

*POLITECNICO DI TORINO*

*Corso di laurea magistrale  
in Architettura Costruzione Città*

*Tesi di laurea magistrale:*

*PONTE ABITATO CICLOPEDONALE SUL  
FIUME SESIA LUNGO IL CANALE CAVOUR*



*Relatore:*

*Prof. Palma Riccardo*

*Candidato:*

*Corbezzolo Andrea - s251130*

*Anno accademico 2018 / 2019*

Dicembre 2019

*Mi è doveroso dedicare questo spazio del mio elaborato alle persone che hanno contribuito, con il loro instancabile supporto, alla realizzazione dello stesso.*

*In primis, un ringraziamento speciale al mio relatore Palma Riccardo, per la sua immensa pazienza, per i suoi indispensabili consigli, per le conoscenze trasmesse durante tutto il percorso di stesura dell'elaborato.*

*Ringrazio infinitamente i miei genitori che mi hanno sempre sostenuto, appoggiando ogni mia decisione, fin dalla scelta del mio percorso di studi.*

*Infine, dedico questa tesi a me stesso, ai miei sacrifici e alla mia tenacia che mi hanno permesso di arrivare fin qui.*

## INDICE

IL TEMA DI PROGETTO	5
0.1 La Ciclostrada Cavour	5
0.2 Identità dei luoghi	6
CAPITOLO 1 – PROBLEMA DELLO SPAZIO PUBBLICO	8
1.1 Cantierizzazione e riuso della terra	8
1.2 Rapporto del progetto con le sponde	8
1.2.1 Sponda novarese	8
1.2.2 Sponda vercellese	9
1.3 Piazza come luogo di aggregazione	9
1.3.1 Elementi di arredo	10
1.3.2 Sistema di gradonate	10
1.3.3 Il parcheggio e il suo collegamento	10
CAPITOLO 2 – PROBLEMA DISTRIBUTIVO	11
2.1 L'involucro	11
2.2 Servizi igienici	12
2.3 Bivacco	13
2.4 Locale ristorazione	14
2.5 Area di sosta momentanea	15
CAPITOLO 3 – PROBLEMA STRUTTURALE	17
3.1 Descrizione della struttura	17
3.2 Analisi dei carichi	20
3.2.1 Carico permanente strutturale	20
3.2.2 Carico permanente non strutturale	20
3.2.3 Carico variabile di origine antropica (traffico)	21
3.2.3 Carico variabile di origine ambientale (neve e vento)	21
3.2.3.1 Carico neve	21
3.2.3.2 Carico vento	22
3.2.4 Carico termico	22
3.3 Combinazioni di carico	23
3.3.1 Combinazione di carico allo S.L.U.	23
3.3.2 Combinazione di carico allo S.L.E.	23
3.4 Applicazione dei carichi sul modello	24
3.4.1 Applicazione dei carichi sulle travi secondarie	24

3.4.2 Applicazione dei carichi sulle travi principali	25
3.4.3 Applicazione del carico variabile (vento sui controventi)	26
ELABORATI STORICI	27
ELABORATI GRAFICI	30
BIBLIOGRAFIA	31

## Il tema di progetto

Il progetto svolto nella tesi riguarda un ponte ciclopedonale sul fiume Sesia, necessario per collegare le due sponde del fiume che attualmente interrompono la ciclostrada Cavour che collega Torino a Milano. Il progetto comprende la realizzazione del ponte, di una piazza, di un sistema di gradonate verso il fiume e di un parcheggio.

Perno fondamentale di questo progetto è il Canale Cavour che dal 1866 attraversa questi territori e costituisce un monumento vivo che, pure se staticamente, riesce ancora oggi a caratterizzare il territorio continuando a rappresentare un racconto che ne narra la vita e l'identità.

Albert Hefaisson nel 1883 scrisse *“Non vi è in tutto il mondo un sistema di irrigazione confrontabile con quello esistente nel nord Italia e si può praticamente affermare che non vi sarà giammai”*<sup>1</sup>, infatti il Canale Cavour ha dato speranza di prosperità nei territori circostanti dalla seconda metà dell'800 fino ad oggi.

L'area di progetto si trova a cavallo tra la provincia di Vercelli e quella di Novara, in essa troviamo due importanti corsi d'acqua, il fiume Sesia, che divide le due province modellandone le sponde, e il Canale Cavour che attraversa quasi perpendicolarmente il fiume Sesia grazie ad un artificio architettonico chiamato “Tomba Sifone”. La “Tomba Sifone” è una struttura costruita in mattoni nel novembre 1864 e terminato il mese successivo <sup>2</sup> che permettere al Canale Cavour di superare il fiume Sesia passando sotto di esso.

È composta da sei “canne” ellittiche affiancate che permettono lo scorrimento dell'acqua per una lunghezza di 300 m.

Quasi parallelamente al Canale Cavour, a nord dell'area di progetto, si trovano due infrastrutture che attraversano, tramite viadotti il fiume Sesia: esse sono l'autostrada A4 e la ferrovia Alta Velocità.

### 0.1 La Ciclostrada Cavour

Il progetto nasce come infrastruttura della Ciclostrada del Canale Cavour il cui intento è quello di connettere la città di Torino con quella di Milano costeggiando il Canale per 82km, e attraversando in questo modo le Provincie di Torino, di Vercelli e di Novara prima di entrare nel territorio lombardo. Il progetto sviluppato nella tesi nasce per oltrepassare il fiume Sesia, visto che attualmente chi vuole percorrere la ciclostrada deve trovare un metodo alternativo per attraversare il fiume. Attualmente gli unici metodi sono staccarsi dal Canale Cavour e inserirsi nel circuito ciclabile esistente di strade bianche fiancheggiando il fiume Sesia. I due punti di attraversamento più vicini sono, a nord, percorrendo 8km attraverso il ponte di Ghislarengo, e a sud percorrendo 16km attraverso il ponte di Vercelli.

La ciclostrada del Canale Cavour durante il suo percorso si relaziona con due Eurovelo che attraversano il medesimo territorio, l'Eurovelo 5 e l'Eurovelo 8. L'Eurovelo 5 “via Romea

---

<sup>1</sup> A. Hefaisson, “Rapporto sull'irrigazione della valle del Po”, 1883.

<sup>2</sup> Il Canale Cavour, articolo pubblicato su: Associazione d'irrigazione Ovest Sesia, <https://www.ovestsesia.it/storia/canale-cavour/>, ultima consultazione il 13/11/2019

Francigena" collega Londra con la città di Brindisi per un percorso di 2900 Km; mentre l'Eurovelo 8 "Mediterranean Route" parte da Gibilterra e attraversa Spagna, Francia, Italia, Slovenia, Croazia, Montenegro, Albania e Grecia ed arriva a Cipro, dopo un percorso di 8063 Km <sup>3</sup>. La ciclostrada del Canale Cavour interseca l'Eurovelo 5 a Milano, e l'Eurovelo 8 a Torino.

