

POLITECNICO DI TORINO - FACOLTA' DI ARCHITETTURA
Corso di Laurea Magistrale in ARCHITETTURA COSTRUZIONE E CITTA'
A.A. 2017/2018



Tesi di Laurea Magistrale

Strumenti di Project Management e approcci a supporto del
progetto. Il caso di un ponte ciclopedonale sul fiume Sesia.



Relatore:
Riccardo Palma
Correlatore:
Elena Fregonara

Candidato:
Matteo Morelli

Indice

Introduzione

Processo Progettuale

1. Introduzione al Progetto

2. Analisi Caso Studio
 - 2.1. Introduzione al Caso Studio – Passerella EXPO Merlata
 - 2.2. Gli attori del Caso Studio
 - 2.3. La Struttura

3. Proposta di Progetto

Premessa

3.1. Descrizione del Progetto

- 3.1.1. Geometria e vincoli progettuali
- 3.1.2. Tratte di intervento
- 3.1.3. Distribuzione e Funzioni
- 3.1.4. Caratteristiche dimensionali e strutturali
- 3.1.5. Modalità di Costruzione e Assemblaggio

3.2. Caratteri generali dell'intervento

- 3.2.1. Durata dei lavori
- 3.2.2. Fasi dell'intervento
 - 3.2.2.1. Fase 1
 - 3.2.2.2. Fase 2
 - 3.2.2.3. Fase 3
 - 3.2.2.4. Fase 4
- 3.2.3. Vincoli gravanti sull'intervento

3.3. Realizzazione della passerella

- 3.3.1. Tempistiche presunte di intervento
- 3.3.2. Attività escluse dal completamento del progetto
- 3.3.3. Sequenza delle lavorazioni legate al singolo tratto
 - 3.3.3.1. Risoluzione delle interferenze
 - 3.3.3.2. Sistema di fondazione del manufatto e pile
 - 3.3.3.3. Opere in carpenteria metallica
 - 3.3.3.3.1. Tratto A
 - 3.3.3.3.2. Tratto B
 - 3.3.3.4. Opere in copertura
 - 3.3.3.5. Costruzione Nuclei Abitabili
 - 3.3.3.6. Costruzione Rampa piano Soppalcato
 - 3.3.3.7. Opere di finitura
 - 3.3.3.8. Opere di completamento

3.4. Organizzazione delle aree di lavoro

- 3.4.1. Accessi al cantiere
- 3.4.2. Perimetrazione del cantiere
- 3.4.3. Aree di stoccaggio
- 3.4.4. Dotazione logistica

3.5. Approvvigionamento del cantiere

- 3.5.1. Tipologia di mezzi previsti
 - 3.5.1.1. **Realizzazione delle berlinesi lato Canale Cavour**
 - 3.5.1.2. Scavi di sbancamento per la realizzazione delle pile del manufatto
 - 3.5.1.3. Dadi di fondazione e pile di appoggio
 - 3.5.1.4. Carpenterie metalliche
- 3.5.2. Ingombri e pesi di elementi strutturali e di finitura
 - 3.5.2.1. Carpenterie metalliche
 - 3.5.2.2. Pannelli di copertura
 - 3.5.2.3. Pannelli di rivestimento laterali
 - 3.5.2.4. Rampa di accesso al piano soppalcato

Processo di Verifica e Gestionale

1. Introduzione al Processo di Verifica

- 1.1. L'approccio al Project Management
- 1.2. Il triplice vincolo - Tempi Costi Qualità
- 1.3. Gli Strumenti del Project Management

- 2. Uno Studio sui criteri di Analisi dei progetti (TEMPI, COSTI, QUALITA')
- 2.1. Ricerca sui criteri di Analisi
- 2.2. La Tabella dei criteri di analisi
 - 2.2.1. Tabella analisi Tempi
 - 2.2.2. Tabella analisi Costi
 - 2.2.3. Tabella analisi Qualità
- 2.3. Le modalità di Valutazione
- 2.4. La raccolta dei Dati
 - 2.4.1. Costruzione
 - 2.4.2. Manutenzione

- 3. Analisi Gestionale
- 3.1. Analisi sul Caso Studio - Passerella EXPO Merlata
 - 3.1.1. Dati Anagrafici
 - 3.1.2. Dati Fisici
 - 3.1.3. La Work Breakdown Structure
 - 3.1.4. Costruzione
 - 3.1.4.1. Tempi di Costruzione
 - 3.1.4.2. Costi di Costruzione
 - 3.1.4.3. Qualità
 - 3.1.5. Manutenzione
 - 3.1.5.1. Manuale d'uso
 - 3.1.5.2. Manuale di Manutenzione
 - 3.1.5.3. Programma i Manutenzione

- 3.2. Analisi sulla Proposta di Progetto – Passerella Sesia
 - 3.2.1. Dati Anagrafici
 - 3.2.2. Dati Fisici
 - 3.2.3. La Work Breakdown Structure
 - 3.2.4. Costruzione
 - 3.2.4.1. Tempi di Costruzione

3.2.4.2. Costi di Costruzione

3.2.4.3. Qualità

3.2.5. Manutenzione

3.2.5.1. Programma di Manutenzione

Bibliografia

Introduzione

Il lavoro di Tesi prevede la proposta di progetto per una passerella ciclopedonale che fungerà come attraversamento del fiume Sesia in Piemonte a servizio del progetto della ciclostrada del Canale Cavour.

La volontà di sviluppare tale progetto prevede l'intenzione di introdurre un'analisi delle fasi progettuali e costruttive dello stesso in modo da evidenziare e gestire gli aspetti progettuali, costruttivi e manutentivi tramite l'utilizzo di alcuni degli strumenti dell'approccio del Project Management. Verrà studiato ed analizzato il progetto, i suoi differenti ambiti secondo gli approcci inerenti agli aspetti tecnologici, strutturali e gli aspetti economico -temporali.

Gli obiettivi della tesi sono espressi nelle sue due sezioni principali, ovvero, una prima parte tecnico-progettuale ed una seconda parte analitico-gestionale. Su queste basi il lavoro di tesi è stato articolato in sei capitoli, di cui i primi tre si rivolgono allo studio progettuale e tecnico della proposta di progetto della passerella riportando un focus sul caso studio e la relazione tecnica di progetto della stessa.

I successivi tre capitoli sono dedicati all'analisi gestionale del manufatto, mediante un inquadramento dell'approccio del Project Management, una introduzione agli strumenti propri della stessa e l'analisi dei due manufatti.

Le due sezioni principali sono così composte:

Sezione uno

1. All'interno del primo capitolo viene inquadrato il problema principale di progetto, ovvero la necessità di un manufatto che permetta l'attraversamento ciclopedonale del fiume Sesia. Il lavoro è avviato attraverso la sua introduzione e l'analisi circa la localizzazione dell'intervento.
2. Nel secondo capitolo viene introdotto il caso studio Passerella EXPO Merlata preso come riferimento per la realizzazione della proposta di progetto, in cui verranno evidenziati i dati compositivi e strutturali del manufatto esistente.

3. La terza sezione della prima parte del lavoro comprende una relazione tecnica che si occupa di descrivere la proposta di progetto, le scelte progettuali adottate, i fattori inerenti all'ambito di cantierizzazione, gli aspetti qualitativi e in termini di tempo del progetto di passerella oggetto di tesi.

Sezione due

1. All'interno del primo capitolo della seconda parte del lavoro di tesi, viene introdotta la materia del Project Management attraverso l'applicazione degli strumenti propri della disciplina ed analizzata la figura di riferimento, il Project Manager.

Tale disciplina è riconosciuta come una metodologia di gestione di progetti, a carattere sistemico, che permette di avere una visione di insieme delle componenti essenziali dei vari ambiti e organizzazioni attraverso cui si svolge un progetto.

A tal proposito la sua applicazione all'interno della proposta di progetto di passerella sul fiume Sesia consente di proporre la programmazione e l'analisi del possibile processo realizzativo dell'opera.

Le prime formalizzazioni del Project Management si sono avute all'inizio del Novecento quasi in parallelo allo sviluppo della produzione in serie che richiedeva un maggiore incremento di produttività e un abbattimento dei costi di produzione e nel corso degli anni Sessanta la sua applicazione è rintracciabile in diversi campi tra i quali va ad affermarsi anche il settore delle costruzioni.

Il supporto che viene dato dalla disciplina al settore delle costruzioni, definito come Project Construction Management, si traduce praticamente in una serie di strumenti grafici di pianificazione, programmazione e controllo dei tempi di produzioni e in parallelo dei costi.

La programmazione delle attività avviene attraverso la scomposizione di deliverable di progetto attraverso la Work Breakdown Structure (WBS), in cui si arriva a un grado di definizione sempre più dettagliato; lo stesso è applicabile per i costi di progetto attraverso la Cost Breakdown Structure (CBS) e per quanto riguarda la definizione dell'organizzazione delle risorse e la loro responsabilità ci si avvale dello strumento Organizational Breakdown Structure (OBS) e la Responsibility Matrix RACI.

Per quanto concerne la programmazione delle tempistiche di esecuzione delle attività lo strumento utilizzato è quello del Diagramma di Gantt, che prende il

nome dal suo ideatore Henry Gantt e che fornisce una immediata rappresentazione temporale dei vari deliverable.

2. Nella seconda parte vengono introdotti i fattori di analisi di progetto che verranno utilizzati all'interno del terzo capitolo inerente alla Parte gestionale del lavoro. Vengono introdotti gli strumenti di analisi per il controllo dei tempi dei costi e dei vari ambiti in base alle scelte di progetto adottate.
3. All'interno della terza sezione verranno analizzate e confrontate le scelte progettuali dei due manufatti ovvero il caso studio e la proposta di progetto di passerella ciclopedonale secondo i criteri descritti all'interno del secondo capitolo. All'interno di tale capitolo saranno presenti degli estratti grafici di progetto ricavati dall'applicazione del software di gestione Microsoft Project, versione 2016, di cui ci si è avvalsi per lo sviluppo e pianificazione manageriale del manufatto.

I Dati e le informazioni contenute nel lavoro di Tesi e relative al Caso Studio sono stati gentilmente forniti da Ing. Andrea Galbusieri, Direttore di Metropolitana Milanese SPA, previa richiesta ufficiale da parte del relatore della presente Tesi.

Tali dati sono stati utilizzati unicamente a fini didattici, attraverso le simulazioni illustrate nella tesi stessa.

Introduzione al Progetto

Il tema principale attorno a cui ruota il processo e il lavoro della Tesi si rivolge alla progettazione di un manufatto architettonico, ovvero una passerella ciclopedonale.

A seguito di quanto verrà introdotto circa la proposta di progetto di passerella ciclopedonale sul fiume Sesia, è doveroso analizzare per quali motivi si è scelta tale localizzazione e tale funzione di progetto.

Il progetto di passerella ciclopedonale, nei pressi del fiume Sesia a nord di Vercelli, è solo un piccolo tassello di un grande progetto di Ciclostrada lungo il Canale Cavour, un corso d'acqua artificiale sorto nell'Ottocento, che si estende per 82 km dal Po a Chivasso, in prossimità della Riserva Naturale e Sito di interesse Comunitario della confluenza con i torrenti Orco e Malone, da cui si diparte per raggiungere le province di Vercelli e Novara sino a giungere all'area protetta fluviale, il Parco Ticino da cui giunge a connettersi all' Area Lombarda¹.

Concepito come oggetto architettonico di particolare valore storico, ad oggi è ancora perfettamente funzionante e assolve alla funzione di Infrastruttura idrica in grado di, data la caratteristica di avere una sezione d'acqua consistente, servirei territori adibiti a spazi agricoli e parchi che esso incontra tra le Regioni Piemonte e Lombardia.

Da tali premesse nasce l'interesse di realizzare *una Ciclostrada del Canale Cavour*, concepita come strumento generatore di sostenibilità ambientale in grado di poter far rivivere spazi naturali frammentati e poco vissuti, che sono perlopiù attraversati da *infrastrutture ad alta velocità* a discapito di preferire e agevolare una sostenibilità infrastrutturale che una viabilità dolce potrebbe offrire, anche per congiungere due Regioni quali Piemonte e Lombardia.

Lo studio progettuale è sviluppato inoltre sul superamento di punti fondamentali che costituiscono anche gli obiettivi di progetto, ovvero l'assicurare l'unitarietà architettonica e l'efficacia funzionale dell'opera e ricoprire il ruolo di distribuzione principale per tutti i percorsi ciclabili suddetti, dato il fatto che i percorsi esistenti sono posizionati in prossimità dei percorsi d'acqua che si sviluppano dalle Alpi verso le zone sud.

Sulla base di tale progetto di Ciclostrada va a svilupparsi il progetto di passerella ciclopedonale, che deve oviare alla presenza di problemi connessi alla morfologia

¹ Il concetto è illustrato all'interno del testo, C.Occelli, R.Palma, M.Sassone *La Ciclostrada del Canale Cavour. Una via a Bassa Velocità tra Torino e Milano*, arabAFenice,2012, p. VIII.

territoriale, come nel caso dello svincolo nei pressi della città di Greggio, nella provincia di Vercelli, in cui il canale Cavour sormonta il fiume Sesia.

Tale intersezione non consente a chi decide di percorrere in bicicletta tale tratto di costeggiare il Canale Cavour, obbligando il ciclista a intraprendere percorsi ciclopedonali alternativi.

La proposta di progetto dal punto di vista funzionale permetterebbe quindi non solo l'attraversamento del fiume sesia, dato che i primi ponti che permetterebbero lo scavalco sono situati a 16 km di distanza dal sito di progetto, ma consentirebbe inoltre la presenza di servizi di informazione e ristoro utili per chi attraversa tale luogo.



Da: Google Maps

Analisi Caso Studio

2.1. Introduzione al Caso Studio

Il capitolo ha l'obiettivo di presentare il caso studio, la Passerella EXPO Merlata, a supporto del concepimento e sviluppo del progetto di Passerella ciclopedonale sul fiume Sesia, per cui ci si rivolge allo studio e analisi del costruito da un punto di vista compositivo e strutturale.

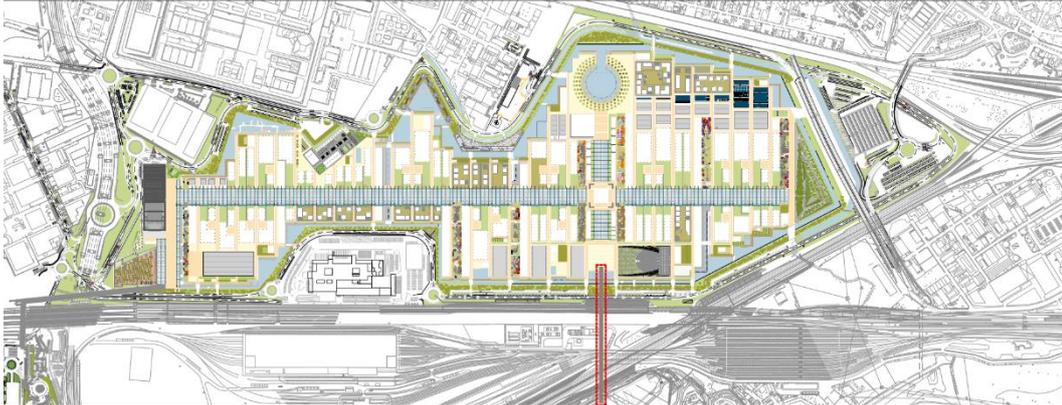
Progetto Passerella EXPO Merlata

La Passerella EXPO Merlata nasce in occasione dell'esposizione universale EXPO 2015, come collegamento tra l'area espositiva EXPO 2015 e Cascina Merlata, quartiere di Milano adiacente al sito, in cui svolge la principale funzione di passerella ciclopedonale insieme alla sua gemella PEF (Passerella EXPO Fiera) e di scavalco e superamento dell'autostrada A4 Torino – Milano e dei binari della ferrovia lungo la tratta Milano – Domodossola e alta velocità Milano - Torino.

La sua costruzione è avvenuta nell'arco dell'anno 2014-2015 per l'inaugurazione dell'esposizione universale, in cui una volta adempiuto alla sua funzione non ha perso valore bensì ne ha acquisito di ulteriore per essere situata in una zona ad alto livello insediativo.



La passerella presenta una struttura reticolare rettilinea, avente larghezza di 6 metri, che permette un flusso massimo di 2.500 persone l'ora, garantendo comunque nelle situazioni di emergenza la sicurezza degli afflussi. Rientra infatti all'interno della classe di comfort CL1, ossia il livello massimo secondo il documento "Hivoss (2008) – Human induced Vibrations of Steel Structures – Design of Footbridges".



Estratto Planimetria da Progetto Esecutivo

La struttura reticolare si sviluppa perpendicolarmente all'asse meridionale del Cardo dell'intera Area EXPO 2015, nella direzione Nord Est, come visibile in planimetria, nella sua lunghezza totale di 341 metri, la cui campata massima di 105 metri permette lo scavalco di Autostrada e Ferrovia.

"L'opera ricade interamente nel territorio comunale di Milano, risultando pertanto assoggettata alla disciplina urbanistica e territoriale vigente nel Comune."

Da: Relazione Tecnica Cantierizzazione PEM



Vista lato P.zza dell'Acqua

2.2. Gli Attori del Caso Studio

All'interno di tale progetto, di notevole dimensione, si è vista la presenza di numerosi enti e professionisti attivi che si sono occupati della progettazione e successiva costruzione del manufatto.

Ne segue un elenco:

- Committenza: EXPO 2015 spa
- Progetto Preliminare: Ufficio di piano Expo 2015 spa Dir. Construction & S. M.
- Progetto Esecutivo: Metropolitana Milanese spa (ing. Andrea Galbusieri)
- Imprese Coinvolte: Giugliano Costruzioni Metalliche SRL



Vista Pila e Struttura metallica Warren

2.3. La Struttura

Analizzando la passerella PEM da un punto di vista strutturale, essa è prevalentemente composta da Profili HE e IPE riguardo le strutture dei vari impalcati, da tubolari cavi a sezione rettangolare e quadrata e rivestimenti in lamiera grecate e lamiera forate, in acciaio di qualità S355J0.

Il sistema di travatura reticolare è di tipo Warren, ovvero una struttura composta da tubolari e profilati vincolati nei nodi con staffe in acciaio, necessaria per il superamento di grandi luci e in grado di ottenere una struttura leggera con carichi non eccessivi.

Gli elementi che la compongono sono per lo più tubolari a sezione quadrata con spessore 6 mm saldati ed ancorati tramite staffe in acciaio.

L'importo complessivo della sola struttura è di circa 7,220,000 euro.



Vista struttura Appoggio Pila e Carpenteria Metallica

La passerella PEM si compone di due strutture assestanti in carpenteria metallica, separate da giunti strutturali.

La prima struttura raggiunge i 145 metri ed è composta da due campate differenti tra loro.

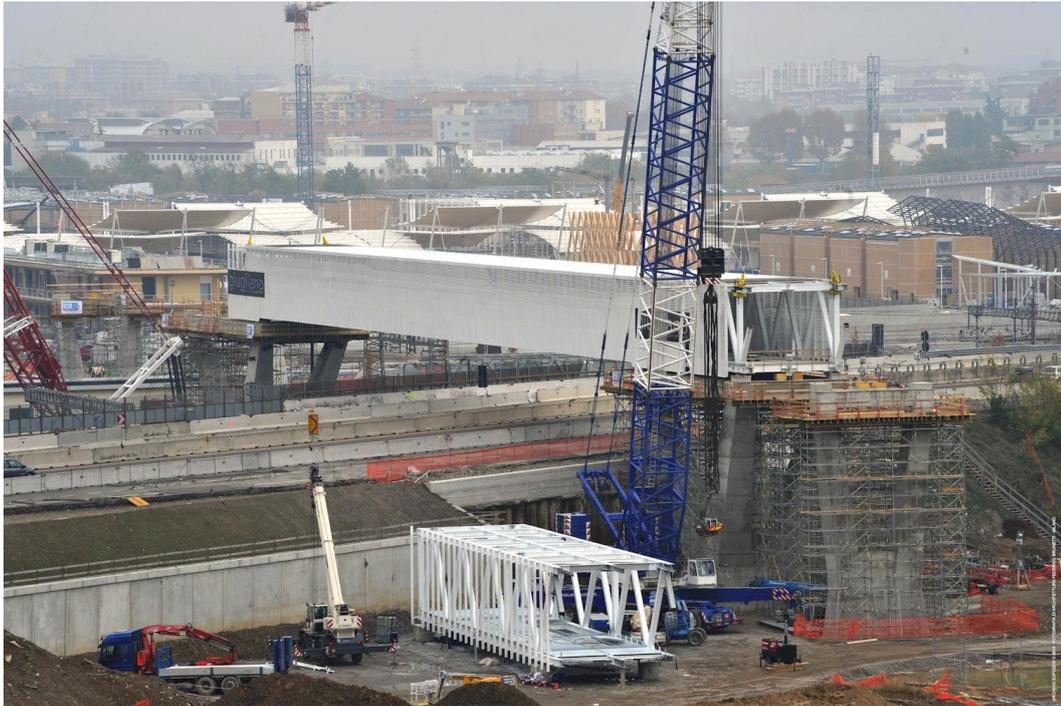
La seconda struttura presenta una lunghezza pari a 196,55 metri e si compone di tre campate differenti per estensione. Nel caso dei due tratti laterali, le dimensioni delle loro sezioni variano di altezza pari a 5,10 metri in corrispondenza della Cascina Merlata e di 9,10 metri in corrispondenza del Piazzale dell'Acqua, mentre per il tratto che costituisce la congiunzione tra i due laterali la variazione di sezione è minima ma comunque caratterizzata da una leggera inclinazione.

L'interasse dei profilati, di tipo HEA e IPE su cui sono fissati i pannelli di copertura con lamiera grecata, è di 6,50 metri e si ripete per tutta la struttura con una larghezza di 6 metri.

Le travi sono collegate tra loro tramite bullonature e sistemi di staffe. Tra gli impalcati vi è il sistema di controventatura composto da tubolari che formano angolari disposti a stella delle dimensioni di 100 x 100 x 8. La pavimentazione della Passerella PEM è composta da una soletta in calcestruzzo dotata di connettori a taglio che sono saldati all'estradosso delle travi dell'impalcato. La soletta è spessa 7,5 cm ed è sormontata da lamiere grecate con una sezione di 7,5 cm connesse tramite connettori a piolo.

La struttura in carpenteria è appoggiata su sei pile complessive in calcestruzzo armato. Le pile presentano una struttura statica in calcestruzzo armato, tre con fusto a V e due a fusto a quattro bracci, che sorreggono la il reticolare distribuendo i carichi tramite un sistema di scarico sui bracci dalle stesse pile al sistema di fondazione.

Le fondazioni della passerella sono di tipo indiretto su pali trivellati di lunghezza variabile a seconda della pila.



Vista momento del varo dei conchi di carpenteria metallica

Immagini concesse da Metropolitana Milanese SPA.

Proposta di Progetto - Relazione Tecnica di Progetto

Premessa

Al fine di fornire una chiara lettura della proposta di progetto è stata redatta una Relazione Tecnica che fornisce le informazioni necessarie utili alla comprensione e descrizione delle attività di costruzione e di gestione previste per il completamento del Progetto della passerella Pedonale-Ciclabile oggetto della Tesi.

In particolare verranno evidenziati dettagli tecnologici e logistici per la fase di cantierizzazione del Progetto della Passerella, attraverso l'elaborazione di documenti, quali:

- Diagramma di Gantt;
- Fasi di cantiere;
- Computo Metrico;
- Tavole di Progetto.

Per la stesura di tale sezione si è scelto di mantenere la medesima struttura di documento del progetto del caso studio della Passerella PEM, al fine di permettere una immediata lettura di confronto delle relazioni tecniche.

