figura 21. È possibile definire anche un valore di offset rispetto al livello assegnato ad un elemento, ed anche in questo caso, questo risulterà vincolato al livello assegnato.

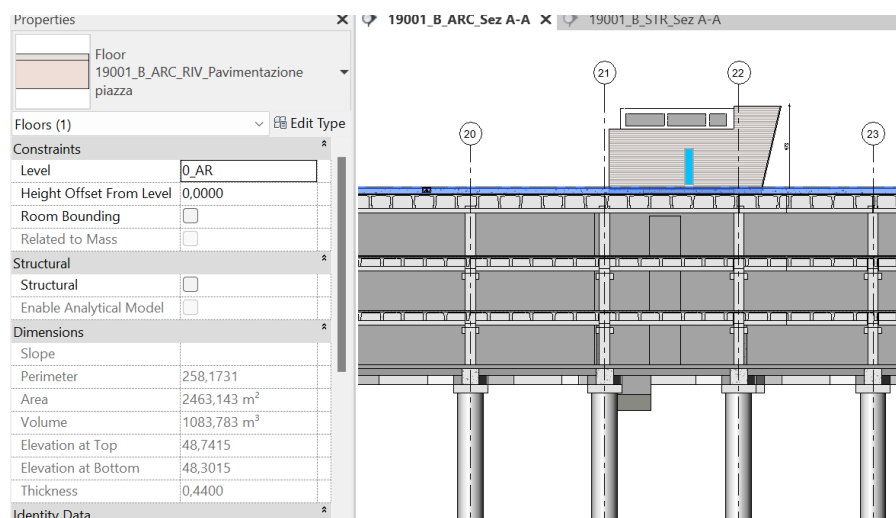


Figura 21 Attribuzione del livello alla pavimentazione selezionata

Nel caso del progetto sotto esame, sono stati creati livelli dedicati specificatamente sia agli elementi architettonici che agli elementi strutturali, al fine di avere una maggiore facilità nella redazione degli elaborati grafici rispettivi alle due discipline, come indicato in Figura 22.

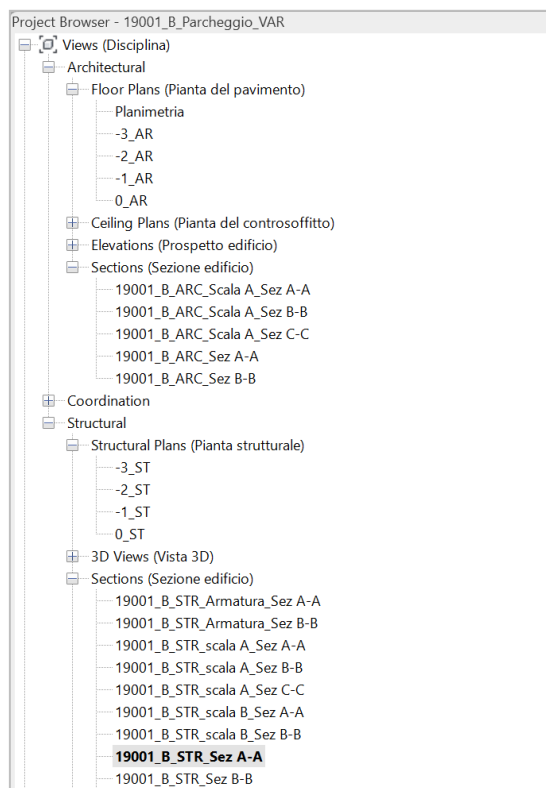


Figura 22 Livelli e discipline del modello

4.2.4. Creazione e gestione di Famiglie

Le famiglie di modelli in Revit sono *la rappresentazione e la raccolta di determinate informazioni* associate ad un particolare oggetto: muri, solai, tetti, porte, finestre, mobili, ma anche testi, quote, etichette, cartigli, e tutto quello che si può creare di utile al progetto.

In Revit esistono tre tipi di famiglie che sono: famiglie di sistema, famiglie caricabili e famiglie locali:

- Famiglie di sistema:** sono quelle già contenute nelle librerie del software e permettono di creare elementi di base da assemblare in cantiere come muri, tetti, pavimenti, porte finestre, ma anche condotti e tubazioni. Come precedentemente detto, anche le impostazioni di sistema, che includono i livelli di partenza del template utilizzato, griglie di lavoro, tavole di disegno e viste, sono famiglie di sistema di Revit. Questo tipo di famiglia è “contenuto” in uno specifico modello e non è possibile caricarle da file esterni, né salvarle in percorsi esterni al progetto.
- Famiglie locali:** elementi unici creati quando si necessita di creare un componente univoco, specifico di un progetto corrente, con livello di dettaglio variabile. Quando si crea un elemento locale, in Revit viene generata per esso una famiglia che contiene un unico tipo di famiglia.
- Famiglie caricabili:** vengono utilizzate per creare:

- Componenti architettonici che costituiscono oggetti assestanti, non realizzati in cantiere, ma normalmente acquistati, consegnati e installati come finestre, porte, recinzioni, arredo interno ed esterno,...
- Componenti di sistemi impiantistici solitamente acquistati, consegnati e installati, quali caldaie, scaldabagni, impianti di aerazione e apparecchi idraulici.
- Elementi di annotazione personalizzati, quali i simboli, etichette, cartigli.

A differenza delle famiglie di sistema, le famiglie caricabili vengono create in file esterni (file. rfa) e importate o caricate anche in progetti differenti. Un'altra importante caratteristica di queste famiglie è che possono essere combinate per creare famiglie nidificate, raggiungendo livelli di dettaglio, geometrico ed informatico, sempre più accurato. In Figura 23 e Figura 23 Sono mostrate le famiglie così come visualizzate nel Browser di Progetto, categorizzate secondo l'oggetto contenuto nella famiglia. In particolare, si può osservare nei tre esempi mostrati – famiglie di annotazione, di porte e di pavimenti – la presenza di famiglie caricate, indicate con la nomenclatura *19001_[opera a realizzare, come indicato in Tabella 4]_[disciplina, in Tabella 5]_[Oggetto, definito Tabella 6]_descrizione_descrizione_...*, e famiglie di sistema come tutte quelle che presentano un nome di default.

Nel caso dei pavimenti, questi sono una *famiglia di sistema editabile* di Revit: i parametri di questa famiglia sono definiti in modo tale da permettere all'utente di creare diversi tipi di pavimento, associando strati di spessore e materiale differenti selezionato nella Libreria dei Materiali.

Tabella 5 Discipline

CODICE DISCIPLINA	DESCRIZIONE
ARC	Architettonico
STR	Strutturale
INC	Antincendio
IMP	Impianti
CON	Contesto
ANN	Annotazioni

Tabella 6 Oggetti

CODICE OGGETTO	DESCRIZIONE
F	Finestra
P	Porta
M	Muro
PV	Pavimento
PI	Pilastro
TRV	Trave
D	Dettaglio

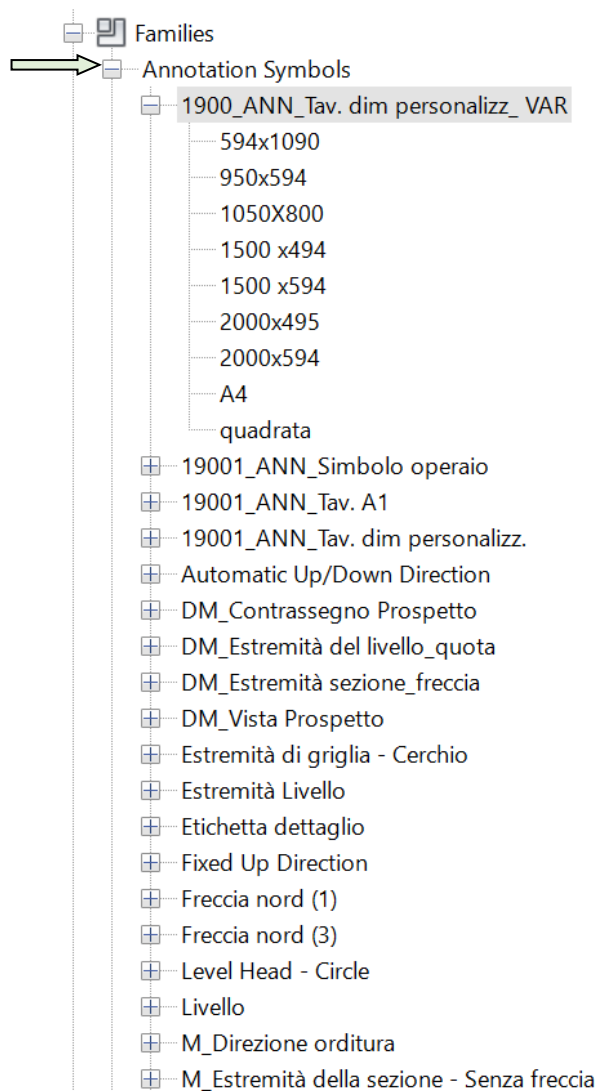


Figura 23 Famiglie di Annotazione

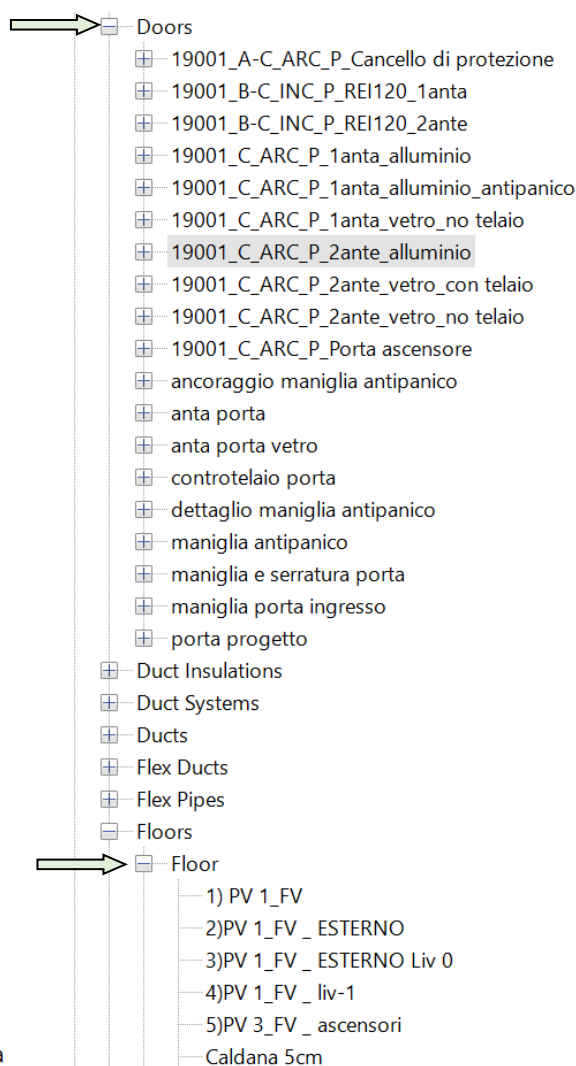


Figura 24 Famiglie di Porte e Pavimenti

4.2.5. Integrazione delle Fasi di progetto

La Fase costituisce una *proprietà* dell'elemento che indica il momento progettuale in cui l'elemento è stato aggiunto al modello, o al progetto stesso. Suddividere le informazioni e la modellazione dell'oggetto in fasi, permette di suddividere le informazioni da un punto di vista temporale, invidiando le diverse "tappe" della costruzione, le lavorazioni coinvolte, i materiali necessari, i costi ed i tempi relativi ad ogni tappa. Per esempio, nel caso studio analizzato, la funzione Fase, si è rilevata particolarmente utile nella progettazione esecutiva del Blocco A –

Prolungamento del sottopasso pedonale, in cui sono previste le operazioni mostrate in Figura 1Figura 25, organizzate secondo sei fasi nel modello Revit:

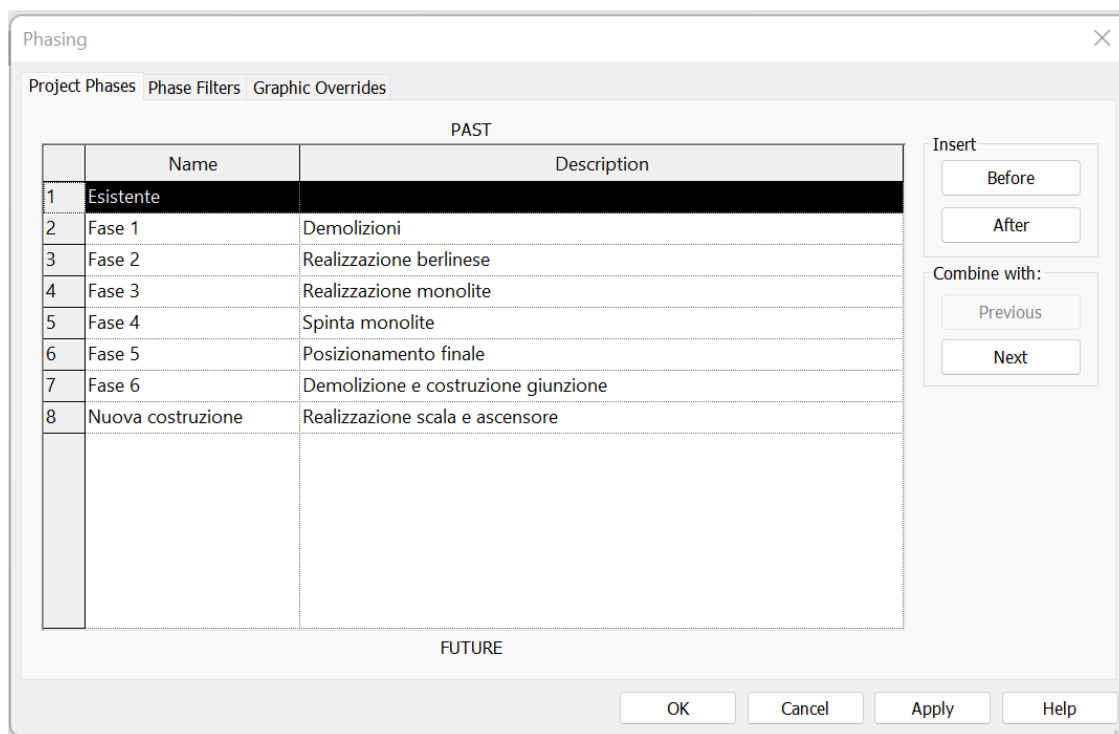


Figura 25 Fasi di progetto

È possibile applicare il Filtro di Fase alle viste e agli abachi: in un grande progetto di grande dimensione e complessità, senza l'utilizzo delle fasi, l'abaco di un determinato oggetto elenca (a meno di altri filtri sulle proprietà) tutti gli oggetti selezionati create nel progetto, e questo potrebbe apportare delle problematiche nella gestione della grande quantità di oggetti individuati (esempio finestre o porte). Considerando per esempio il caso in cui vi siano elementi da demolire o rimuovere, l'abaco mostrerà comunque tutti gli oggetti presenti nella categoria, che, come si può immaginare, costituisce un problema pensando per esempio alla stima dei costi (in quanto alcuni oggetti, porta o finestra, dovrebbero avere un prezzo di rimozione, mentre altri un prezzo di fornitura e messa in opera, solitamente differenti). L'introduzione delle Fasi di progetto permette di suddividere gli oggetti per categorie temporali, costituendo un *elemento di filtro* per la gestione delle informazioni del progetto.