Essa rappresenta quindi un elemento molto importante per la rete ciclabile nazionale e internazionale, in quanto permette un notevole risparmio di tempo a tutti coloro che, provenienti dall'Eurovelo 8 potranno raggiungere Milano con un percorso più breve. Così come coloro che provenienti dall'Eurovelo 5 raggiungeranno Torino senza dover passare per Pavia.

La ciclostrada del Canale Cavour rappresenta inoltre un tratto importante di un altro progetto a scala nazionale; il Progetto A.I.D.A. <sup>4</sup> (Alta Italia da Attraversare). Un progetto di più ampio respiro che collega le principali città del nord Italia (Torino, Vercelli, Novara, Milano, Brescia, Verona, Vicenza, Padova, Treviso, Venezia, Pordenone e Udine), attraversando nel suo percorso un paesaggio unico per bellezze naturali, artistiche; applicando la filosofia FIAB <sup>5</sup>. La FIAB (Federazione Italiana Ambiente e Bicicletta) è un'organizzazione ambientalista avente come finalità principale la diffusione della bicicletta quale mezzo di trasporto ecologico, per riqualificare l'ambiente urbano ed extraurbano.

Lo scopo del progetto AIDA è quello, utilizzando i percorsi già esistenti, di permettere ai cicloturisti di spostarsi da un luogo di interesse ad un altro nel modo più semplice e più veloce possibile. Per migliorare gli spostamenti casa lavoro dei residenti è importante rendere riconoscibili gli ingressi delle piste ciclabili nelle città densamente abitate.

Il Progetto A.I.D.A. si appoggia ai percorsi esistenti o in via di sviluppo, come la Via Francigena della Val di Susa, *il Canale Cavour*, Canale Villoresi, Naviglio Martesana, Alpe Adria, etc.

## 0.2 Identità dei luoghi

L'obiettivo della ciclostrada Cavour è quello di collegare i luoghi, valorizzandoli e ricostruendo una loro identità che non è andata persa, ma che certe volte è stata dimenticata.<sup>6</sup> Architettura, cultura, tradizioni e bellezze naturali, sono il legante che permette questa riqualificazione in un nuovo disegno del territorio.

Un metodo per ricostruire l'identità dei luoghi, è anche attraverso la mobilità dolce, la quale li attraversa portando il cicloturista alla loro riscoperta e alla loro valorizzazione, adattandosi perfettamente alla forma dei luoghi e aumentandone il valore. Il ponte ciclopedonale sul fiume Sesia è il mezzo per riqualificare questa area, e costituisce il tassello mancante per definire completamente questa zona.

La ciclostrada ha l'intento sì, di collegare Torino e Milano, ma durante il suo tragitto può avvicinare ancora di più le varie identità dei luoghi attraversati, scostando gli spostamenti dalle

---

<sup>3</sup> <https://en.eurovelo.com/> , ultima consultazione il 13/11/2019

<sup>4</sup> BI20 – Ciclovia AIDA, pubblicato su: Bicalta, rete ciclabile nazionale FIAB, <http://www.bicalta.org/it/bicalta/gli-itinerari-bicalta/195-bi20-ciclovia-aida> , ultima consultazione il 13/11/2019

<sup>5</sup> <http://www.fiab-onlus.it/bici/> , ultima consultazione il 13/11/2019

<sup>6</sup> C. Ocelli, R. Palma, "Lo stupore delle lentazza. Ciclovie, infrastrutture e nuovi immaginari territoriali", <<ARCHITETTURA DEL PAESAGGIO>>, n.24, 2011, pp. 1-11

usuali carreggiate automobilistiche, a quella più dolce della ciclostrada. La Ciclostrada Cavour deve essere vista come un gigantesco spazio pubblico attrattivo e di collegamento, non solo per le città che si affacciano sul Canale Cavour, ma anche per tutti quei cicloturisti che attraversano il territorio. In questo modo si amplifica l'importanza della ciclostrada, avvicinando tra loro le singole città attraverso un percorso lineare.<sup>7</sup>

Facendo leva sull'identità dei luoghi si crea un legame più saldo tra il singolo individuo e il territorio. Viene quindi a crearsi sempre più un valore di spazio pubblico, legato all'identità dei luoghi che dà vita ad una mixité di persone e di azioni che possono essere intraprese lungo tutta la ciclostrada, sia a piedi che in bicicletta.<sup>8</sup>

Allo stesso modo la ciclostrada darà un'opportunità turistica a tutti quei luoghi attraversati e conetterà, non solo gli abitanti ai medesimi, ma anche i cicloturisti di tutta Europa.

Il cicloturista è interessato al paesaggio e alle sue attrazioni, quindi come architetto ho un approccio progettuale riguardo alla ciclostrada di ampio respiro, accostando il valore di spazio pubblico a quello della strada, per produrre uno scenario innovativo dello spazio pubblico e infrastrutturale.

In qualità di architetto, mi interessa di più la wunderkammer che il wunderland<sup>9</sup>; mi interessa più cosa produce lo stupore e perché, piuttosto che il posto magnifico che crea lo stupore. Il ponte, in questo ambito, è l'elemento che crea stupore per la sua forma, in quanto riprende la geometria della Tomba Sifone mantenendo inalterata la sua snellezza lungo tutto il suo percorso.

Vedendo quindi la ciclostrada come un grande spazio pubblico per la collettività, il riscoprire dei luoghi è affiancato a momenti d'incontro, creando quindi un'architettura pubblica composta di aree di sosta, che possono avere specifici utilizzi. Possono quindi essere utili alla collettività per insegnare, per raccontare momenti della storia o sul contesto circostante, per contemplare il paesaggio che incontaminato accoglie la ciclostrada, o come momenti di aggregazioni lungo il percorso.

Inoltre è possibile introdurre lungo il percorso proprio in queste aree di sosta anche locali commerciali quali bar, ristoranti, B&B, locali attrezzati per cicloturisti, per affiancare momenti d'incontro a spazi naturali.<sup>10</sup>

---

<sup>7</sup> N. Bensenval, "Il Canale Cavour come corridoio della collettività", <<Accademia University Press>>

<sup>8</sup> C. Ocelli, R. Palma, "Lo stupore delle lentazza. Ciclovie, infrastrutture e nuovi immaginari territoriali", <<ARCHITETTURA DEL PAESAGGIO>>, n.24, 2011, pp. 1-11

<sup>9</sup> C. Ocelli, R. Palma, "Lo stupore delle lentazza. Ciclovie, infrastrutture e nuovi immaginari territoriali", <<ARCHITETTURA DEL PAESAGGIO>>, n.24, 2011, pp. 1-11

<sup>10</sup> C. Ocelli, R. Palma, "La ciclostrada del Canale Cavour. Una via a bassa velocità tra Torino e Milano", <<Piemonte Parchi>>, n.216, 2012, pp. 14-15

## Capitolo 1 – Problema dello spazio pubblico

Il progetto non si compone solo del ponte ma sviluppa anche altri aspetti molto importanti, quali le sponde, su cui poggiano due dei sei piloni complessivi, la creazione di una piazza, il nuovo sistema della Ciclostrada Cavour, un parcheggio con il relativo collegamento alla piazza e un sistema di gradonate posto sulla sponda vercellese del fiume.