3.1. Descrizione del Progetto

3.1.1. Geometria e vincoli progettuali

Il progetto della passerella si compone di una struttura e una viabilità lineare, elevandosi su un totale di quattro appoggi in calcestruzzo armato, due posti a terra che definiscono gli accessi con le relative rampe di accesso e due in acqua, ovvero le pile in calcestruzzo di appoggio della struttura e della carpenteria metallica.

Le soluzioni progettuali adottate sono state concepite in modo da soddisfare e permettere un'accessibilità ottimale nelle differenti fasi di costruzione, manutenzione, accessibilità ed uso dei servizi presenti all'interno del progetto dei blocchi A e B di cui si compone la passerella.

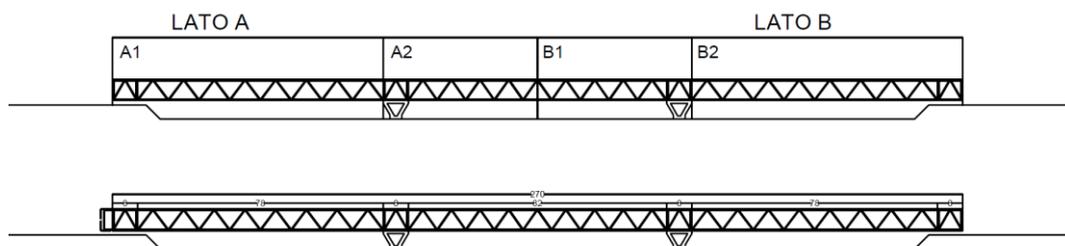
I vincoli progettuali che si potrebbero riscontrare durante il percorso di costruzione del manufatto sono individuabili nella presenza di vegetazione spontanea e la consistenza del fondo fiume per i relativi lavori di fondazione.

3.1.2. Tratte di intervento

Il manufatto è costituito da un'unica struttura lineare divisa in due tratte totalmente uguali e speculari, a loro volta suddivise in due ulteriori: ne deriva una struttura composta da Tratta A1, Tratta A2, Tratta B1, Tratta B2.

Di seguito si riportano le rispettive lunghezze:

TRATTO A		TRATTO B	
Tratto A1	Tratto A2	Tratto B1	Tratto B2
86 m	50 m	50 m	86 m



Fonte: Immagine elaborata dall'autore

3.1.3. Distribuzione e funzioni

Il manufatto architettonico della passerella è stata concepito secondo una struttura che si sviluppa su due livelli. Un livello prevede una percorribilità fluida e lineare a doppia corsia per il passaggio di pedoni e ciclisti, il secondo è stato concepito come piano soppalcato abitabile che ospita servizi per la sosta e il ristoro dei passanti e il cui accesso è regolato dalla presenza di due rampe ciclabili, due corpi scala e due vani ascensore posti in prossimità dei blocchi dei servizi.

Il piano soppalcato, distribuisce le funzioni in tre parti distinte: le due laterali in prossimità delle rampe di accesso ospitano blocchi abitabili per la sosta e il

ristoro, quella centrale è adibita a spazio di sosta delle biciclette nonché punto di incontro delle due rampe.

Blocco A

- Infermeria
- Servizi igienici misti
- Servizi igienici per disabili
- Servizi igienici docce
- Deposito

Blocco B

- Internet Point
- Ristorante bar sala
- Dehor ristorante
- Deposito
- Cucina
- Servizi igienici misti
- Servizi igienici bar personale
- Servizi igienici disabili

Si veda Tavole di Progetto 2.1 e 2.2 *Distribuzione e Funzioni*

3.1.4. Caratteristiche dimensionali e strutturali

La passerella di progetto si sviluppa secondo le seguenti dimensioni:

la struttura metallica ha una lunghezza complessiva di 270 metri ed una sezione di 4,8 metri comprensiva della carpenteria metallica. Lo spazio calpestabile interno alla passerella ha una larghezza di 4 metri, ovvero una doppia corsia ciclabile e pedonale di 2 metri ciascuna nei due sensi di marcia. La passerella ha un'altezza totale di 6,8 metri ed è provvista di un interpiano soppalcato abitabile con un'altezza di 2,85 metri.

La struttura di progetto è così composta:

- l'accesso alla passerella è regolato da due rampe in calcestruzzo armato, di lunghezza pari a 36,09 metri e con una sezione pari alla larghezza totale della passerella. Queste sono poste in prossimità delle estremità della struttura

metallica aventi ciascuna il 5% di pendenza per il superamento del dislivello totale di 2 metri;

- la Carpenteria metallica presenta una struttura di tipo Warren che poggia su due Pile Moli entrambe in calcestruzzo armato prefabbricate che scaricano il peso su un sistema di fondazione in micropali ancorati sul fondo del fiume Sesia;
- gli altri due sistemi di fondazioni sono allocati sugli argini del fiume, entrambi con struttura in cemento armato;
- la carpenteria metallica e gli impalcati sono realizzati tramite una struttura in Acciaio finita con una verniciatura zincante di protezione;
- l'intera struttura metallica è composta da profilati in acciaio di tipo HEA 160, HEA 400, HEA 280 e IPE 400. Completata poi da tubolari e placche in acciaio;
- il sistema di copertura è composto da pannelli di lamiera grecata colbentati che ricoprono parzialmente i Blocchi A e B. Per la restante porzione della passerella invece non è prevista copertura;
- i solai e gli impalcati della passerella sono stati progettati con un sistema di pavimentazione in rivestimento polimerico impermeabile.

3.1.5. Modalità di Costruzione e Assemblaggio

Le operazioni di montaggio e assemblaggio sono state previste secondo più fasi, ovvero:

- produzione dei semilavorati;
- montaggio degli stessi in fabbrica;
- trasporto in cantiere;
- assemblaggio in cantiere.

Una volta assemblati i semilavorati verranno trasferiti e varati tramite macchinari, quali gru e binari di scorrimento, sulle pile precedentemente costruite.

Una volta ultimate le fasi di montaggio e assemblaggio della carpenteria metallica, inizieranno le fasi di completamento e le opere di finitura complessive dell'opera.

3.2. Caratteri generali dell'intervento

3.2.1. Durata dei lavori

La durata complessiva per il completamento del manufatto è stimata di 268 giorni naturali e consecutivi. Le attività di cantiere si svolgono sei giorni lavorativi su sette (dal lunedì al sabato) con un unico turno di lavoro.

Si riporta una tabella delle durate delle attività di lavorazioni per ogni tratta di intervento:

Nome attività	Durata
REALIZZAZIONE PASSERELLA	268 giorni
REALIZZAZIONE LATO A	266 giorni
OPERE CIVILI	262 giorni
OPERE STRUTTURALI	59 giorni
BLOCCO A	32 giorni
REALIZZAZIONE LATO B	264 giorni
OPERE CIVILI	260 giorni
OPERE STRUTTURALI	59 giorni
BLOCCO B	32 giorni
REALIZZAZIONE INTERA OPERA	264 giorni
OPERE STRUTTURALI	44 giorni
OPERE DI FINITURA ARCHITETTONICA	120 giorni
SISTEMAZIONI SUPERFICIALI	11 giorni
IMPIANTI ELETTRICI	90 giorni
IMPIANTI SPECIALI ICT	40 giorni
IMPIANTI MECCANICI	30 giorni
SOTTOSERVIZI	19 giorni

Fonte: Immagine elaborata dall'autore

Le singole attività sono state stimate in base al cronoprogramma del caso studio preso in esame, analizzate e adattate alle lavorazioni che si esigono per la passerella ciclopedonale di progetto, alla durata temporale dell'attività e alla serialità delle ripetizioni delle operazioni. Si è tenuto conto inoltre delle dimensioni del manufatto e della presenza/assenza di distinte lavorazioni in relazione al caso studio.

3.2.2. Fasi dell'intervento

Il percorso di costruzione del manufatto è stato suddiviso in macro categorie di lavoro.

Queste macro categorie sono:

- 1- Lavorazioni Blocco A,
- 2- Lavorazioni Blocco B
- 3- Lavorazioni Intera Opera AB

I rispettivi codici di WBS sono: R.A, R.B ed R.AB.

Per facilitare la comprensione e la stesura della Work Breakdown Structure di Progetto, queste tre macro categorie sono state inglobate in un altro sistema di crono analisi ovvero la suddivisione in quattro fasi di lavoro. Dunque il processo di Costruzione della passerella si svolge in questo modo:

La **fase uno** prevede: l'allestimento del cantiere, il trasporto e la fornitura del materiale per le suddette lavorazioni; il trasporto e la fornitura dell'attrezzatura necessaria per lo svolgimento delle lavorazioni; l'approvvigionamento dei semilavorati della struttura Warren della Passerella; le lavorazioni di fondazione delle pile molli.

La **fase due** prevede: la realizzazione delle opere di fondazione del manufatto; la realizzazione delle cassetture e degli appoggi strutturali della passerella; il montaggio degli impalcati e dell'attrezzatura necessaria al varo; il varo della struttura metallica ed il successivo assemblaggio e montaggio dei vari blocchi.

La **fase tre** prevede: la realizzazione del blocco abitabile; la realizzazione delle finiture e degli impianti meccanici, idrici, elettrici, impianti speciali e ICT.

La **fase quattro** prevede: i collegamenti tra i quattro tratti della carpenteria metallica; le finiture della stessa; lo smantellamento del cantiere e le sistemazioni superficiali dell'area.

Di seguito si riporta la destrutturazione di progetto secondo l'organigramma Work Breakdown Structure:

WBS	Nome attività
R	REALIZZAZIONE PASSERELLA
R.A	REALIZZAZIONE LATO A
	Allestimento cantiere Lato A
R.A.1	OPERE CIVILI
R.A.2	OPERE STRUTTURALI
R.A.3	BLOCCO A
R.B	REALIZZAZIONE LATO B
	Allestimento cantiere Lato B
R.B.1	OPERE CIVILI
R.B.2	OPERE STRUTTURALI
R.B.3	BLOCCO B

WBS	Nome attività
R.AB	REALIZZAZIONE INTERA OPERA
	Allestimento cantiere Intera Opera
R.AB.1	OPERE STRUTTURALI
R.AB.2	OPERE DI FINITURA ARCHITETTONICA
R.AB.3	SISTEMAZIONI SUPERFICIALI
R.AB.4	IMPIANTI ELETTRICI
R.AB.5	IMPIANTI SPECIALI ICT
R.AB.6	IMPIANTI MECCANICI
R.AB.7	SOTTOSERVIZI

Fonte: Immagine elaborata dall'autore

Di seguito la descrizione dettagliata delle fasi di Costruzione:

3.2.2.1. Fase 1

- Allestimento cantiere;
- Realizzazione scavi di sbancamento e di fondazione;
- Approvvigionamento cantiere (Materiali e Attrezzatura);
- Suddivisione spazi di logistica e Officine di Cantiere;

3.2.2.2. Fase 2

- Realizzazione strutture di fondazione;
- Montaggio Reticolo Warren in Officina di cantiere;
- Varo e inserimento strutture di fondazione;
- Assemblaggio e varo della struttura in Carpenteria Metallica;
- Completamento dell'assemblaggio della Carpenteria;

3.2.2.3. Fase 3

- Completamento nuclei abitabili;
- Completamento ed allaccio impianti;
- Realizzazione opere di finitura;

3.2.2.4. Fase 4

- Sistemazioni superficiali e Smantellamento Cantiere;
- Opere stradali e segnaletica;
- Sistemazioni e ulteriori opere di finitura.

3.2.3. Vincoli gravanti sull'intervento

I vincoli gravanti sull'intervento, esplicitati nel precedente paragrafo, sono prevalentemente di carattere geotecnico e di tipo logistico. Questi vincoli infatti caratterizzano la logistica di cantierizzazione all'interno del fiume Sesia. Tali vincoli prevalgono sul fattore Tempo in quanto le lavorazioni per la realizzazione del progetto devono avvenire durante il periodo di secca del fiume. Il vincolo sta appunto nel fatto che per la realizzazione delle fondazioni del manufatto, riguardo i depositi di materiale e riguardo la logistica di cantiere, la realizzazione delle lavorazioni deve avvenire in un preciso lasso di tempo durante il quale il fiume presenta uno stato di aridità in modo da permettere le lavorazioni nei tempi previsti. La realizzazione delle fondazioni e delle pile molli saranno appunto precedute da una fase di drenaggio del livello di falda del fiume. Le lavorazioni inizieranno da progetto nel periodo estivo a partire dal 1 agosto. È stata volutamente scelta tale data poiché si è pensato che nel caso in cui si volesse procedere alla realizzazione dell'intervento, sarebbe ottimale iniziare le lavorazioni nel periodo di secca massima del fiume. Inoltre la scelta è ricaduta su tale data esclusivamente a fini didattici, volendo prevedere l'inizio delle lavorazioni a seguito dello sviluppo della proposta di progetto e della sua relazione tecnica circa la costruzione e gestione.

3.3. Realizzazione della passerella

3.3.1. Tempistiche presunte di intervento

Come precedentemente riportato, il periodo temporale nel quale è prevista la realizzazione del manufatto ammonta a 268 giorni naturali e consecutivi. Le tempistiche delle lavorazioni di dettaglio sono rappresentate nel diagramma di Gantt dei lavori di Progetto. Tali tempistiche sono state analizzate in un periodo di lavoro di sei giorni su sette con un unico turno di lavoro di otto ore. La durata comprende l'analisi delle tre macro aree di lavorazioni ovvero: la realizzazione del lato A, la realizzazione del lato B ed infine le opere di finitura dell'intero progetto compresi gli impianti, i collegamenti e gli allestimenti di cantiere.

In particolare, come descritto nel diagramma, le operazioni di varo sono state previste consecutivamente, in modo da ottimizzare le tempistiche delle fasi di lavoro e l'aspetto economico di progetto. Infatti tali operazioni si svolgono in un'unica giornata di lavoro, riducendo i costi di affitto dell'attrezzatura, di manodopera e le parentesi di rischio per il varo della carpenteria.

Le operazioni di varo verranno completate tramite l'uso di attrezzature quali gru di sollevamento e appoggi di scorrimento che verranno posizionati presso gli accessi e le pile della struttura. Verranno anche predisposti spazi per il completamento delle operazioni di varo ed è stata prevista un'area di deposito e montaggio dove avverranno le operazioni di assemblaggio, sollevamento e varo della carpenteria metallica.

3.3.2. Attività escluse dal completamento del progetto

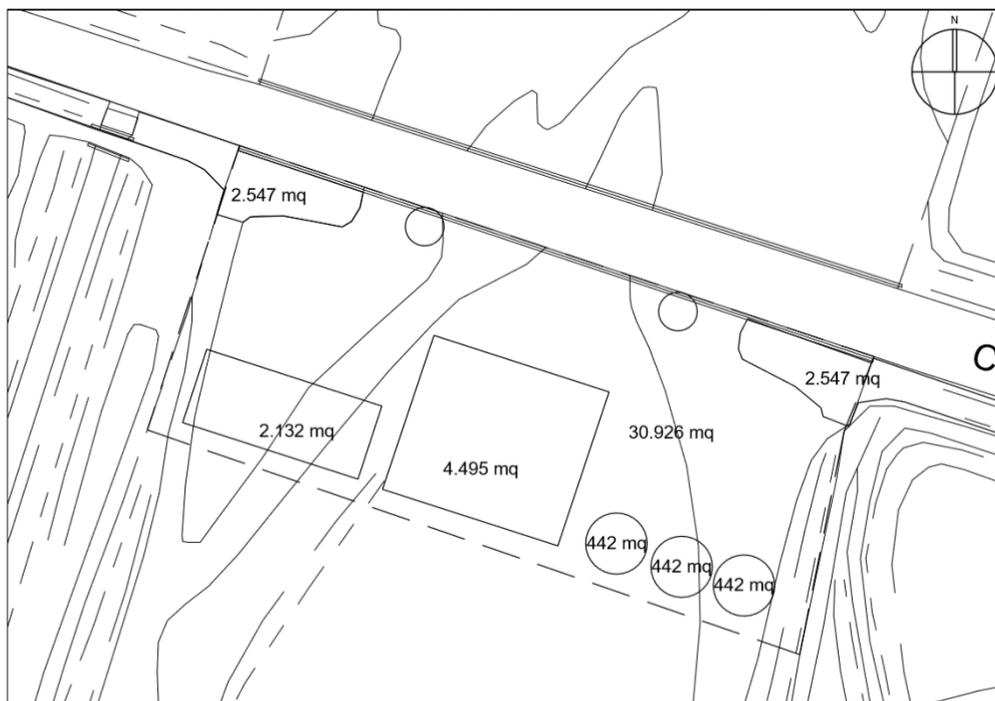
Le attività escluse e non analizzate interne al progetto appartengono per lo più alla realizzazione dei sistemi di impiantistica. Sono esclusi dal progetto impianti e collegamenti elettrici, impianti meccanici, impianti e collegamenti idrici, impianti e collegamenti ITC e attività dei sotto servizi. Tali attività però non sono state escluse dal cronoprogramma dei lavori e dal computo metrico estimativo, le loro analisi sono state effettuate con una stima massimale rispetto al progetto del caso studio Passerella EXPO Merlata. Le attività sopracitate sono state volutamente lasciate all'interno delle analisi per avere una visione ipotetica ma complessiva a fini puramente didattici del lavoro di stesura dei documenti di progetto, per un'analisi dimostrativo – comparativa dei progetti.

3.3.3. Sequenza delle lavorazioni legate al singolo tratto

La sequenza delle lavorazioni è riportata all'interno del diagramma di Gantt delle lavorazioni. Questa è in ordine di fasi di realizzazione che coincidono con la messa in opera di entrambi i tratti. La sequenza di entrambi i tratti inizia dall'allestimento di cantiere e finisce con la realizzazione dei blocchi abitabili. Le opere di finitura avvengono contemporaneamente per il Blocco A e per il Blocco B nella fase successiva alle opere civili e strutturali delle due sezioni, ovvero durante le lavorazioni "Intera Opera AB".

3.3.3.1. Risoluzione delle interferenze e Allestimento

La prima parte del lavoro è incentrata sull'allestimento dell'area di cantiere in cui viene regolata l'accessibilità e create le rampe di accesso.



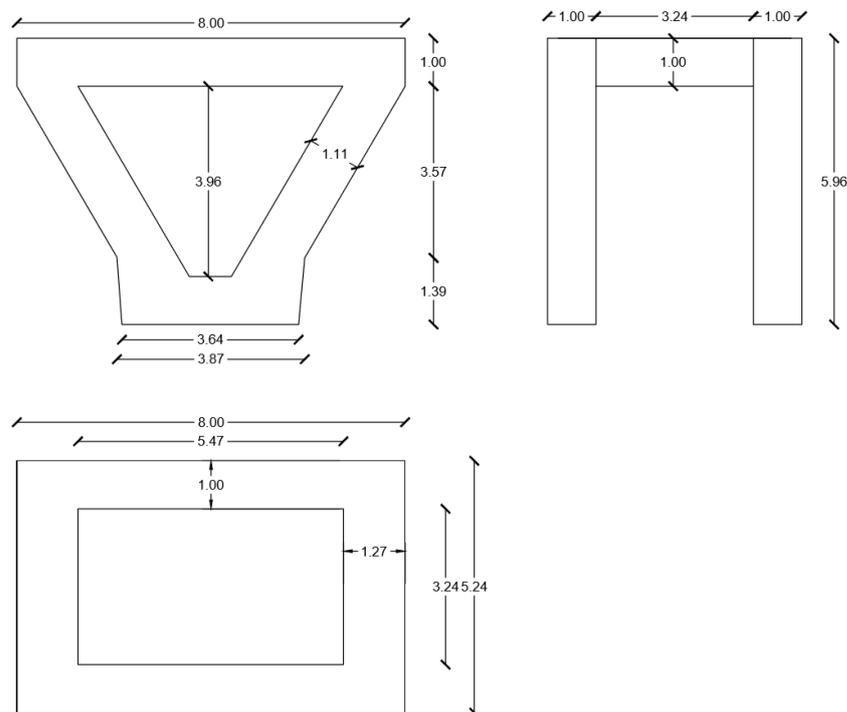
Planimetria Schema Allestimento area di Cantiere

Fonte: Immagine elaborata dall'autore

3.3.3.2. Sistema di fondazione del manufatto e pile

Successivamente alle fasi di allestimento e realizzazione delle aree di logistica di cantiere, vengono effettuate sia le fasi di realizzazione delle fondazioni degli appoggi del manufatto sia la realizzazione degli appoggi a terra, ovvero sui due argini del fiume, sia la realizzazione delle pile. Tali manufatti sono realizzati in calcestruzzo armato.

Per quanto riguarda la costruzione delle pile verranno *in primis* realizzate le fondazioni in micro pali. Successivamente si procederà con gli scavi di fondazione, le cassature per la realizzazione dei getti in calcestruzzo e la creazione di plinti di fondazione. Ultimata la fase di asciugatura del plinto di fondazione verrà trasferita in loco la pila prefabbricata in CLSA, verrà assemblata allo stesso e successivamente avverrà la fase di rinterro. Le attività di trasporto dei conci e degli appoggi alle fondazioni avverranno su binari indipendenti sia per il lato di accesso/argine che per gli appoggi della pila. Tali attività avverranno in seguito alla realizzazione della Pila B. A seguito di tali attività verranno montati gli impalcati e varati i conci assemblati nell'area di cantiere, secondo quanto riportato nel cronoprogramma delle lavorazioni.



Proiezioni Ortogonali Pila di Appoggio della Passerella

Fonte: Immagine elaborata dall'autore

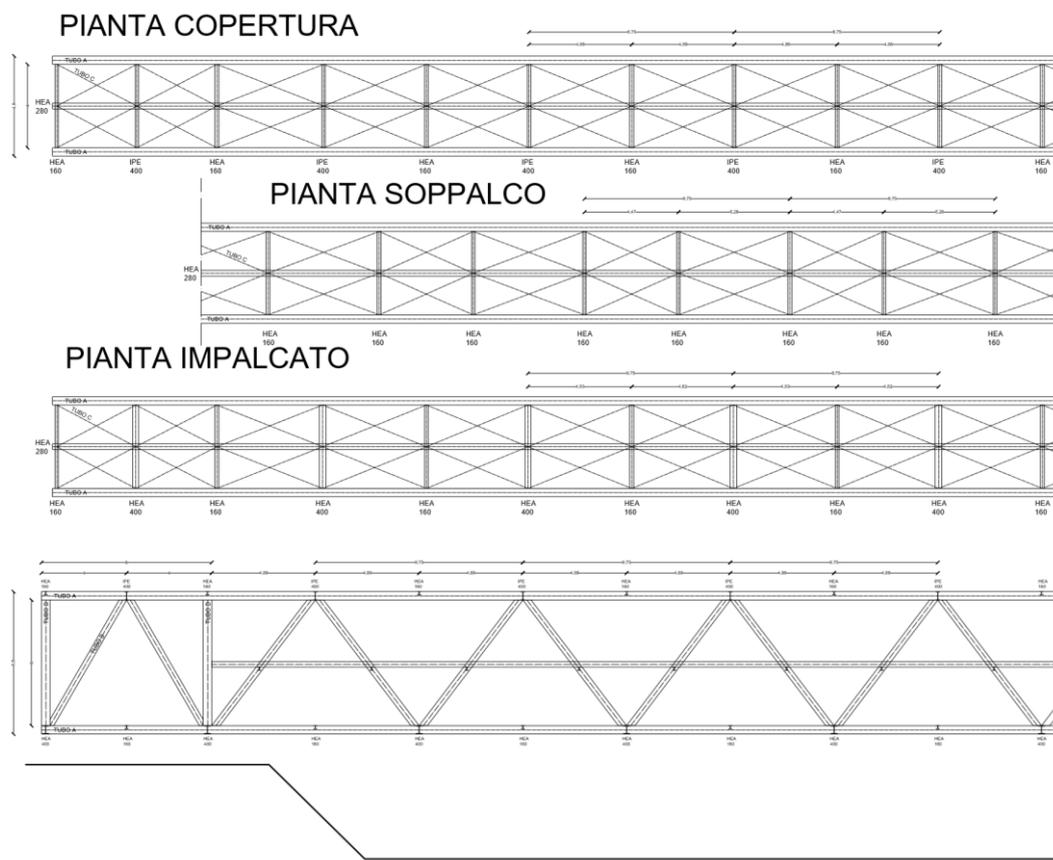
3.3.3.3. Opere in carpenteria metallica

La struttura in carpenteria metallica principale del progetto è composta da impalcati realizzati tramite travi HEA e IPE. Tale struttura è divisa in tre piani di impalcato: piano impalcato di base, il piano impalcato soppalco ed il piano impalcato di copertura. Dal punto di vista strutturale è così composto:

- la pianta di impalcato della copertura è formata da profilati HEA 160, HEA 280 e IPE 400;
- la pianta di soppalco è formata da profilati HEA 160 e HEA 280;
- la pianta dell'impalcato della base è formata da profilati HEA 160, HEA 400 e HEA 280.