Riassumendo, le proprietà di fase vengono impostate su:

- Elementi
- Viste: questa impostazione consente una ottimale realizzazione di elaborati grafici che possano rappresentare una evoluzione temporale dell'oggetto modellato. È opportuno dunque organizzare in questo caso le viste in modo tale che presentino un ordine

coerente con la sequenza delle fasi; definite le viste (in proiezione e 3D), occorre successivamente selezionare, per ciascuna di esse, la fase da mostrare. Figura 26

- Abachi: consente di definire quantità ed eventualmente prezzo di una specifica fase di lavorazione, selezionando nella sezione *Fase delle Proprietà dell'abaco*, la fase desiderata. Figura 27

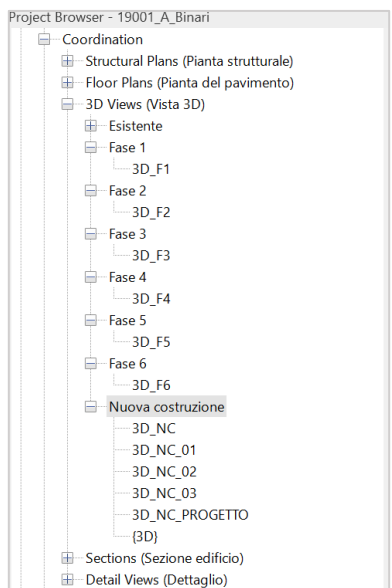
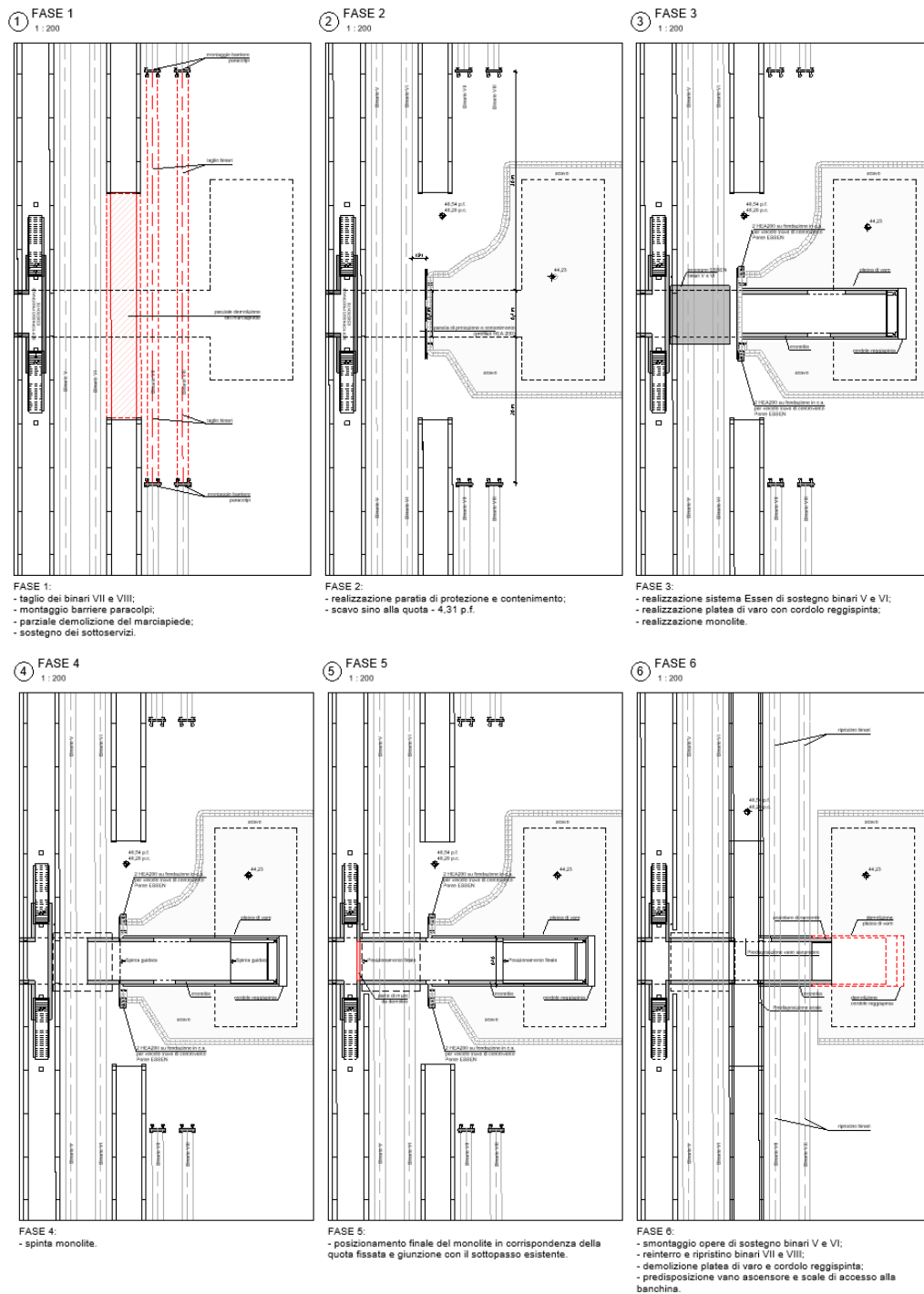


Figura 26 Proprietà di fase per le viste

F3_Abaco delle armature						
Fase	Diametro	Volume armatura	Peso specifico	Peso acciaio	Prezzo unitario	Totale lavorazione e
678_Acciaio B450C						
Fase 3	ø16	30834,05 cm³	78,5 kN/m³	246,82 kgf	1,00€	246,82€
Fase 3	ø16	67556,81 cm³	78,5 kN/m³	540,78 kgf	1,00€	540,78€
Fase 3	ø16	38901,46 cm³	78,5 kN/m³	311,40 kgf	1,00€	311,40€
Fase 3	ø16	67556,81 cm³	78,5 kN/m³	540,78 kgf	1,00€	540,78€
Fase 3	ø16	2107,53 cm³	78,5 kN/m³	16,87 kgf	1,00€	16,87€
Fase 3	ø16	4825,49 cm³	78,5 kN/m³	38,63 kgf	1,00€	38,63€
Fase 3	ø16	3048,50 cm³	78,5 kN/m³	24,40 kgf	1,00€	24,40€
Fase 3	ø16	2103,11 cm³	78,5 kN/m³	16,83 kgf	1,00€	16,83€
Fase 3	ø16	4825,49 cm³	78,5 kN/m³	38,63 kgf	1,00€	38,63€
Fase 3	ø16	3046,89 cm³	78,5 kN/m³	24,39 kgf	1,00€	24,39€
Fase 3	ø16	2211,68 cm³	78,5 kN/m³	17,70 kgf	1,00€	17,70€
Fase 3	ø16	133178,60 cm³	78,5 kN/m³	1066,06 kgf	1,00€	1066,07€
Fase 3	ø16	102596,27 cm³	78,5 kN/m³	821,26 kgf	1,00€	821,26€
Fase 3	ø16	29088,03 cm³	78,5 kN/m³	232,84 kgf	1,00€	232,84€
Fase 3	ø16	29795,77 cm³	78,5 kN/m³	238,51 kgf	1,00€	238,51€
Fase 3	ø16	3200,50 cm³	78,5 kN/m³	25,62 kgf	1,00€	25,62€
Fase 3	ø16	3459,27 cm³	78,5 kN/m³	27,69 kgf	1,00€	27,69€
Fase 3	ø16	3228,65 cm³	78,5 kN/m³	25,84 kgf	1,00€	25,84€
Fase 3	ø16	3459,27 cm³	78,5 kN/m³	27,69 kgf	1,00€	27,69€

Figura 27 Proprietà di fase per gli Abachi

Di seguito di riporta uno stralcio di elaborato grafico redatto a descrizione delle fasi lavorative previste per la realizzazione del prolungamento del sottopasso pedonale.



4.1.6. Verifica delle interferenze – *Clash detection*

Come già menzionato precedentemente nella presente tesi, il workflow per la realizzazione del modello informativo prevede la messa in atto di processi assai collaborativi: in ogni fase progettuale e, soprattutto, ogni soggetto coinvolto, *dovrebbe far parte* del flusso informativo

insieme a tutti gli altri soggetti: adoperando perciò questo sistema di progettazione e di produzione, trasparente (in quanto ogni informazione e modifica, funzionale o geometrica, risulta visualizzabile da ogni collaboratore) e collaborativo, renderà il suo operato interamente verificabile e controllabile in ogni aspetto. L'implementazione dei diversi elementi e discipline coinvolte nella realizzazione di più modelli digitali nello sviluppo del progetto, attraverso una collaborazione per Links, ha comportato inevitabilmente la presenza di interferenze tra gli elementi costruttivi modellati all'interno dei modelli aggregati. Le interferenze riscontrabili possono far parte della sfera geometrica, dunque con collisioni tra oggetti di tipo architettonico-strutturale-impiantistico, ma anche della sfera logistica ed economica, in cui si riscontrano incoerenze informative di elaborati e modelli rispetto a norme e regolamenti. La norma UNI 11337-2017, parte 5 identifica 3 livelli di coordinamento, con specifico riferimento ai modelli grafici:

- *Livello di coordinamento 1 (LC1)*: in cui si applica il controllo e la soluzione di interferenze e incoerenze tra dati e informazioni all'interno di un modello grafico singolo;
- *Livello di coordinamento 2 (LC2)*: si esegue il controllo e la risoluzione di interferenze ed incoerenze tra dati e informazioni appartenenti a più modelli grafici singoli, attraverso la loro aggregazione simultanea;
- *Livello di coordinamento 3 (LC3)*: prevede il controllo e soluzione di interferenze e incoerenze tra dati/informazioni/contenuti informativi generati da modelli grafici, e dati/informazioni/contenuti informativi (digitali e non digitali) non generati da modelli grafici.

Il software utilizzato per la modellazione, Autodesk Revit, prevede la funzione di "clash detection", e dunque rilevamento dello "scontro" (clash), permette di monitorare la presenza di sovrapposizione ed intersezione tra gli elementi modellati, e perciò le interferenze "fisiche", geometriche presenti sia sul singolo modello che sui modelli nidificati, quindi interferenze "*inter-modello*", come mostrato in Figura 30, dove è stata effettuata l'analisi delle interferenze tra il modello creato per rappresentare il contesto dei binari, e le condotte sotterranee passanti attraverso l'area della stazione ferroviaria leccese. Attraverso tale controllo si è potuto verificare la presenza di due interferenze:

- Interferenza n°1: tra il cunicolo esistente e la scala di connessione tra la banchina dei binari 6 e 7;
- Interferenza n°2: tra il cunicolo esistente e la platea di fondazione del FV al livello -1;

L'interferenza tra cunicolo esistente¹⁸ e scale di accesso alla banchina a realizzarsi è stata individuata tramite interpolazione dei valori relativi alle sezioni S.10 e S.11 del rilievo di Puglia Engineering srl. Tale interferenza porta ad una parzializzazione della sezione del cunicolo esistente.

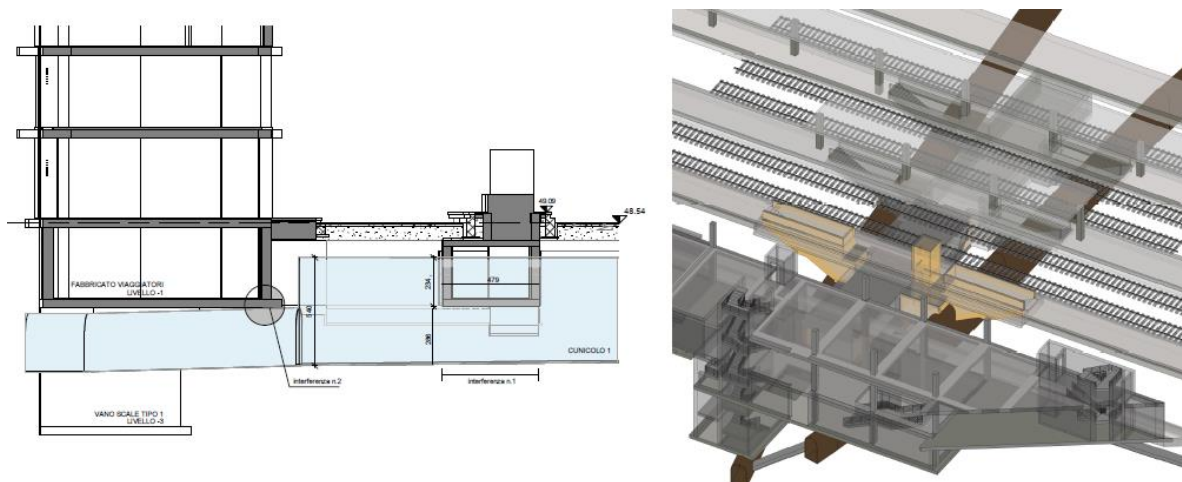


Figura 28 Rilievo delle interferenze spaziali in prossimità dell'ampliamento del sottopasso

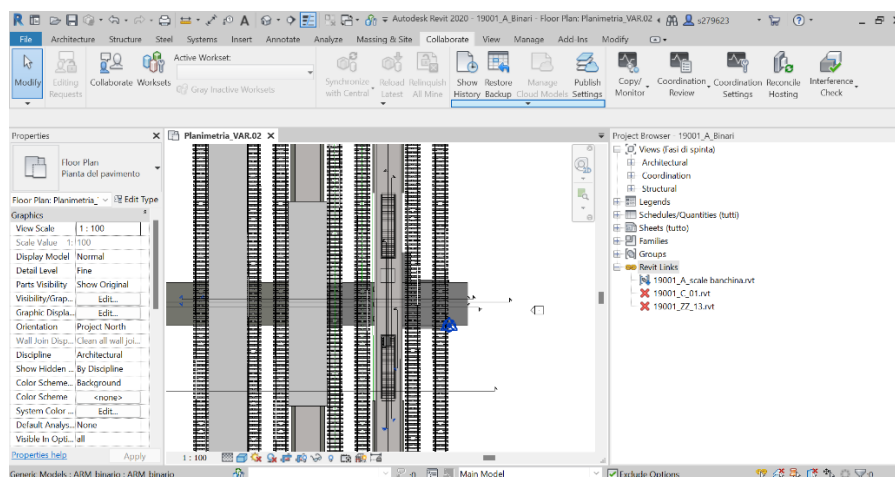


Figura 29 Visualizzazione della funzione di clash detection

¹⁸ Si tratta di cunicoli di drenaggio, ovvero canalizzazioni trasversali sotterranee adoperate per smaltire le acque circolanti nel sottosuolo

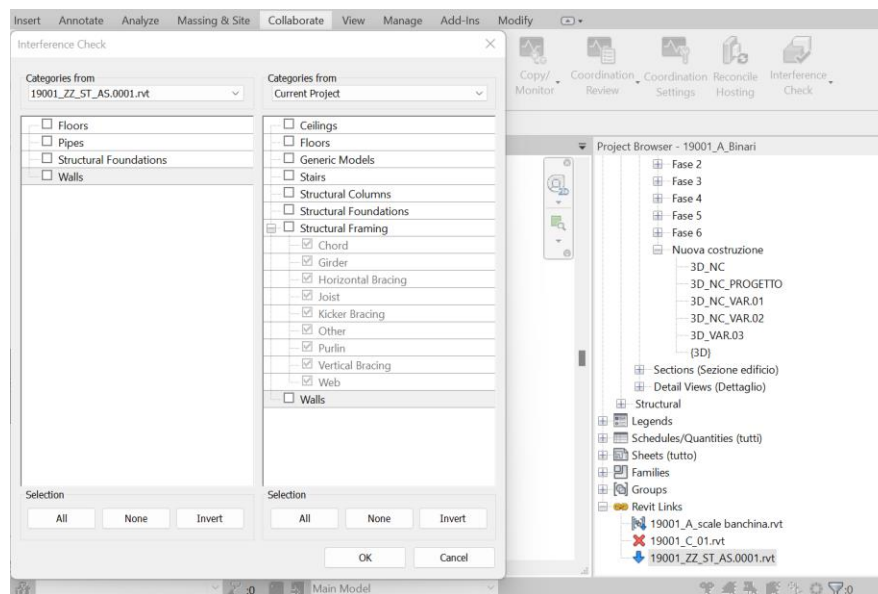


Figura 30 Rilievo delle interferenze tra il modello creato e i modelli collegati tramite Links

Tale interferenza spaziale tra gli elementi esistenti e quelli a realizzare è stata individuata prima della fase di costruzione e realizzazione dei corpi scala ed ascensore che collegato il sottopasso pedonale alla banchina dei binari sei e sette, e questo ha rappresentato un grande vantaggio apportato dall'introduzione del modello BIM all'interno del progetto di ampliamento della stazione ferroviaria leccese, con conseguente riduzione di tempi e costi di realizzazione. Inoltre, l'individuazione di tale interferenza ha condotto cognizione e valutazione di un'ulteriore problematica relativa alla banchina dei binari in questione: dal punto di vista architettonico la presenza del corpo ascensore in prossimità di uno dei due blocchi scala crea un ostacolo nei confronti dell'accesso al blocco scala stesso, come riscontrabile attraverso Figura 28 e Figura 29. La soluzione progettuale individuata per l'accesso ai binari 6 e 7 è stata revisionata dai soggetti coinvolti nella realizzazione dell'opera architettonica, anche questo durante la fase di realizzazione del modello BIM, e non durante la realizzazione del manufatto; per questo motivo si è arrivati dunque alla concezione di una nuova configurazione, che prevede l'eliminazione della scala che interseca il cunicolo sotterraneo, lasciando solamente l'ascensore, come mostrato in Figura 31.