### 1.1 Cantierizzazione e riuso della terra

La cantierizzazione del ponte si divide in due parti, in questo modo si riesce, deviando il fiume Sesia nel periodo in cui le sue acque sono meno impetuose, a collocare al suo interno i quattro piloni che serviranno a sorreggere i 300 m di impalcato del ponte. Oltre a questa prima cantierizzazione una seconda avrà luogo sulla sponda vercellese creando una grande vasca gradonata e un tunnel scoperto che passerà sotto le attuali infrastrutture, l'autostrada A4 e la ferrovia. L'enorme quantitativo di terra verrà successivamente riusato come battuto per le due pile del ponte che rimarranno sulle sponde e come livellamento del territorio circostante sia nella sponda vercellese sia nella sponda novarese. In questo modo nulla verrà sottratto al territorio ma il terreno rimosso farà parte della trasformazione che il progetto predispone.

Un altro elemento fondamentale sarà l'utilizzo, già nella cantierizzazione, di materiali idonei che permetteranno di creare un ambiente più salubre e non impermeabile per facilitare la dispersione delle acque piovane o quelle che possono esondare dal fiume Sesia o dal Canale Cavour.

### 1.2 Rapporto del progetto con le sponde

Anche se il progetto del ponte che unisce i due argini è unico, il trattamento riservato alle due sponde è nettamente diverso e includerà due visioni completamente differenti degli attori che ne faranno parte. Sulla sponda novarese è la natura incontaminata che fa da padrona, ultimati i lavori della costruzione della rampa di accesso al ponte, riutilizzando la terra di riuso, si riporterà la zona alle sue origini ripiantando gli alberi di Robinieto

Mentre sulla sponda vercellese, vedremo come la natura lascerà più spazio all'opera dell'uomo e gli alberi di Robinieto lasceranno spazio ad installazioni che, pur con funzione diversa, li ricorderanno per altezza, e creeranno coni d'ombra e luoghi di permanenza momentanea.

#### 1.2.1 Sponda novarese

Seppur molto curata e riadattata dopo il posizionamento del ponte e la creazione della Ciclostrada Cavour, la sponda novarese terrà al suo interno tutti i caratteri che già adesso le sono propri, come la ridotta presenza di antropizzazione per dare più spazio alla natura rurale che fa da cornice al fiume Sesia.

L'obiettivo sarà ricreare un ambiente il più naturale possibile. Terminati i lavori della costruzione del ponte, e posizionata la terra di riuso, saranno piantumati dei nuovi alberi per ricreare

quell'ecosistema che costituisce l'essenza di questi luoghi. Qui la sponda è invasa dalla vegetazione che ne caratterizza il paesaggio rendendolo unico. Questo lavoro sul piano rurale sarà compiuto con l'intento di non far capire che la mano dell'uomo ha dettato i parametri e gli spazi naturali, ma riprendendo la filosofia del giardino all'inglese. Creando luoghi che seppur costruiti minuziosamente sembreranno il più naturale possibile.

## 1.2.2 Sponda vercellese

In contrapposizione alla sponda novarese troviamo la sponda vercellese, che vedrà la predominanza antropica al suo interno. Essa ospiterà lo snodo di collegamento della pista ciclabile esistente che percorre il fiume Sesia, con la Ciclostrada Cavour e il parcheggio pubblico, posto a nord delle attuali infrastrutture. La sponda sarà dimora della piazza creata come luogo di permanenza momentanea in mezzo alla natura e di un sistema a gradonate che permetterà di sostare a ridosso del fiume per ammirarne la grandezza e il paesaggio che lo circonda.

## 1.3 Piazza come luogo di aggregazione

L'elemento fondamentale della sponda novarese è senza dubbio la piazza. Essa si colloca di fianco al ponte e occupa una superficie di 1300m<sup>2</sup>. Con i suoi 54 m di lunghezza è formata da quattro livelli inclinati divisi da gradonate, e scende, rispetto al livello del terreno di 3 m, raggiungendo il piano di incontro del collegamento con il parcheggio posto subito dopo le vicine infrastrutture.

Al suo interno la divisione degli spazi, è dettata da due assi di percorrenza che risalgono la piazza dal piano di collegamento del parcheggio fino al piano di campagna, essi, a differenza della piazza, non sono gradonati ma salgono dolcemente, fino a raggiungere lo snodo di collegamento tra la Ciclostrada Cavour e la pista ciclabile esistente che costeggia il fiume Sesia.

Gli spazi risultanti sono invece composti da otto piani gradonati tra di loro, che sono intervallati da un elemento d'arredo prima della gradonata. Queste originali installazioni derivano dal ponte: infatti riproducono metà di un modulo di cui è formato il ponte, e identificano la piazza, come nuova opera urbana rivolta alle persone che vivono questi luoghi o che li attraversano. Permettendo di riconoscerla come un tassello del panorama circostante. Uno dei punti chiave già menzionati, a riguardo della Ciclostrada Cavour, è proprio quello relativo al suo ruolo di spazio pubblico e al suo uso più eterogeneo. La piazza ha proprio questo obiettivo, essendo il luogo d'incontro per antonomasia.

Grazie alla sua vicinanza allo snodo dell'autostrada e al ponte essa è fondamentale come luogo di incontro per tutti coloro che arrivano a piedi o in bicicletta per godere di questo panorama, aggiungendo una possibilità in più per vivere questi luoghi e dando la possibilità agli enti delle città limitrofe di organizzare piccole fiere e momenti di aggregazione.

### 1.3.1 Elementi di arredo

Vista la sua natura antropica e la scarsa presenza di vegetazione in grado di creare spazi ombrosi, vengono introdotti all'interno della piazza, come già anticipato, degli elementi di arredo funzionali e di rievocazione del ponte stesso. Questi elementi vengono costruiti utilizzando parti del ponte, creando un luogo ombroso e confortevole dove ripararsi dal sole o dalla pioggia. Inoltre sotto questi elementi d'arredo sono inserite delle panche e dei tavolini in acciaio, materiale che non verrà deturpato né dal tempo, né dall'azione vandalica degli utilizzatori. L'utilizzo di questi elementi d'arredo serve per cercare di ricreare gli alberi eliminati dalla piazza, aventi all'incirca la stessa altezza, e di migliorare il confort per chi sosta sotto di essi, proprio come succede naturalmente con gli alberi.