I vari profilati sono agganciati tra loro tramite un sistema di placche metalliche di differenti dimensioni e tipologie, in base alla modalità di aggancio e bullonatura. Il sistema di controventatura degli impalcati è realizzato tramite tubi di acciaio con sezione di 8 mm posti diagonalmente alle luci dei profilati.

Le piante dei tre sistemi di impalcato sono così divise:



Sezione Impalcato carpenteria metallica

Fonte: Immagine elaborata dall'autore

La costruzione ed il montaggio delle opere in carpenteria metallica è così composto:

3.3.3.3.1. Tratto A

Le opere in carpenteria metallica del tratto A verranno assemblate a terra nelle aree di cantiere predisposte per il montaggio ovvero le "Officine di Cantiere". All'interno di tale aree verranno collegati e assemblati i conci prefabbricati che saranno successivamente varati in quota con un sistema di autogru.

3.3.3.3.2. Tratto B

Per la carpenteria metallica del Tratto B verrà usata la stessa procedura del lato A. I conci prefabbricati verranno assemblati all'interno dell'area di cantiere insieme a i conci del lato A. Questi verranno varati con sistema di autogru e assemblati alle fondazioni tramite ancoraggi.

3.3.3.4. Opere in copertura

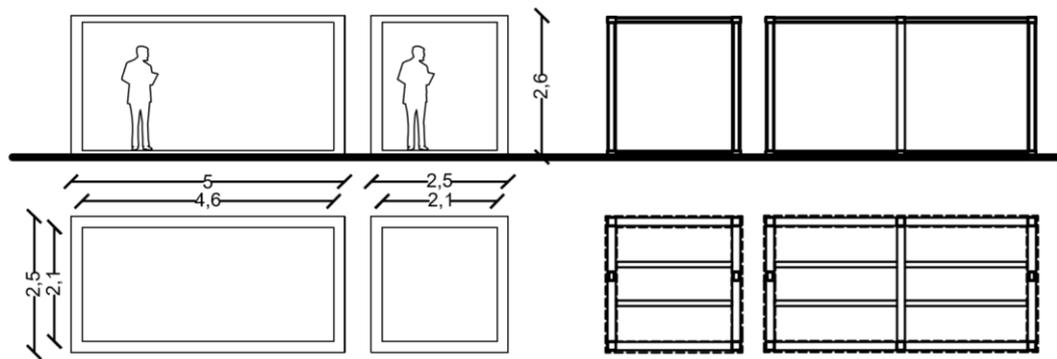
Per questioni di sicurezza la maggior parte delle operazioni di montaggio del sistema di copertura esterna, adiacente alla struttura Warren, avverrà durante la fase di montaggio dei conci nell'area di predisposizione di cantiere, in modo da limitare il numero di operazioni in quota e salvaguardare la tutela dei lavoratori impegnati durante tali attività. Il completamento delle operazioni avverrà dopo la fase di varo dei blocchi abitativi A e B. Una volta ultimate le operazioni di costruzione dei solai esterni verranno posati dei teli di protezione per tutelare lo stato del manufatto durante le altre operazioni di costruzioni limitrofe.

3.3.3.5. Costruzione Nuclei Abitabili

La costruzione e il montaggio dei nuclei abitabili avverrà una volta completata la struttura totale della passerella. Dopo la fase di assemblaggio della struttura Warren, carpenteria metallica, verranno inseriti i blocchi abitabili ovvero il Blocco A ed il Blocco B. Tali nuclei verranno in parte assemblati a terra in modo da limitare le operazioni di costruzione ed assemblaggio in quota, per una questione di tutela del lavoratore. Una

volta inseriti i blocchi, precedentemente prefabbricati nelle officine di cantiere, verranno ultimati con i collegamenti degli impianti, le operazioni di finitura superficiale e verranno ultimate le operazioni di aggancio alla struttura principale. Gli arredi interni e gli infissi verranno inseriti soltanto dopo aver varato i blocchi. La fase di varo tramite gru dei blocchi abitabili avverrà dopo il completamento della struttura di carpenteria metallica ma prima del completamento della copertura esterna dei due lati A e B.

La struttura di tali nuclei è composta da un telaio formato da profili in acciaio a sezione rettangolare delle dimensioni di 15 cm per 10 cm. La tipologia di progetto ricorda la composizione dei container abitabili.



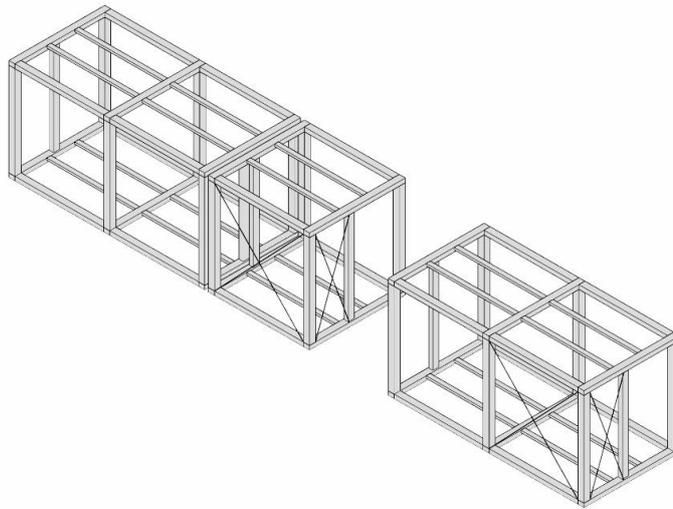
Proiezioni Ortogonali telaio blocchi abitabili

Fonte: Immagine elaborata dall'autore

I sistemi di partizione verticale sono creati tramite pannelli precolbentati in schiuma di poliuretano e protetti da pannelli in lamiera grecata finita con un processo di zincatura. Internamente tali pannelli sono rivestiti da un sistema di finitura.

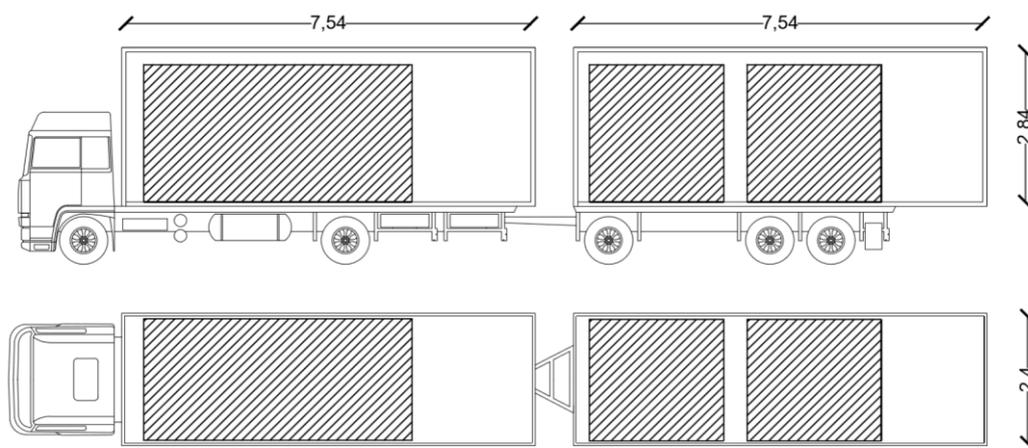
Le partizioni orizzontali sono state progettate tenendo la stessa stratigrafia delle partizioni verticali ma con l'aggiunta di sistemi di sigillatura ed impermeabilizzazione tramite guaine impermeabili e lamiere zincate. All'interno degli strati sono stati predisposte delle intercapedini per gli impianti e gli agganci per il varo.

Mezzi coinvolti: Gru, Autocarri.



Rappresentazione Assonometrica telaio blocchi abitabili

Fonte: Immagine elaborata dall'autore



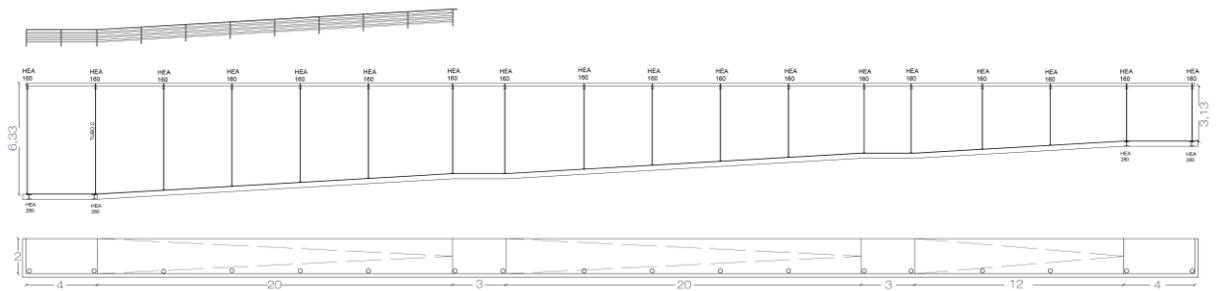
Rappresentazione Ingombri e trasporto dei Blocchi Abitabili

Fonte: Immagine elaborata dall'autore

3.3.3.6. Costruzione Rampa piano Soppalcato

All'interno del progetto, agganciate alla struttura di carpenteria metallica, sono state previste due rampe di accesso al piano soppalcato abitabile. Queste sono posizionate ai lati della struttura all'altezza delle pile del manufatto. Esse, sono speculari e contrapposte in modo da non gravare sul peso dell'intera struttura. La loro struttura è composta da un sistema di sostegno con profilati metallici di tipo HEA 280 e HEA 160 (come per la struttura degli impalcati). Inoltre sono agganciate tramite tiranti di acciaio con sezione di 8 mm all'apice della struttura di carpenteria.

Tali rampe permettono l'accesso al piano soppalcato ampliando lo spazio di percorrenza senza gravare sul flusso di transito della passerella. La costruzione delle stesse è prevista, come per l'intera struttura metallica, all'interno delle officine di cantiere, verranno poi agganciate ai conchi e varate con il resto della carpenteria.



Proiezioni Ortogonali Rampa laterale di accesso al piano soppalcato

Fonte: Immagine elaborata dall'autore

3.3.3.7. Opere di finitura

Le operazioni di finitura architettonica si svolgeranno una volta ultimate le fasi di varo delle strutture del ponte e una volta assemblata e completata la struttura.

Il Macro gruppo Attività, opere di finitura comprende le seguenti operazioni:

- Coperture
- Opere di Impermeabilizzazione e Sigillature
- Opere da Lattoniere
- Opere da Fabbro
- Opere da Vetraio
- Sistemazioni Superficiali

- Impianti Elettrici
- Impianti Meccanici
- Impianti Idraulici
- Impianti Speciali e ICT

Tali operazioni sono previste a completamento dell'intera opera per la tutela delle opere precedentemente ultimate.

3.3.3.8. Opere di completamento

In ultimo verranno realizzate le opere di sistemazione superficiale e completamento presenti all'interno della WBS: tali operazioni comprendono le sistemazioni del sito, opere stradali e segnaletica e la rimozione delle aree precedentemente predisposte per il cantiere. Durante questa fase verranno assemblati gli impianti di sollevamento posti in corrispondenza dei nuclei abitabili.

3.4. Organizzazione delle aree di lavoro

3.4.1. Accessi al cantiere

Gli accessi al cantiere sono regolati principalmente dalla viabilità già esistente, dal passaggio pedonale – ciclabile e dagli accessi pubblici della viabilità del bordo fiume. Durante la fase di allestimento verranno realizzate rampe di accesso al fondo del fiume per la corretta fruizione delle zone di cantiere.

3.4.2. Perimetrazione del cantiere

La perimetrazione del cantiere di lavoro prevede un'area di 30.926 mq in totale. Tale area sarà regolata tramite rampe d'accesso situate a bordo fiume. All'interno del perimetro verranno inserite diverse aree in modo da differenziare le aree di lavoro a terra, le aree di stoccaggio e gli spazi necessari al movimento delle attrezzature dedicate al varo e agli spostamenti.

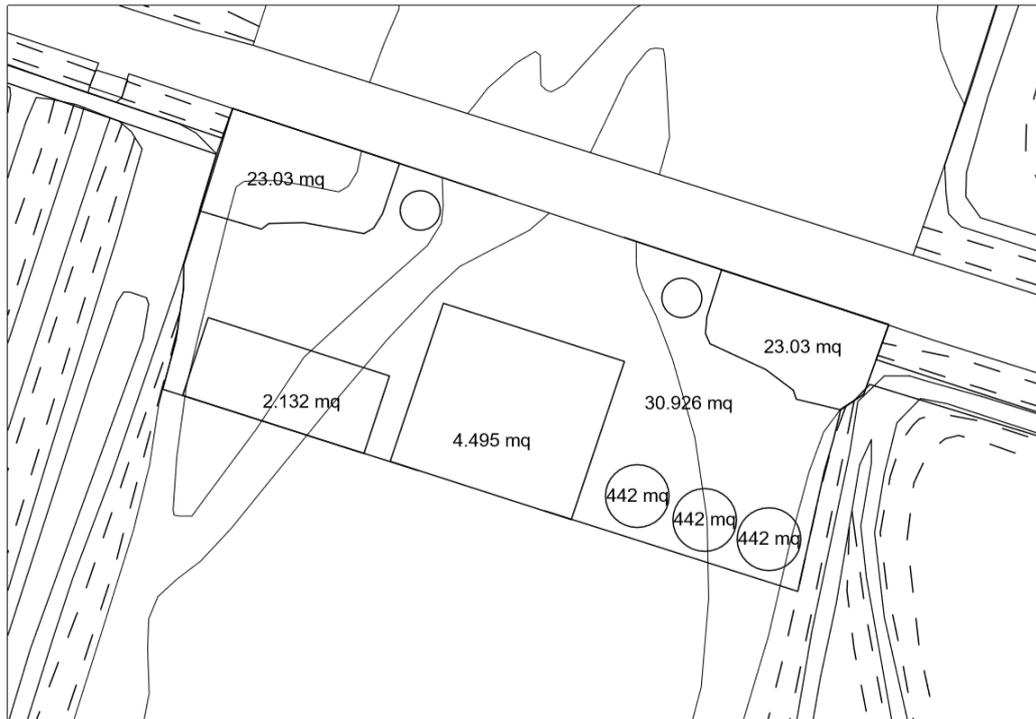
3.4.3. Aree di stoccaggio

All'interno dell'area di cantiere verranno suddivise le zone di stoccaggio e di deposito dei materiali e delle attrezzature necessarie per l'intera fase di costruzione del manufatto. Le aree di stoccaggio sono regolate da accessi diretti con le strade esistenti e le loro dimensioni sono perfettamente adeguate e a norma per il corretto svolgimento delle funzioni di trasporto, scarico e carico.

3.4.4. Dotazione logistica

Per il corretto svolgimento della fase di costruzione sono state progettate aree per dotazioni logistiche. Tali aree verranno assemblate durante la fase di allestimento del cantiere e verranno utilizzate durante tutta la fase di costruzione del manufatto. Queste sono provviste delle seguenti dotazioni:

- WC – bagni chimici
- Baracche ad uso ufficio
- Aree di stoccaggio materiali
- Aree di stoccaggio rifiuti
- Officine di cantiere (montaggio conci)
- Aree di stoccaggio Attrezzature e macchinari
- Aree di parcheggio
- Baracche comuni



Planimetria Logistica di Cantiere

Fonte: Immagine elaborata dall'autore

3.5. Approvvigionamento del cantiere

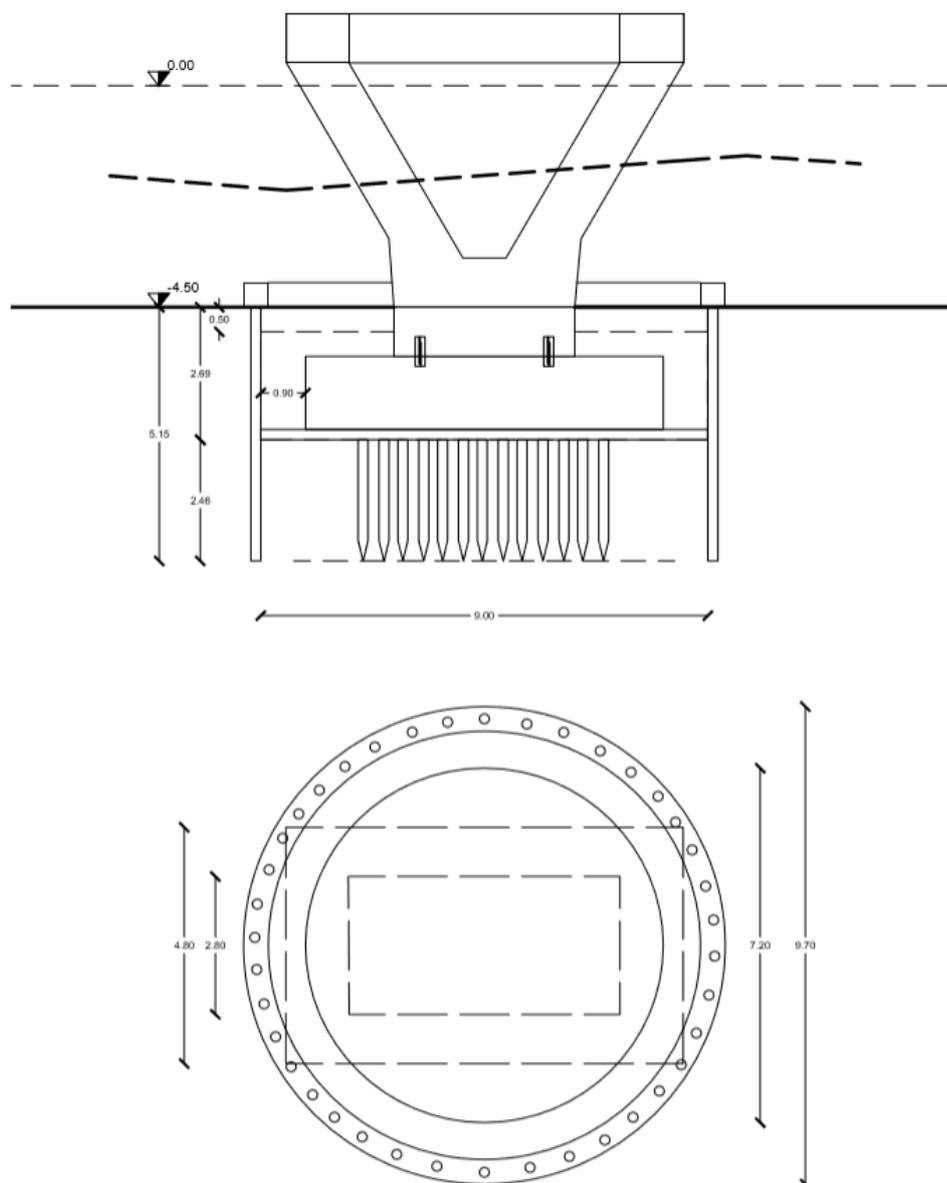
L'approvvigionamento di cantiere avverrà grazie a percorsi viari già esistenti. I trasporti avverranno tramite l'utilizzo di camion, il deposito e le altre varie attrezzature con macchinari per le lavorazioni specifiche. Il trasporto del materiale e delle attrezzature è facilitato grazie alla vicinanza con l'autostrada.

3.5.1. Tipologia di mezzi previsti

Per il trasporto delle attrezzature e dei materiali necessari alla costruzione della passerella si utilizzeranno Camion del tipo Autotreno dotati di doppio vagone con dimensioni: (L x L x H): (7,7+7,7) x 2,5 x 3 con capacità in quintali: 240.

3.5.1.1. Realizzazione delle berlinesi lato Canale Cavour

La realizzazione della berlinese di micropali, necessari agli scavi di fondazione, avverrà vicino al lato del Canale Cavour. Tale impianto, necessario al contenimento del terreno, verrà realizzato a partire dal livello del fondo fiume. Prima della realizzazione delle fondazioni delle pile, all'interno degli scavi verrà drenata l'acqua presente ed abbassato il livello di falda. Le operazioni di drenaggio avverranno tramite gli impianti di drenaggio ovvero tubazioni a norma ed elettropompe, descritte all'interno del computo metrico estimativo.



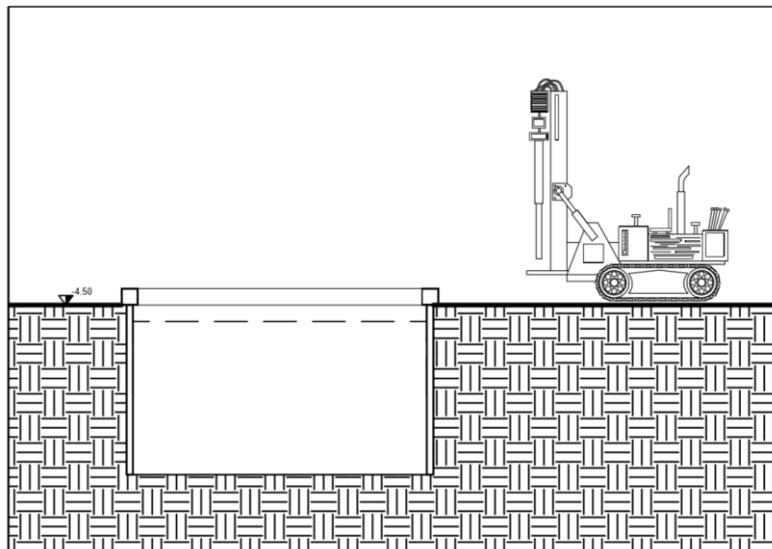
Fonte: Immagine elaborata dall'autore

3.5.1.2. Scavi di sbancamento per la realizzazione delle pile del manufatto

Gli scavi di sbancamento per le pile avverranno dopo l'allestimento dell'interno cantiere. Una volta ultimato si procederà con gli scavi di sbancamento per le pile ed il successivo rinterro dei semilavorati in CLS.

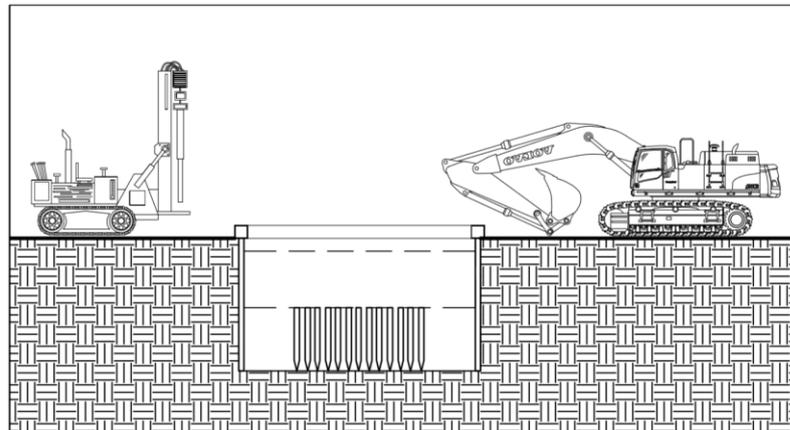
Mezzi coinvolti: Escavatore di ridotte/medie dimensioni, autocarri per il carico delle terre ed il trasporto a discarica.