Per la soluzione dell'interferenza N°2 invece, è stata eseguita una *variante in corso d'opera*, in cui si è innalzato la quota altimetrica assoluta della fondazione e del solaio a livello 0, raggiungendo quota 49,09 m. Questo tema verrà discusso più approfonditamente nel capitolo 4.2.8 Varianti di progetto

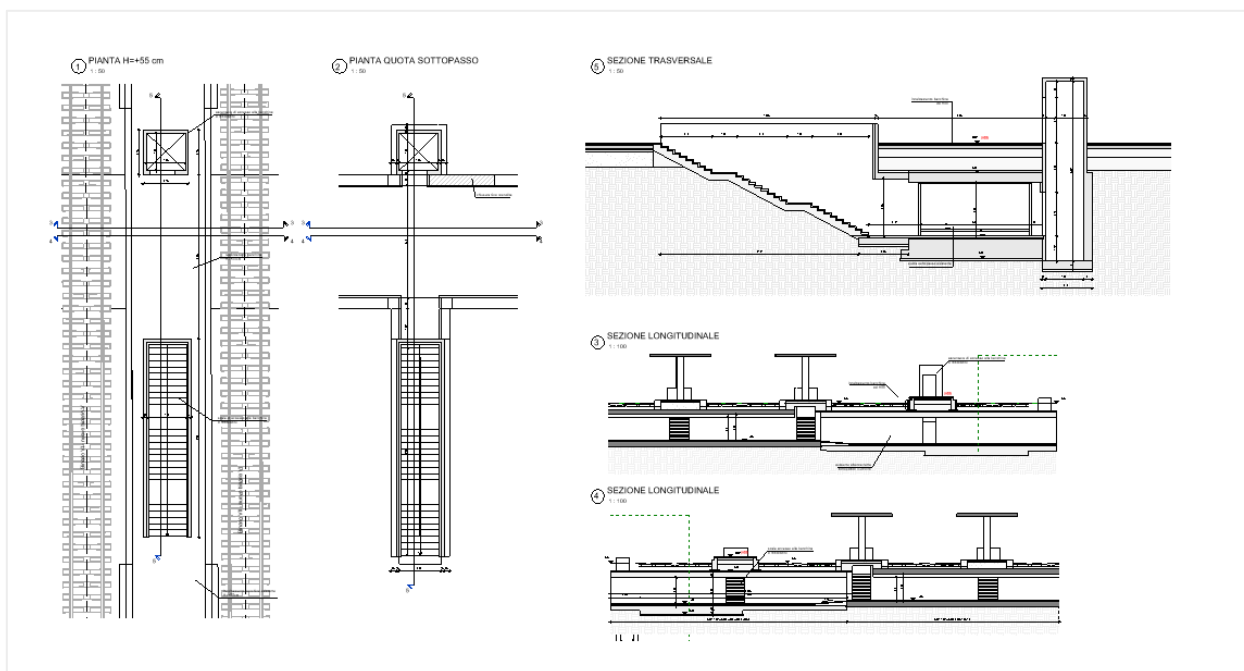


Figura 31 Modifica tecnica del sistema di accesso alla banchina tra i binari 6 e 7

4.2.7. Stima di quantità ed Abachi

Un altro strumento frequentemente utilizzato durante la fase di progettazione esecutiva è rappresentato dagli abachi: tutti gli elementi rappresentati nel modello risultano in ogni momento computabili attraverso *abachi di quantità* e *dei materiali*, che, grazie all'inserimento di opportuni parametri, attributi e funzione di calcolo, costituiscono uno strumento efficace di contabilità e stima dei costi, strutturati secondo diverse categorie. È utile ricordare che una delle principali caratteristiche del concetto di BIM è proprio la capacità di parametrizzazione, che permette l'attribuzione, ad ogni elemento del modello, di informazioni eterogenee in un unico ambiente virtuale e la caratterizzazione dei singoli elementi costruttivi, con l'obiettivo di trasformare il modello in un database, con un livello di dettaglio dell'informazione definito in relazione alle proprie esigenze specifiche. È possibile creare parametri personalizzati, oltre che di tipo geometrico, anche di tipo qualitativo per qualsiasi categoria di elementi o componenti presente nel progetto. Inserire gli opportuni parametri alle diverse categorie ed elementi presenti nel modello consente, tra le tante cose, di ottenere una visualizzazione schematica e tabellare, attraverso gli abachi, delle informazioni desiderate. Pertanto, gli abachi di Revit funzionano come insiemi che racchiudono al loro interno i parametri non solo

delle famiglie parametriche importate nel progetto, ma anche di tutti gli elementi creati nel modello BIM 3D.

Nel modello della stazione ferroviaria di Lecce, sono stati abachi di quantità, come nel caso di porte e finestre, per esempio, che descrivono graficamente, geometricamente e numericamente le categorie indagate, come rappresentato dalle tavole grafiche in Figura 32, Figura 33 e Figura 34, dove si possono osservare gli abachi di finestre e porte-finestra - dunque si hanno due famiglie diverse, che possiedono però parametri in comune, come altezza, larghezza e materiali per esempio - e poi quello delle porte interne, che presentano materiali, dimensioni e caratteristiche tecniche differenti.

ARC_I_Computo delle finestre e por...

ARC_I_Abaco delle finestre e por... X

<ARC_I_Abaco delle finestre e porte-finestre>

A	B	C	D	E
Tipologia	Nome	Q.tà	Altezza (m)	Larghezza (m)
Finestra doppia anta				
Finestra doppia anta	F1_FV_65cm	2	1,60	0,65
Finestra doppia anta	F1_FV_110 cm	3	1,60	1,10
Finestra doppia anta	F1_FV_145 cm	3	1,60	1,45
Finestra doppia anta	F1_FV_170cm	3	1,60	1,70
Finestra doppia anta	F1_FV_175 cm	1	1,60	1,75
Finestra doppia anta	F1_FV_200 cm	1	1,60	2,00
Finestra doppia anta	F1_FV_280 cm	1	1,60	2,80
Finestra doppia anta	F1_FV_300 cm	1	1,60	3,00
Finestra fissa				
Finestra fissa	F3_FV_Blocco scale	2	2,00	1,50
Finestra fissa	F3_FV_Nastro	1	0,37	3,00
Porta finestra doppia anta				
Porta finestra doppia anta	F2_FV_130 cm	4	2,70	1,30
Porta finestra doppia anta	F2_FV_150cm	1	2,70	1,50
Porta finestra doppia anta	F2_FV_155	1	2,70	1,55
Porta finestra doppia anta	F2_FV_160 cm	2	2,70	1,60
Porta finestra doppia anta	F2_FV_170cm	2	2,70	1,70
Porta finestra doppia anta	F2_FV_210 cm	2	2,70	2,10

Figura 32 Abaco delle finestre e porte-finestra

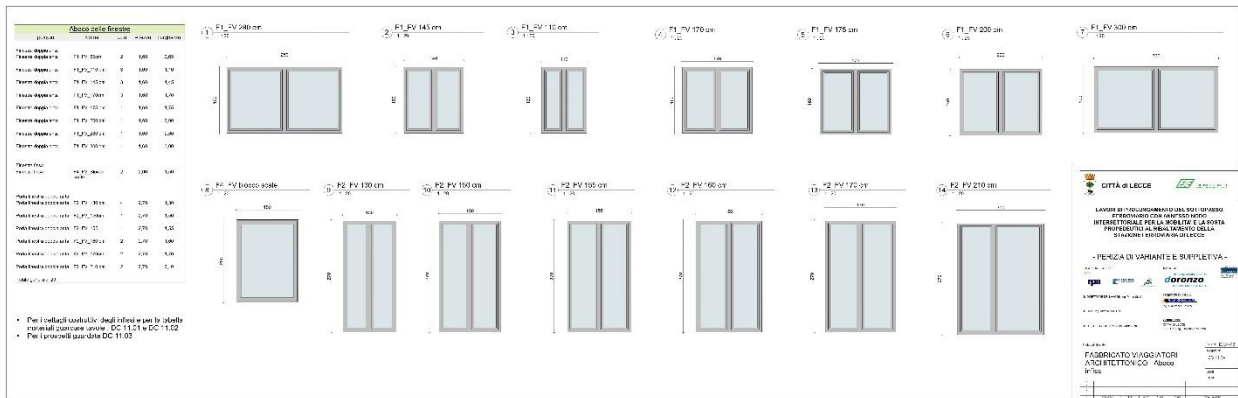


Figura 33 Abaco delle quantità di finestre e porte-finestra di tipo Shuco AWS-65

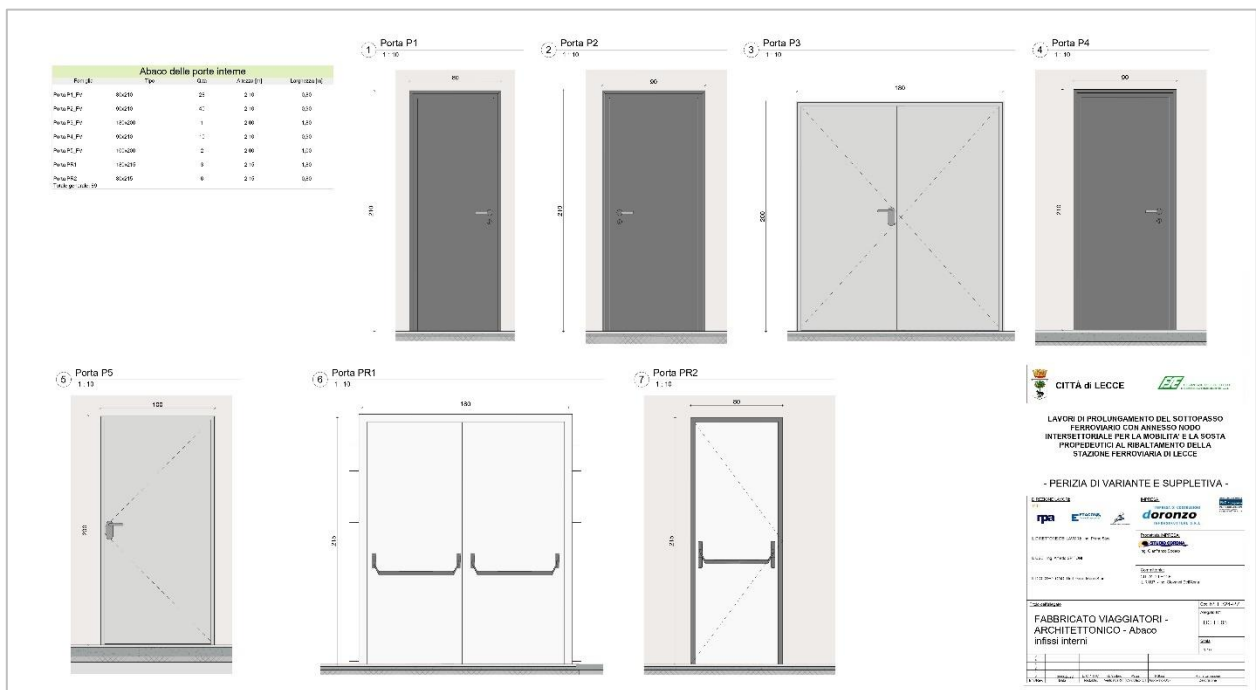


Figura 34 Abaco delle quantità delle porte interne

Oltre alla produzione degli abachi, i quali contengono i disegni, le tipologie, le misure e le quantità dei prodotti, un'altra importante funzione utilizzata nel software utilizzato è stata la computazione delle quantità dei materiali, attraverso la quale si è arrivato al monitoraggio dei costi delle relative opere architettoniche modellate, successivamente e costantemente confrontati con il computo metrico estimativo prodotto in fase di gara d'appalto. Tale processo ha l'obiettivo di controllare e monitorare la spesa impiegata nella realizzazione dell'opera, nell'intero intervallo di tempo dell'esecuzione stessa, al fine di non generare dei gap economici. Proprio per questo motivo, sono stati introdotti

nel modello dei parametri che richiamano l'elenco prezzi unitari ed il computo metrico sopra citati. In Figura 35 è mostrato in funzione esemplificativa il computo dei materiali delle travi presenti nel telaio strutturale del fabbricato viaggiatori, ed in particolare sono stati selezionati o definiti i seguenti parametri:

- *Famiglia*: Trave strutturale in cls
- *Tipo*: che indica la sezione della trave in cm
- *Quota altimetrica*: si tratta dei livelli a quota 53.49 , 57.59 e 61.69 corrispondenti rispettivamente ai livelli 1,2 e 3
- *Materiale*: calcestruzzo C32/40
- *ART EPU*: articolo dell'Elenco Prezzi Unitario
- *ID EPU*: identificativo nell'Elenco Prezzi Unitario con riferimento ai Nuovi Prezzi (NP)
- *Prezzo Unitario* (€/U.M. EPU): in questo caso metri cubi (mc)
- *U.M. EPU*: Unità di misura di riferimento nell'elenco prezzi unitario
- *Volume cls* (in mc)
- *Prezzo cls* (€): è un parametro calcolato in cui si moltiplicano il valore del volume di calcestruzzo (calcolato automaticamente dal software, moltiplicando la sezione della trave per la sua lunghezza) ed il valore del prezzo unitario del calcestruzzo stesso
- *Materiale Armatura*: Acciaio B450C
- *ART EPU Armatura*: articolo dell'Elenco Prezzi Unitario
- *ID EPU Armatura*: identificativo nell'Elenco Prezzi Unitario con riferimento ai Nuovi Prezzi (NP)
- *Prezzo Unitario Armatura* (€/U.M. EPU)
- *U.M. EPU Armatura*: Unità di misura di riferimento nell'elenco prezzi unitario
- *Massa Armatura* (kg): anche in questo caso si parametro calcolato in cui si moltiplicano il valore della massa di armatura – calcolata attraverso un pre-dimensionamento delle travi indicando il peso specifico di armatura per metro cubo di calcestruzzo (pari a $120 \text{ kg}_{\text{armatura}}/\text{mc}_{\text{cls}}$) ed il valore del volume di calcestruzzo.
- *Prezzo Armatura* (€): calcolato come prodotto tra il prezzo unitario dell'armatura e la massa de armatura presente nelle travi strutturali.