### 1.3.2 Sistema di gradonate

Intorno alla piazza, a livello del terreno, si trova un elemento di congiunzione che collega il piano del terreno con la sponda vera e propria del fiume. Grazie a questo collegamento si riesce a collegare la pista ciclabile attuale, che giunge alla piazza attraverso il sottopassaggio scoperto del parcheggio, con il sistema di gradonate posto sull'argine del fiume e lo snodo della piazza. Il sistema di gradonate è contenuto da due rampe di scale che ne permettono l'accesso, la gradonata è costituita da 15 gradoni.

La gradonata rimane in linea con i due tagli all'interno della piazza, e ha come intento quello di amplificare il rapporto uomo natura, avvicinandolo ad essa, senza danneggiare l'argine. Il cicloturista, accomodatosi su queste gradonate ha un ottimo punto di osservazione per ammirare il paesaggio circostante.

### 1.3.3 Il parcheggio e il suo collegamento

Ultimo elemento già citato è il parcheggio, che verrà creato a nord delle infrastrutture esistenti e sarà il punto di arrivo dei cicloturisti che giungono in auto dal limitrofo casello della A4, per poi iniziare il loro percorso. Ne usufruiranno anche tutte le persone che lavorano e gestiscono le attività del ponte. Il parcheggio è composto da 40 posti auto, ed è costruito riproponendo al suo interno l'ecosistema di questi luoghi, con i suoi Robinieti e il suo sottobosco selvatico. Lungo i due lati più lunghi gli alberi di robinia si intervallano con elementi d'arredo, i quali, già dal parcheggio, riprendono le caratteristiche peculiari del ponte.

Per collegare il parcheggio alla piazza verrà creato un passaggio in trincea che collegherà il livello del parcheggio ai -3 m della piazza. Esso sarà abbastanza largo per far passare un'ambulanza che potrà così arrivare più vicino al ponte per soccorrere chi ne ha bisogno. La necessità di questo passaggio scavato nel terreno è data dall'altezza delle infrastrutture che si alzano di soli 1,5 m dal livello del terreno per porsi ad un'altezza tale che non creino problemi con le possibili inondazioni del fiume Sesia. Per questo motivo è stato necessario scendere di 3 m sotto il livello di campagna per collegare il parcheggio all'area del ponte.

## Capitolo 2 – Problema distributivo

Dal punto di vista distributivo il ponte ha come riferimento la Tomba Sifone poiché, come descritto precedentemente nel capitolo “Il Tema di Progetto”, è pensato come un tubo al cui interno scorre “l’acqua”, ovvero i cicloturisti. A seconda delle necessità infatti la “canna” principale, che contiene l’impalcato del ponte vero e proprio, viene affiancata da “canne” laterali che contengono i servizi per i ciclisti. La soluzione al problema della distribuzione è data quindi dalla conformazione in sequenza del ponte: i vari moduli aggiuntivi che contengono i servizi per i ciclisti vengono creati moltiplicando la sezione del ponte e sono posti lateralmente secondo le necessità.

La sezione di queste “canne” è ellittica come quella delle canne della tomba sifone. La forma del ponte è quindi snella e studiata per avere un basso impatto sull’ambiente circostante. La forma finale lo fa apparire come un flauto di Pan: esso moltiplica la sua “canna” solo dove serve e mantiene integrata la sua snellezza per tutto il suo percorso.

Il ponte si fa notare al centro del paesaggio ma si comporta come l’intera ciclostrada Cavour: spettacolarizza il canale rappresentandone una parte invisibile perché sommersa.

### 2.1 L’involucro

L’involucro è costituito da un’intelaiatura in acciaio a cui è agganciata nella parte interna una superficie metallica liscia che costituisce l’interno del ponte. La parte esterna, anch’essa imbullonata all’intelaiatura, è costituita da una superficie metallica zigrinata di colore rosso; tale colore è la caratteristica dell’intero progetto, e ricorda il mattone che compone la Tomba Sifone. La parte centrale dell’involucro del ponte si differenzia da quello delle “canne” aggiuntive, in quanto varia lo spessore del pacchetto isolante. Questa differenziazione è data dal fatto che lungo il suo fianco, lato sud, sono disposte le aperture che sono sprovviste di superficie vetrata.

Le canne aggiuntive, dove sono inseriti i locali: servizi igienici, bivacco, locale ristorazione e area di sosta momentanea, sono provviste, all’interno dell’involucro, di un pacchetto isolante termico avente uno spessore maggiore, poiché deve coibentare in maniera efficiente l’ambiente al suo interno.

Le “canne” aggiuntive prendono lo spunto dalla carlinga di un aereo o da un vagone di un treno. Per questi ambienti l’arredamento è stato studiato appositamente per sfruttare al massimo tutti gli spazi senza intaccare minimamente la comodità. L’arredamento si integra perfettamente con gli ambienti, e sfrutta tutte le opportunità che gli vengono fornite dalla superficie ellittica dell’involucro.

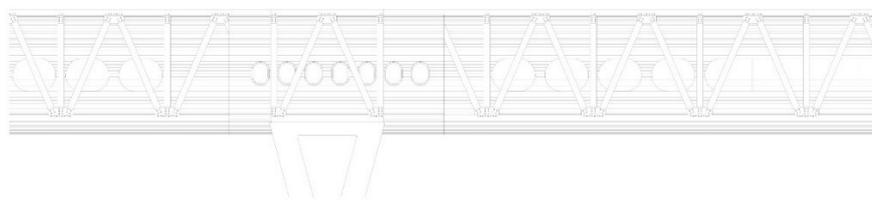
Sotto il piano di calpestio, trovano la loro locazione tutti gli impianti, elettrico, sanitario, e delle acque nere, ciò permette di servire nel miglior modo possibile tutti gli ambienti che compongono il ponte.

Seppur molto lineare in tutta la sua lunghezza, dall’esterno il ponte si presenta uguale sia nel colore che nei dettagli che lo compongono in tutti i suoi moduli. C’è solamente un unico tema che lo caratterizza e lo distingue, le aperture che permettono l’entrata della luce. Queste aperture, a forma di oblò, creano un disegno regolare lungo il ponte. Esse permettono l’entrata

della luce in modo tale che il cicloturista può scorgere in tutta la sua lunghezza il percorso che deve compiere al suo interno. Dall'esterno questa differente distribuzione delle superfici aperte permette di distinguere gli spazi interni.