Fase 1: Piantamento dei Pali per la realizzazione degli scavi di fondazione.



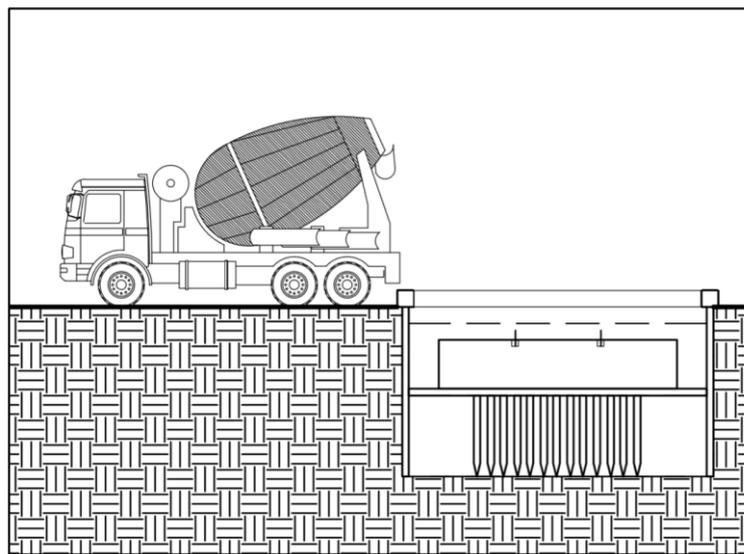
Fonte: Immagine elaborata dall'autore

Fase 2: Scavi di fondazione e piantamento dei micropali di fondazione.



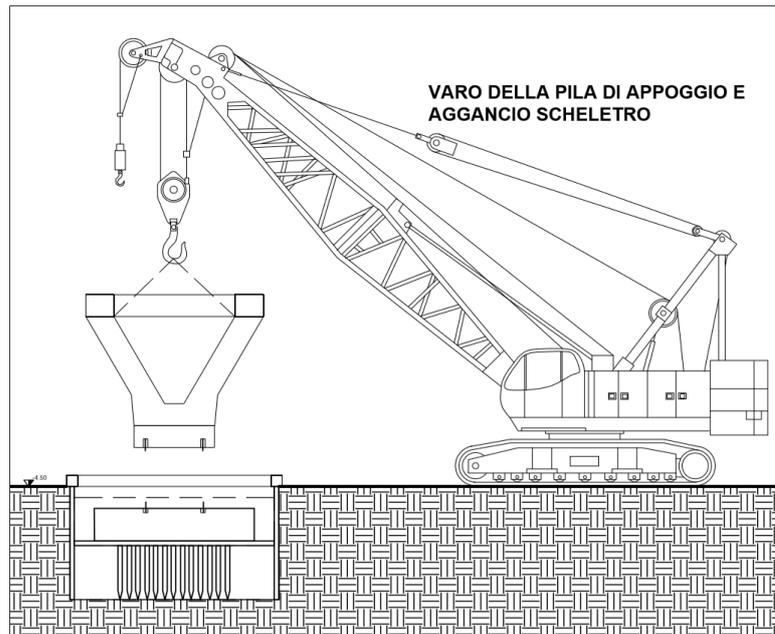
Fonte: Immagine elaborata dall'autore

Fase 3: realizzazione platea in cls, realizzazione dado in cls e aggancio per la pila.



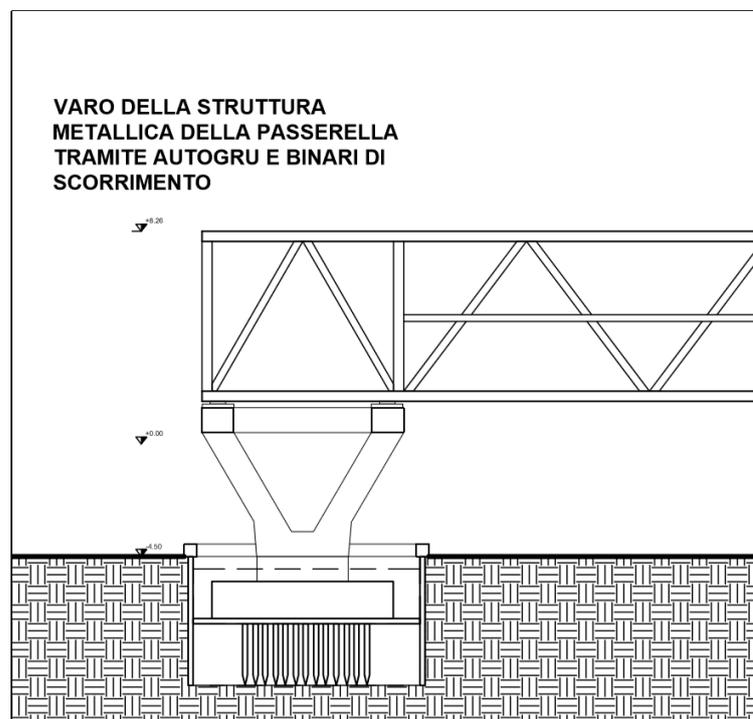
Fonte: Immagine elaborata dall'autore

Fase 4: varo della pila prefabbricata in clsa e aggancio al dado di fondazione.



Fonte: Immagine elaborata dall'autore

Fase 5: varo dei conci prefabbricati in acciaio e aggancio agli appoggi.



Fonte: Immagine elaborata dall'autore

3.5.1.3. Dadi di fondazione e pile di appoggio

I dadi di fondazione e le pile di appoggio della passerella sono in calcestruzzo armato. I dadi di fondazione verranno direttamente gettati in opera all'interno delle casseforme premontate. Successivamente alla fase di asciugatura delle fondazioni verranno posizionati i sistemi di sostegno. Le due Pile verranno costruite all'interno della zona cantiere e successivamente trasportate all'interno degli sbancamenti di fondazione. Una volta posizionati ed ancorati avverrà il rinterro dello sbancamento e la copertura dello scavo.

Mezzi coinvolti: Betoniera, Autocarri, mezzi per trasporto eccezionale.

3.5.1.4. Carpenterie metalliche

Le carpenterie metalliche verranno approvvigionate in cantiere in Profilati metallici e Tubi metallici di altezza totale e di lunghezza variabile. Questi verranno assemblati e saldati in modo da formare dei Conci una volta arrivati all'interno delle Officine di Cantiere. Tali elementi saranno assemblati tramite placche metalliche ad L e placche piane.

Mezzi coinvolti: Autocarri, mezzi per trasporto eccezionale.

3.5.2. Ingombri e pesi di elementi strutturali e di finitura

3.5.2.1. Carpenterie metalliche

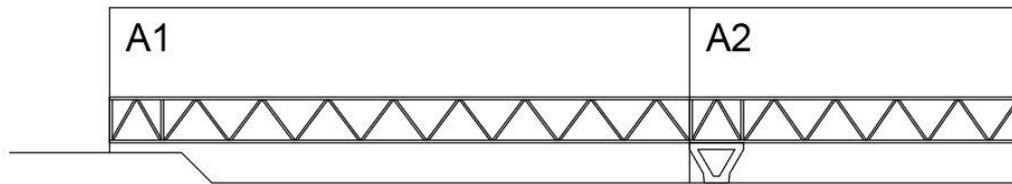
La tabella seguente riporta i pesi della struttura della carpenteria metallica. Comprende al suo interno i profilati metallici di: sistema di copertura, sistema di impalcato, sistema di soppalco. Inoltre comprende i manufatti metallici quali tubi delle dimensioni descritte. Sono riportati anche i dati riferiti ai sistemi di copertura ed ai sistemi di rivestimento.

Oggetto	Tipo	Area	Dimensioni	Lungh.	Spess.	Densità	Massa	Volume	qt	Massa tot
		mq	mm	m	m	d	kg	mc	n	Kg
Carpenteria Metallica										
Pianta Copertura										
Profilato in Acciaio	IPE 400	0,0084	400x180	4,00	-	7500	252,00	0,034	15	3780
Profilato in Acciaio	HEA 280	0,0097	280x270	9,75	-	7500	709,31	0,095	15	10640
Profilato in Acciaio	HEA 160	0,0039	160x152	4,00	-	7500	117,00	0,016	15	1755
Pianta Soppalco										
Profilato in Acciaio	HEA 280	0,0097	280x270	9,75	-	7500	709,31	0,095	45	31919
Profilato in Acciaio	HEA 160	0,0039	160x152	4,00	-	7500	117,00	0,016	30	3510
Pianta Impalcato										
Profilato in Acciaio	HEA 160	0,0039	160x152	4,00	-	7500	117,00	0,016	15	1755
Profilato in Acciaio	HEA 400	0,0159	300x390	4,00	-	7500	477,00	0,064	15	7155
Profilato in Acciaio	HEA 280	0,0097	300x390	9,75	-	7500	709,31	0,095	15	10640
Reticolato Warren										
Tubo B	Acciaio	0,033	300x300x30	7,50	0,030	7500	1856,25	0,248	66	122513
Tubo A	Acciaio	0,03	400x350x20	9,75	0,020	7500	2193,75	0,293	60	131625
Tubo C	Acciaio	0,0002	100x8	12,12	0,008	7500	18,18	0,002	64	1164
Tubo D	Acciaio	0,027	400x300x20	6,00	0,020	7500	1215,00	0,162	8	9720
Rivestimento		Area								
Tubo E	Acciaio	0,0026	160x60x6	7,35	0,006	7500	143,33	0,019	182	26085
Rivestimento	Acciaio	917,97	200x150x12	134,99	0,012	7500	82617,30	11,016	2	165235
Corrimano	Metallo	0,075	-	134,99	-	-	-	-	2	
Partizioni orizz.										
Solaio Copertura		343,008	71,46x4,8	71,46	0,012	-	-	4,116	1	
Solaio Soppalco		304,176	63,37x4,8	63,37	0,215	-	-	65,398	1	
Solaio Impalcato		648	135x4,8	135,00	0,215	-	-	139,320	1	

Fonte: Immagine elaborata dall'autore

In tabella è stato analizzato solo il lato A della sezione dell'intera passerella quindi i tratti A1 e A2. Tali dati però sono uguali al lato B della passerella in quanto la carpenteria si ripete uguale lungo tutta la struttura.

COMPUTO METRICO



Fonte: Immagine elaborata dall'autore

TRATTO A _peso totale:

- Pianta della copertura_ peso totale: 16.175 kg = 16,2 tonn
- Pianta Soppalcato_ peso totale: 35.429 kg = 35,43 tonn
- Pianta Impalcato_ peso totale: 19.550 kg = 19,6 tonn
- Struttura Tubolari Warren_ peso totale: 265.021 kg = 266 tonn

Peso totale lato A: 337,23 tonn

Peso totale AB: 674,5 tonn

3.5.2.2. Pannelli di copertura

I pannelli di copertura presentano un peso indicativo intorno ai 50 kg/mq per una metratura totale di 344 mq.

- Pannelli di copertura_ peso totale: 17.200 kg = 17,2 tonn

3.5.2.3. Pannelli di rivestimento laterali

I pannelli di rivestimento laterale in acciaio forato hanno un peso totale di:

- Rivestimento_ peso totale: 191.320 kg =192 tonn

3.5.2.4. Rampa di accesso al piano soppalcato

La rampa di accesso al piano soppalcato ha un peso totale di

- Rampa di accesso_ peso totale: 1.749 kg = 1,75 tonnellate

Se volessimo sommare i pesi totali della carpenteria metallica nel complesso AB compreso di solaio e rivestimenti avremmo un risultato di 886 tonnellate.

Se inoltre ipotizzassimo di utilizzare, per il trasporto dei materiali, una tipologia di Camion del tipo Autotreno dotato di doppio vagone con capacità in quintali: 240, (24 tonnellate), i viaggi stimati della totalità di 884 tonnellate risulterebbero 9,33 periodico ovvero 10 viaggi.

Introduzione al Processo di Verifica

1.1. L'approccio al Project Management

Secondo le premesse esplicitate nell'introduzione di tesi, la seconda parte del lavoro è incentrata sull'analisi e sugli strumenti in grado di supportare la fase di costruzione attraverso alcuni passaggi propri del Project Management.

Per poter analizzare gli ambiti secondo cui si sviluppano le fasi della progettazione e costruzione ci si avvale dell'approccio al Project Management, che consente di programmare e analizzare il processo realizzativo dell'opera.

All'interno del capitolo dunque verranno introdotti i "criteri" di analisi del progetto a partire dal processo progettuale per arrivare poi ad una analisi più approfondita dei vari livelli di costruzione e manutenzione.

Il Project Management è una disciplina che si occupa di controllo e gestione dei progetti, di programmi e di portafogli di progetti, ovvero che contengono due o più progetti interni.

Tale disciplina definisce il progetto come un sistema complesso di progettazione multidisciplinare ed integrato, che si occupa di analizzare gli scopi e le modalità in modo da ottimizzare le risorse, che siano temporali, risorse monetarie o risorse umane. Quando si parla di *progetto* si intende un processo necessario per il completamento di un obiettivo, una funzione, uno scopo, la risoluzione di una necessità.

Il progetto parte dall'idea, da un concetto che cresce tramite una molteplicità di soggetti, fino ad arrivare ad un livello finale, avanzato, una risposta.

In altri termini, una sequenza di fasi moderata da una molteplicità di attori, che si susseguono fino ad ottenere un punto finale secondo un termine definito in partenza.

Per cui la materia del Project Management attraverso i suoi strumenti di gestione e controllo, si occupa di ottimizzare le risorse necessarie, controllare i processi e di gestire eventuali fattori di rischio che potrebbero causare problematiche all'interno dello stesso processo.

Per fare ciò è necessario considerare l'intero progetto, che considera sia il team di progettazione, le attività necessarie alla realizzazione, le schedulazioni temporali e le risorse economiche impiegate.

Secondo il PMBOK Guide, il Project Management Body of Knowledge, il *“project management è l'applicazione di conoscenze, attitudini, strumenti e tecniche alle attività di un progetto al fine di conseguirne gli obiettivi”*.

PMI, PMBOK® Guide: *A Guide to the Project Management Body of Knowledge*, fourth Edition, Project Management Institute, 2008, p.6

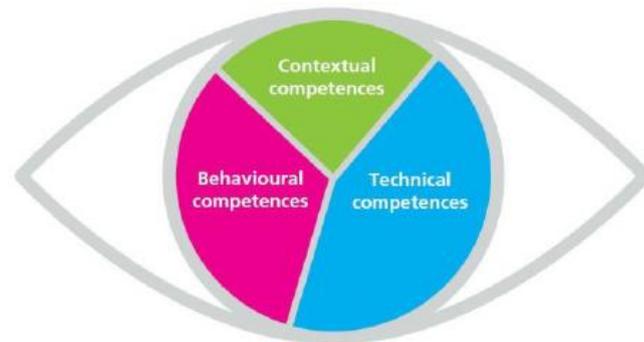
L'approccio del Project Management è stato applicato maggiormente in settori industriali e durante gli ultimi anni ha visto la sua comparsa all'interno del settore delle costruzioni, caratterizzato da un ambiente complesso che impiega quantità notevoli di risorse.

Tale disciplina trova riscontro all'interno di tali settori poiché permette di gestire i progetti integrando e coordinando i vari ambiti e le organizzazioni, che nel caso del settore edile sono composti da un susseguirsi di fasi in cui concorrono numerose attività e risorse impiegate. L'applicazione di tale approccio implica una notevole riduzione di sforzi, capitale umano ma soprattutto di tempi e risorse in ogni fase che compone il ciclo di vita dell'edificio, partendo dal concepimento dell'opera alla pianificazione e costruzione sino alla conclusione e fase di smaltimento.

Con il Project Management inoltre si introduce la figura professionale, il Project Manager, che si occupa di Pianificare, Programmare, Monitorare, Controllare e Gestire tutti gli ambiti e le risorse interessate per il completamento di un progetto. Tale figura è in grado di applicare gli strumenti propri di Project Management e, tramite questi, regolare e gestire il processo progettuale al fine di completare le performance di progetto e garantire il livello di qualità prestabilito. Per molto tempo tale figura negli studi di architettura è stata spesso ricoperta dal progettista, ovvero il professionista a cui è demandata la facoltà di gestire, controllare, monitorare e prendere decisioni riguardo l'andamento di progetto, che è anche il responsabile del lavoro che firma il progetto. Grazie ad una maggiore conoscenza della disciplina in ambito italiano nel settore delle costruzioni ad oggi il ruolo di coordinatore e supervisore della realizzazione del progetto è affidato unicamente al Project Manager.

Secondo lo standard internazionale, il Project Management Institute (PMI) definisce il Project Manager una figura che deve presentare delle ottime capacità gestionali, avere delle competenze e delle conoscenze interdisciplinari, competenze tecniche professionali e relazionali ottimali in modo da essere in grado di poter organizzare dei progetti. Secondo lo stesso PMI il Project Manager deve presentare in particolare tre caratteristiche principali, ovvero competenze contestuali, competenze tecniche e

competenze comportamentali. Un equilibrio costante di queste tre caratteristiche determinerà la professionalità e la bravura dello stesso professionista.



Fonte: <https://www.pmi.org>

1.2. Il triplice vincolo - Tempi Costi Qualità

La disciplina, come accennato in precedenza, si occupa di gestione, monitoraggio e controllo dei progetti variando di conseguenza in differenti ambiti: essa guarda un Range di fattori che compongono il progetto e che si rivolgono agli aspetti economici, qualitativi e temporali e all'impiego di molteplici risorse che variano in considerazione del progetto analizzato.

Il Project Management sviluppa buona parte della disciplina sul concetto di triplice vincolo costituito dai parametri di tempo, costo e qualità.

Il Project Manager deve ampliare la sua visione sul concetto di triplice vincolo di modo da avere il controllo della gestione del progetto.

I tre fattori di tempo costi e qualità, sono maggiormente descrivibili come Tempo, Risorse e Scopo dove: *tempo* comprende la variabile temporale di lavoro, di disponibilità temporale delle risorse, *scopo* introduce il termine qualità, prodotti e servizi da rilasciare alla fine di un progetto, l'aderenza ai requisiti richiesti in principio, ed infine il fattore *risorsa* individua sia l'aspetto economico, che di lavoro necessario inquadrando i gruppi di lavoro, quindi le risorse umane.

Il progetto finale deve avere caratteristiche che presentano un'ottimizzazione di questi tre fattori, ovvero riduzione delle tempistiche, riduzione delle risorse ed ottimizzazione della qualità in un equilibrio costante.

Per fare ciò il Project Manager deve avvalersi degli strumenti principali della materia del Project Management, strumenti necessari alla stima dei risultati, che conducano ad una visione totale del processo progettuale in modo da prevedere gli effetti di determinate azioni in relazione alle scelte di progetto. Il Project Manager deve prevedere i fattori di rischio, le tempistiche e deve bilanciare le attività in modo da ottimizzare le risorse limitando il più possibile le perdite ed i fenomeni che potrebbero causare irregolarità durante tutto il processo progettuale o costruttivo.

1.3. Gli Strumenti del Project Management

Come per ogni materia scientifica, anche la materia del Project Management fonda le sue basi su materie quali ad esempio matematica e statistica. Tale disciplina si avvale, infatti, di differenti strumenti che orbitano intorno alla sfera gestionale, alla sfera statistica ed alla sfera temporale.

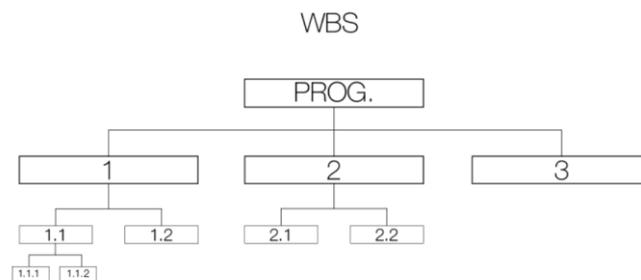
Alcuni strumenti principali della materia sono:

- La Work Breakdown Structure (WBS);
- La Organization Breakdown Structure (OBS);
- La Cost Breakdown Structure (CBS);
- La matrice di assegnazione di responsabilità (R.A.C.I.);
- Il diagramma di Gantt;
- Il diagramma Pert;
- Il Metodo Earned Value;
- Lo studio degli stakeholder;
- Il registro dei fattori di rischio;
- I workflow;
- Il diagramma di causa effetto ecc.

Gli strumenti che il Project Management fornisce, sono applicabili in diversi ambiti del progetto sin dalla fase di pianificazione dell'opera e permettono la gestione di risorse materiali e umane, la programmazione delle attività di progetti, la schedulazione delle tempistiche, l'assegnazione delle responsabilità.

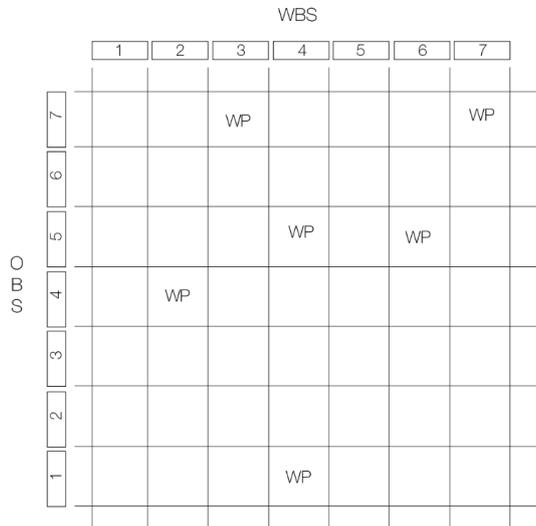
Si riporta una breve analisi di tali strumenti di gestione e controllo di progetto, a partire dagli organigrammi di destrutturazione delle attività, delle risorse e dei costi.

La Work Breakdown Structure è uno strumento di Project Management, di cui ci si avvale, soprattutto in fase di pianificazione per organizzare e scomporre il processo costruttivo in vari Work Package (WP: attività di lavoro) per ottimizzare la comprensione del progetto e definire maggiormente tempistiche e risorse.



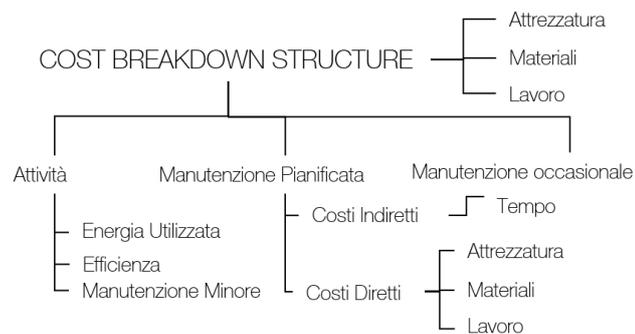
Fonte: Elaborazione dell'Autore

L'Organization Breakdown Structure è uno strumento in grado di organizzare e individuare gli attori coinvolti nei vari settori di progetto, al fine di assegnare le responsabilità ed i compiti in base alla molteplicità delle attività di lavoro.



Fonte: Elaborazione dell'Autore

La Cost Breakdown Structure, permette di avere una visione complessiva e schematizzata delle varie risorse economiche in base alle attività di lavoro.



Fonte: Elaborazione dell'Autore

La destrutturazione del progetto viene inoltre esplicitata attraverso la realizzazione di una matrice bidimensionale, la matrice R.A.C.I., utile per individuare i gradi di responsabilità di ogni membro del team e associarli a ogni pacchetto di lavoro. L'acronimo R.A.C.I. sta ad individuare i gradi di responsabilità quali: Responsible, Accountable, Consulted, Informed.