<STR_T_Computo dei materiali travi in CLS>																
A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q
Famiglia	Tipo	Quota alimetrica	Materiale	ART EPU	ID EPU	Prezzo Unitario	U.M. EPU	Volume Cls (mc)	Prezzo Cls (€)	Materiale Armatura	ART EPU A	ID EPU A	U.M. EPU	Prezzo un	Massa armatura (kg)	Prezzo Armatura (€)
53.49																
Trave strutturale cls	25x40 cm	53.49	Calcestruzzo, C32/40_str elevazione	Nr. 423	NP.22	123.00€	mc	0,95 m³	117,06€	B450C	Nr. 409	NP. 01	kg	1,00€	114,20 kg	114,20€
Trave strutturale cls	30x40 cm	53.49	Calcestruzzo, C32/40_str elevazione	Nr. 423	NP.22	123.00€	mc	1,05 m³	129,53€	B450C	Nr. 409	NP. 01	kg	1,00€	126,37 kg	126,37€
Trave strutturale cls	35x40 cm	53.49	Calcestruzzo, C32/40_str elevazione	Nr. 423	NP.22	123.00€	mc	1,12 m³	137,81€	B450C	Nr. 409	NP. 01	kg	1,00€	134,45 kg	134,45€
Trave strutturale cls	50x40 cm	53.49	Calcestruzzo, C32/40_str elevazione	Nr. 423	NP.22	123.00€	mc	1,79 m³	219,64€	B450C	Nr. 409	NP. 01	kg	1,00€	214,28 kg	214,28€
Trave strutturale cls	60x40 cm	53.49	Calcestruzzo, C32/40_str elevazione	Nr. 423	NP.22	123.00€	mc	2,71 m³	333,59€	B450C	Nr. 409	NP. 01	kg	1,00€	325,45 kg	325,45€
Trave strutturale cls	65x40 cm	53.49	Calcestruzzo, C32/40_str elevazione	Nr. 423	NP.22	123.00€	mc	2,25 m³	277,29€	B450C	Nr. 409	NP. 01	kg	1,00€	270,51 kg	270,51€
Trave strutturale cls	70x40 cm	53.49	Calcestruzzo, C32/40_str elevazione	Nr. 423	NP.22	123.00€	mc	17,61 m³	2168,12€	B450C	Nr. 409	NP. 01	kg	1,00€	2113,29 kg	2113,29€
Trave strutturale cls	97x40 cm	53.49	Calcestruzzo, C32/40_str elevazione	Nr. 423	NP.22	123.00€	mc	4,68 m³	575,07€	B450C	Nr. 409	NP. 01	kg	1,00€	561,05 kg	561,05€
Trave strutturale cls	100x40 cm	53.49	Calcestruzzo, C32/40_str elevazione	Nr. 423	NP.22	123.00€	mc	7,50 m³	922,53€	B450C	Nr. 409	NP. 01	kg	1,00€	900,03 kg	900,03€
Trave strutturale cls	110x40 cm	53.49	Calcestruzzo, C32/40_str elevazione	Nr. 423	NP.22	123.00€	mc	8,99 m³	1105,20€	B450C	Nr. 409	NP. 01	kg	1,00€	1078,32 kg	1078,32€
Trave strutturale cls	125x40 cm	53.49	Calcestruzzo, C32/40_str elevazione	Nr. 423	NP.22	123.00€	mc	1,35 m³	165,60€	B450C	Nr. 409	NP. 01	kg	1,00€	161,56 kg	161,56€
Trave strutturale cls	140x40 cm	53.49	Calcestruzzo, C32/40_str elevazione	Nr. 423	NP.22	123.00€	mc	22,16 m³	2725,24€	B450C	Nr. 409	NP. 01	kg	1,00€	2658,77 kg	2658,77€
Trave strutturale cls	150x40 cm	53.49	Calcestruzzo, C32/40_str elevazione	Nr. 423	NP.22	123.00€	mc	2,70 m³	331,86€	B450C	Nr. 409	NP. 01	kg	1,00€	323,77 kg	323,77€
Trave strutturale cls	160x40 cm	53.49	Calcestruzzo, C32/40_str elevazione	Nr. 423	NP.22	123.00€	mc	7,20 m³	885,36€	B450C	Nr. 409	NP. 01	kg	1,00€	863,76 kg	863,76€
Trave strutturale cls	216x40 cm	53.49	Calcestruzzo, C32/40_str elevazione	Nr. 423	NP.22	123.00€	mc	2,35 m³	288,45€	B450C	Nr. 409	NP. 01	kg	1,00€	281,41 kg	281,41€
53.49								84,39 m³	10380,42€						10127,24 kg	10127,24€
57.59																
Trave strutturale cls	25x40 cm	57.59	Calcestruzzo, C32/40_str elevazione	Nr. 423	NP.22	123.00€	mc	0,91 m³	111,85€	B450C	Nr. 409	NP. 01	kg	1,00€	109,12 kg	109,12€
Trave strutturale cls	30x40 cm	57.59	Calcestruzzo, C32/40_str elevazione	Nr. 423	NP.22	123.00€	mc	0,98 m³	120,59€	B450C	Nr. 409	NP. 01	kg	1,00€	117,65 kg	117,65€
Trave strutturale cls	35x40 cm	57.59	Calcestruzzo, C32/40_str elevazione	Nr. 423	NP.22	123.00€	mc	1,12 m³	137,67€	B450C	Nr. 409	NP. 01	kg	1,00€	134,31 kg	134,31€
Trave strutturale cls	50x40 cm	57.59	Calcestruzzo, C32/40_str elevazione	Nr. 423	NP.22	123.00€	mc	1,67 m³	205,61€	B450C	Nr. 409	NP. 01	kg	1,00€	200,60 kg	200,60€
Trave strutturale cls	60x40 cm	57.59	Calcestruzzo, C32/40_str elevazione	Nr. 423	NP.22	123.00€	mc	2,59 m³	319,00€	B450C	Nr. 409	NP. 01	kg	1,00€	311,22 kg	311,22€
Trave strutturale cls	65x40 cm	57.59	Calcestruzzo, C32/40_str elevazione	Nr. 423	NP.22	123.00€	mc	2,80 m³	319,80€	B450C	Nr. 409	NP. 01	kg	1,00€	312,00 kg	312,00€
Trave strutturale cls	70x40 cm	57.59	Calcestruzzo, C32/40_str elevazione	Nr. 423	NP.22	123.00€	mc	17,45 m³	2146,52€	B450C	Nr. 409	NP. 01	kg	1,00€	2094,17 kg	2094,17€
Trave strutturale cls	97x40 cm	57.59	Calcestruzzo, C32/40_str elevazione	Nr. 423	NP.22	123.00€	mc	4,43 m³	545,32€	B450C	Nr. 409	NP. 01	kg	1,00€	532,02 kg	532,02€
Trave strutturale cls	100x40 cm	57.59	Calcestruzzo, C32/40_str elevazione	Nr. 423	NP.22	123.00€	mc	15,20 m³	1869,70€	B450C	Nr. 409	NP. 01	kg	1,00€	1824,10 kg	1824,10€
Trave strutturale cls	110x40 cm	57.59	Calcestruzzo, C32/40_str elevazione	Nr. 423	NP.22	123.00€	mc	3,73 m³	459,39€	B450C	Nr. 409	NP. 01	kg	1,00€	446,19 kg	446,19€
Trave strutturale cls	125x40 cm	57.59	Calcestruzzo, C32/40_str elevazione	Nr. 423	NP.22	123.00€	mc	1,34 m³	165,26€	B450C	Nr. 409	NP. 01	kg	1,00€	161,23 kg	161,23€
Trave strutturale cls	140x40 cm	57.59	Calcestruzzo, C32/40_str elevazione	Nr. 423	NP.22	123.00€	mc	23,08 m³	2839,10€	B450C	Nr. 409	NP. 01	kg	1,00€	2769,85 kg	2769,85€
Trave strutturale cls	160x40 cm	57.59	Calcestruzzo, C32/40_str elevazione	Nr. 423	NP.22	123.00€	mc	6,49 m³	798,67€	B450C	Nr. 409	NP. 01	kg	1,00€	779,19 kg	779,19€
57.59								81,61 m³	10038,40€						9793,64 kg	9793,64€
61.69																
Trave strutturale cls	35x40 cm	61.69	Calcestruzzo, C32/40_str elevazione	Nr. 423	NP.22	123.00€	mc	0,45 m³	55,04€	B450C	Nr. 409	NP. 01	kg	1,00€	53,70 kg	53,70€
Trave strutturale cls	50x40 cm	61.69	Calcestruzzo, C32/40_str elevazione	Nr. 423	NP.22	123.00€	mc	4,92 m³	604,99€	B450C	Nr. 409	NP. 01	kg	1,00€	590,23 kg	590,23€
Trave strutturale cls	60x40 cm	61.69	Calcestruzzo, C32/40_str elevazione	Nr. 423	NP.22	123.00€	mc	3,29 m³	404,20€	B450C	Nr. 409	NP. 01	kg	1,00€	394,40 kg	394,40€
Trave strutturale cls	70x40 cm	61.69	Calcestruzzo, C32/40_str elevazione	Nr. 423	NP.22	123.00€	mc	13,44 m³	1652,70€	B450C	Nr. 409	NP. 01	kg	1,00€	1612,39 kg	1612,39€
Trave strutturale cls	97x40 cm	61.69	Calcestruzzo, C32/40_str elevazione	Nr. 423	NP.22	123.00€	mc	2,69 m³	329,56€	B450C	Nr. 409	NP. 01	kg	1,00€	321,53 kg	321,53€
Trave strutturale cls	100x40 cm	61.69	Calcestruzzo, C32/40_str elevazione	Nr. 423	NP.22	123.00€	mc	10,59 m³	1296,75€	B450C	Nr. 409	NP. 01	kg	1,00€	1267,07 kg	1267,07€
Trave strutturale cls	110x40 cm	61.69	Calcestruzzo, C32/40_str elevazione	Nr. 423	NP.22	123.00€	mc	9,62 m³	1185,14€	B450C	Nr. 409	NP. 01	kg	1,00€	1154,26 kg	1154,26€
Trave strutturale cls	140x40 cm	61.69	Calcestruzzo, C32/40_str elevazione	Nr. 423	NP.22	123.00€	mc	16,54 m³	2035,01€	B450C	Nr. 409	NP. 01	kg	1,00€	1985,30 kg	1985,30€
61.69								55,49 m³	6825,49€						6658,99 kg	6658,99€
Totale generale								228,64 m³	28122,54€						27436,62 kg	28579,87€

Figura 35 Computo dei materiali di Travi e Architravi

I parametri inseriti, dunque, permettono di descrivere le caratteristiche degli elementi individuati, creando parametri di progetto o parametri condivisi (dunque condivisibili da più progetti, attraverso la creazione di un file esterno, in formato .txt), ma anche parametri di calcolo direttamente nel computo di materiali creato, come nel caso della massa di armatura presente in ogni trave costituente il telaio strutturale, come rappresentato in Figura 36.

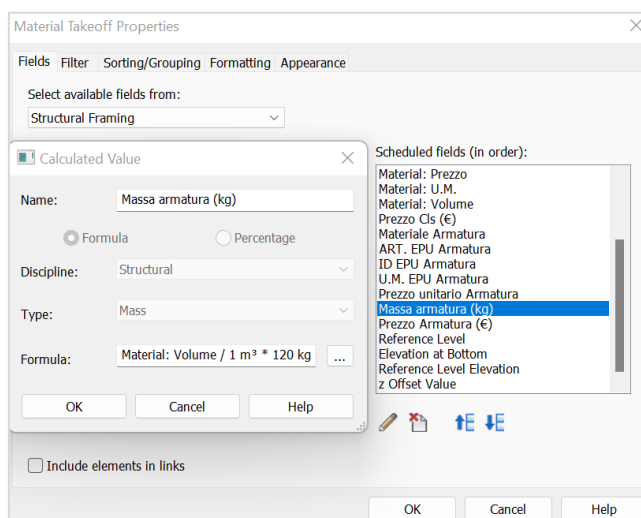


Figura 36 Selezione dei "campi" del computo dei materiali con creazione di un parametro di calcolo

4.2.8. Varianti di progetto

Come già introdotto nel capitolo 4.1.6 *Verifica delle interferenze – Clash detection*, durante la fase di progettazione esecutiva, a causa dell'interferenza spaziale individuata tra il cunicolo esistente rilevato e la platea di fondazione del FV, è stata introdotta una variante in corso d'opera, strumento attraverso il quale l'impresa esecutrice ha la possibilità modificare l'oggetto del contratto d'appalto, nei limiti quantitativi e qualitativi previsti dalla norma. L'art. 106 del D.lgs. 50/2016 disciplina le modalità e i requisiti con le quali vengono modificati i contratti durante il periodo di efficacia, ed in particolare, al comma 1, viene indicato che è possibile introdurre tali modifiche solo se la pratica è presente negli atti di gara, in clausole chiare, precise ed inequivocabili, a prescindere dal loro valore economico. La variante in questione, come anticipato, ha portato alla variazione dei livelli ed interpiani del fabbricato viaggiatori, ma anche del binario 8, ad esso adiacente. La variante ha inoltre coinvolto il controllo e la valutazione da parte dei differenti professionisti (la disciplina strutturale, architettonica, energetica, impresa, amministrazione pubblica ecc.).

Dal punto di vista di modellazione, Revit permette l'introduzione di varianti di progetto nel modello stesso, permettendo così di prendere in esame idee di progettazione alternative nel modello di edificio. È possibile sviluppare più opzioni per diverse parti del modello in un unico progetto. Più precisamente, la modellazione parte attraverso l'inserimento degli elementi nel modello, considerato come *modello principale*, e successivamente si possono introdurre dei gruppi di varianti, selezionando gli elementi da introdurre in ciascuna variante, e le successive modifiche progettuali, come mostrato in Figura 38 e Figura 39, in cui si riportano rispettivamente i modelli di varianti, o proposte di modifiche tecniche, realizzate nel caso della variazione in prossimità delle interferenze n°1 e n°2 rilevate. La creazione delle proposte di modifica tecnica permette di valutare le diverse opzioni e configurazioni possibili, attraverso la realizzazione di "modelli paralleli", confrontabili tra di loro attraverso la creazione di viste per ciascuna proposta di modifica. Individuata la soluzione più adatta al caso, è possibile rendere tale variante quella "primaria". Allora, in tutte le viste di progetto è visualizzato il modello principale con la variante primaria, mentre per visualizzare le varianti secondarie, è sufficiente creare viste di progetto apposite, dette *viste dedicate*, o modificare la visualizzazione dalla barra di stato del modello (nella parte inferiore dell'interfaccia). Si riportano, sempre per finalità dimostrative ed esplicative, le viste 3D di una delle modifiche tecniche relative alla scala intersecante il cunicolo esistente, e la variante finale, ovvero la variante principale