Vengono create tre aperture differenti aventi la stessa altezza ma larghezza diversa. Gli oblò ubicati nelle zone abitative, di ristorazione e di sosta momentanea, sono gli unici ad avere una superficie vetrata. Ogni modulo ha quattro oblò vetrati. La loro forma e la loro posizione sarà la base per la costruzione di tutte le altre aperture. Il secondo gruppo di aperture è una sostanziale evoluzione dell'oblò precedente, ottenuta unendo due oblò. Questo nuovo gruppo di aperture, mantiene la medesima posizione dei precedenti, ed è presente prima delle "canne" aggiuntive del ponte. Il terzo gruppo di aperture è costituito da un'unica lunga apertura che segue tutta la lunghezza del ponte. Il secondo e il terzo gruppo di aperture, sprovvisti di superfici vetrate, sono dotati di ringhiere per la sicurezza delle persone.

Questo gioco di aperture è ideato per il cicloturista in modo che possa riconoscere l'ambiente che lo circonda; lungo il ponte egli è affiancato da un'unica apertura che gli permette sia di identificare il percorso, e sia di vedere la natura all'esterno. Procedendo nel suo percorso egli incontra il secondo tipo di apertura che precedono e seguono i moduli aggiuntivi. Queste nuove aperture allertano il cicloturista preannunciandogli i servizi aggiuntivi che troverà nel ponte.



11

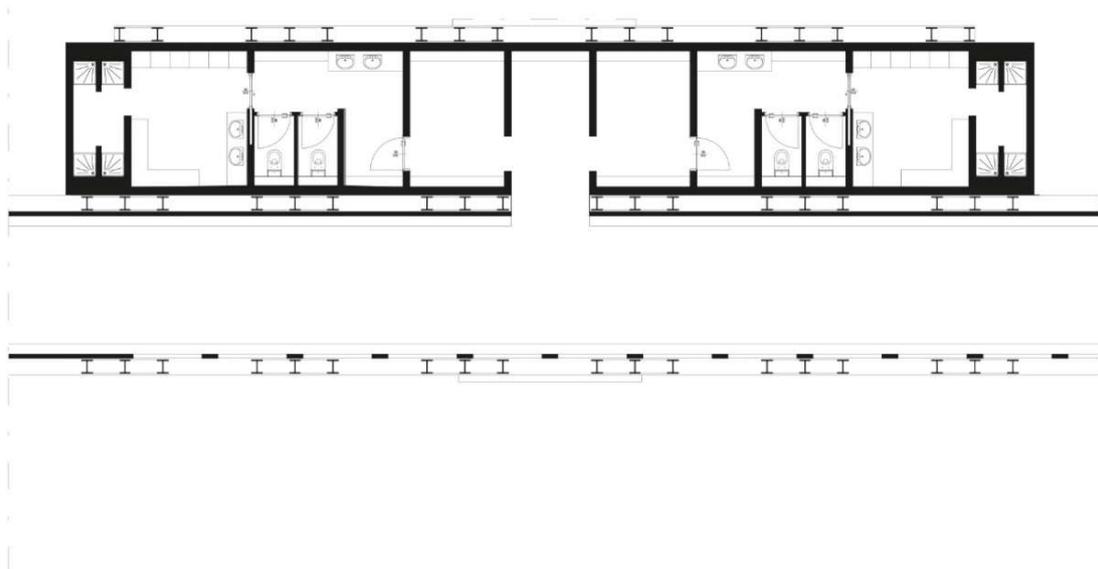
## 2.2 Servizi igienici

Percorrendo il ponte in tutti i suoi 300 metri possiamo individuare al suo interno vari ambienti che si susseguono e che danno vita al ponte, ma che soprattutto si legano con la vita del cicloturista. Entrando da ovest, dopo aver percorso la Ciclostrada Cavour da Torino in direzione Milano, sul lato nord possiamo incontrare il locale dei servizi. La divisione tra maschi e femmine è anticipata dal deposito delle biciclette, che vengono lasciate al suo ingresso in modo ordinato negli appositi stand. Il locale dei servizi è creato in modo tale da dare confort e intimità a chi lo usa, mettendo all'inizio una zona più pubblica con bagno e lavabo e creando un percorso che limita la vista e suddivide gli spazi. Solo in un secondo modulo si trovano gli spogliatoi ed infine le docce. Lo spazio per i servizi è ricavato nella forma originale del ponte, quindi le varie sedute o

---

<sup>11</sup> FIG 7 – diversificazione aperture ponte.

arredi sono stati studiati in modo tale da potersi adattare e senza creare situazioni di congestione al suo interno. Questa divisione degli spazi viene riproposta a specchio per i cicloturisti di sesso maschile e femminile.