Task \ Ruolo	Ruolo 1	Ruolo 2	Ruolo 3	Ruolo 4	Ruolo 5	Ruolo 6	Ruolo 7
Task 1	R		C				
Task 2	R		A				
Task 3	R		I	A			I
Task 4							
Task 5						R	
Task 6							
Task 7		I	C	C			R

Responsible (R): è colui che esegue ed assegna l'attività
 Accountable (A): è colui che ha la responsabilità sul risultato dell'attività
 Consulted (C): è colui che aiuta e collabora con il Responsible per l'esecuzione dell'attività
 Informed (I): è colui che deve essere informato al momento dell'esecuzione dell'attività

Fonte: Elaborazione dell'Autore

Per quanto riguarda la comprensione e analisi delle tempistiche di progetto, il cronoprogramma, i diagrammi di Gantt, i grafici di workflow ed i diagrammi causa effetto sono utili strumenti in grado di dettagliare il più possibile le specifiche di progetto, analizzare gli scostamenti temporali tra le lavorazioni, per comprendere le cause di slittamento e dunque avere dei riferimenti immediati in modo da ottimizzare i tempi e le risorse.

	ATTIVITA'	Durata	Mese 1	Mese 2	Mese 3	
1		2 settimane	■			
2		3 settimane		■		
3		5 settimane			■	
4		4 settimane		■		
5		2 settimane			■	
6		3 settimane			■	
7		1 settimane				■

Fonte: Elaborazione dell'Autore

Questi strumenti sono in grado di mettere in relazione i diversi ambiti su cui si basa il triplice vincolo, come ad esempio la Cost Breakdown Structure in cui si pongono in relazione Risorse e Attività, Il diagramma di Gantt, per cui si possono i fattori di Tempo e Attività, il calcolo dell'Earned Value mette in relazione Costo e Tempo.

Dunque tali risorse permettono di avere delle triangolazioni che inquadrano i punti critici di lavoro e, semplificando la comprensione, indirizzano le attività ottimizzando tempi, risorse e ruoli necessari per il completamento del progetto. Questi strumenti supportano passaggi operativi particolarmente importanti per l'applicazione di metodi più complessi, quali per esempio il citato metodo Earned Value.

Nel caso della proposta di progetto della Passerella ciclopedonale, lo studio del processo di realizzazione è stato analizzato a partire dall'applicazione degli strumenti di Work Breakdown Structure e diagramma di Gantt, di cui si riporta in seguito la rappresentazione grafica inerente alle tempistiche, alle risorse ed alle attività della proposta di progetto.

Uno Studio sui criteri di Analisi dei progetti

(Tempi, Costi, Qualità)

2.1. Ricerca sui criteri di Analisi

Nel procedere ad un'analisi dei fattori principali riguardanti la progettazione e la costruzione del manufatto, ci si soffermerà sulle fasi riguardanti la Messa in opera del manufatto e la sua Costruzione.

Inquadrando tale metodologia di analisi rispetto allo specifico settore delle costruzioni, si intende analizzare le fasi di progetto per un manufatto edilizio, dalla fase di avvio e concezione fino ad arrivare allo smaltimento dello stesso.

CICLO DI VITA DEL MANUFATTO

B - 1-Avio

A - 2-Pianificazione

C - 3-Progettazione

C - 4-Costruzione

D - 5-Esercizio/Manutenzione

D - 6-Smaltimento

Le lettere A, B, C e D al fianco delle voci indicano l'appartenenza alle quattro voci consecutive che inquadrano il processo di Project Construction Management:

Project Construction Management

A- Pianificazione / Obiettivi

B- Programmazione

C- Esecuzione lavori

D- Monitoraggio e Controllo

Nel caso del progetto di passerella le fasi che si andranno ad analizzare riguardano le attività di Esecuzione lavori- C e Monitoraggio e Controllo- D.

Di seguito si riporta uno schema che evidenzia le fasi che verranno analizzate:



Fonte: Immagine elaborata dall'autore

2.2. La Tabella dei criteri di analisi

A partire dagli elementi esplicitati all'interno del precedente paragrafo verrà riportata la tabella di Analisi sulla base della quale si tratterà lo sviluppo del progetto.

La seguente scheda è tripartita secondo i parametri fondamentali su cui si basa la disciplina del Project Management:

- La sezione Tempo
- La sezione Costo
- La sezione Qualità

2.2.1. Tabella analisi Tempi

TEMPI
Tempi di Avvio
Tempi di Pianificazione
Tempi di Progettazione
<u>Tempi di Costruzione</u>
Tempi di estrazione materia prima
Tempi di produzione del materiale
Tempi di produzione del semilavorato
Tempi di trasporto
<u>Tempi di messa in opera</u>
<u>Tempi di Manutenzione</u>
Manutenzione Straordinaria
Manutenzione Ordinaria
Tempi di Smaltimento

Dalla scheda verranno analizzati solo i fattori evidenziati in modo da comprendere le scelte progettuali più adeguate per l'ottimizzazione del progetto secondo il fattore Tempo riguardante la proposta di progetto della passerella.

I fattori presi in analisi sono:

- Tempi di Costruzione (sommatoria delle durate);
- Tempi di Messa in opera (stima delle durate delle lavorazioni e cronoprogramma);
- Tempi di Manutenzione (programma di manutenzione).

2.2.2. Tabella analisi Costi

COSTI
Costi di Avvio
Costi di Pianificazione
Costi di Progettazione
<u>Costi di Costruzione</u>
Costi di estrazione materia prima
Costi di produzione del materiale
Tot Costi Messa in opera
<u>Tot Costi unitari del Materiale</u>
Costi di produzione del semilavorato
Costi di trasporto
Impatto Ambientale
Provenienza- Lontananza
<u>Costi di messa in opera</u>
Costi di Manutenzione
Manutenzione Straordinaria
Manutenzione Ordinaria
Costi di Smaltimento

Dalla scheda verranno analizzati solo i fattori evidenziati in modo da comprendere le scelte progettuali più adeguate per l'ottimizzazione del progetto secondo il fattore Economico riguardante il progetto della passerella.

I fattori presi in analisi sono:

- Costi di costruzione (costi totali di costruzione e dei macrogruppi);
- Costi di Messa in opera (elenco dei costi di ogni lavorazione e computo metrico estimativo);
- Costi Unitari di materiale (elenco prezzi unitari).

2.2.3. Tabella Analisi Qualità

QUALITA'
Qualità Fisiche:
<u>Quantità Materiali</u>
Massa
Reperibilità
Qualità Materiali
Tipologia Materiale
Difficoltà di Realizzazione
<u>Facilità di Manutenzione/Sostituzione</u>
Facilità di Smaltimento
Qualità Locative
Posizione del Progetto
Quantità di Servizi
Tipologia di Servizi
Qualità Sociali
<u>Quantità di Servizi</u>
<u>Tipologia di Servizi</u>

Dalla scheda verranno analizzati solo i fattori evidenziati in modo da comprendere le scelte progettuali più adeguate per l'ottimizzazione del progetto secondo il fattore Qualitativo riguardante il progetto della passerella.

I fattori presi in analisi sono:

- Quantità di Materiali (tipologia materiali e qualità);
- Manutenzione (piano di manutenzione);
- Quantità di servizi;
- Tipologia di Servizi.

Le modalità con cui verranno analizzati gli obiettivi e i dati riferiti al progetto della passerella verranno spiegati dai seguenti schemi.

2.3. Fase di analisi delle modalità di Valutazione e Verifica

Le tecniche di valutazione riferite ai dati di progetto oggetto di analisi sono state differenziate a seconda dei gradi di dettaglio. Si dividono in valutazioni Qualitative, più generali ed in larga scala, ed in valutazioni Quantitative, dove è prevista una valutazione numerica più dettagliata.

TIPOLOGIA	TECNICA DI VALUTAZIONE
COMPUTO QUANTITA' APPROSSIMATE	Confronta i costi unitari per unità di superficie del maggior numero possibile di recenti interventi, considerando le modifiche relative allo specifico progetto in esame.
STIMA CUBATURA	Si moltiplica la cubatura ponderale totale dell'edificio per il relativo indice di costo al mq.
STIMA SUPERFICIE	Si moltiplica la superficie ponderale totale dell'edificio per il relativo indice di costo al mq.

È possibile inoltre riscontrare differenti gradi di analisi e ambiti inerenti alla verifica di fattibilità di un progetto. Attraverso un'analisi approfondita di questi fattori si dedurrà la possibilità di costruzione di un progetto.

Verifica di Fattibilità

AMBITO	DOCUMENTAZIONE E ANALISI
GIURIDICO	Piani urbanistici e paesaggistici, Vincoli Archeologici o Architettonici, Leggi e norme di Settore
PROGETTUALE	Indagini Geologico-Geotecniche, Analisi Topografica, Presenza di Servizi
ESECUTIVO	Realizzabilità operativa dell'intervento, Realizzabilità Temporale del progetto
ECONOMICO	Convenienza Economica del Progetto, Verifica della Capacità finanziaria del Committente, Rischio
GESTIONALE	Costi di gestione, Capacità Gestionali del Committente
MANUTENTIVO	Programma di Manutenzione, Costi di Manutenzione nella vita dell'opera

2.4. Fase di Raccolta dei Dati

Per valutare Quantitativamente la proposta di Progetto è necessario individuare i dati relativi al caso studio in modo da rendere più chiara la fase analitica e ricavare una valutazione più precisa.

	Caso Studio	Strumenti PM
COSTRUZIONE	Fasi costruttive (Elenco operazioni, elenco lavorazioni)	WBS, GANTT, Matrici
QUANTITA' FISICHE	Computi Metrici (Quantità, Tipologie, Distanze)	Tabelle
COSTI	Computi Estimativi (Costi operazioni, costi materiali)	CBS

Per valutare la proposta di progetto, si necessita di database e prezzari riferiti all'anno di costruzione e alla regione appartenente del caso studio relativo. Nello specifico caso del progetto passerella ciclopedonale si analizzerà il Prezzario del caso studio utilizzato durante la fase progettuale.

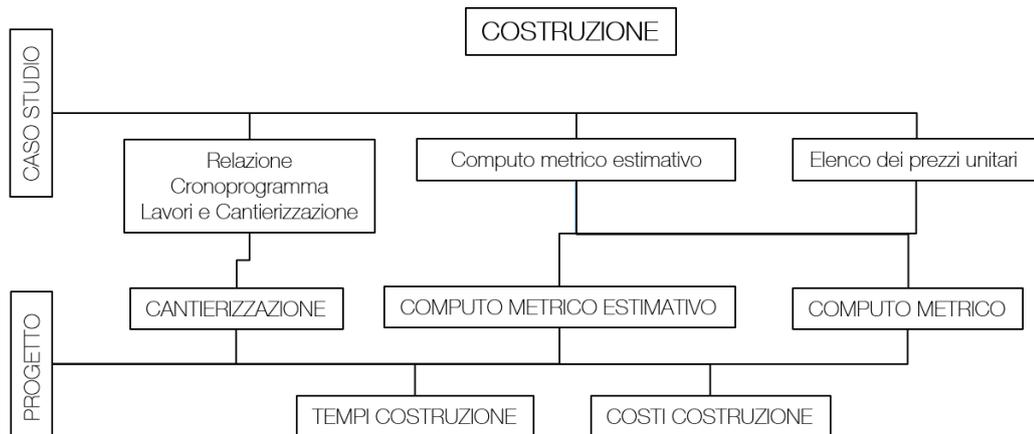
FASE	DATI
Costruzione	Prezzario Opere Edili, Prezzario Regionale
Manutenzione	Prezzario Opere Edili, Prezzario Regionale

Il progetto Caso Studio, la passerella Expo Merlata, è stata stimata sulla base del prezzario della Regione Lombardia 2012 e quindi il Computo metrico di progetto riporta le attività di lavoro ed i costi unitari con il cifrario corrispondente all'anno 2012.

Per il progetto della passerella sul Sesia invece è stato utilizzato il Prezzario della regione Piemonte dell'anno 2016 perché più completo del prezzario dell'anno corrente.

Riportando all'interno di una tabella le attività necessarie per l'analisi valutativa dei progetti coinvolti e differenziandoli secondo le attività ed i documenti utilizzati, si ricaveranno i seguenti grafici riferiti alle fasi di Costruzione e Manutenzione.

2.4.1. Costruzione



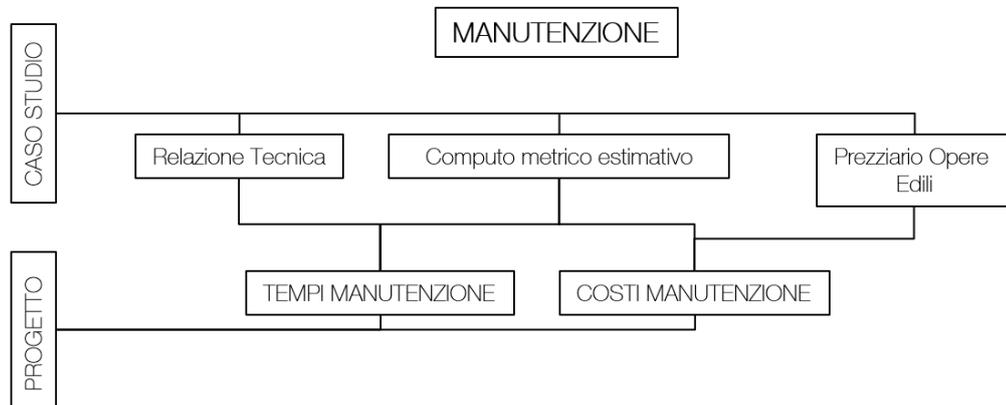
Fonte: Immagine elaborata dall'autore

Riguardo l'analisi della fase di Costruzione della proposta di progetto, verranno confrontati i documenti del Caso Studio Passerella EXPO Merlata. In particolare utilizzerò le informazioni contenute nei documenti quali:

- WA-7-3-6616 Relazione Cantierizzazione;
- WA-7-3-6624 Cronoprogramma Lavori;
- WA-7-3-6718 Computo Metrico Estimativo;
- WA-7-3-6719 Elenco prezzi Unitari;

Da tali documenti si otterranno le informazioni necessarie alla stesura del Diagramma di Gantt ed al Computo Metrico Estimativo della proposta di progetto.

2.4.2. Manutenzione



Fonte: Immagine elaborata dall'autore

Riguardo l'analisi della fase di Manutenzione della proposta di progetto, verranno confrontati i documenti del Caso Studio Passerella EXPO Merlata. In particolare utilizzerò le informazioni contenute nei documenti quali:

- WA-7-3-6616 Relazione Cantierizzazione;
- WA-7-3-6697 Piano di Manutenzione;
- WA-7-3-6718 Computo Metrico Estimativo.

Da tali documenti si otterranno le informazioni necessarie alla stesura del piano di manutenzione relativo alla proposta di progetto.

Analisi Gestionale

Nel seguente paragrafo si andranno ad analizzare i progetti inerenti al caso studio PEM Passerella Expo Merlata ed al progetto per la passerella sul fiume Sesia.

3.1. Caso Studio Passerella EXPO Merlata

Partendo dall'analisi del caso studio, preso come riferimento per la progettazione della passerella sul Sesia, si procederà con l'analisi dei dati di progetto inseriti all'interno delle relazioni e delle tavole tecniche di progetto esecutivo ufficiali del progetto PEM.

3.1.1. Dati Anagrafici

ANAGRAFICA	PEM
Nome	Passerella EXPO Merlata
Tipologia	Passerella Pedonale
Progetto Preliminare	Ufficio di Piano EXPO 2015 spa Dir. Construction & amp; S. M.
Progetto esecutivo	Metropolitana Milanese SPA
Inizio Lavori	2014
Fine Lavori	2015
Inaugurazione	2015
Apertura	2015
Stato Attuale	In Uso
Posizione	EXPO Milano 2015, Rho, Milano, Lombardia, Italia
Coordinate	45°30'56.4"N 9°06'13.8"E
Committente	EXPO 2015 SPA
Finanziamento	EXPO 2015 SPA

Fonte: Tabella elaborata dall'autore

Da: www.expo2015.org

3.1.2. Dati Fisici

DATI	PEM
Struttura	Reticolare
Funzione	Ponte pedonale e ciclabile
Materiali	Acciaio, Calcestruzzo
Lunghezza	341 m
Larghezza	6,5 - 7,9 m
Altezza	9 - 4,4 m
Campate	65 e 80 m (lato Expo) / 50, 105 e 41 m (lato Cascina Merlata)
Numero di campate	5
Altezza libera sotto il ponte	variabile
Capienza persone	72.000 pers/gg
Superficie Coperta	2694 mq
Servizi Presenti all'interno del Progetto	solo funzione passerella

Fonte: Tabella elaborata dall'autore

I documenti utilizzati per l'analisi del Caso Studio Passerella EXPO Merlata appartengono all'insieme di documenti del Progetto Esecutivo presentato in data maggio 2013 revisionati il 29 aprile 2013 ed infine emessi in data 22 febbraio 2013.

3.1.3. La Work Breakdown Structure

La WBS di progetto del caso studio è divisa in tre principali attività, scomposte in sotto lavorazioni. Le tre attività o Deliverable di progetto sono: Attività di costruzione lato Cascina Merlata (LME), Attività di Costruzione Lato Piazzale dell'Acqua (LEX) ed infine le attività riguardanti l'intera Opera (IOP).

I primi due deliverable di progetto, ovvero lato Cascina Merlata (LME) e Lato Piazzale dell'Acqua (LEX) comprendono le fasi di lavorazione riguardanti le opere civili come scavi e fondazioni dei due lati e le opere strutturali. L'attività riguardante l'intera Opera (IOP) invece comprende le sotto attività quali lavorazioni di finitura, Impianti, Operazioni di varo ecc.

La WBS di progetto della **Passerella Expo Merlata** si presenta secondo tale scomposizione:

WBS	Nome attività
WA.07.E.LME	Passerella- Lato C. Merlata
WA.07.E.LME.01	OPERE CIVILI
WA.07.E.LME.02	OPERE STRUTTURALI

WBS	Nome attività
WA.07.E.LEX	Passerella- Lato Expo - P.zza dell'acqua
WA.07.E.LEX.01	OPERE CIVILI
WA.07.E.LEX.02	OPERE STRUTTURALI

WBS	Nome attività
WA.07.E.IOP	Passerella - Intera Opera
WA.07.E.IOP.02	OPERE STRUTTURALI
WA.07.E.IOP.03	OPERE DI FINITURA ARCHITETTONICA
WA.07.E.IOP.05	IMPIANTI ELETTRICI
WA.07.E.IOP.06	IMPIANTI SPECIALI ICT
WA.07.E.IOP.07	IMPIANTI MECCANICI
WA.07.E.IOP.08	IMPIANTO DI SOLLEVAMENTO
WA.07.E.IOP.09	SOTTO SERVIZI

3.1.4. FASE: COSTRUZIONE

Durante l'analisi della fase costruttiva del progetto caso studio, si andranno ad evidenziare e analizzare i parametri della disciplina del Project Management: i tempi, i costi e gli aspetti qualitativi riferiti alla fase di costruzione.

3.1.4.1. TEMPI di Costruzione

Come è possibile consultare dai documenti ufficiali di progetto, quali:

- WA_7-3-6624 – Cronoprogramma dei lavori;
- WA_7-3-6625 – Fasi di cantiere: inquadramento;
- WA_7-3-6711 – Fasi di cantiere: varo dei conci in carpenteria metallica – tav. 1/2;
- WA_7-3-6712 – Fasi di cantiere: varo dei conci in carpenteria metallica – tav. 2/2;

i tempi di costruzione per la realizzazione complessiva del manufatto sono di 365 giorni.

“Tale durata, come disposto dall’art. 40 comma 3 del DPR 207/2010, ricomprende anche la prevedibile incidenza dei giorni di andamento stagionale sfavorevole ed è stata stimata con riferimento al fatto che le attività di cantiere si svolgano per 6 giorni lavorativi su 7 settimanali complessivi, su un unico turno di lavoro”.

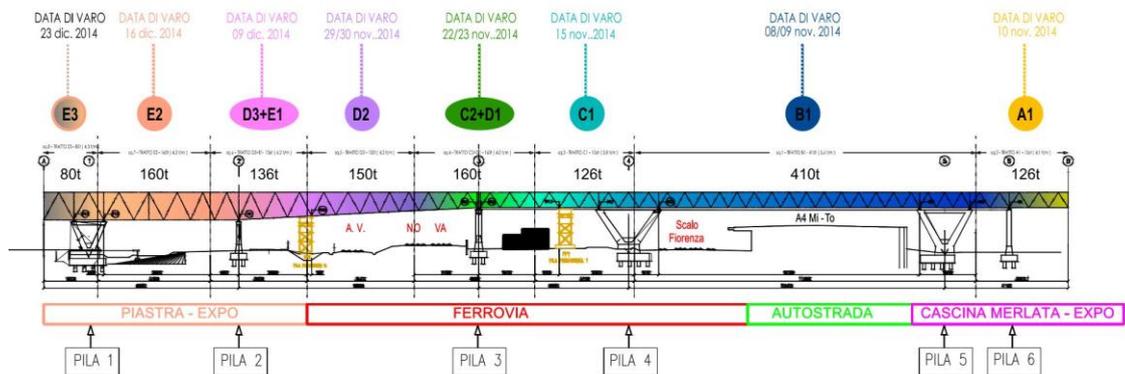
(Da: WA_7-E-G-CN-6616-FG –RELAZIONE CRONOPROGRAMMA LAVORI E CANTIERIZZAZIONE)

Secondo il Cronoprogramma dei lavori ufficiale esecutivo per il progetto della passerella, ovvero il documento “WA_7-3-6624 – Cronoprogramma dei lavori” l’organizzazione delle lavorazioni di cantiere è stata organizzata secondo tale schedulazione fisica e temporale.

WBS	Nome attività	Durata
WA.07.E	REALIZZAZIONE PASSERELA	365 g
WA.07.E.LME	Passerella- Lato C. Merlata	144 g
WA.07.E.LME.01	OPERE CIVILI	56 g
WA.07.E.LME.02	OPERE STRUTTURALI	140 g
WA.07.E.LEX	Passerella- Lato Expo - P.zza dell'acqua	190 g
WA.07.E.LEX.01	OPERE CIVILI	7 g
WA.07.E.LEX.02	OPERE STRUTTURALI	186 g
WA.07.E.IOP	Passerella - Intera Opera	365 g
WA.07.E.IOP.02	OPERE STRUTTURALI	50 g
WA.07.E.IOP.03	OPERE DI FINITURA ARCHITETTONICA	228 g
WA.07.E.IOP.05	IMPIANTI ELETTRICI	122 g
WA.07.E.IOP.06	IMPIANTI SPECIALI ICT	75 g
WA.07.E.IOP.07	IMPIANTI MECCANICI	35 g
WA.07.E.IOP.08	IMPIANTO DI SOLLEVAMENTO	55 g
WA.07.E.IOP.09	SOTTO SERVIZI	23 g

Il crono programma si divide equamente su tutta la durata dei lavori organizzando in successione le operazioni di costruzione, finiture, allacciamenti degli impianti.

Le attività di costruzione della struttura metallica si suddividono in cinque sotto attività ovvero nei cinque conci chiamati TRATTA A, TRATTA B e TRATTA C (lato Cascina Merlata), TRATTA D e TRATTA E (lato Piazzale dell'Acqua).



Fonte: Documenti Passerella Expo Merlata

Per la fase di costruzione della Passerella EXPO è stato scelto in fase di progetto di procedere in parallelo per la costruzione delle fasi delle pile preferendo avere una maggiore quantità di manodopera con tempi ridotti, piuttosto che una minore manodopera con dei tempi di costruzione maggiori. Inoltre le attività che riguardano l'intera opera iniziano ancor prima del varo dei Conci prefabbricati, iniziando con le

operazioni di finitura e finendo con le attività di impianto elettrico, impianto speciale ed impianto idrico sanitario.