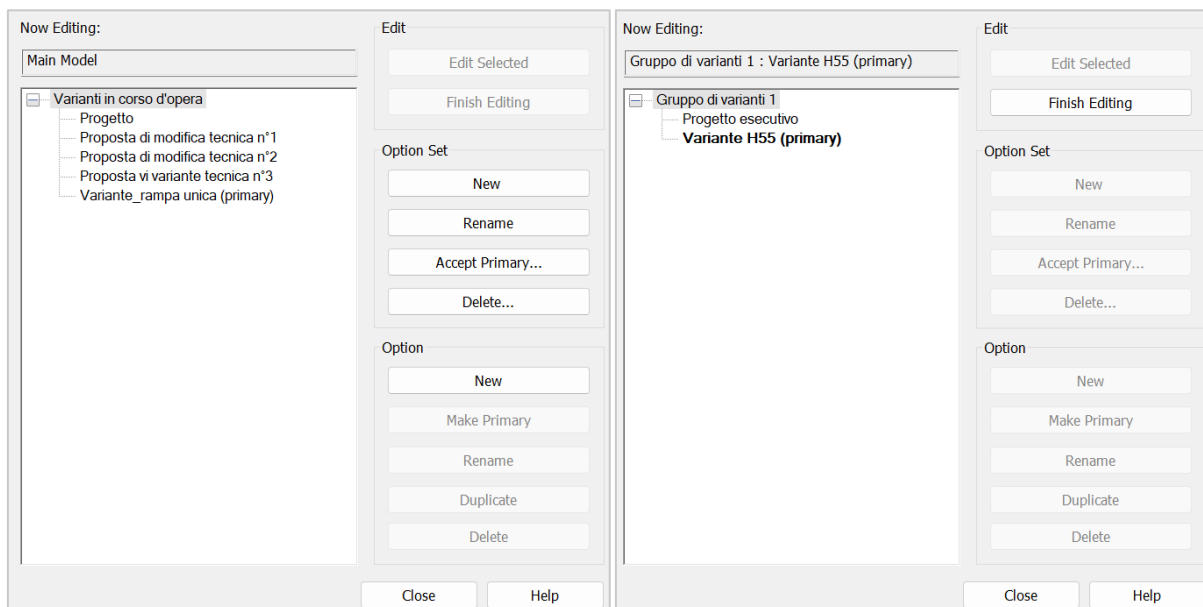


Figura 37 (a sinistra) Varianti di progetto del blocco scale- ascensore

Figura 38 (a destra) Varianti di progetto del FV

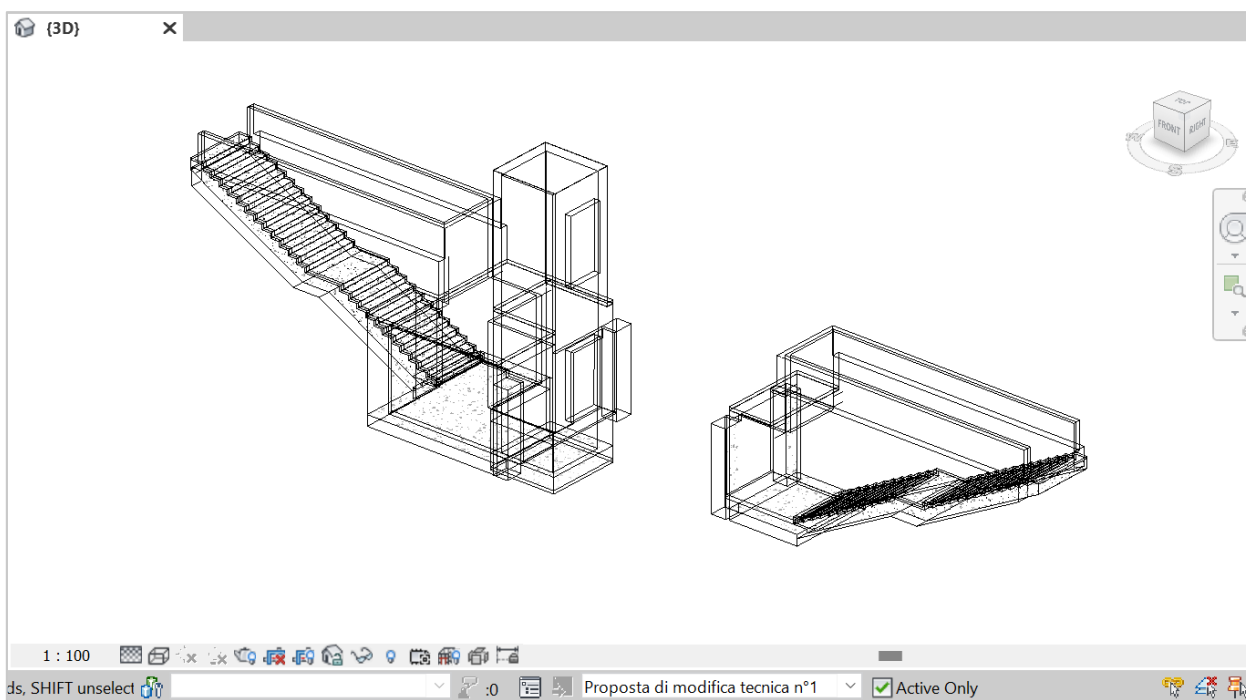


Figura 39 Proposta di modifica tecnica n°1

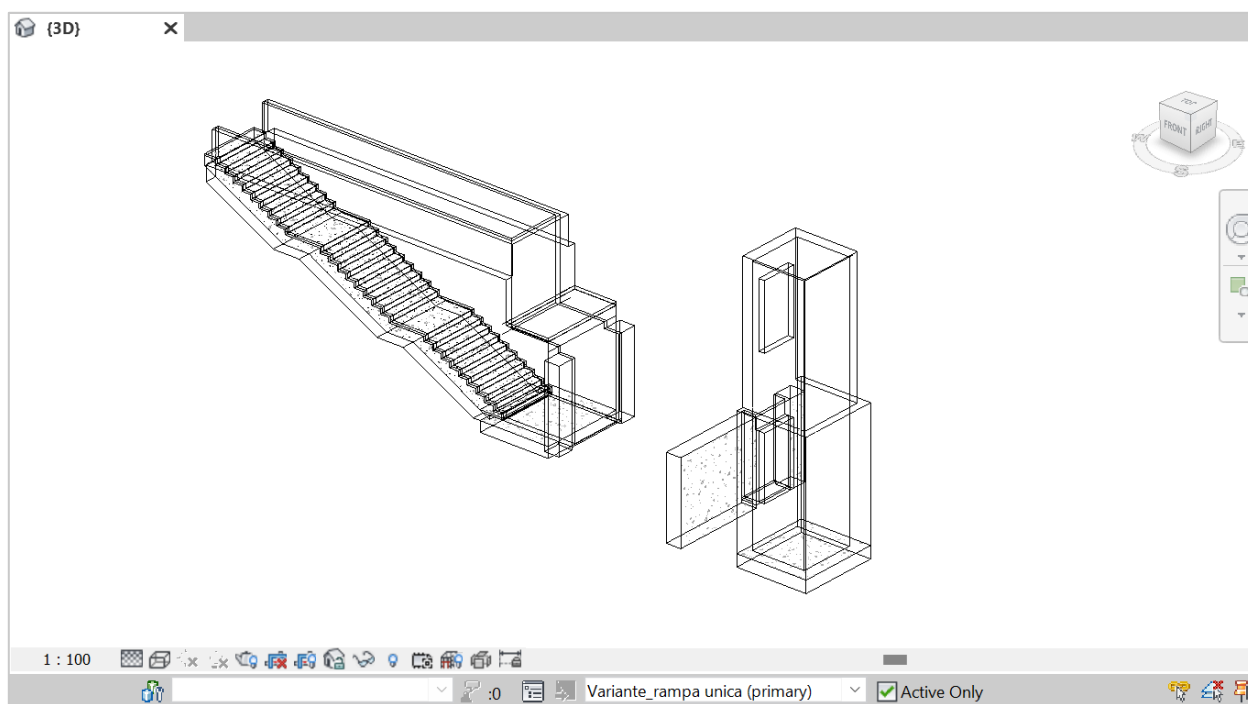


Figura 40 Variante definitiva (primaria)

La modellazione as-built

Il Modello as-built non costituisce semplicemente una rappresentazione tridimensionale della realtà ma un vero e proprio processo e strumento di analisi, di verifica e di sintesi della complessità architettonica e funzionale dell'oggetto edilizio, tenendo conto, oltre agli aspetti geometrico-dimensionali, anche quelli territoriali e storici, che vanno a determinare le caratteristiche estetiche ma anche progettuali dell'edificio. Nel caso del progetto oggetto di studio, la realizzazione del progetto esecutivo e dei disegni di contabilità, insieme ai rilievi effettuati, del terreno e delle opere, sia esistenti che di quelle che man mano vengono realizzate, hanno come obiettivo finale la realizzazione del modello as-built, da confrontare con il progetto, per efficientare l'attività di collaudo e di contabilizzazione dei lavori, ed infine, la produzione della documentazione tecnica.

Il rilievo è un'operazione fondamentale in questa fase del progetto e ha come scopo finale lo studio e la rappresentazione sia degli edifici che dei terreni – e delle opere geotecniche- definirne confini e la distribuzione di tutti gli elementi che risultano utili per le operazioni in programma. Il rilievo si rivela necessario per ottenere un elaborato grafico che rappresenti in modo accurato e preciso le opere infrastrutturali realizzate,

quelle esistenti, ed il contesto circostante. I rilievi utilizzati per la modellazione delle opere esistenti, tra cui, per esempio, i cunicoli idraulici già visti nei precedenti capitoli, sono ottenuti attraverso diversi tipi di rilievi tra cui:

- Documentazione cartografica relativa all'edilizia ed urbanistica, su scala differente
- Nel caso dei cunicoli sotterranei con funzione idraulica, i rilievi sono stati eseguiti dalla Puglia Engineering S.r.l., per conto della committenza, RFI, che ha condotto una "Indagine sulla fogna bianca insistente nell'area della Stazione Ferroviaria di Lecce".

Nel caso del rilievo effettuato, si è trattato di un rilievo indiretto effettuato con strumentazione che non prevede tecnologie Lidar (acronimo di *Light Detection and Ranging* o *Laser Imaging Detection and Ranging*, queste tecnologie permettono di determinare la distanza di un punto o di una superficie utilizzando un impulso laser). Nella planimetria riportata in Figura 41 Rilievo – PlanimetriaFigura 41 sono state identificate in maniera univoca i pozzetti presenti con i cambi di sezioni, i versi di scorrimento, eventuali anomalie e ostruzioni, nonché il suo percorso geolocalizzato rispetto alle opere a realizzarsi (soprattutto il prolungamento del sottopasso pedonale). Viene inoltre riportato l'elaborato grafico che rappresenta le sezioni della condotta, nonché i flussi ed il livello d'acqua; per ogni sezione rilevata si allegano le foto scattate dal team addetto al rilievo, come mostrato in Figura 42

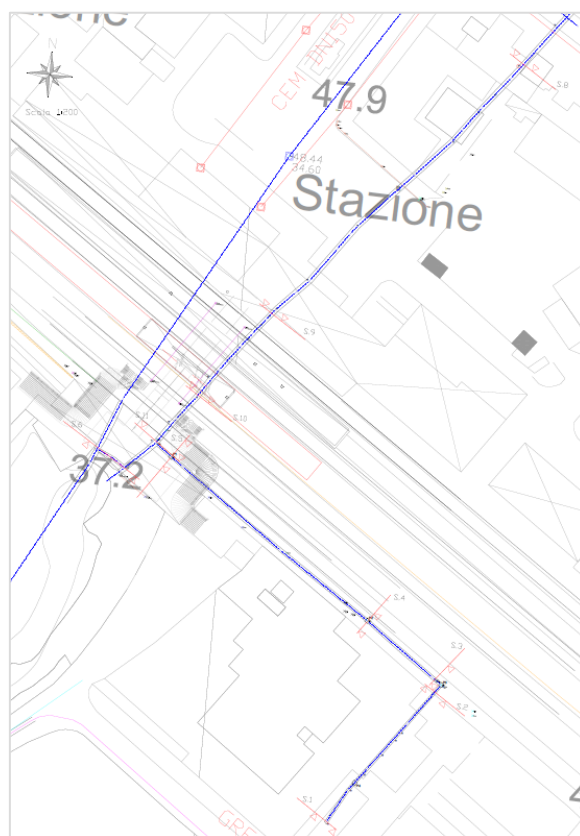


Figura 41 Rilievo – Planimetria

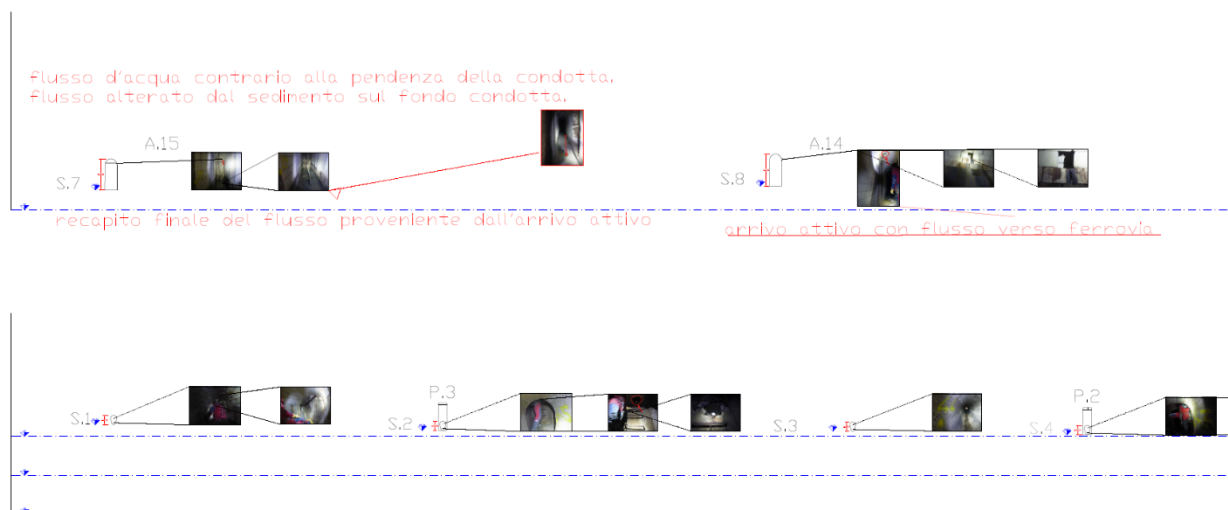


Figura 42 Rilievo fotografico e sezioni

Grazie alla presenza di queste informazioni, si è potuto integrare nel modello l parte di opere esistenti, di tipo idraulico, e fondamentale per la verifica delle interferenze, di cui si è

precedentemente discusso. L'implementazione delle informazioni di rilievi ha condotto alla rappresentazione tridimensionale delle opere idrauliche esistenti, dunque una parte del modello as-built, come mostrato in Figura 43.

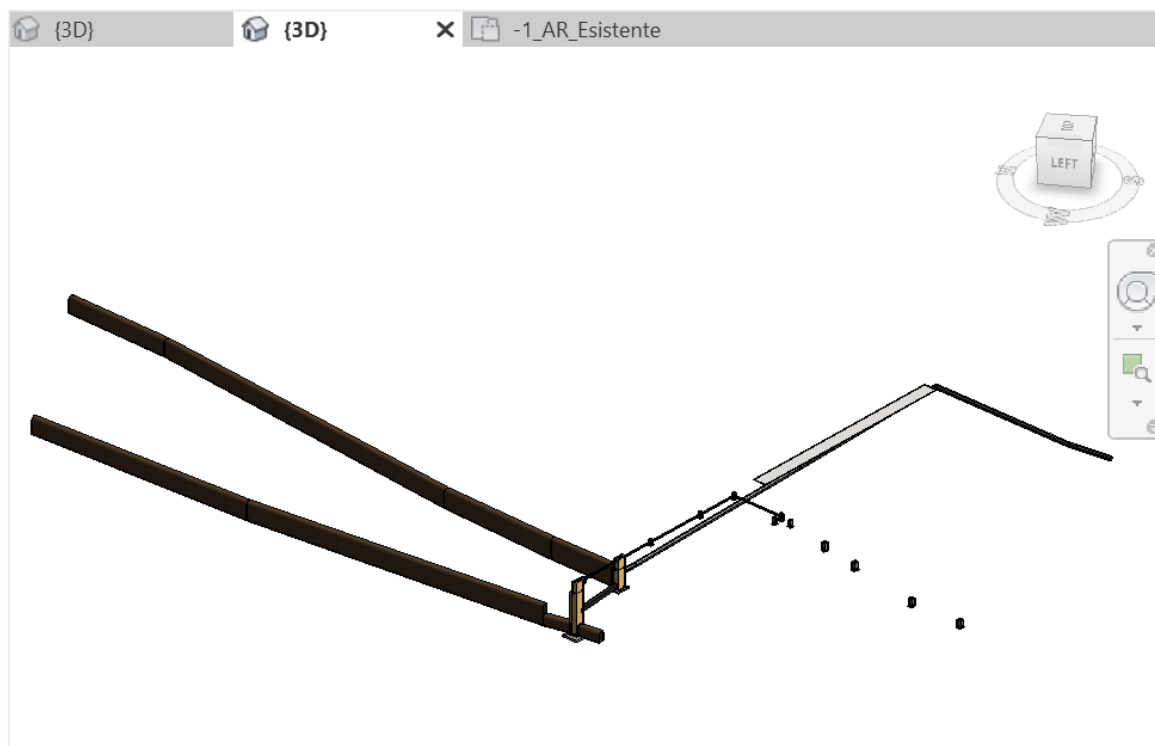


Figura 43 Modello as-built delle opere idrauliche esistenti

Questo modello, attraverso l'approccio di modellazione nidificata è stato successivamente aggiunto al modello unico, contenente tutti i modelli as-designed ed i modelli as-built, mostrando così l'integrazione tra le opere che verranno successivamente realizzate e quelle già esistenti sull'area interessata (Figura 44).