12

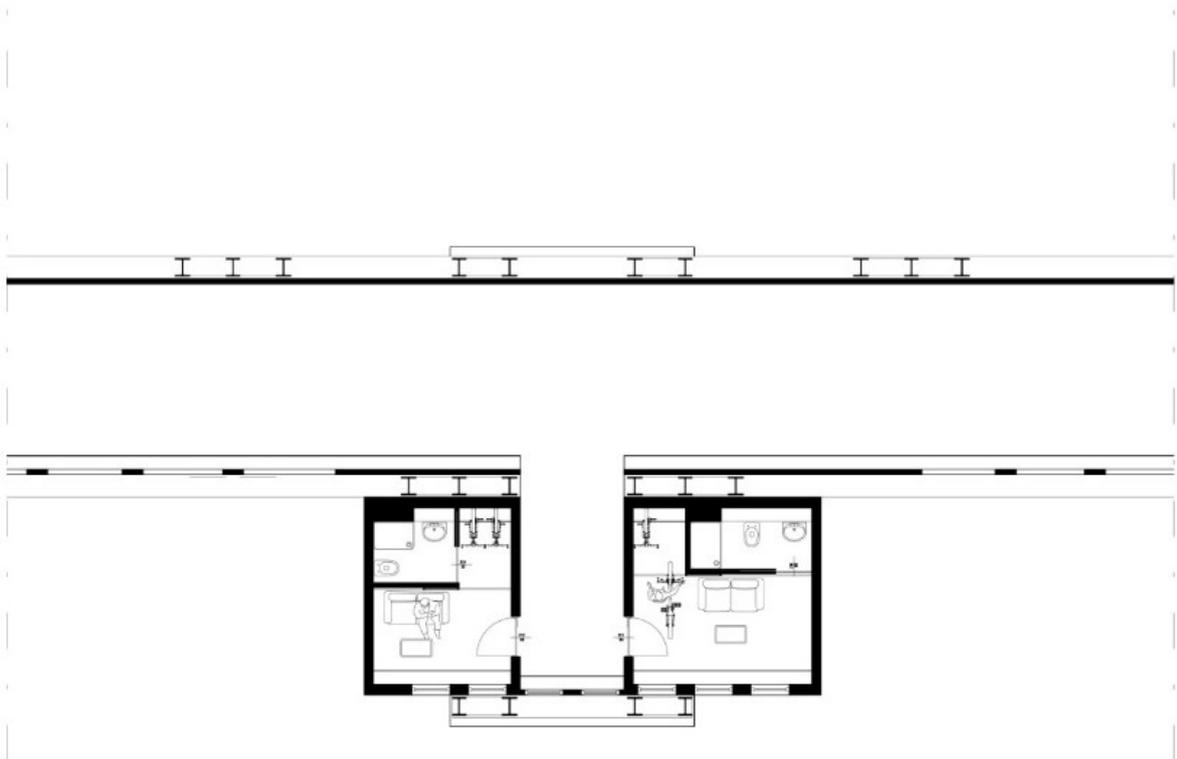
## 2.3 Bivacco

Continuando nella stessa direzione incontriamo il bivacco: esso è posizionato nel lato sud, in una posizione di belvedere rispetto al panorama circostante. Infatti le varie aperture sono solo in quella direzione e indirizzano la visuale dell'ospite verso il fiume Sesia e la natura che lo circonda. Il bivacco è composto da due camere entrambe per due persone ma con metratura diversa per ospiti che desiderano un letto matrimoniale oppure letti singoli. Appena si entra, di lato troviamo un vano con degli stand per riporre le biciclette in totale sicurezza, senza togliere spazio al bivacco e alla sua vivibilità. Infatti come l'intera composizione del ponte, anche i singoli ambienti sono studiati per aumentarne il confort, e annullare la congestione che si potrebbe innescare. L'ingresso dà su un salottino, composto da un divanetto e un tavolino, quest'ambiente molto semplice quasi minimale è dato anche per soddisfare il tipo di ospite che potrebbe arrivare, infatti vedendo la natura del bivacco su 2 piani distinti, l'ingresso e il salottino fungono da deposito di zaini, e come una prima zona di relax e di belvedere dopo una dura giornata in bicicletta tra i paesaggi piemontesi. Dietro al salottino un bagnetto composto da lavabo, WC e doccia completa il piano terra del bivacco. Per salire al secondo piano, o ammezzato, del bivacco si deve usare una scala verticale che funge, sia da mezzo per salire al soppalco, che da divisore degli spazi al piano inferiore. Questa scala si muove su rotaie e può essere posta dietro al divano, per posizionare in sicurezza le biciclette o per accedere al bagno, oppure può essere messa davanti a questo ingresso delimitandone l'utilizzo e creando un unico ambiente giorno fino all'ingresso. Salita la scaletta si arriva finalmente nella zona notte composta, in un modulo

<sup>12</sup> FIG 8 – locale servizi del ponte.

troviamo un letto matrimoniale; mentre nell'altro modulo sono inseriti due letti singoli posti l'uno di fronte l'altro occupando tutta la lunghezza del modulo.

Con queste due soluzioni abitative del bivacco ho cercato di occupare al meglio i moduli del ponte riproponendoli in chiave non più di transito ma di permanenza, soprattutto sfruttando l'altezza, infatti ho dovuto incastrare 4 ambienti diversi senza che l'uno ostacolasse o prevalessesse sugli altri. Unica differenziazione esterna rispetto alla parte di percorrenza del ponte è la diversità degli oblo che fanno entrare la luce al suo interno.



13

## 2.4 Locale ristorazione

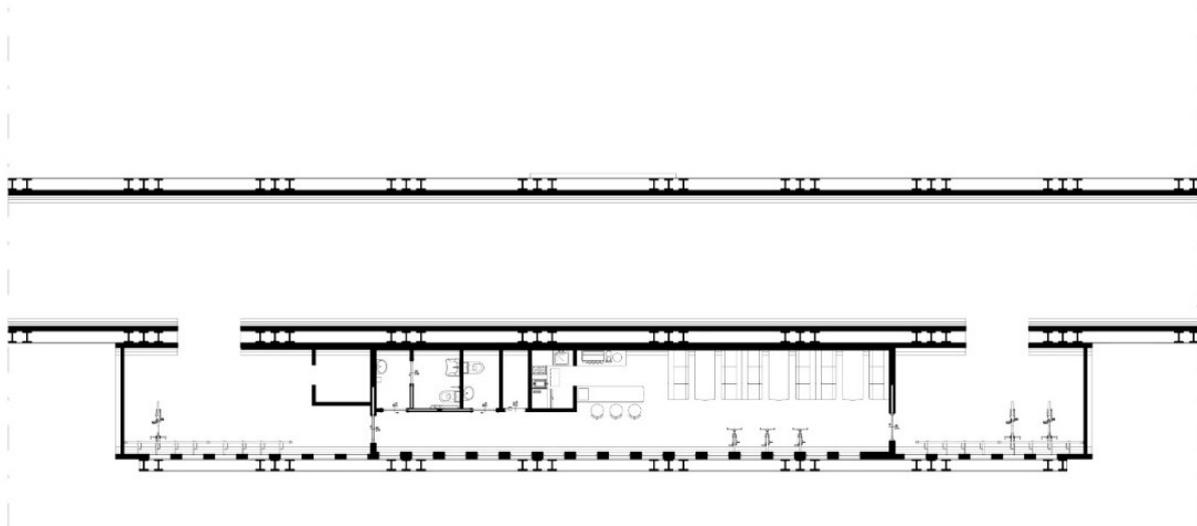
Il terzo ambiente che si viene a creare è l'ambiente più in correlazione con il cicloturista di passaggio e, a differenza di tutti gli altri ambienti, ha due entrate, proprio perché è studiato per essere percorso in entrambi i sensi, proprio come il ponte stesso. In entrambe le situazioni possiamo subito incontrare una zona adibita allo stoccaggio delle biciclette sugli appositi stand, in modo da non intralciare le entrate, mentre in tutta la lunghezza del terzo ambiente possiamo vedere come le biciclette possano essere inserite negli stand verticali per occupare meno spazio possibile nel corridoio di passaggio, e soprattutto per scandire gli spazi, infatti gli stand sono

inseriti tra una finestra e l'altra. Entrando da Ovest incontriamo subito un desk informazioni, provvisto di dépliant, volantini e illustrazioni varie, che portano a conoscenza dei cicloturisti o dei runners, eventi, manifestazioni e ciò che è presente sul territorio. Lo scopo è quello di aiutare queste persone nell'apprendimento di tutto quello che li circonda, per godersi al meglio le varie attrazioni naturali e non che possono incontrare nei dintorni del ponte oppure lungo il Canale Cavour.

Seguendo il corridoio troviamo una zona bagno, prettamente dei clienti della caffetteria e infine il cuore del terzo ambiente, la zona ristoro. In questa parte aggiuntiva del ponte interagiscono i cicloturisti che stazionano momentaneamente nella zona ristoro, e persone che transitano in cerca di informazioni al desk.