3.1.4.2. COSTI di Costruzione

I costi di costruzione della Passerella EXPO Merlata corrispondono ad un totale di 11.394.879,20 €.

I dati sono stati presi in riferimento dai documenti numero WA_7-3-6718 CME e WA_7-3-6719 EPU, rispettivamente Computo Metrico Estimativo ed Elenco Prezzi Unitari, inseriti all'interno dei documenti ufficiali di Progetto Esecutivo.

Nella tabella che segue vengono riportate in ordine l'elenco delle attività con il loro codice WBS con accanto il prezzo totale delle varie unità da computo riferite alla determinata attività.

Le cifre NON sono state suddivise secondo le tipologie di costi (unità, materiali, affitto attrezzatura, manodopera), ma sono state riunite in un'unica cifra totale.

Tali costi si dividono in questo modo:

WBS	Nome attività	Costo
WA.07.E	REALIZZAZIONE PASSERELA	€ 11.394.879,20
WA.07.E.LME	Passerella- Lato C. Merlata	€ 3.564.357,53
WA.07.E.LME.01	OPERE CIVILI	€ 89.739,65
WA.07.E.LME.01.01	Tratto A	€ 25.340,53
WA.07.E.LME.01.01.01	Scavi - movimenti terre	€ 25.340,53
WA.07.E.LME.01.02	Tratto B	€ 41.713,32
WA.07.E.LME.01.02.01	Scavi - movimenti terre	€ 41.713,32
WA.07.E.LME.01.03	Tratto C	€ 22.685,80
WA.07.E.LME.01.03.01	scavi - movimenti terre	€ 22.685,80
WA.07.E.LME.02	OPERE STRUTTURALI	€ 3.474.617,88
WA.07.E.LME.02.01	Tratto A	€ 732.116,24
WA.07.E.LME.02.01.08	Palificazioni e Diaframmi	€ 18.807,84
WA.07.E.LME.02.01.07	Sottofondazioni - fondazioni - plinti	€ 9.695,86
WA.07.E.LME.02.01.09	Pila P6	€ 54.396,90
WA.07.E.LME.02.01.16	Opere a completamento Strutture	€ 1.015,41
WA.07.E.LME.02.01.14	Carpenteria Metallica (montaggio)	€ 581.519,07
WA.07.E.LME.02.01.11	Solai - partizioni orizzontali	€ 66.681,16
WA.07.E.LME.02.02	Tratto B	€ 1.775.605,34
WA.07.E.LME.02.02.08	Palificazioni e Diaframmi	€ 56.518,72
WA.07.E.LME.02.02.06	Opere Prowvisionali	€ 470.802,74
WA.07.E.LME.02.02.07	Sottofondazioni - fondazioni - plinti	€ 34.932,85
WA.07.E.LME.02.02.09	Pila P5	€ 175.852,39
WA.07.E.LME.02.02.16	Opere a completamento Strutture	€ 3.108,60
WA.07.E.LME.02.02.14	Carpenteria Metallica (montaggio)	€ 989.571,02
WA.07.E.LME.02.02.11	Solai - partizioni orizzontali	€ 44.819,02
WA.07.E.LME.02.03	Tratto C	€ 966.896,30
WA.07.E.LME.02.03.08	Palificazioni	€ 79.758,72
WA.07.E.LME.02.03.06	Opere Prowvisionali	€ 154.505,82
WA.07.E.LME.02.03.07	Sottofondazioni - fondazioni - plinti	€ 34.649,33
WA.07.E.LME.02.03.09	Pila P4	€ 185.658,54
WA.07.E.LME.02.03.14	Carpenteria Metallica (montaggio)	€ 491.201,22

WA.07.E.LME.02.03.11	Solai - partizioni orizzontali	€ 21.122,67
WA.07.E.LEX	Passerella- Lato Expo - P.zza dell'acqua	€ 2.806.481,19
WA.07.E.LEX.01	OPERE CIVILI	€ 28.748,49
WA.07.E.LEX.01.04	Tratto D	€ 20.965,85
WA.07.E.LEX.01.04.01	Scavi - movimenti terre	€ 20.965,85
WA.07.E.LEX.01.05	Tratto E	€ 7.782,64
WA.07.E.LEX.01.05.01	Scavi - movimenti terre	€ 7.782,64
WA.07.E.LEX.02	OPERE STRUTTURALI	€ 2.777.732,70
WA.07.E.LEX.02.04	Tratto D	€ 1.157.285,72
WA.07.E.LEX.02.04.08	Palificazioni e Diaframmi	€ 42.154,88
WA.07.E.LEX.02.04.06	Opere Prowvisionali	€ 152.773,96
WA.07.E.LEX.02.04.07	Sottofondazioni - fondazioni - plinti	€ 14.529,58
WA.07.E.LEX.02.04.09	Pila P3	€ 65.137,19
WA.07.E.LEX.02.04.16	Opere a completamento Strutture	€ 3.207,93
WA.07.E.LEX.02.04.14	Carpenteria Metallica (montaggio)	€ 845.609,75
WA.07.E.LEX.02.04.11	Solai - partizioni orizzontali	€ 33.872,43
WA.07.E.LEX.02.05	Tratto E	€ 1.620.446,98
WA.07.E.LEX.02.05.08	Palificazioni	€ 43.055,04
WA.07.E.LEX.02.05.06	Opere Prowvisionali	€ 68.542,02
WA.07.E.LEX.02.05.07	Sottofondazioni - fondazioni - plinti	€ 14.529,58
WA.07.E.LEX.02.05.09	Pile	€ 223.224,85
WA.07.E.LEX.02.05.14	Carpenteria Metallica	€ 1.178.382,70
WA.07.E.LEX.02.05.16	Opere a completamento Strutture (giunti, rinforzi strutture, esistenti, ecc.)	€ 621,72
WA.07.E.LEX.02.05.11	Solai - partizioni orizzontali	€ 92.088,07
WA.07.E.IOP	Passerella - Intera Opera	€ 5.024.040,48
WA.07.E.IOP.02	OPERE STRUTTURALI	€ 385.254,62
WA.07.E.IOP.02.06	Intero Lotto	€ 385.254,62
WA.07.E.IOP.02.06.12	Impalcato - appoggi	€ 385.254,62
WA.07.E.IOP.02.06.12.01	Varo Tratto B	€ 77.050,92
WA.07.E.IOP.02.06.12.02	Varo Tratto A	€ 77.050,92
WA.07.E.IOP.02.06.12.03	Varo Tratto C	€ 77.050,92
WA.07.E.IOP.02.06.12.04	Varo Tratto D	€ 77.050,92
WA.07.E.IOP.02.06.12.05	Varo Tratto E	€ 77.050,92
WA.07.E.IOP.03	OPERE DI FINITURA ARCHITETTONICA	€ 2.394.505,90
WA.07.E.IOP.03.06	Intero Lotto	€ 2.394.505,90
WA.07.E.IOP.03.06.23	Coperture	€ 167.373,12
WA.07.E.IOP.03.06.34	Opere di impermeabilizzazione e sigillature	€ 107.716,57
WA.07.E.IOP.03.06.30.06	Opere da Vetraio	€ 392.121,80
WA.07.E.IOP.03.06.33	Opere da Lattoniere (pluviali, gronde, linee vita)	€ 94.627,12
WA.07.E.IOP.03.06.22	Rivestimenti	€ 1.161.307,30
WA.07.E.IOP.03.06.19	Sottofondi - massetti - cappe	€ 44.640,64
WA.07.E.IOP.03.06.20	Pavimentazioni Interne	€ 124.448,76
WA.07.E.IOP.03.06.24	Opere da Fabbro (parapetti, corimani)	€ 211.844,96
WA.07.E.IOP.03.06.41	Percorsi Tattili e Segnaletica	€ 47.555,82
WA.07.E.IOP.05	IMPIANTI ELETTRICI	€ 686.133,96
WA.07.E.IOP.05.06	Intero Lotto	€ 686.133,96
WA.07.E.IOP.05.06.44	Impianti di distribuzione primaria	€ 209.201,87
WA.07.E.IOP.05.06.45	Impianti di distribuzione secondaria	€ 275.937,28
WA.07.E.IOP.05.06.46	Corpi Illuminanti zone comuni e aree esterne	€ 87.896,41
WA.07.E.IOP.05.06.48	Impianti di terra e protezione scariche atmosferiche	€ 11.564,96
WA.07.E.IOP.05.06.49	Quadri elettrici	€ 33.241,73
WA.07.E.IOP.05.06.50	Apparecchiature Package	€ 34.220,28
WA.07.E.IOP.05.06.51	Apparecchiature varie	€ 34.071,43
WA.07.E.IOP.06	IMPIANTI SPECIALI ICT	€ 788.199,69
WA.07.E.IOP.06.06	Intero Lotto	€ 788.199,69
WA.07.E.IOP.06.06.45	Impianti di distribuzione secondaria	€ 166.286,32
WA.07.E.IOP.06.06.57	Impianti di diffusione sonora	€ 109.861,85
WA.07.E.IOP.06.06.58	Impianti di controllo e supervisione	€ 24.549,15
WA.07.E.IOP.06.06.61	Impianto di controllo accessi	€ 12.730,60
WA.07.E.IOP.06.06.62	Impianto di rilevazione Incendi	€ 54.209,62
WA.07.E.IOP.06.06.63	Impianto telefonico - citofoni - info	€ 121.632,48

WA.07.E.IOP.06.06.64	Impianto videosorveglianza	€ 113.070,39
WA.07.E.IOP.06.06.65	Rete cavi e impianto Trasmissione Dati dedicato agli impianti	€ 170.466,86
WA.07.E.IOP.0.06.66	Predisposizioni per gli impianti ICT	€ 15.392,42
WA.07.E.IOP.07	IMPIANTI MECCANICI	€ 268.747,93
WA.07.E.IOP.07.06	Intero Lotto	€ 268.747,93
WA.07.E.IOP.07.06.71	Impianto idrico-sanitario	€ 163.721,55
WA.07.E.IOP.07.06.72	Impianto antincendio e sprinkler	€ 3.619,51
WA.07.E.IOP.07.06.74	Opere a completamento impianti meccanici	€ 101.406,87
WA.07.E.IOP.08	IMPIANTO DI SOLLEVAMENTO	€ 358.038,24
WA.07.E.IOP.08.06	Intero Lotto	€ 358.038,24
WA.07.E.IOP.08.06.75.01	Ascensore A	€ 52.459,12
WA.07.E.IOP.08.06.75.02	Ascensore E	€ 52.459,12
WA.07.E.IOP.08.06.76.01	Scala Mobile A	€ 126.560,00
WA.07.E.IOP.08.06.76.02	Scala Mobile E	€ 126.560,00
WA.07.E.IOP.09	SOTTO SERVIZI	€ 83.949,44
WA.07.E.IOP.09.06	Intero Lotto	€ 83.949,44
WA.07.E.IOP.09.06.03	Demolizioni - Rimozioni - Disfacimenti - Perfori - Tracce	€ 13.042,26
WA.07.E.IOP.09.06.01	Scavi - movimenti terre	€ 35.653,63
WA.07.E.IOP.09.06.07	Sottofondazioni - Fondazioni - Plinti	€ 6.816,31
WA.07.E.IOP.09.06.77	Opere civili impianti elettrici	€ 2.473,67
WA.07.E.IOP.09.06.78	Opere civili impianti speciali	€ 7.834,33
WA.07.E.IOP.09.06.80	Reti Esterne acque bianche	€ 18.129,24

Riassumendo l'elenco WBS in correlazione ai Costi possiamo così avere le somme complessive di costruzione riferite ai tre macrogruppi di divisione della WBS.

WBS	Nome attività	Costo
WA.07.E	REALIZZAZIONE PASSERELA	€ 11.394.879,20
WA.07.E.LME	Passerella- Lato C. Merlata	€ 3.564.357,53
WA.07.E.LME.01	OPERE CIVILI	€ 89.739,65
WA.07.E.LME.02	OPERE STRUTTURALI	€ 3.474.617,88
WA.07.E.LEX	Passerella- Lato Expo - P.zza dell'acqua	€ 2.806.481,19
WA.07.E.LEX.01	OPERE CIVILI	€ 28.748,49
WA.07.E.LEX.02	OPERE STRUTTURALI	€ 2.777.732,70
WA.07.E.IOP	Passerella - Intera Opera	€ 5.024.040,48
WA.07.E.IOP.02	OPERE STRUTTURALI	€ 385.254,62
WA.07.E.IOP.03	OPERE DI FINITURA ARCHITETTONICA	€ 2.394.505,90
WA.07.E.IOP.05	IMPIANTI ELETTRICI	€ 686.133,96
WA.07.E.IOP.06	IMPIANTI SPECIALI ICT	€ 788.199,69
WA.07.E.IOP.07	IMPIANTI MECCANICI	€ 268.747,93
WA.07.E.IOP.08	IMPIANTO DI SOLLEVAMENTO	€ 358.038,24
WA.07.E.IOP.09	SOTTO SERVIZI	€ 83.949,44

WBS	Nome attività	Costo
WA.07.E	REALIZZAZIONE PASSERELA	€ 11.394.879,20
WA.07.E.LME	Passerella- Lato C. Merlata	€ 3.564.357,53
WA.07.E.LEX	Passerella- Lato Expo - P.zza dell'acqua	€ 2.806.481,19
WA.07.E.IOP	Passerella - Intera Opera	€ 5.024.040,48

Possiamo notare come la fase di realizzazione del lato Cascina Merlata (tratte A, B e C) sia di fatto più costosa del lato Piazzale dell'Acqua (tratte D ed E).

Il tratto A – C, è infatti caratterizzato da una struttura avente la carpenteria metallica più uniforme e più lunga, composta in questo modo:

Carpenteria Metallica:

- Tratto A: 126 tonnellate;
- Tratto B: 410 tonnellate;
- Tratto C: 206 tonnellate.

Numero di Pile: 4

Le Tratte D – E invece hanno una struttura metallica più corta, sono quasi un terzo della struttura totale, hanno una luce maggiore in altezza e le pile sono differenti e più piccole rispetto al restante della struttura, quindi un minore consumo di materiale e di manodopera considerando il trasporto dei conci e dei semilavorati.

Carpenteria Metallica:

- Tratto D: 298 tonnellate;
- Tratto E: 308 tonnellate.

Numero di Pile: 2

3.1.4.3. Qualità

Andando ad analizzare il fattore qualitativo, per primo si può evidenziare come l'intera struttura della Passerella EXPO Merlata sia costituita da un reticolo in acciaio e da pile in calcestruzzo armato: è composta da cinque conci aventi una struttura di tipo Warren che, precedentemente assemblati in officina di cantiere, costituiscono le cinque tratte di intervento.

Per la loro realizzazione sono stati utilizzati profilati di acciaio di qualità S355J0 a sezione rettangolare disposti in modo da creare un reticolo che distribuisca i carichi uniformemente sulle travi tubolari in acciaio poste alla base dell'impalcato e di conseguenza sulle pile.

Il peso totale della struttura in carpenteria metallica è di 1.348 tonnellate, escludendo il peso delle pile, degli impalcati, e dei rivestimenti.

Le pile di sostegno della passerella sono 6 in totale e presentano dimensioni variabili in base alla posizione, alla struttura ed al peso dell'impalcato.

Il rivestimento di copertura della carpenteria è formato da lastre di acciaio forate agganciate a tubolari in acciaio che hanno la funzione di collegamento tra le lastre e di aggancio alla struttura totale.

La Passerella EXPO Merlata svolge la funzione di scavalco di ferrovia ed autostrada per garantire l'accesso all'area EXPO 2015. Svolge inoltre funzione di controllo accessi e di distribuzione di affluenza di persone complementare alla Passerella EXPO Fiera.

3.1.5. FASE: MANUTENZIONE

Riguardo all'aspetto Manutentivo del manufatto, la coordinazione e la redazione del piano di manutenzione è stato svolta in questo modo:

"Il piano di manutenzione è il documento complementare al progetto esecutivo che prevede, pianifica e programma tenendo conto degli elaborati progettuali esecutivi dell'intera opera l'attività di manutenzione, al fine di mantenerne nel tempo la funzionalità, le caratteristiche di qualità l'efficienza ed il valore economico (DPR 5 ottobre 2010, n. 207, art. 38) e comprende:

1. manuale d'uso; 2. manuale di manutenzione; 3. programma di manutenzione."

Da: WA_7-E-G-PM-6697-PIANO DI MANUTENZIONE DELL'OPERA E DELLE SUE PARTI

I tre documenti inseriti complementari ai documenti di progetto esecutivi per la realizzazione del progetto della passerella descrivono ed elencano le lavorazioni e le peculiarità da mantenere nel tempo per il corretto utilizzo del manufatto. Tali documenti descrivono appunto le attività da eseguire durante la fase di utilizzo del bene in modo da garantire una maggiore durata di vita del manufatto soprattutto sotto l'aspetto economico e gestionale.

3.1.5.1. Manuale D'uso

Il manuale d'uso descrive le modalità di uso delle singole parti che compongono il manufatto, in particolare gli impianti tecnologici. Tale manuale contiene le informazioni utili all'utente in modo da conoscere gli aspetti e le modalità di uso corretto, per garantire una maggiore durata di vita delle singole parti componenti. All'interno del manuale sono contenute le seguenti informazioni:

- Collocazione delle parti del manufatto;
- Rappresentazioni grafiche;
- Descrizioni e modalità di utilizzo.

3.1.5.2. Manuale Di Manutenzione

Il manuale di manutenzione descrive le modalità di manutenzione straordinaria e ordinaria delle parti più importanti e delicate del manufatto. Tale documento è importante perché contiene le indicazioni necessarie a garantire riflessi sulla sicurezza dell'ambiente, sulla salute e di compensazione ambientale.

All'interno del manuale sono contenute le seguenti informazioni:

- Collocazione delle parti del manufatto;
- Rappresentazioni grafiche;
- Descrizioni inerenti alle risorse necessarie;
- Livello minimo di prestazioni;
- Anomalie riscontrabili;
- Manutenzioni eseguibili sia dall'utente singolo che dal personale autorizzato.

3.1.5.3. Programma Di Manutenzione

Il programma di manutenzione elenca le tipologie di lavorazioni necessarie a garantire il corretto utilizzo del manufatto. Al suo interno sono disposte le attività ordinarie e straordinarie, sia occasionali che programmate nel tempo, per le attività manutentive inerenti alle parti del manufatto.

All'interno del programma sono contenute le seguenti informazioni:

- Il sottoprogramma delle prestazioni;
- Il sottoprogramma dei controlli;
- Il sotto programma degli interventi di manutenzione.

Per l'analisi manutentiva del manufatto verrà presa in considerazione solo la descrizione del programma degli interventi per la gestione manutentiva del manufatto, ovvero la sezione contenente il programma di manutenzione.

Le attività di manutenzione, secondo il programma di manutenzione, sono state divise in sottoprogrammi, che comprendono le attività di controllo ed i relativi interventi di manutenzione.

Le attività di controllo hanno una frequenza semestrale mentre le attività di intervento hanno una frequenza per lo più stagionale o a seconda delle necessità. Ovviamente ogni parte componente il manufatto ha differenti caratteristiche rispetto ad altre, dunque, gli interventi sono differenti e con una frequenza ottimale per la corretta

gestione della parte interessata. Il programma prende in considerazione le modalità di utilizzo e di manutenzione, ordinaria e straordinaria, degli impianti di tipo meccanico-sanitario, meccanici- antincendio, impianti di sollevamento, le opere strutturali (con una frequenza annuale o secondo alle necessità) compreso le strutture in acciaio, le strutture in c.a. ovvero le pile e i sistemi di fondazione.

Le opere di finitura architettonica, secondo il programma di manutenzione, richiedono una necessità di controllo e manutenzione più frequente (frequenza settimanale) e comprende pavimentazioni, rivestimenti, percorsi tattili, copertura, botole, sistemi di distribuzione verticale fissa, parapetti corrimano e di conseguenza tutte le parti componenti soggette a sollecitazioni frequenti rispetto ad altre parti.

Riguardo gli impianti elettrici secondo il programma di manutenzione, le attività di controllo e di verifica sono state programmate con una frequenza bimestrale, mentre le attività di manutenzione delle parti hanno una frequenza annuale o a seconda delle necessità.

Proposta Di Progetto Passerella su fiume Sesia

All'interno del capitolo si procede all'analisi delle fasi di Costruzione e Manutenzione della proposta di progetto oggetto di tesi.

3.2.1. Dati Anagrafici

ANAGRAFICA	PASS
Nome	Passerella su fiume Sesia
Tipologia	Passerella Ciclopedonale Abitabile
Stato Attuale	Progetto Esecutivo
Posizione	Fiume Sesia, Greggio, Novara, Piemonte, Italia
Coordinate	45°27'36.9"N 8°23'57.2"E

Fonte: Tabella elaborata dall'autore

3.2.2. Dati Fisici

DATI	PASS
Struttura	Reticolare
Funzione	Ponte Ciclopedonale
Materiali	Acciaio, Calcestruzzo
Lunghezza	270 m
Larghezza	4,8 m
Altezza	12,76 m
Campate	78 m (dx), 78 m (sx), 82 m (centrale)
Numero di campate	3
Altezza libera sotto il ponte	6 m
Superficie Coperta	686 mq
Servizi Presenti all'interno del Progetto	Infermeria, Bagni, Servizi, Ristorante Bar, Cucina, Info point, Deposito

Fonte: Tabella elaborata dall'autore

Come precedentemente detto per l'analisi e la redazione dei dati di progetto della passerella su Sesia ci si è servito del riferimento del caso studio Passerella EXPO Merlata.

3.2.3. La Work Breakdown Structure

La WBS del progetto per la passerella sul Sesia è stata redatta secondo un adattamento della WBS del caso studio. La struttura della WBS si divide secondo tre deliverable principali riscontrabili nelle tre parti di cui si compone il progetto, ovvero: Attività di costruzione Lato A (R.A.), Attività di Costruzione Lato B (R.B.) ed infine le attività riguardanti l'intera Opera (R.AB.). Come per il caso studio i primi due macro gruppi comprendono le lavorazioni riguardanti le opere civili come scavi e fondazioni di entrambi i lati e opere strutturali. Il macrogruppo R.AB. comprende le attività di costruzioni quali finitura, impianti, operazioni di varo ecc.

La WBS di progetto della Passerella sul Sesia secondo tale scomposizione:

Attività di realizzazione Lato A

WBS	Nome attività
R.A	REALIZZAZIONE LATO A
R.A.1	OPERE CIVILI
R.A.2	OPERE STRUTTURALI
R.A.3	BLOCCO A

Attività di realizzazione Lato B

WBS	Nome attività
R.B	REALIZZAZIONE LATO B
R.B.1	OPERE CIVILI
R.B.2	OPERE STRUTTURALI
R.B.3	BLOCCO B

Attività di realizzazione intera opera AB

WBS	Nome attività
R.AB	REALIZZAZIONE INTERA OPERA
R.AB.1	OPERE STRUTTURALI
R.AB.2	OPERE DI FINITURA ARCHITETTONICA
R.AB.3	SISTEMAZIONI SUPERFICIALI
R.AB.4	IMPIANTI ELETTRICI
R.AB.5	IMPIANTI SPECIALI ICT
R.AB.6	IMPIANTI MECCANICI
R.AB.7	SOTTOSERVIZI

3.2.4. Fase Costruzione

L'analisi della fase inerente alla costruzione del progetto della passerella ciclopedonale sarà maggiormente approfondita rispetto all'analisi presentata per il caso studio, integrando al suo interno ulteriori funzioni, strumenti e grafici dimostrativi dei vari aspetti di progetto legati al triplice vincolo.