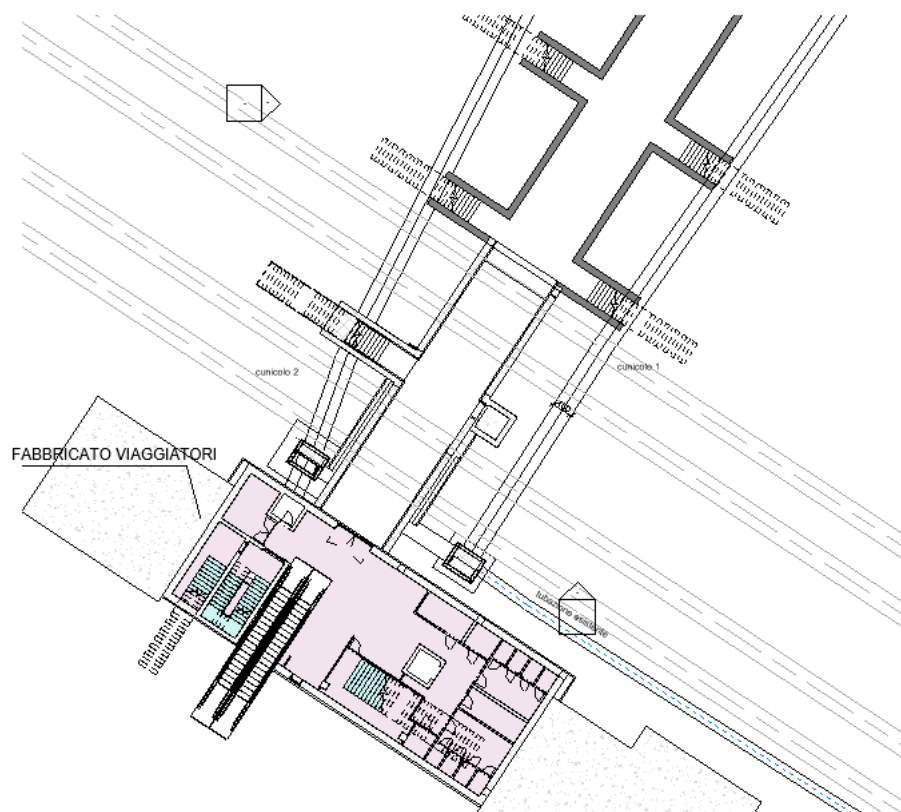


Figura 44 Modello nidificato contenente il modello as-built dei cunicoli idraulici ed i modelli as-designed da progetto

Nell'ambito di progetti che comprendono opere architettoniche esistenti, ed opere a realizzarsi, il concetto di as-built assume un certo significato di "aggiornamento" dei modelli as-designed, e dunque prodotti a partire dal modello definitivo a base di gara, man mano che gli elementi del progetto vengono costruiti, riportando costantemente le eventuali variazioni. La rilevazione delle modifiche tecniche effettuate potrebbe essere sicuramente più performante con l'integrazione di tecnologie innovative di scansione laser tridimensionale, opzione che assume ancor più importanza considerando le dimensioni e le caratteristiche tecniche del progetto di ampliamento della stazione ferroviaria analizzata. Sebbene l'adozione di tali metodi potrebbe risultare più onerosa, sia in termini di strumentazione, che di personale qualificato, rispetto i metodi di rilievo più tradizionali, la loro precisione, così come la velocità nell'acquisizione dei dati, consentirebbe una notevole riduzione delle tempistiche necessarie all'operazione di rilievo.

Produzione degli elaborati grafici

Gli elaborati grafici redatti durante il periodo di tirocinio fanno parte della variante architettonica che ha coinvolto il progetto della stazione ferroviaria nell'anno 2022, ed in particolare riguardanti la categoria architettonica della progettazione, denominate

nell'*Allegato 1* con il suffisso "ARC n° (- Nome tavola)". Trattandosi inoltre di un progetto esecutivo, vengono affrontati e rappresentati tutti i particolari costruttivi necessari ad una corretta realizzazione dell'opera ed organizzazione delle fasi operative di cantiere; le tavole riguardanti particolari descrittivi vengono denominati attraverso il suffisso "DC n° (- Nome tavola)".

Al fine di consentire all'esecutore una sicura interpretazione ed esecuzione dei lavori in ogni loro elemento, si mira ad una rappresentazione che possa descrivere totalmente l'elemento ed il contesto, producendo dunque gli elaborati grafici di insieme (carpenterie, profili e sezioni) in scala non inferiore ad 1:50, e gli elaborati grafici di dettaglio in scala non inferiore ad 1:10, contenenti anche specificazione delle caratteristiche dimensionali, funzionali e qualitative dei materiali. Dal punto di vista della modellazione BIM, la riduzione della scala di rappresentazione si traduce non solo nell'incremento del livello di definizione geometrica, degli elementi, definito GraDe (Graphic Detail) in ambito britannico dal AEC (UK) BIM Protocol V2.0, ma soprattutto nell'accrescimento del livello di sviluppo del modello stesso - concetto espresso nel paragrafo 1.4.6 – che include dunque un approfondimento ed una maturazione di tutte le informazioni, nonché i parametri, che costituiscono gli elementi di progetto modellati. La fase di *Enrichment* del modello ottimizza la produzione degli elaborati progettuali, attraverso la definizione di parametri ed informazioni che agiscano non solo sugli elementi, ma anche sulle diverse tipologie di viste presenti nel software utilizzato (cartigli, etichette, filtri ed altre categorie di annotazione). Come mostrato il Figura 45, il Livello di Sviluppo del modello risulta intrinsecamente connesso alla possibilità di ridurre la scala di rappresentazione utilizzabile per la rappresentazione dell'oggetto, e dunque del livello di dettaglio geometrico ma anche costruttivo raggiungibile attraverso la modellazione BIM.

LOD	Project phases								GRADE
	Survey	Feasibility study	Preliminary project	Definitive project	Executive project	Accounting	Technical testing	Life-cycle	
A		1: ≥ 500	1: ≥ 500	1:500	1:500				0
B	1: ≥ 200		1:200		•				1
C	•			1:100				•	2
D					1:50			•	
E				•	1:20	1:20		•	
F					1:5	1:5	1:5	•	3
G	•				1:1	1:1	1:1	1:1	

Figura 45 . Matrice ipotetica di correlazione tra fasi del progetto, LOD e GraDe attraverso le scale di rappresentazione, (Del Giudice, M.; Iacono, E., 2021)

In questo senso, è importante individuare per ogni obiettivo e fase progettuale, in relazione all'elaborato da produrre, il Livello di Informazione Necessaria (*Level of Information Need*, (De Gregorio, 2018)), che cresce in funzione del livello di progettazione. Nel caso del progetto esecutivo, dunque, il focus non si concentra solo sulla caratterizzazione delle specifiche

tecniche, ma risulta opportuno implementare anche informazioni relative ad esempio ai prezzi, utili alla redazione computi metrici, o alle fasi di cantiere, utilizzabili per la stesura di un cronoprogramma che sfrutti le proprietà e i parametri del modello BIM, come sintetizzato in Figura 46.

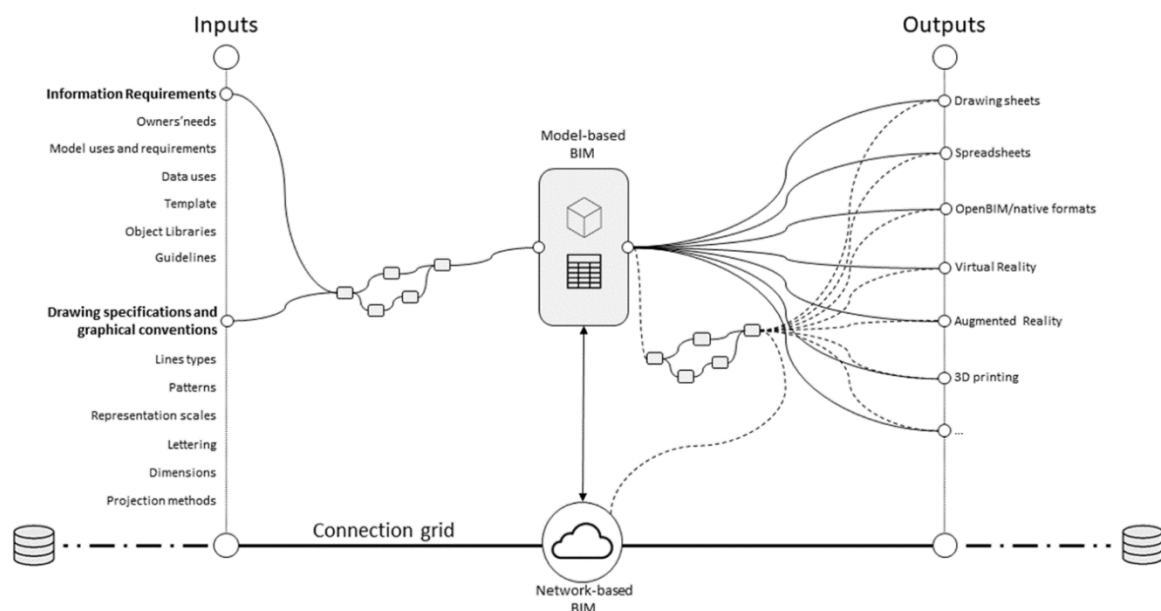


Figura 46 . Schematizzazione della transizione tra metodologia BIM File-based e Network-based, (Del Giudice, M.; Iacono, E., 2021)

Le tavole mostrate in allegato, mirano a mostrare il livello di Sviluppo raggiunto con il modello BIM del progetto esecutivo relativo all'ampliamento della stazione ferroviaria della città di Lecce, includendo sia elementi di contesto, come elementi di dettaglio, provvisti di un database informativo che non si ferma alle caratteristiche geometriche e spaziali.

Conclusioni

Il lavoro seguito, seppure non concluso, in quanto la realizzazione delle opere relative al progetto della stazione di Lecce è ancora in fase di avanzamento, ha una grande importanza nella dimostrazione di quanto l'utilizzo della metodologia Bim, possa migliorare le performance degli edifici e del processo edilizio di per sé. Basti pensare al caso di rilevamento dell'interferenza spaziale tra il cunicolo idraulico esistente - categorizzato come modello As-built, in quanto contiene la rappresentazione tridimensionale di un'opera esistente, già presente nell'area della stazione ferroviaria – e il blocco scale di connessione tra il sottopasso (ampliato) e la banchina tra i binari 6 e 7 (ripristinati grazie all'intervento in atto). È evidente che la possibilità di verificare errori progettuali, derivanti anche da una difficile organizzazione delle informazioni nell'assenza di software Bim, e rilevare eventuali interferenze di tipo spaziale e temporale, implementando ulteriori software di programmazione cantieristica, costituisce

uno dei maggiori vantaggi oggetti dal nuovo metodo di progettazione. Si tratta dunque di una progressiva ingegnerizzazione di tutte le operazioni previste nella realizzazione di un'opera edilizia o infrastrutturale, cercando di eliminare tutti quei fattori imprevisti che determinano un'azione non pianificata in fase di cantiere, come nel caso specifico della stazione ferroviaria. Il concetto è estensibile però a tutte le fasi del ciclo di vita del manufatto: la creazione di un modello tridimensionale informativo pluridisciplinare consente di determinare anticipatamente i fenomeni ad esso correlati. Per questo motivo la metodologia Bim risulta riconosciuta anche dalle attuali normative nazionali ed internazionali come insieme di pratiche e strumenti che possono contribuire al migliorare le performance degli edifici.

Certamente, investire nella metodologia Bim e nei suoi prodotti è una pratica che coinvolge sempre più professionisti del mondo delle costruzioni, con la conseguente manifestazione di nuove opportunità di formazione professionale, lo sviluppo della ricerca in strumenti tecnologici innovativi per il potenziamento dell'industria e dell'economia, ed infine, l'incremento della produttività nel settore edilizio, che risulta da tempo congestionato dal "tradizionalismo tecnico". Per esempio, anche considerando solamente l'attività del rilievo architettonico, la scelta del laser scanner per eseguire l'operazione in maniera adeguata ha notevoli effetti sulla qualità e la completezza della rappresentazione. La scelta però, porta anche ad inderogabili considerazioni circa la precisione ma anche su altre caratteristiche pratico-operative, in quanto l'aggiornamento dei modelli progettuali alla condizione effettiva dell'opera richiedono specifiche tecniche di rilievo che ne consentano un'affidabile, completa e dettagliata descrizione, oltre a strumenti certamente più onerosi rispetto i "classici", nonché addetti professionali altamente qualificati.

Alla luce di queste considerazioni, si può affermare il cambiamento e la transizione di natura tecnologica e metodologica, che travolge il mondo delle costruzioni, rappresenta una nuova sfida per l'industria, che può apportare notevoli vantaggi alla gestione, il coordinamento e la standardizzazione di tutti i processi coinvolti nelle attività edilizia ed infrastrutturale.

Bibliografia

- ANCE. (2022). *Osservatorio Congiunturale sull'Industria delle Costruzioni*. ANCE Emilia.
- Apollonio, F.I.; Giovannini, E.C. (2015). A PARADATA DOCUMENTATION METHODOLOGY FOR THE UNCERTAINTY VISUALIZATION IN DIGITAL RECONSTRUCTION OF CH ARTIFACTS. *Vol. 5*(1).
- Bellicini, L. (2019, Gennaio 01). *Le resistenze delle costruzioni all'aumento della produttività e all'innovazione*. Tratto il giorno Agosto 12, 2022 da CRESME.
- Bisignano, B. (2011). *Sicurezza e manutenzione. Cento anni di storia*. EUT Edizioni Università di Trieste.
- Bourne L., Walker D. H. (2005). Visualising and mapping stakeholder influence. *Management Decision / Emerald Publishing, Vol. 43*, Pag. 649-660.
- Building Information Modelling (bim)*. (2020). Tratto da Digital Twin & Virtual Twin Technologies: <https://digitaltwinetchnology.net/bim/building-information-modelling-bim/>
- Commissione Europea, Direzione generale della Comunicazione. (s.d.). *NextGenerationEU*. Tratto da Unione Europea: https://europa.eu/next-generation-eu/index_it
- De Gregorio, M. (2018). BIM: la normazione nel futuro dell'edilizia. *U&C – Unificazione e Certificazione*.
- Definizione: Intermodale*. (s.d.). Tratto da Treccani: <https://www.treccani.it/enciclopedia/tag/intermodale/>
- Del Giudice, M.; Iacono, E. (2021). Approccio algoritmico per l'applicazione degli standard grafici in ambiente BIM. *disegno - Unione Italiana per il Disegno*(n. 8).
- Del Giudice, M.; Patti, E.; Osello, A. (2014). BIM and GIS for district modeling. *10th European Conference on Product & Process Modelling*. Vienna, Austria.
- DIGITAL&BIM ITALIA. (2022, Agosto 8). *Il Bim in Europa: una panoramica sull'adozione*. Tratto da www.01building.it: <https://www.01building.it/bim/il-bim-in-europa-una-panoramica-sulladozione/>
- Directorate C - Renewables, Research and Innovation, Energy Efficiency. (2020). *STAKEHOLDER CONSULTATION ON THE RENOVATION WAVE INITIATIVE*. European Commission.
- Dozy, S., AbouRizk, S., & Ph.D. Construction Engineering and Management, C. E. (1993). *Productivity in Construction*. National Research Council Canada.