La logistica degli spazi fa da padrona dell'intera scena; troviamo la cucina e la caffetteria, innestati subito dopo il locale servizi, con un bancone che delimita lo spazio di passaggio da quello di lavoro e, subito dopo, si susseguono una serie di tavolini e sedute, trasversali al ponte, creando tre aree di seduta distinte da sei ospiti ognuna.

Il problema principale è sempre la forma ovale del contenitore che delimita gli spazi, e al quale tutti gli arredi e la disposizione di essi hanno dovuto rapportarsi. A differenza degli altri ambienti pubblici del ponte, possiamo individuare due porte che delimitano la zona del bar e dei suoi servizi dal resto del ponte quando esso non è aperto.



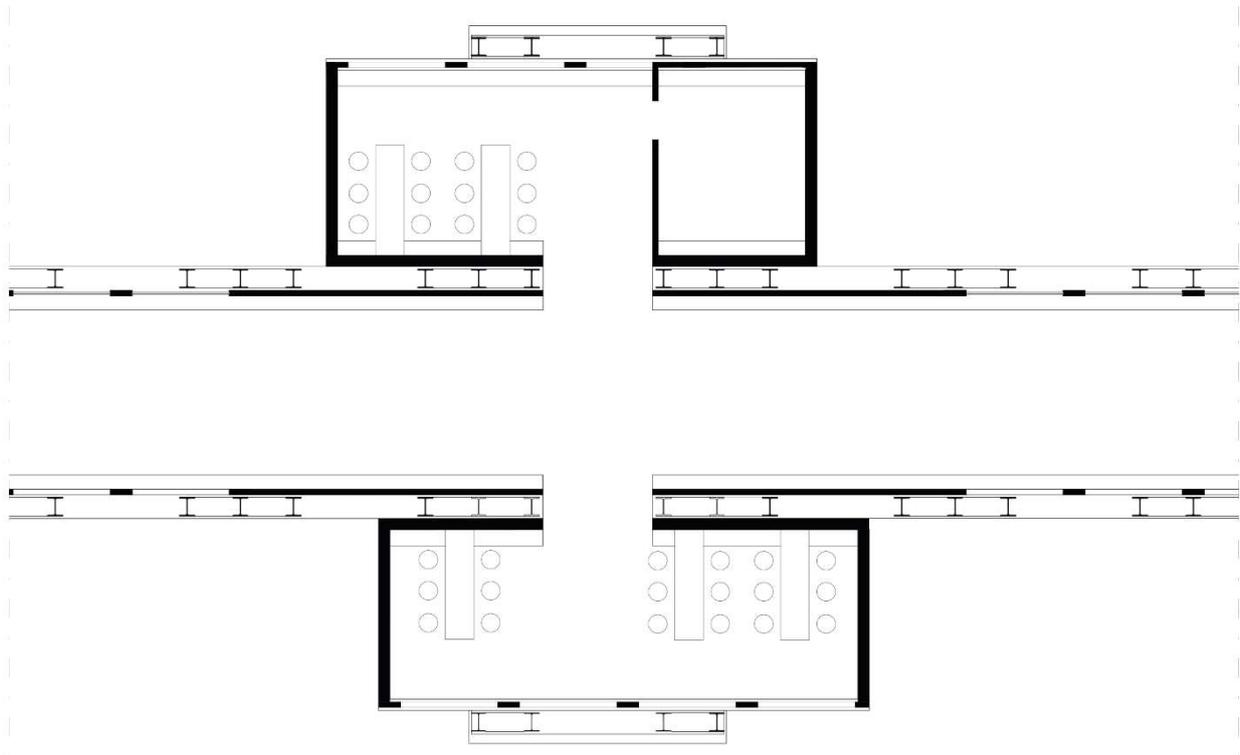
14

## 2.5 Area di sosta momentanea

L'ultimo ambiente che si viene a collocare durante la nostra percorrenza da Ovest a Est, è un ambiente creato per il relax e la sosta momentanea sul ponte. Esso si affaccia sia verso Sud che verso Nord e assume una duplice valenza e diversità degli spazi al suo interno. Nella parte Sud troviamo un belvedere, viene riproposta la divisione degli spazi con i tavoli posti in modo trasversale al ponte, ma a differenza dei precedenti, nella zona di ristorazione essi appaiono più

<sup>14</sup> FIG 10 – locale ristorazione e info point.

minimali e meno curati nei dettagli, perché devono accogliere i cicloturisti senza badare all'usura. Nella parte Nord invece troviamo, da una parte un'altra zona belvedere per una percorrenza più momentanea, mentre dall'altra troviamo un locale che ospita al suo interno una piccola officina per le biciclette. Essa è molto importante per un cicloturista, infatti è l'unico luogo lungo tutto il percorso dove può sistemare o cambiare pezzi del suo unico mezzo di locomozione, la bicicletta. Oltre a strumenti basilari per la manutenzione, possiamo trovare anche un dispenser con pezzi di ricambio che possono essere acquistati dal cicloturista per modificare e/o cambiare parti della bicicletta usurate o non più funzionanti, per continuare senza problemi il suo percorso lungo il Canale Cavour.



15

## Capitolo 3 – Problema strutturale

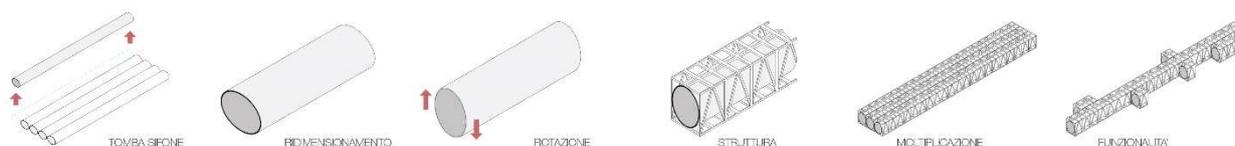
Per risolvere l'attraversamento del fiume si utilizza l'artificio architettonico del ponte. Il ponte prende spunto dal manufatto esistente, la Tomba Sifone, la quale si trova in prossimità dell'area di progetto.

Il ponte viene collocato tra la Tomba Sifone e le attuali infrastrutture alla loro stessa altezza e in modo parallelo alla tomba sifone, distaccandosi da essa di 10m come fascia di rispetto.

Il concept progettuale prende in esame una singola canna della tomba sifone, la quale, dopo essere stata alzata e ridimensionata per essere utilizzata per il passaggio dei cicloturisti, con una larghezza in sezione per quanto riguarda la pavimentazione interna di 3m, per uniformarsi al percorso della ciclostrada, viene ruotata di 90°.

Questa "canna" così dimensionata costituirà l'involucro del ponte, e si protenderà per 300 m collegando le due sponde del fiume Sesia.