3.2.4.1. TEMPI di Costruzione

Come descritto nel Diagramma di Gantt del progetto della passerella, le tempistiche totali per la realizzazione delle varie lavorazioni si distribuiscono su una durata complessiva di 268 giorni lavorativi, in cui le attività di cantiere sono state calcolate secondo turni di lavoro settimanali di 6 giorni su 7 in un unico turno di lavoro di otto ore.

Tali attività, riportate all'interno del software di gestione Microsoft Project inizierebbero il 1 agosto 2018, data ipotetica scelta unicamente per fini didattici.

Le lavorazioni di cantiere presentano le seguenti tempistiche:

WBS	Nome attività	Durata	Inizio	Fine
R	REALIZZAZIONE PASSERELLA	268 giorni	mer 01/08/18	sab 08/06/19
R.A	REALIZZAZIONE LATO A	266 giorni	mer 01/08/18	gio 06/06/19
	Allestimento cantiere Lato A	4 giorni	mer 01/08/18	sab 04/08/18
R.A.1	OPERE CIVILI	262 giorni	lun 06/08/18	gio 06/06/19
R.A.2	OPERE STRUTTURALI	59 giorni	lun 06/08/18	ven 12/10/18
R.A.3	BLOCCO A	32 giorni	gio 23/08/18	ven 28/09/18
R.B	REALIZZAZIONE LATO B	264 giorni	lun 06/08/18	sab 08/06/19
	Allestimento cantiere Lato A	4 giorni	lun 06/08/18	gio 09/08/18
R.B.1	OPERE CIVILI	260 giorni	ven 10/08/18	sab 08/06/19
R.B.2	OPERE STRUTTURALI	59 giorni	ven 10/08/18	mer 17/10/18
R.B.3	BLOCCO B	32 giorni	mar 28/08/18	mer 03/10/18
R.AB	REALIZZAZIONE INTERA OPERA	264 giorni	mer 01/08/18	mar 04/06/19
	Allestimento cantiere Intera Opera	4 giorni	mer 01/08/18	sab 04/08/18
R.AB.1	OPERE STRUTTURALI	44 giorni	ven 07/09/18	sab 27/10/18
R.AB.2	OPERE DI FINITURA ARCHITETTONICA	120 giorni	lun 15/10/18	sab 02/03/19
R.AB.3	SISTEMAZIONI SUPERFICIALI	11 giorni	lun 06/08/18	ven 17/08/18
R.AB.4	IMPIANTI ELETTRICI	90 giorni	mer 16/01/19	mar 30/04/19
R.AB.5	IMPIANTI SPECIALI ICT	40 giorni	ven 15/03/19	mar 30/04/19
R.AB.6	IMPIANTI MECCANICI	30 giorni	mer 01/05/19	mar 04/06/19
R.AB.7	SOTTOSERVIZI	19 giorni	lun 06/08/18	lun 27/08/18
	FINE ATTIVITA'	0 giorni	sab 08/06/19	sab 08/06/19

Secondo la stima della quantità delle lavorazioni a ora, si individua una maggiore concentrazione di ore di lavoro per i primi mesi di costruzione, ovvero quelli che vanno da agosto 2018 a settembre 2018. Tali ore di lavorazioni subiscono una diminuzione di quantità, che dalle 500 ore mensili di lavoro arriveranno con le operazioni di finitura ed impianti durante gli ultimi mesi di costruzione ovvero marzo, aprile, maggio e giugno 2019 a una totalità di ore pari a 100.

Di seguito si riportano i grafici con i quantitativi di lavoro stimati e gli andamenti mensili del periodo di costruzione.

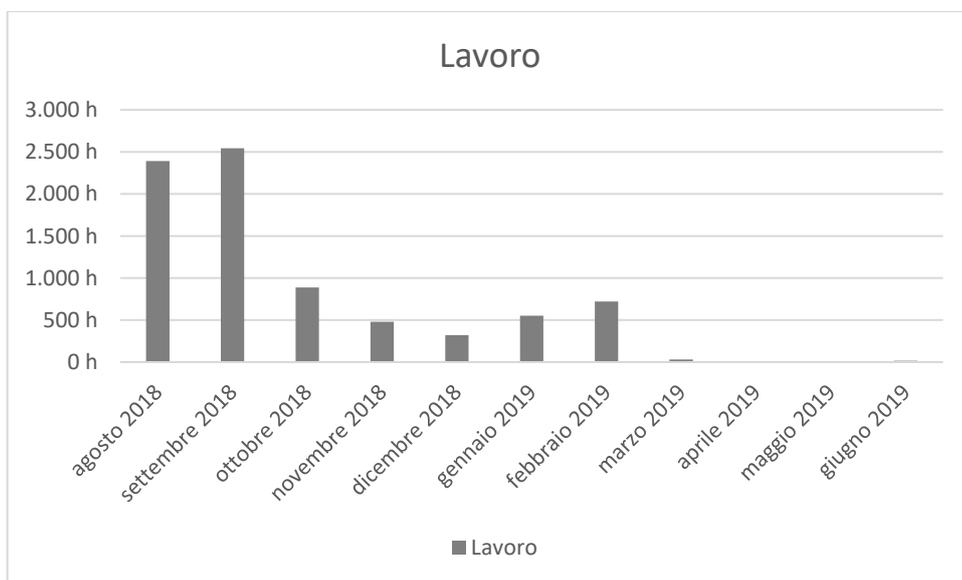


Grafico1. Lavoro mese/ tot ore

Fonte: Immagine elaborata dall'autore

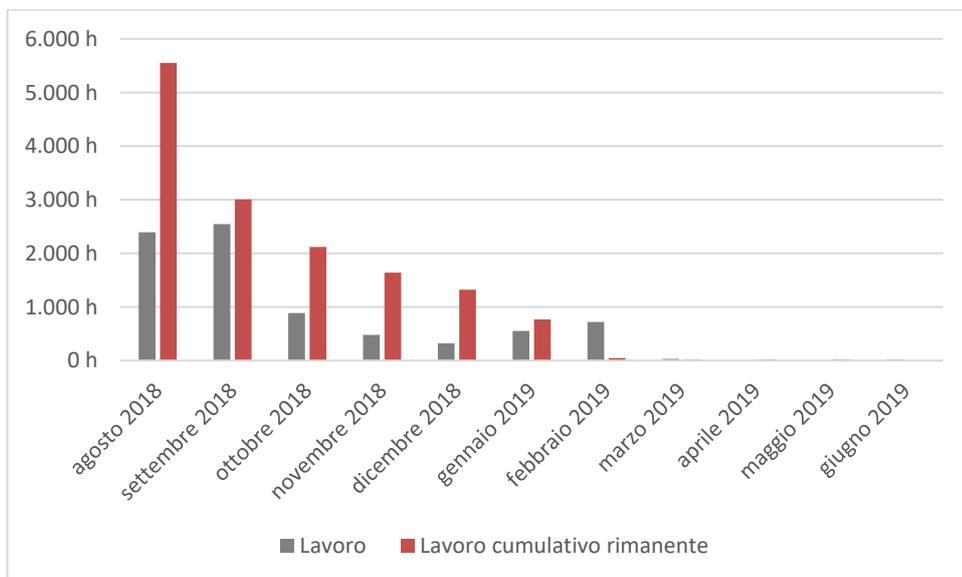
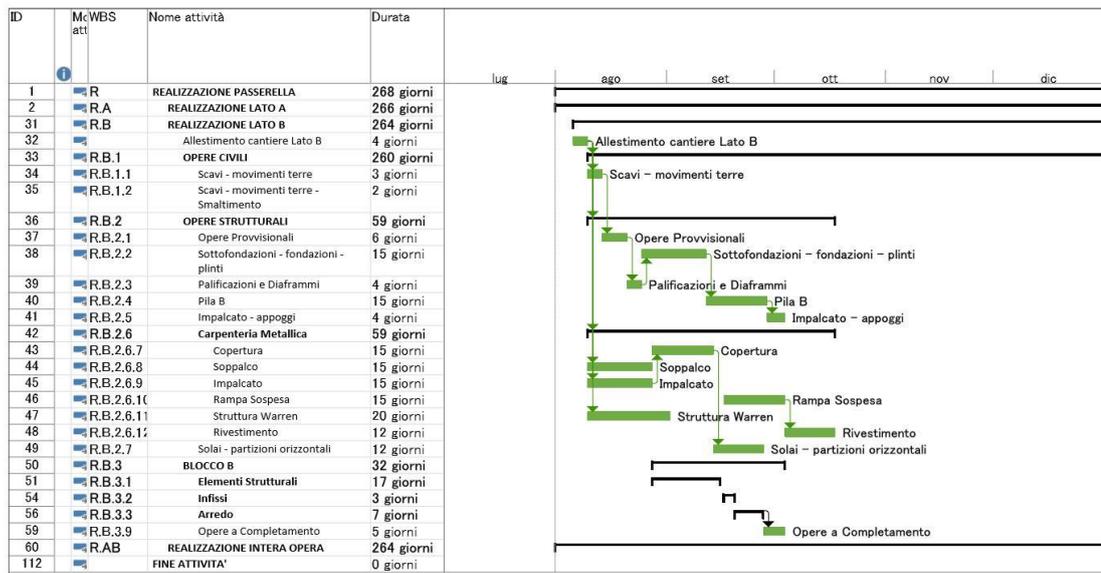


Grafico2. Lavoro cumulativo mese/ tot ore

Fonte: Immagine elaborata dall'autore

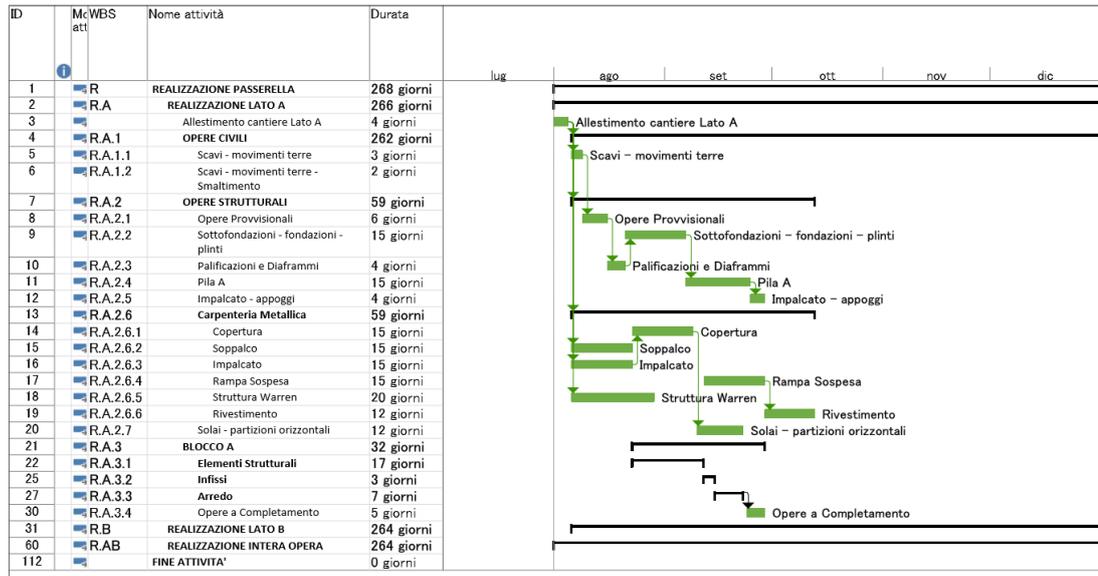
L'andamento delle barre in rosso di lavoro cumulativo decrescerà proporzionalmente alle barre in grigio riferite alla quantità di lavorazioni previste ad oggi. Nel momento in cui le barre rosse arriveranno alla stessa altezza delle barre grigie si sarà raggiunto l'equilibrio di costanza.

Estratto Diagramma di Gantt_ Realizzazione Lato A_Lavorazioni



Fonte: Immagine elaborata dall'autore

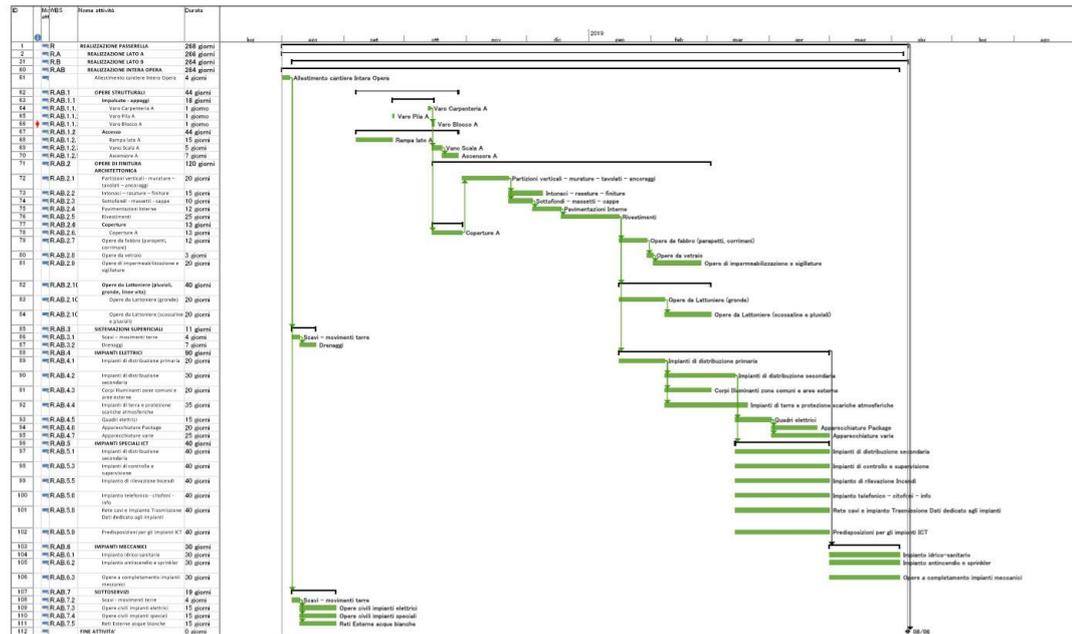
Estratto Diagramma di Gantt _ Realizzazione Lato B_Lavorazioni



Fonte: Immagine elaborata dall'autore

Le lavorazioni riguardanti le opere civili e le opere strutturali della realizzazione del lato B di progetto sono uguali alle lavorazioni del lato A, ma si è proceduto a uno scostamento delle ultime in modo da garantire l'impossibilità di sovrapposizione delle attività di scavo delle fondazioni, creazione delle berlinesi e di creazione degli accessi.

Estratto Diagramma di Gantt _ Realizzazione Intera Opera RAB_Lavorazioni



Fonte: Immagine elaborata dall'autore

Le Attività riguardanti l'intera Opera R.AB sono state organizzate con un andamento più costante e rateizzato rispetto ai primi due deliverable del Lato A (R.A.) e Lato B (R.B.). Le sovrapposizioni sono state inserite solo nelle attività dedicate agli impianti in modo da garantire l'intero spazio di lavoro solo alle attività più puntuali.

La stima delle tempistiche di progetto è stata fatta dopo un'analisi delle grandezze del caso studio, agli elementi presenti, alle dimensioni ed alle lavorazioni necessarie.

Le attività di lavorazione delle fasi iniziali, ovvero la realizzazione delle carpenterie, degli scavi e le operazioni di realizzazione delle fondazioni, come per il caso studio, sono state organizzate in modo da avere una prevalenza sui tempi, per ottenere tempi ridotti ma con una maggiore quantità di manodopera. Dopo il mese di settembre il numero di lavorazioni in sovrapposizione verranno ridotte e di conseguenza i tempi saranno maggiori.

3.2.4.2. COSTI di Costruzione

I costi di costruzione della proposta di progetto della passerella su Sesia corrispondono ad un totale di € 2.879.073,57. I dati sono stati calcolati confrontando le lavorazioni, i materiali, e la manodopera dal Computo Metrico Estimativo del caso studio PEM. Tali dati poi sono stati analizzati, riadattati in base alle dimensioni di progetto. Infine le quantità risultate dalle analisi sono state stimate tramite il Prezzario Regione Piemonte dell'anno 2016, perché più completo rispetto a quello dell'anno corrente.

I prezzi unitari della proposta di progetto sono stati confrontati con i prezzi unitari del caso studio, ovvero con il Prezzario Regione Lombardia 2012, e sono risultati abbastanza differenti anche se la totalità dei costi dei vari macro gruppi rimane simile.

Per la stesura del computo metrico sono state riportate le quantità delle lavorazioni con i codici del prezzario.

Per il progetto della passerella è stato computato ed analizzato SOLO il lato A dell'intera struttura, tale scelta è stata pensata in modo da rendere la totalità del lavoro dimostrativa a fini didattici.

Per quanto riguarda il lato opposto della passerella, la sua struttura è completamente uguale, l'unica variazione sta nelle dimensioni, nelle funzioni e nelle necessità comprese per la realizzazione del blocco abitabile B.

All'interno del computo metrico l'analisi dei costi degli impianti ELETTRICO, SPECIALE, MECCANICO E SOTTOSERVIZI è stata fatta in modo proporzionale rispetto al caso studio tenendo i vincoli: dimensioni, funzioni, necessità e parti interessate comprese.

Nella successiva tabella sono riportate in ordine l'elenco delle attività con il loro codice WBS con accanto il prezzo totale delle varie unità da computo riferite alla determinata attività.

Le cifre NON sono state suddivise secondo le tipologie di costi (unità, materiali, affitto attrezzatura, manodopera), ma sono state riunite in un'unica cifra totale.

WBS	Nome attività	Costo
R	REALIZZAZIONE PASSERELLA	€ 2.879.073,57
R.A	REALIZZAZIONE LATO A	€ 1.640.563,70
R.A.1	OPERE CIVILI	€ 2.155,02
R.A.1.1	Scavi - movimenti terre	€ 1.995,36
R.A.1.2	Scavi - movimenti terre - Smaltimento	€ 159,66

R.A.2	OPERE STRUTTURALI	€ 1.537.357,07
R.A.2.1	Opere Provisionali	€ 6.202,27
R.A.2.2	Sottofondazioni - fondazioni - plinti	€ 14.813,16
R.A.2.3	Palificazioni e Diaframmi	€ 3.955,32
R.A.2.4	Pila A	€ 5.471,74
R.A.2.5	Impalcato - appoggi	€ 14.356,48
R.A.2.6	Carpenteria Metallica	€ 1.386.750,50
R.A.2.6.1	Copertura	€ 24.342,69
R.A.2.6.2	Soppalco	€ 19.201,89
R.A.2.6.3	Impalcato	€ 29.810,19
R.A.2.6.4	Rampa Sospesa	€ 20.685,49
R.A.2.6.5	Struttura Warren	€ 962.026,31
R.A.2.6.6	Rivestimento	€ 330.683,93
R.A.2.7	Solai - partizioni orizzontali	€ 105.807,60
R.A.3	BLOCCO A	€ 101.051,61
R.A.3.1	Elementi Strutturali	€ 89.063,51
R.A.3.1.1	Partizioni Orizzontali	€ 74.828,25
R.A.3.1.2	Partizioni Verticali	€ 14.235,26
R.A.3.2	Infissi	€ 4.084,68
R.A.3.2.1	Montaggio Prefabbricati	€ 4.084,68
R.A.3.3	Arredo	€ 7.512,93
R.A.3.3.1	Impianti	€ 1.889,05
R.A.3.3.2	Disabile	€ 5.623,88
R.A.3.4	Opere a Completamento	€ 390,49
R.AB	REALIZZAZIONE INTERA OPERA	€ 1.238.509,87
R.AB.1	OPERE STRUTTURALI	€ 205.923,91
R.AB.1.1	Impalcato - appoggi	€ 195.224,96
R.AB.1.1.1	Varo Carpenteria A	€ 192.634,06
R.AB.1.1.2	Varo Pila A	€ 1.295,45
R.AB.1.1.3	Varo Blocco A	€ 1.295,45
R.AB.1.2	Accesso	€ 10.698,95
R.AB.1.2.1	Rampa lato A	€ 5.554,00
R.AB.1.2.3	Vano Scala A	€ 1.197,55
R.AB.1.2.5	Ascensore A	€ 3.947,40
R.AB.2	OPERE DI FINITURA ARCHITETTONICA	€ 146.078,20
R.AB.2.1	Partizioni verticali - murature – tavolati – ancoraggi	€ 8.191,80
R.AB.2.2	Intonaci – rasature – finiture	€ 5.850,70
R.AB.2.3	Sottofondi - massetti - cappe	€ 196,35
R.AB.2.4	Pavimentazioni Interne	€ 253,50
R.AB.2.5	Rivestimenti	€ 1.850,00
R.AB.2.6	Coperture	€ 88.417,72
R.AB.2.6.1	Coperture A	€ 88.417,72
R.AB.2.7	Opere da fabbro (parapetti, corrimani)	€ 10.175,04
R.AB.2.8	Opere da vetraio	€ 524,40
R.AB.2.9	Opere di impermeabilizzazione e sigillature	€ 23.470,74
R.AB.2.10	Opere da Lattoniere (pluviali, gronde, linee vita)	€ 7.147,95
R.AB.2.10.1	Opere da Lattoniere (gronde)	€ 6.075,08
R.AB.2.10.2	Opere da Lattoniere (scossaline e pluviali)	€ 1.072,87
R.AB.3	SISTEMAZIONI SUPERFICIALI	€ 11.507,76

R.AB.3.1	Scavi – movimenti terre	€ 9.980,66
R.AB.3.2	Drenaggi	€ 1.527,10
R.AB.4	IMPIANTI ELETTRICI	€ 370.000,00
R.AB.4.1	Impianti di distribuzione primaria	€ 100.000,00
R.AB.4.2	Impianti di distribuzione secondaria	€ 100.000,00
R.AB.4.3	Corpi Illuminanti zone comuni e aree esterne	€ 70.000,00
R.AB.4.4	Impianti di terra e protezione scariche atmosferiche	€ 10.000,00
R.AB.4.5	Quadri elettrici	€ 30.000,00
R.AB.4.6	Apparecchiature Package	€ 30.000,00
R.AB.4.7	Apparecchiature varie	€ 30.000,00
R.AB.5	IMPIANTI SPECIALI ICT	€ 245.000,00
R.AB.5.1	Impianti di distribuzione secondaria	€ 80.000,00
R.AB.5.3	Impianti di controllo e supervisione	€ 10.000,00
R.AB.5.5	Impianto di rilevazione Incendi	€ 20.000,00
R.AB.5.6	Impianto telefonico - citofoni - info	€ 50.000,00
R.AB.5.8	Rete cavi e impianto Trasmissione Dati dedicato agli impianti	€ 80.000,00
R.AB.5.9	Predisposizioni per gli impianti ICT	€ 5.000,00
R.AB.6	IMPIANTI MECCANICI	€ 233.000,00
R.AB.6.1	Impianto idrico-sanitario	€ 150.000,00
R.AB.6.2	Impianto antincendio e sprinkler	€ 3.000,00
R.AB.6.3	Opere a completamento impianti meccanici	€ 80.000,00
R.AB.7	SOTTOSERVIZI	€ 27.000,00
R.AB.7.2	Scavi - movimenti terre	€ 10.000,00
R.AB.7.3	Opere civili impianti elettrici	€ 5.000,00
R.AB.7.4	Opere civili impianti speciali	€ 2.000,00
R.AB.7.5	Reti Esterne acque bianche	€ 10.000,00
	FINE ATTIVITA'	€ 0,00

In particolare le quantità per le opere in carpenteria metallica sono state divise e calcolate secondo la tabella seguente (riportata nelle tavole di progetto).