- E., R. (2019, Giugno 23). *Come affrontare la carenza di manodopera specializzata nel settore delle costruzioni in UK*. . Tratto da Autodesk Redshift:
<https://redshift.autodesk.it/mandopera-specializzata-costruzioni/>
- ENEA. (2022). *FAQ predisposte dal Ministero della Transizione Ecologica* . Ministero della Transizione Ecologica (MiTE).
- Energia, C. e.-D. (2020). *Efficienza energetica nell'edilizia*. Bruxelles: Commissione Europea.
- Furcolo, N. (s.d.). *EU BIM Task Group diffonde la guida sul BIM*. Tratto il giorno Luglio 2022, 10 da Biblus-net: <https://biblus.acca.it/focus/eu-bim-task-group-diffonde-handbook/>
- Haron, N.A.; Alias, A.; Bala Muhammad, I.; Dorothy, B. (2018). Improving Cost and Time Control in Construction Using Building Information Model (BIM): A Review. *Pertanika Journal of Science and Technology*, Vol. 26.
- Higgins, S. (2022, Gennaio 2020). *As-designed, as-built, as-constructed, as-is - what's the difference?* (Naavis) Tratto il giorno Agosto 28, 2022 da www.navvis.com:
<https://www.navvis.com/blog/as-designed-as-built-as-constructed-as-is-differences>
- IFC model cos'è? Qual è il legame BIM-IFC?* (2017, Maggio 22). (ACCA SOFTWARE) Tratto il giorno Settembre 03, 2022 da BibLus BIM: <https://bim.acca.it/legame-bim-ifc/>
- Il BIM nei paesi scandinavi, una prassi consolidata nel mondo delle costruzioni*. (2018, Ottobre 1). Tratto il giorno Agosto 25, 2022 da BiblusBIM: <https://bim.acca.it/bim-nei-paesi-scandinavi/>
- Kolios et al. (2017). *GIS and Environmental Monitoring*. Springer.
- Maiezza, P. (2019). AS-BUILT RELIABILITY IN ARCHITECTURAL HBIM MODELING. Vol. XLII-2/W9.
- Moghadam, S.; Lombardi, P.; Toniolo, J. (2017). *Towards the Establishment of a District Information Modelling*. Routledge.
- Nesticò A., Moffa R. (2018). Economic analysis and Operational Research tools for estimating productivity levels in off-site construction. *Rivista Valori e Valutazioni*, n. 20.
- Newcombe, R. (2003). From client to project stakeholders: a stakeholder mapping approach. *Construction Management and Economics*, Vol. 21, Pag. 841-848.
- Newcombe, R. (2003). *From client to project stakeholders: a stakeholder mapping approach*. Construction Management and Economics, Vol. 21.
- Pavan, A. (2020). Norma UNI 11337 sul BIM: nuove parti 9 e 10.

- Ronald K. Mitchell, Bradley R. Agle and Donna J. Wood . (1997). Toward a Theory of Stakeholder Identification and Salience: Defining the Principle of Who and What Really Counts. *The Academy of Management Review*, Vol. 22, N. 4, pag 853-886 .
- Ronca, P.; Bazan, F.; Zichi, A.;. (2017, Luglio 7). *BIM: confronto tra lo sviluppo normativo internazionale e l'attuale approccio nazionale*. Tratto il giorno Agosto 23, 2022 da ingenio: <https://www.ingenio-web.it/6933-bim-confronto-tra-lo-sviluppo-normativo-internazionale-e-lattuale-approccio-nazionale>
- Yamamura, S.; Fan, L.; Suzuki, Y. (2017). Assessment of Urban Energy Performance through Integration of BIM and GIS for Smart City Planning. 180.

Ringraziamenti

A conclusione di questo importante percorso, sento il dovere ma anche il piacere di ringraziare innanzitutto la relatrice ed il correlatore di questa tesi, rispettivamente, la professoressa Marika Mangosio e il professor Matteo del Giudice, non solo per la disponibilità ed i consigli utili alla stesura di questo lavoro, ma anche in generale per il loro contributo, attivo e costante durante il mio periodo universitario. Tale ringraziamento va esteso anche a tutti gli altri professori, che durante questi anni, hanno stimolato una mia crescita da un punto di vista didattico, ma che personale e caratteriale.

Vorrei cogliere l'occasione per ringraziare ancora una volta *tutta* la mia famiglia, i miei genitori, le mie sorelle e fratelli, i miei nonni, che hanno sempre incoraggiato le mie capacità, sostenendomi da ogni punto di vista possibile; non sarei dove e non sarei chi sono senza di voi.

Come non ringraziare poi tutti i miei amici di sempre, Donato, Claudia, Mimmi, Flo, i miei Prati, che mi conoscono davvero ed hanno creduto insieme a me ai miei sogni ed obiettivi.

Un ringraziamento speciale va anche a tutti i miei amici e colleghi di università, con i quali ho condiviso gioie, ansie, sfide, risate, caffè, notti a modellare, foto, libri, e alla fine anche un po' di nostalgia nei confronti di questi anni, tanto goduti quanto "sofferti".

ALLEGATI

Allegato 1 - Elenco Elaborati relativi al progetto esecutivo – Stazione Lecce

CODICE	DATA	DESCRIZIONE
0	mar-17	Elenco Elaborati
A	mar-17	Relazione generale
B	feb-17	Relazione geologica - geotecnica - sismica
C.1	mar-17	Elenco prezzi generale
C.2	mar-17	Elenco prezzi variante 4
D	mar-17	Analisi nuovi prezzi
E.1	apr-17	Computo metrico estimativo generale
E.2	mar-17	Computo metrico estimativo della variante 4
E.3	mar-17	Quadro incidenza della manodopera
E.4	apr-17	Quadro di raffronto
F	mar-17	Quadro economico di progetto
G.1.1.1	mar-17	Relazione tecnica di calcolo strutture - Parcheggio multipiano interrato - Fondazioni
G.1.1.2	mar-17	Relazione tecnica di calcolo strutture - Parcheggio multipiano interrato - Struttura prefabbricata
G.1.1.2.a	dic-16	Relazione tecnica di calcolo strutture - Parcheggio multipiano interrato - ALL 1 - Relazione Analitica di calcolo
G.1.1.2.b	dic-16	Relazione tecnica di calcolo strutture - Parcheggio multipiano interrato - ALL 2 - Manufatti in C.A.P.
G.1.1.2.c	mar-17	Relazione tecnica di calcolo strutture - Parcheggio multipiano interrato - ALL 3 - Qualità dei materiali
G.1.1.2.d	mar-17	Relazione tecnica di calcolo strutture - Parcheggio multipiano interrato - ALL 4 - Elementi Prefabbricati
G.1.1.3	nov-16	Relazione tecnica di calcolo strutture - Fabbricato viaggiatori
G.1.1.4	dic-16	Relazione tecnica di calcolo strutture - Sottopasso pedonale
G.1.1.5	dic-16	Relazione tecnica di calcolo strutture - Opere di sostegno sottopasso pedonale
G.1.2.1	mar-17	Relazione tecnica di calcolo strutture secondarie - Paratia di sostegno al parcheggio interrato
G.1.2.2	nov-16	Relazione tecnica di calcolo strutture secondarie - Scale parcheggio multipiano
G.1.2.3	dic-16	Relazione tecnica di calcolo strutture secondarie - Edificio Impianti
G.1.2.4	dic-16	Relazione tecnica di calcolo strutture secondarie - Pensiline
G.1.2.5	dic-16	Relazione tecnica di calcolo strutture secondarie - Muri di placcaggio degli scavi
G.1.2.6	nov-16	Relazione tecnica di calcolo strutture secondarie - Scale di accesso alla banchina
G.1.3	mar-17	Relazione illustrativa dei criteri e delle modalità di calcolo degli impianti
G.2	nov-16	Relazione tecnica impianto termico-condizionamento
G.3	mar-17	Relazione tecnica impianto idrico-fognante
G.4.1	nov-16	Relazione tecnica impianto elettrico
G.4.2	mar-17	Calcoli illuminotecnici
G.4.3	mar-17	Calcoli Impatto Acustico
G.5	nov-16	Relazione tecnica impianti elettrici speciali - Impianto trasmissione dati e telefono, Impianto TV , Sistema di videosorveglianza
G.6.1	dic-16	Relazione tecnica conformità antincendio
G.6.2	nov-16	Relazione tecnica impianti idrici antincendio
G.6.3	nov-16	Relazione tecnica rivelatori UNI 9795
G.7	nov-16	Relazione tecnica abbattimento barriere architettoniche
G.8	nov-16	Relazione tecnica delle opere architettoniche
G.9	mar-17	Relazione di calcolo della sovrastruttura stradale
G.10	nov-16	Relazione idraulica di verifica dell'impianto di raccolta e smaltimento delle acque di superficie
G.11	nov-16	Relazione sulla gestione delle materie
G.12	nov-16	Relazione sulle interferenze
G.13	mar-17	Relazione sul tracciato stradale e sulla segnaletica orizzontale e verticale
H	nov-16	Cronoprogramma Lavori
I.1	apr-17	Manuale d'uso
I.2	apr-17	Manuale di Manutenzione
I.3	apr-17	Programma di Manutenzione
INQ 01	apr-16	INQUADRAMENTO URBANISTICO
INQ 02	nov-16	INQUADRAMENTO - Quadro conoscitivo interventi di Progetto e Progetti Complementari
INQ 03	mar-17	INQUADRAMENTO - Planimetria generale degli interventi
INQ 04	dic-16	INQUADRAMENTO - Sezioni di scavo
INQ.05	mar-17	INQUADRAMENTO - Planimetria ubicazione sondaggi
ARM 01	mar-17	ARMAMENTO - Planimetria generale intervento
ARM 02	apr-16	ARMAMENTO - Planimetria e sezioni tipo area sosta e lavaggio FSE
ARM 03	apr-16	ARMAMENTO - Particolare traversa monoblocco FSV35-V50
ARM 04	apr-16	ARMAMENTO - Particolare attacco elastico tipo Vossloh W14
ARC 01	dic-16	ARCHITETTONICO - Pianta Piazza e Livello Binari
ARC 02	nov-16	ARCHITETTONICO - Sezione Longitudinale A-A'

ARC 03	nov-16	ARCHITETTONICO - Sezione Dettaglio B-B'
ARC 04	nov-16	ARCHITETTONICO - Prospetto Dettaglio C-C' - Prospetto Lato Piazza
ARC 05	nov-16	ARCHITETTONICO - Prospetto lato binari
ARC 06	dic-16	ARCHITETTONICO - PARCHEGGIO INTERRATO - Pianta Livello "-1"
ARC 07	nov-16	ARCHITETTONICO - PARCHEGGIO INTERRATO - Pianta Livello "-1" - Dettaglio sottopasso
ARC 08	dic-16	ARCHITETTONICO - PARCHEGGIO INTERRATO - Pianta Livello "-2"
ARC 09	dic-16	ARCHITETTONICO - PARCHEGGIO INTERRATO - Pianta Livello "-3"
ARC 10	apr-16	ARCHITETTONICO - PARCHEGGIO INTERRATO - Particolari costruttivi vano scala su piazza
ARC 11	dic-16	ARCHITETTONICO - FABBRICATO VIAGGIATORI - Pianta Livello Binari
ARC 12	dic-16	ARCHITETTONICO - FABBRICATO VIAGGIATORI - Pianta Piano Primo
ARC 13	apr-16	ARCHITETTONICO - FABBRICATO VIAGGIATORI - Pianta Piano Secondo
ARC 14	dic-16	ARCHITETTONICO - FABBRICATO VIAGGIATORI - Pianta della copertura
ARC 15	apr-16	ARCHITETTONICO - FABBRICATO VIAGGIATORI - Particolari costruttivi
INF 01,1	mar-17	INFRASTRUTTURE - Planimetria di progetto - particolari finiture e percorsi tattili - 1/2
INF 01,2	nov-16	INFRASTRUTTURE - Planimetria di progetto - particolari finiture e percorsi tattili - 2/2
INF 02	mar-17	INFRASTRUTTURE - Planimetria quotata
INF 03	mar-17	INFRASTRUTTURE - Sovrapposizione del progetto sul rilievo celerimetrico
INF 04	mar-17	INFRASTRUTTURE - Planimetria generale assi e sezioni stradali
INF 05	mar-17	INFRASTRUTTURE - Planimetria di tracciamento: Asse 01 (via Codacci Pisanelli, da rotatoria 1 a rotatoria 2)
INF 06	mar-17	INFRASTRUTTURE - Planimetria di tracciamento: Asse 02 (via Codacci Pisanelli, da rotatoria 2 a rotatoria 1)
INF 07	mar-17	INFRASTRUTTURE - Planimetria di tracciamento: Asse 03 (Parccheggio autobus, da rotatoria 2 a rotatoria 1)
INF 08	mar-17	INFRASTRUTTURE - Planimetria di tracciamento: Assi 04 - 05 - 06 - 07 (Da parcheggio interrato a rotatoria) (Da rotatoria a parcheggio interrato - rotatoria)
INF 09	apr-16	INFRASTRUTTURE - Profilo longitudinale: Asse 01 (Via Codacci Pisanelli, da rotatoria 1 a rotatoria 2)
INF 10	apr-16	INFRASTRUTTURE - Profilo longitudinale: Asse 02 (Via Codacci Pisanelli, da rotatoria 2 a rotatoria 1)
INF 11	dic-16	INFRASTRUTTURE - Profilo longitudinale: Asse 03 (Parccheggio autob, da rotatoria 2 a rotatoria 1)
INF 12	apr-16	INFRASTRUTTURE - Profilo longitudinale: Rotatoria1 (Asse 4); Rotatoria2 (Asse 5); Parcheggio interrato - Rotatoria 1 (Asse 6); Rotatoria 1 - Parcheggio
INF 13	apr-16	INFRASTRUTTURE - Sezioni sugli assi
INF 14,1	mar-17	INFRASTRUTTURE - Sezioni stradali tipo
INF 14,2	nov-16	INFRASTRUTTURE - Pensilina autobus schema strutturale
INF 14,3	dic-16	INFRASTRUTTURE - Pensilina accesso fabbricato viaggiatori
INF 14,4	nov-16	INFRASTRUTTURE - Pensilina fabbricato viaggiatori lato binari
INF 15	mar-17	INFRASTRUTTURE - Planimetria generale della segnaletica orizzontale e verticale
INF 16	apr-16	INFRASTRUTTURE - Planimetria generale fognatura pluviale
INF 17	apr-16	INFRASTRUTTURE - Profili fognatura pluviale - collettori 1 e 2
INF 18	apr-16	INFRASTRUTTURE - Pozzetti P1-P1.1-P1.2-P1.3-P5.1-P10.1 con caditoia a griglia - Disegno D'Insieme - Carpenteria
INF 19	apr-16	INFRASTRUTTURE - Pozzetti P5 - P10 e scarichi diretti SC - Disegno D'Insieme e Carpenteria
INF 20	nov-16	INFRASTRUTTURE - Pozzetti P13-P13.1-P13.2 - Disegno d'insieme - Carpenteria
INF 21	apr-16	INFRASTRUTTURE - Pozzetti da P13.4 a P13.8 e vasca depurazione acque di prima pioggia. Disegno d'insieme - Carpenteria
INF 22	apr-16	INFRASTRUTTURE - Pozzetti P15-P16-P17-P18-Disegno d'insieme - Carpenteria
INF 23	apr-16	INFRASTRUTTURE - Pozzetti P19-P20-P21 - Disegno d'insieme - Carpenteria
INF 24	apr-16	INFRASTRUTTURE - Pozzetti P22-P23-P24-P25-P26 - Disegno d'insieme - Carpenteria
INF 25	apr-16	INFRASTRUTTURE - Rotatoria 1 - Particolari Costruttivi - Pozzetti di scarico e canalette grigliate - Disegno D'Insieme e Carpenteria
INF 26	apr-16	INFRASTRUTTURE - Rotatoria 2 - Particolari Costruttivi - Pozzetti di scarico e canalette grigliate - Disegno D'Insieme e Carpenteria
INF 27	apr-16	INFRASTRUTTURE - Pozzetti di scarico acque meteoriche Parcheggio Autobus - Disegno D'Insieme - Carpenteria
INF 28	dic-16	INFRASTRUTTURE - Canalette di scarico solaio di copertura parcheggio interrato - Profili, Pianta e Sezioni
ELE 01	mar-17	IMPIANTO ELETTRICO - Planimetria generale pubblica illuminazione
ELE 02	apr-17	IMPIANTO ELETTRICO - Pianta a livello binari
ELE 02,1	mar-17	IMPIANTO ELETTRICO - Pianta canaline di distribuzione a livello binari
ELE 03	nov-16	IMPIANTO ELETTRICO - Pianta Livello "-1"
ELE 03,1	mar-17	IMPIANTO ELETTRICO - Canaline livello "-1"
ELE 04	nov-16	IMPIANTO ELETTRICO - Pianta Livello "-2"
ELE 04,1	mar-17	IMPIANTO ELETTRICO - Canaline Livello "-2"
ELE 05	nov-16	IMPIANTO ELETTRICO - Pianta Livello "-3"
ELE 05,1	mar-17	IMPIANTO ELETTRICO - Canaline Livello "-3"
ELE 06	apr-17	IMPIANTO ELETTRICO - Pianta Piano Primo
ELE 06,1	mar-17	IMPIANTO ELETTRICO - Canaline Pianta Piano Primo
ELE 07	apr-17	IMPIANTO ELETTRICO - Pianta Piano Secondo
ELE 07,1	mar-17	IMPIANTO ELETTRICO - Canaline Pianta Piano Secondo
ELE 08	nov-16	IMPIANTO ELETTRICO - Pianta delle Coperture - Fotovoltaico
ELE 08,1	mar-17	IMPIANTO ELETTRICO - Pianta delle Coperture - Alimentazione macchine
ELE 09	mar-17	IMPIANTO ELETTRICO - Schema a blocchi della distribuzione
ELE 10	nov-16	IMPIANTO ELETTRICO - Pianta - Prospetti - Sezioni - Particolari costruttivi cabina ENEL
ELE 11	nov-16	IMPIANTO ELETTRICO - Particolari costruttivi e di dettaglio
ELE.12	mar-17	IMPIANTO ELETTRICO - Quadri
IDR 01	nov-16	IMPIANTO IDRICO - Pianta a livello binari
IDR 02	nov-16	IMPIANTO IDRICO - Pianta Livello "-1"
IDR 03	nov-16	IMPIANTO IDRICO - Pianta Piano Primo