R.A.02 OPERE STRUTTURALI													€ 1.537.357,08	
WBS	Oggetto	Codice PRP 2016	Tipo	Area	Dimensioni sez.	Lunghezza	Spessore	Densità	Massa	Volume	Valuta	Quantità	Totale	
				m ²	mm	m	m	d	kg	mc	euro	um	a	euro
R.A.02.01	Opere Provisionali													€ 6.202,25
	Micropali	01.A03.B50.020		81		36,00					€ 116,24	m		€ 4.184,64
	Cassaforma Fondazione	02.P30.G05.010		51,84							€ 38,92	m ²		€ 2.017,61
R.A.02.02	Sottofondazioni - fondazioni - pilati													€ 14.813,16
	Cassaforma Fondazione	02.P30.G05.010	CSA	51,84							€ 38,92	m ²		€ 2.017,61
	Piantamento Pali Piloti	01.A03.A10.005		51,84		28,80					€ 15,34	m		€ 441,79
	Trivellazione Pali	01.A03.A20.040		51,84		28,80					€ 428,95	m		€ 12.353,76
R.A.02.03	Palficazioni e Diaframmi													€ 3.955,32
	Formazione Micropali	02.P20.E05.030		81		36,00					€ 109,87	m		€ 3.955,32
R.A.02.04	Pila A													€ 5.471,74
	Pila	02.P10.C40.010	CSA	52,76		9					€ 64,79	mc		€ 3.418,32
	Cassaforma Pila	02.P30.G05.010		52,76							€ 38,92	m ²		€ 2.053,42
R.A.02.05	Impalcato - appoggi													€ 14.356,48
	Appoggio pila	02.P10.C40.010	CSA	51,84		5,92					€ 64,79	mc	4,00	€ 13.434,85
	Cassaforma Appoggio	02.P30.G05.010		51,84		5,92					€ 38,92	m ²	4,00	€ 921,63
R.A.02.06	Carpenteria Metallica													€ 1.386.750,52
	Pianta Copertura													€ 24.342,69
	Profilato in Acciaio	25.A09.B90.010	IFE 400	0,0084	400x180	4,00	-	7500	252,00	0,034	€ 1,62	€/kg	15,00	€ 6.123,60
	Profilato in Acciaio	25.A09.B90.010	HEA 280	0,0097	280x270	9,75	-	7500	709,31	0,095	€ 1,62	€/kg	15,00	€ 17.236,29
	Profilato in Acciaio	25.P02.B95.005	HEA 160	0,0039	160x152	4,00	-	7500	117,00	0,016	€ 0,56	€/kg	15,00	€ 982,80
	Pianta Soppalco													€ 19.201,89
	Profilato in Acciaio	25.A09.B90.010	HEA 280	0,0097	280x270	9,75	-	7500	709,31	0,095	€ 1,62	€/kg	15,00	€ 17.236,29
	Profilato in Acciaio	25.P02.B95.005	HEA 160	0,0039	160x152	4,00	-	7500	117,00	0,016	€ 0,56	€/kg	30,00	€ 1.965,60
	Pianta Impalcato													€ 29.810,19
	Profilato in Acciaio	25.P02.B95.005	HEA 160	0,0039	160x152	4,00	-	7500	117,00	0,016	€ 0,56	€/kg	15,00	€ 982,80
	Profilato in Acciaio	25.A09.B90.010	HEA 400	0,0159	300x390	4,00	-	7500	477,00	0,064	€ 1,62	€/kg	15,00	€ 11.591,10
	Profilato in Acciaio	25.A09.B90.010	HEA 280	0,0097	300x390	9,75	-	7500	709,31	0,095	€ 1,62	€/kg	15,00	€ 17.236,29
	Rampa sospesa													€ 20.685,50
	Profilato in Acciaio	25.A09.B90.010	HEA 280	0,0097	280x270	2,00	-	7500	145,50	0,019	€ 1,62	€/kg	8,00	€ 1.885,68
	Profilato in Acciaio	25.P02.B95.005	HEA 160	0,0039	160x152	2,00	-	7500	58,50	0,008	€ 0,56	€/kg	10,00	€ 327,60
	Ringhiera di protezione	24.A38.K01.005	Lavorato in ferro	0,075	-	65,77	-	-	-	-	€ 67,25	€/mq	2,00	€ 663,45
	Copertura	01.P12.F52.035	Pannello Calibrato	131,54	65,77x2	65,77	0,008	-	-	1,052	€ 31,79	mq	1,00	€ 4.181,66
	Pavimentazione	01.A07.F70.020	Solito Misto	131,54	65,77x2	65,77	0,200	-	-	26,308	€ 99,67	mq	1,00	€ 13.110,59
	Tubo C	01.P12.H20.020	Acciaio	0,0002	100x8	5,27	0,008	7500	7,91	0,001	€ 3,63	€/kg	18,00	€ 516,51
	Struttura Warren													€ 962.026,30
	Tubo B	01.P12.H20.020	Acciaio	0,033	300x300x30	7,50	0,030	7500	1856,25	0,248	€ 3,63	€/kg	66,00	€ 444.720,38
	Tubo A	01.P12.H20.020	Acciaio	0,03	400x350x20	9,75	0,020	7500	2193,75	0,293	€ 3,63	€/kg	60,00	€ 477.798,75
	Tubo C	01.P12.H20.020	Acciaio	0,0002	100x8	12,12	0,008	7500	18,18	0,002	€ 3,63	€/kg	64,00	€ 4.233,58
	Tubo D	01.P12.H20.020	Acciaio	0,027	400x300x20	6,00	0,020	7500	1215,00	0,162	€ 3,63	€/kg	8,00	€ 35.283,60
	Rivestimento			Area										€ 330.683,94
	Tubo E	01.P12.H20.020	Acciaio	0,0026	160x60x6	7,35	0,006	7500	143,33	0,019	€ 3,63	€/kg	182,00	€ 94.689,09
	Rivestimento	25.P02.C05.010	Acciaio B450C	917,97	200x150x12	134,99	0,012	7500	82617,30	11,016	€ 1,42	€/mq	2,00	€ 234.633,13
	Ringhiera di protezione	24.A38.K01.005	Lavorato in ferro	0,075	-	134,99	-	-	-	-	€ 67,25	€/mq	2,00	€ 1.361,71
R.A.02.07	Solai - partizioni orizzontali													€ 105.807,61
	Solito Copertura	01.P12.F52.035	Pannello Calibrato	343,008	71,46x4,8	71,46	0,012	-	-	4,116	€ 31,79	mq	1,00	€ 10.994,22
	Solito Soppalco	01.A07.F70.020	Solito Misto Acciaio Cemento	304,176	65,37x4,8	63,37	0,215	-	-	65,398	€ 99,67	mq	1,00	€ 30.817,22
	Solito Impalcato	01.A07.F70.020	Solito Misto Acciaio Cemento	648	135x4,8	135,00	0,215	-	-	139,320	€ 99,67	mq	1,00	€ 64.586,16

Fonte: Tabella elaborata dall'autore

Secondo la prima stima della quantità delle lavorazioni a ora, avremo una maggiore concentrazione di costi per i primi mesi di costruzione, ovvero, agosto 2018, settembre 2018 e ottobre 2018. Le quantità, successivamente caleranno fino ad avere uno standard di 100.000 - 150.000 euro mensili fino ad arrivare con le operazioni di finitura ed impianti durante gli ultimi mesi di costruzione ovvero marzo, aprile, maggio e giugno 2019 con una totalità di costi pari a 200.000 euro mensili.

Di seguito i grafici con i quantitativi di costo totali stimati e gli andamenti mensili del periodo di costruzione.

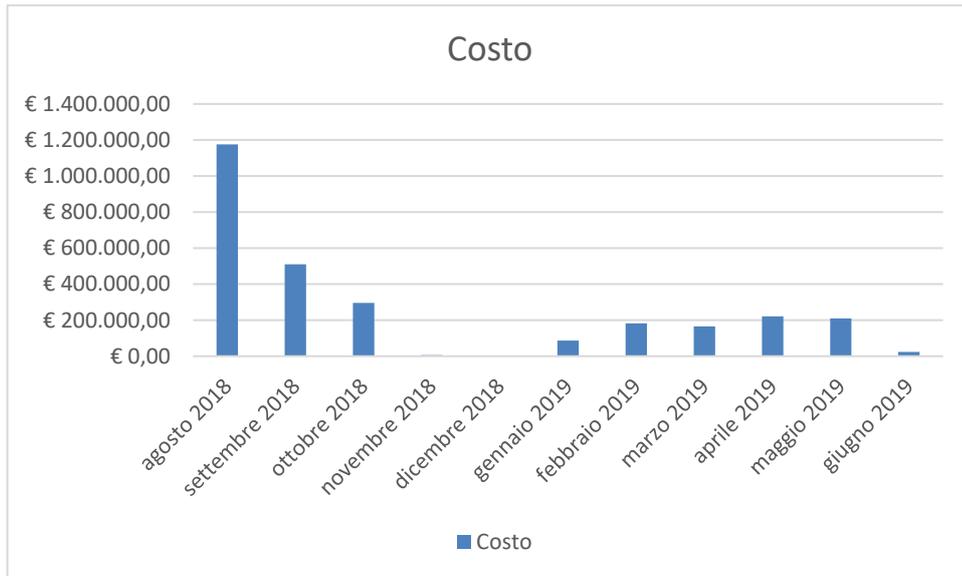


Grafico3. Costi mensili/ tot €
 Fonte: Immagine elaborata dall'autore

Dal seguente grafico si può notare come la linea di crescita dei costi cumulativi rimane costante i primi tre mesi, per poi stabilizzarsi a un livello di crescita minimale fino a risalire nei mesi da dicembre 2018 a maggio 2019.

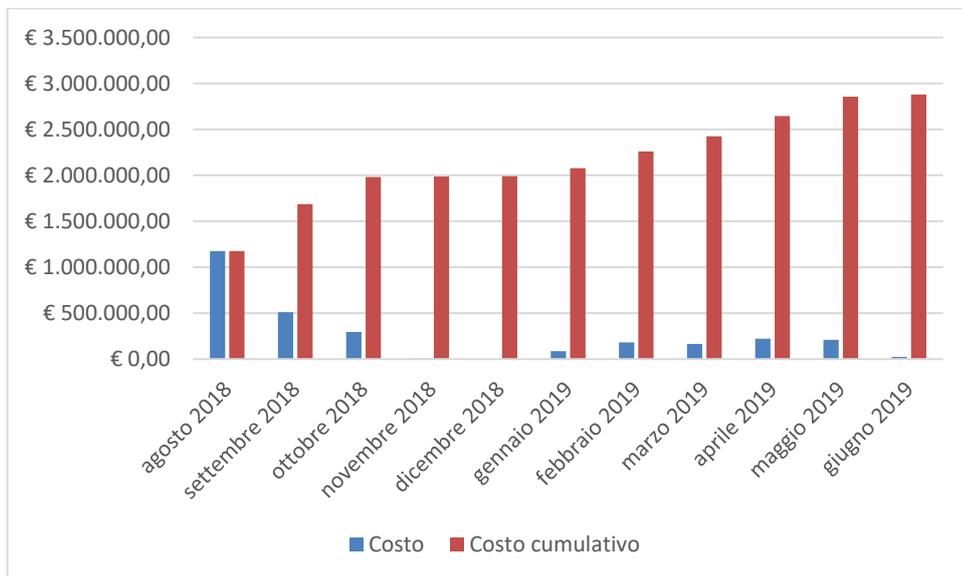


Grafico4. Costi mensili/costi cumulativi tot €
 Fonte: Immagine elaborata dall'autore

L'analisi dei costi è stata redatta inserendo i costi per ogni lavorazione in riferimento alle quantità per il loro costo unitario all'interno del software Microsoft Project nella rispettiva sezione delle risorse. Le varie voci sono state evidenziate e catalogate con il loro codice da prezzario, allegate alle voci di lavorazione interessate comprese nel computo metrico estimativo e organizzate in WBS.

Nome risorsa	Codice	Costo/Us	Iniziali	Unità max
R.A.01.01 Sbancamento	24.A05.A01.010	€ 117,04	R	100%
R.A.01.01 Sbancamento	01.A01.A15.010	€ 160,30	R	100%
R.A.01.01 Scavo di Fondazione	08.A01.A30.005	€ 1.718,02	R	100%
R.A.01.02 Ripresa Versanti	18.A05.A25.005	€ 159,66	R	100%
R.A.02.01 Cassaforma Fondazione	02.P30.G05.010	€ 2.017,61	R	100%
R.A.02.01 Micropali	01.A03.B50.020	€ 4.184,66	R	100%
R.A.02.02 Cassaforma Fondazione	02.P30.G05.010	€ 2.017,61	R	100%
R.A.02.02 Piantamento Pali Piloti	01.A03.A10.005	€ 441,79	R	100%
R.A.02.02 Trivellazione Pali	01.A03.A20.040	€ 12.353,76	R	100%
R.A.02.03 Formazione Micropali	02.P20.E05.030	€ 3.955,32	R	100%
R.A.02.04 Cassaforma Pila	02.P30.G05.010	€ 2.053,42	R	100%
R.A.02.04 Pila	02.P10.C40.010	€ 3.418,32	R	100%
R.A.02.05 Appoggio pila	02.P10.C40.010	€ 13.434,85	R	100%
R.A.02.05 Cassaforma Appoggio	02.P30.G05.010	€ 921,63	R	100%
R.A.02.06.01 Profilato in Acciaio1	25.A09.B90.010	€ 6.123,60	R	100%
R.A.02.06.01 Profilato in Acciaio2	25.A09.B90.010	€ 17.236,29	R	100%
R.A.02.06.01 Profilato in Acciaio3	25.P02.B95.005	€ 982,80	R	100%
R.A.02.06.02 Profilato in Acciaio4	25.A09.B90.010	€ 17.236,29	R	100%
R.A.02.06.02 Profilato in Acciaio5	25.P02.B95.005	€ 1.965,60	R	100%
R.A.02.06.03 Profilato in Acciaio6	25.P02.B95.005	€ 982,80	R	100%
R.A.02.06.03 Profilato in Acciaio7	25.A09.B90.010	€ 11.591,10	R	100%
R.A.02.06.03 Profilato in Acciaio8	25.A09.B90.010	€ 17.236,29	R	100%
R.A.02.06.04 Copertura	01.P12.F52.035	€ 4.181,66	R	100%
R.A.02.06.04 Pavimentazione	01.A07.F70.020	€ 13.110,59	R	100%
R.A.02.06.04 Profilato in Acciaio9	25.A09.B90.010	€ 1.885,68	R	100%
R.A.02.06.04 Profilato in Acciaio10	25.P02.B95.005	€ 327,60	R	100%
R.A.02.06.04 Ringhiera di protezione	24.A38.K01.005	€ 663,45	R	100%
R.A.02.06.04 Tubo C	01.P12.H20.020	€ 516,51	R	100%
R.A.02.06.05 Tubo A	01.P12.H20.020	€ 477.798,75	R	100%

3.2.4.3. Qualità

Rivolgendo l'analisi all'aspetto qualitativo del progetto per la passerella, l'intera struttura è composta, come per il caso studio, da un reticolato in acciaio di tipo Warren.

L'intera struttura è composta da quattro conci in acciaio prefabbricati in officina di cantiere. Le tratte di intervento sono quattro, dunque, e si dividono in a1, a2, b1, b2. I conci prefabbricati sono composti da impalcati di profilati metallici in acciaio di tipo HEA 160, HEA 280, HEA 400 e IPE 400 di qualità S355J0. I blocchi abitabili sono composti da telai in acciaio e da rivestimenti in lamiera grecata e pannelli coibentati in acciaio e schiuma di poliuretano. La passerella presenta una struttura che poggia su due pile molli in calcestruzzo armato perfettamente identiche e altre due basi ancorate a terra sugli argini del fiume, anche esse in calcestruzzo armato.

Il peso totale della carpenteria metallica è di 886 tonnellate, poco più della metà del peso totale della struttura metallica del caso studio. Questo comprende però anche la rampa ed il rivestimento del manufatto. Il rivestimento della struttura ricopre delle aree variabili sulle due facciate della passerella, è composto da una lamiera metallica forata per permettere il passaggio dell'aria. I pannelli di lamiera saranno sottoposti a processo di zincatura e verniciatura per tutelare l'aspetto e le condizioni ottimali del materiale. Tale rivestimento è imbullonato ad uno scheletro composto da tubolari in acciaio che svolgono la funzione di sostegno e controventatura.

Le rampe di accesso al piano soppalcato sono anche esse composte da profilati metallici HEA 160 e HEA 280.

Le funzioni presenti all'interno della proposta di progetto sono in elenco:

Blocco A

- Infermeria (9,60 mq);
- Servizi Igienici misti (9,65 mq);
- Servizi Igienici per disabili (4,41 mq);
- Servizi Igienici docce (9,65 + 9,95 mq);
- Deposito (4,41 mq).

Blocco B

- Internet point (14,91 mq);
- Dehor Ristorante (24,26 mq);
- Ristorante Bar Sala (36,75 mq);
- Deposito (4,41mq);

- Cucina (9,66 mq);
- Servizi Igienici Misti (9,66 mq);
- Servizi Igienici Bar personale (4,41 mq);
- Servizi Igienici disabili (4,41 mq).

3.2.5. Fase: Manutenzione

3.2.5.1. Programma di Manutenzione

Il programma di manutenzione per il progetto della passerella ciclopedonale sul fiume Sesia è sintetizzato nella tabella seguente, che evidenzia le parti componenti della struttura.

Oggetto	Sottoprogramma delle prestazioni	Frequenza	
		Controlli	Interventi di Manutenzione
STRUTTURA			
Pile	Prestazioni, Stabilità, Resistenza	Annuale	Secondo Necessità
Carpenteria Metallica			
Pianta Copertura	Prestazioni, Aspetto visivo, Pulizia	Annuale	Secondo Necessità
Pianta Soppalco	Prestazioni, Aspetto visivo, Pulizia	Annuale	Secondo Necessità
Pianta Impalcato	Prestazioni, Aspetto visivo, Pulizia	Annuale	Secondo Necessità
Struttura Warren	Prestazioni, Aspetto visivo, Pulizia	Annuale	Secondo Necessità
Rivestimento	Sicurezza, Aspetto visivo, Pulizia	Annuale	Ogni 6 mesi
Solai - partizioni orizzontali			
Solaio Copertura	Prestazioni, Sicurezza, Aspetto visivo, Pulizia	Annuale	Secondo Necessità
Solaio Soppalco	Prestazioni, Sicurezza, Aspetto visivo, Pulizia	Annuale	Secondo Necessità
Solaio Impalcato	Prestazioni, Sicurezza, Aspetto visivo, Pulizia	Annuale	Secondo Necessità
Coperture	Prestazioni, Sicurezza, Pulizia	Annuale	Secondo Necessità
Lattonomie			
Doccioni Gronde	Sicurezza e Aspetto visivo	Ogni 6 mesi	Stagionale
Canale di Gronda	Sicurezza e Aspetto visivo	Ogni 6 mesi	Stagionale
Gancio ferma neve	Sicurezza	Ogni 6 mesi	Stagionale
Vani Scala	Prestazioni, Sicurezza, Aspetto visivo, Pulizia	Annuale	Secondo Necessità
Rampa sospesa	Prestazioni, Sicurezza, Aspetto visivo, Pulizia	Annuale	Secondo Necessità
Arredo Esterno	Aspetto visivo, Pulizia	Ogni 4 mesi	Secondo Necessità
Ascensori	Prestazioni, Sicurezza, Aspetto visivo, Pulizia	Ogni mese	Secondo Necessità
BLOCCHI ABITABILI			
Elementi Strutturali	Prestazioni, Sicurezza, Aspetto visivo, Pulizia	Annuale	Secondo Necessità Ogni sei mesi/Secondo Necessità
Partizioni Orizzontali	Prestazioni, Aspetto visivo, Pulizia	Ogni mese	Ogni sei mesi/Secondo Necessità
Partizioni Verticali	Prestazioni, Aspetto visivo, Pulizia	Ogni 3 mesi	Ogni sei mesi/Secondo Necessità

Infissi Porte Interne	Prestazioni, Sicurezza, Aspetto visivo, Pulizia	Ogni 3 mesi	Ogni sei mesi/Secondo Necessità
Infissi Porte Esterne	Prestazioni, Sicurezza, Aspetto visivo, Pulizia	Ogni mese	Ogni sei mesi/Secondo Necessità
Infissi Serramenti Esterni			
Vetri	Prestazioni, Sicurezza, Aspetto visivo, Pulizia	Ogni mese	Ogni sei mesi/Secondo Necessità
Infissi	Prestazioni, Sicurezza, Aspetto visivo, Pulizia	Ogni mese Secondo Necessità	Ogni sei mesi/Secondo Necessità
Arredo Interno	Prestazioni, Aspetto visivo, Pulizia	Secondo Necessità	Secondo Necessità Ogni sei mesi/Secondo Necessità
Impianti	Prestazioni, Aspetto visivo, Pulizia	Ogni mese	Secondo Necessità Ogni sei mesi/Secondo Necessità

Fonte: Tabella elaborata dall'autore

Bibliografia

Occelli C., Palma R., Sassone M., La Ciclostrada del Canale Cavour. Una Via a Bassa velocità tra Torino e Milano, arabAFenice, 2012.

Fregonara E., Valutazione sostenibilità progetto. Life Cycle Thinking e indirizzi internazionali, Franco Angeli, 2015.

IPMA, Manuale delle competenze di Project Management, International Project Management Association, Luglio 2012.

Manzoni B., Caporarello L., Saviozzi F.A., L'architetto, Egea, 2014.

Project Management Institute, A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK® Guide), fourth Edition, Project Management Institute, 2008.

Allodi D., Project management per l'architettura. Definizione degli obiettivi, programmazione, esecuzione, controllo, attori e dinamiche, Edilizia, 2008.

Antinori M., Romero M., Passerelle Ciclopedonali in Acciaio, Casi Pratici ed esempi Realizzativi. Dario Flaccovio Editore, Palermo, 2017.

Articoli

Giugliano Costruzioni, Le strade dell'EXPO, PEM, Così si scavalcano cinque infrastrutture, 2017.

Della Venezia A., Ferugia G., Vergani G., Raccolta di Norme e Legge che interessano il mondo del Ciclista, Venezia, 2004.

Delucchi F., Strade & costruzioni, Expo 2015.

Fregonara E., Estimo e Project Management: l'orientamento disciplinare italiano, in "AESTIMUM 59", Dicembre 2011: 141-169

Sitografia

<http://animp.it>

<http://ipma.it>

<http://www.trivero-italy.com>

<https://piste-ciclabili.com>

<https://www.ckfiumi.net>

<http://www.regione.piemonte.it>

<https://www.pmi.org>

<http://www.edizionipei.it>

<http://www.promozioneacciaio.it>

<http://www.stefanorossi.info>

<http://www.expo.rai.it>

<http://www.confindustria.it>

<http://www.expo2015.org>

<http://www.ingegneri.info>

<http://www.giuglianocostruzionimetalliche.com>

<https://www.google.com/maps>

<http://euroimpex.lv/it>

<https://archweb.it>

Documentazione di Progetto

Prezzario Regione Piemonte 2016

Prezzario Regione Piemonte 2018

Prezzario Regione Lombardia 2012

Il nuovissimo Manuale dell'Architetto Zevi

Documentazione Caso Studio gentilmente concessa dall'Ing.
Andrea Galbusieri

Tavole di Progetto Esecutivo Passerella EXPO Merlata

WA_7-3-6616 Relazione cantierizzazione

WA_7-3-6624 Cronoprogramma lavori

WA_7-3-6625 Fasi Inquadramento

WA_7-3-6626 Fasi sotto servizi

WA_7-3-6695 Demolizione costruzione cantiere

WA_7-3-6697 PN-MNTZ

WA_7-3-6711 Fasi conci_1

WA_7-3-6712 Fasi Conci_2

WA_7-3-6718 Computo Metrico Estimativo

WA_7-3-6719 Elenco Prezzi Unitari

WA_7-3-6747 Planivolumetrico

WA_7-3-6748 INQ_MAN_PLAN_INT

WA_7-3-6749 Masterplan

WA_7-3-6750 INS_URB_MIL