IDR 04	nov-16	IMPIANTO IDRICO - Pianta Piano Secondo
IDR 05	nov-16	IMPIANTO IDRICO - Schemi centrale idrica e Impianto solare termico
IDR 06	nov-16	IMPIANTO IDRICO - Particolari costruttivi e di dettaglio
IF 01	mar-17	IMPIANTO FOGNANTE - Pianta a livello binari
IF 02	nov-16	IMPIANTO FOGNANTE - Pianta Livello "-1"
IF 03	nov-16	IMPIANTO FOGNANTE - Pianta Piano Primo
IF 04	nov-16	IMPIANTO FOGNANTE - Pianta Piano Secondo
IF 05	nov-16	IMPIANTO FOGNANTE - Particolari costruttivi e di dettaglio
CDZ 01	nov-16	IMPIANTO TERMICO E CONDIZIONAMENTO - Pianta impianto a ventilconvettori - Livello binari
CDZ 02	nov-16	IMPIANTO TERMICO E CONDIZIONAMENTO - Pianta impianto a ventilconvettori - Livello "-1"
CDZ 03	nov-16	IMPIANTO TERMICO E CONDIZIONAMENTO - Pianta impianto a ventilconvettori - Piano primo
CDZ 04	nov-16	IMPIANTO TERMICO E CONDIZIONAMENTO - Pianta impianto a ventilconvettori - Piano secondo
CDZ 05	nov-16	IMPIANTO TERMICO E CONDIZIONAMENTO - Pianta Coperture posizionamento macchine
CDZ 06	nov-16	IMPIANTO TERMICO E CONDIZIONAMENTO - Schema di centrale
CDZ 07	nov-16	IMPIANTO TERMICO E CONDIZIONAMENTO - Pianta impianto di ventilazione ed estrazione - Livello binari
CDZ 08	mar-17	IMPIANTO TERMICO E CONDIZIONAMENTO - Pianta impianto di ventilazione ed estrazione - Livello "-1"
CDZ 09	dic-16	IMPIANTO TERMICO E CONDIZIONAMENTO - Pianta impianto di ventilazione ed estrazione - Piano primo
CDZ 10	dic-16	IMPIANTO TERMICO E CONDIZIONAMENTO - Pianta impianto di ventilazione ed estrazione - Piano secondo
CDZ 11	nov-16	IMPIANTO TERMICO E CONDIZIONAMENTO - Particolari costruttivi e di dettaglio
INC 01	nov-16	ANTINCENDIO - Compartimentazioni - Vie di fuga - Cartellonistica e dispositivi di allarme - pianta a livello binari
INC 02	nov-16	ANTINCENDIO - Vie di fuga - Cartellonistica - Dispositivi di allarme e mezzi di estinzione portatili - pianta piano primo e secondo
INC 03	nov-16	ANTINCENDIO - Compartimentazioni - Vie di fuga - Cartellonistica e dispositivi di allarme - pianta livello "-1" - quota sottopasso
INC 04	nov-16	ANTINCENDIO - Compartimentazioni - Vie di fuga - Cartellonistica e dispositivi di allarme - pianta livello "-2"
INC 05	nov-16	ANTINCENDIO - Compartimentazioni - Vie di fuga - Cartellonistica e dispositivi di allarme - pianta livello "-3"
INC 06	nov-16	ANTINCENDIO - Rete idranti e mezzi di estinzione portatili - pianta a livello binari
INC 07	nov-16	ANTINCENDIO - Rete idranti e mezzi di estinzione portatili - pianta livello "-1" - quota sottopasso
INC 08	nov-16	ANTINCENDIO - Rete idranti e mezzi di estinzione portatili - pianta livello "-2"
INC 09	nov-16	ANTINCENDIO - Rete idranti e mezzi di estinzione portatili - pianta livello "-3"
INC 10	nov-16	ANTINCENDIO - Impianto idrico antincendio automatico a sprinkler - pianta a livello binari
INC 11	nov-16	ANTINCENDIO - Impianto idrico antincendio automatico a sprinkler - pianta livello "-1" - quota sottopasso
INC 12	nov-16	ANTINCENDIO - Impianto idrico antincendio automatico a sprinkler - pianta livello "-2"
INC 13	nov-16	ANTINCENDIO - Impianto idrico antincendio automatico a sprinkler - pianta livello "-3"
INC 14	nov-16	ANTINCENDIO - Impianto idrico antincendio - Caratteristiche tecniche e particolari costruttivi
INC 15	nov-16	ANTINCENDIO - Locale gruppo di pompaggio e schemi di installazione pompe
INC 16	nov-16	ANTINCENDIO - Impianto di rivelazione fumi blocco uffici
INC 17	nov-16	ANTINCENDIO - Particolari costruttivi e di dettaglio
STR 01	nov-16	STRUTTURE - Disposizioni generali di esecuzione
STR 02	nov-16	STRUTTURE - FABBRICATO VIAGGIATORI - Pianta fondazione a q. +38.50 e q. + 44.93 Carpenteria q. 41.65 e q. 48.79
STR 03.1	nov-16	STRUTTURE - FABBRICATO VIAGGIATORI - Carpenterie solai a q. +53.29, q. + 57.39 e q. +61.39
STR 03.2	nov-16	STRUTTURE - FABBRICATO VIAGGIATORI - Schema strutturale copertura metallica
STR 04	nov-16	STRUTTURE - FABBRICATO VIAGGIATORI - Sezioni
STR 05	dic-16	STRUTTURE - FABBRICATO VIAGGIATORI - Solettone di fondazione a q. +38.50 e q. + 44.93, armatura.
STR 06	nov-16	STRUTTURE - FABBRICATO VIAGGIATORI - Solaio a q. +48.79, armatura.
STR 07	nov-16	STRUTTURE - FABBRICATO VIAGGIATORI - Solai a q. +48.79 e q. + 53.29, armatura travi.
STR 08	nov-16	STRUTTURE - FABBRICATO VIAGGIATORI - Solai a q. +57.39, armatura travi.
STR 09	nov-16	STRUTTURE - FABBRICATO VIAGGIATORI - Solai a q. +61.39, armatura travi.
STR 10	nov-16	STRUTTURE - FABBRICATO VIAGGIATORI - Solai a q. +53.29, q. + 57.39 e q. +61.39, armatura.
STR 11	nov-16	STRUTTURE - FABBRICATO VIAGGIATORI - Pilastri e setti ascensore, armatura.
STR 12	nov-16	STRUTTURE - FABBRICATO VIAGGIATORI - Carpenteria e armatura, scala tipo 1.
STR 13	nov-16	STRUTTURE - FABBRICATO VIAGGIATORI - Carpenterie e armature, scala tipo 2 e tipo 3.
STR 14	nov-16	STRUTTURE - FABBRICATO VIAGGIATORI - Carpenteria e armatura, scala tipo 4.
STR 15	nov-16	STRUTTURE - FABBRICATO VIAGGIATORI - Armatura muri.
STR 16.1	nov-16	STRUTTURE - PARCHEGGIO INTERRATO - Pianta fondazione a Q. +38,40
STR 16.2	dic-16	STRUTTURE - PARCHEGGIO INTERRATO - Armatura di base fondazione
STR 16.3	nov-16	STRUTTURE - PARCHEGGIO INTERRATO - Armatura travi di fondazione 1/3
STR 16.4	nov-16	STRUTTURE - PARCHEGGIO INTERRATO - Armatura travi di fondazione 2/3
STR 16.5	dic-16	STRUTTURE - PARCHEGGIO INTERRATO - Armatura travi di fondazione 3/3
STR 17	nov-16	STRUTTURE - PARCHEGGIO INTERRATO - Pianta e armatura pali di fondazione
STR 18	dic-16	STRUTTURE - PARCHEGGIO INTERRATO - Solaio a Q. +41,55 - Carpenteria
STR 19	dic-16	STRUTTURE - PARCHEGGIO INTERRATO - Solaio a Q. +44,70 - Carpenteria
STR 20	dic-16	STRUTTURE - PARCHEGGIO INTERRATO - Solaio a Q. +48,35 - Carpenteria
STR 21	dic-16	STRUTTURE - PARCHEGGIO INTERRATO - Sezioni
STR 22.1	nov-16	STRUTTURE - PARCHEGGIO INTERRATO - Carpenteria scala A
STR 22.2	nov-16	STRUTTURE - PARCHEGGIO INTERRATO - Armatura rampe e setti scala A
STR 23.1	nov-16	STRUTTURE - PARCHEGGIO INTERRATO - Carpenteria scala B
STR 23.2	nov-16	STRUTTURE - PARCHEGGIO INTERRATO - Armatura rampe e setti scala B
STR 24.1	nov-16	STRUTTURE - PARCHEGGIO INTERRATO - Carpenteria e armatura locali tecnici

STR 24.2	mar-17	STRUTTURE - PARCHEGGIO INTERRATO - Carpenteria ed armatura berlinese
STR 24.3	mar-17	STRUTTURE - PARCHEGGIO INTERRATO - Carpenteria ed armatura muri di contenimento TAV. 1/2
STR 24.4	mar-17	STRUTTURE - PARCHEGGIO INTERRATO - Carpenteria ed armatura muri di contenimento TAV. 2/2
STR 24.5	mar-17	STRUTTURE - PARCHEGGIO INTERRATO - Carpenteria ed armatura muri di placcaggio
STR 25.1	nov-16	STRUTTURE - SOTTOPASSO PEDONALE - Planimetria generale dell'intervento
STR 25.2	nov-16	STRUTTURE - SOTTOPASSO PEDONALE - Fasi di spinta monolite
STR 25.3	nov-16	STRUTTURE - SOTTOPASSO PEDONALE - Sistema di sostegno - Pianta e Sezioni
STR 25.4	dic-16	STRUTTURE - SOTTOPASSO PEDONALE - Schemi inghisaggi e getti di completamento
STR 26	dic-16	STRUTTURE - SOTTOPASSO PEDONALE - Carpenteria monolite
STR 27	mar-17	STRUTTURE - SOTTOPASSO PEDONALE - Armatura monolite
STR 28	nov-16	STRUTTURE - SOTTOPASSO PEDONALE - Carpenteria platea di varo del monolite
STR 29	dic-16	STRUTTURE - SOTTOPASSO PEDONALE - Armatura platea di varo del monolite
STR 30.1	nov-16	STRUTTURE - SOTTOPASSO PEDONALE - Berlinese a protezione dei binari ferroviari
STR 30.2	apr-16	STRUTTURE - SOTTOPASSO PEDONALE - Carpenteria armatura scatolare di raccordo al fabbricato viaggiatori
STR 30.3	nov-16	STRUTTURE - SOTTOPASSO PEDONALE - Carpenteria scale accesso banchina
STR 30.4	nov-16	STRUTTURE - SOTTOPASSO PEDONALE - Armatura scale accesso banchina
STR 30.5	nov-16	STRUTTURE - SOTTOPASSO PEDONALE - Carpenteria ed armatura vano ascensore fabbricato viaggiatori esistente
STR 31	nov-16	STRUTTURE - SISTEMAZIONI IDRAULICHE - Planimetria condotta esistente - Ritombamento e particolari
STR 32	apr-16	STRUTTURE - SISTEMAZIONI IDRAULICHE - Planimetria generale di raccolta delle acque meteoriche
STR 33	apr-16	STRUTTURE - SISTEMAZIONI IDRAULICHE - Planimetria e sezioni pozzetto di ispezione e torrino
STR 34	nov-16	STRUTTURE - SISTEMAZIONI IDRAULICHE - Carpenteria ed armatura pozzetto di ispezione
STR 35	nov-16	STRUTTURE - SISTEMAZIONI IDRAULICHE - Carpenteria ed armatura torrino di raccordo

Allegato 2 - ARC 08 / ARC 09 - ARCHITETTONICO – PIANI INTERRATI LIVELLI -2 E -3

Allegato 3 - ARC 10 - ARCHITETTONICO - PARCHEGGIO INTERRATO – Particolari costruttivi vano scala su piazza

Allegato 4 - ARC 11 - ARCHITETTONICO - FABBRICATO VIAGGIATORI - Pianta Livello Binari

Allegato 5 - ARC 12 - ARCHITETTONICO - FABBRICATO VIAGGIATORI - Pianta Piano Primo

Allegato 6 - ARC 13 - ARCHITETTONICO - FABBRICATO VIAGGIATORI - Pianta Piano Secondo

Allegato 7 – DC.11.04 – ARCHITETTONICO - FABBRICATO VIAGGIATORI - ARCHITETTONICO – Abaco infissi esterni

Allegato 8 – DC.11.05 - ARCHITETTONICO - FABBRICATO VIAGGIATORI - ARCHITETTONICO – Abaco infissi esterni