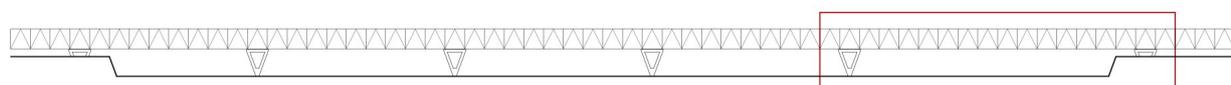
La struttura esterna, in acciaio scuro, è costituita da una reticolare che si sviluppa per tutta la lunghezza del ponte su tutti e quattro i lati, contenendo così al suo interno l'involucro di colore rosso. Il ponte sarà sorretto in alveo da 4 pile, e proprio in corrispondenza di queste pile, la canna del ponte potrà raddoppiarsi o triplicarsi dove serve, per ospitare al suo interno i servizi che verranno creati.



16

### 3.1 Descrizione della struttura

La realizzazione del ponte inizia con la sua cantierizzazione, infatti già da questo primo intervento possiamo vedere come si inizia a modificare, seppur temporaneamente, gli equilibri che governano il corso del fiume Sesia.



17

Si incomincia suddividendo la sezione del fiume Sesia in due parti: la parte vercellese e quella novarese. La parte vercellese sarà la prima ad essere interessata dal posizionamento delle prime pile del ponte. Successivamente verrà creato un argine temporaneo per contenere il fiume che sarà stato deviato per facilitare i lavori. Nella parte vercellese prosciugata saranno posizionate le 2 pile successive in alveo. In un secondo momento questa divisione in sezione verrà invertita per

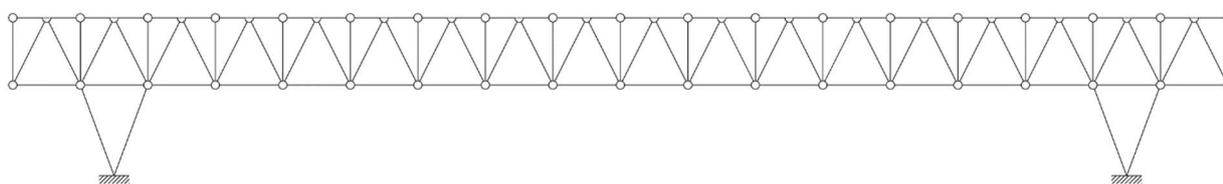
<sup>16</sup> FIG 1 – Concept progettuale ponte.

<sup>17</sup> FIG 2 – Prospetto Sud semplificato.

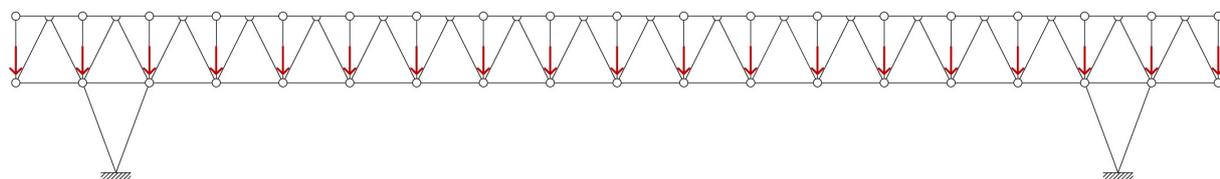
rendere possibile il posizionamento delle restanti 2 pile in alveo nella parte novarese della sezione. Il completamento del posizionamento delle pile avverrà con la sesta pila sulla sponda novarese.

Le pile totali saranno 6: 4 in acqua e 2 sulle sponde, con interassi differenti. Questo posizionamento delle pile in alveo, dipende dall'esigenza di rispettare la disposizione delle pile del limitrofo ponte della ferrovia. Così facendo, lo scorrimento delle acque non troverà ulteriori ostacoli lungo il suo percorso.

Dal prospetto sud si evince la disposizione delle pile: quelle centrali hanno la stessa distanza l'una dall'altra (luce di 50m), mentre quelle sulle sponde hanno una luce differente, rispettivamente di 45m e di 75m. Nell'analisi strutturale si è deciso di considerare unicamente la parte di ponte con luce maggiore, avente la situazione di carichi maggiormente critica vista l'elevata distanza da una pila all'altra. Pertanto, gli elementi strutturali necessari al corretto funzionamento di tale porzione di struttura saranno riproposti, in tutte le altre campate del ponte ciclopedonale. Questa soluzione sarà verificata in quanto le altre campate sono di lunghezza inferiore.



Lo schema statico corrispondente al caso in questione si presenta così come raffigurato nella figura precedente. Essendo una struttura in acciaio, ogni elemento viene bullonato e i relativi vincoli interni possono essere ricondotti a cerniere. Gli elementi portati dalla struttura poggiano direttamente sulle travi orizzontali inferiori, a partire dal solaio e dalle tamponature, pertanto la disposizione delle forze agenti può essere raffigurata come segue.



Scendendo più nel dettaglio andrò ad analizzare come funziona a livello strutturale ogni singola campata all'interno del sistema, descrivendo la trasmissione delle forze da un elemento all'altro.

Dopo che tutte le pile saranno state posizionate e l'argine temporaneo rimosso, si potrà iniziare con il posizionamento della reticolare già assemblata, con all'interno il suo contenuto. Le campate del ponte saranno posizionate in più tranches. Il lavoro sarà completato con il posizionamento sulle sponde delle rispettive rampe laterali di congiunzione con la ciclostrada Cavour.

Per verificare la stabilità del ponte, verranno fatti dei test su ogni singola parte, e verranno fatte delle prove sotto sforzo per vedere la sua stabilità.

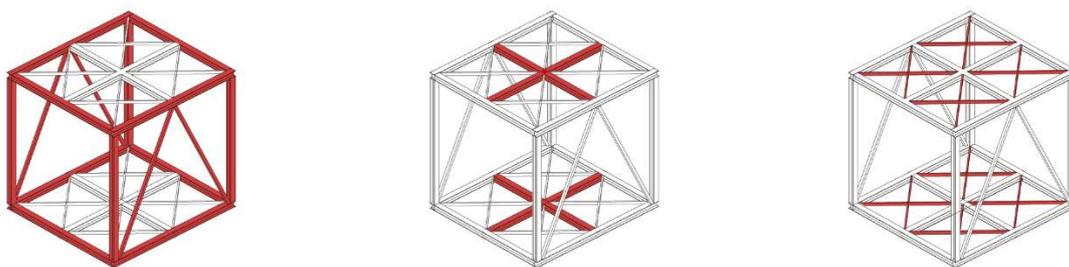
Superate tutte le singole prove, e certificata la stabilità del ponte, il ponte potrà essere messo in stato di esercizio.

<sup>18</sup> FIG 3 – Campata più significativa, 75 m.

<sup>19</sup> FIG 4 – Schema statico della campata più significativa, 75 m.

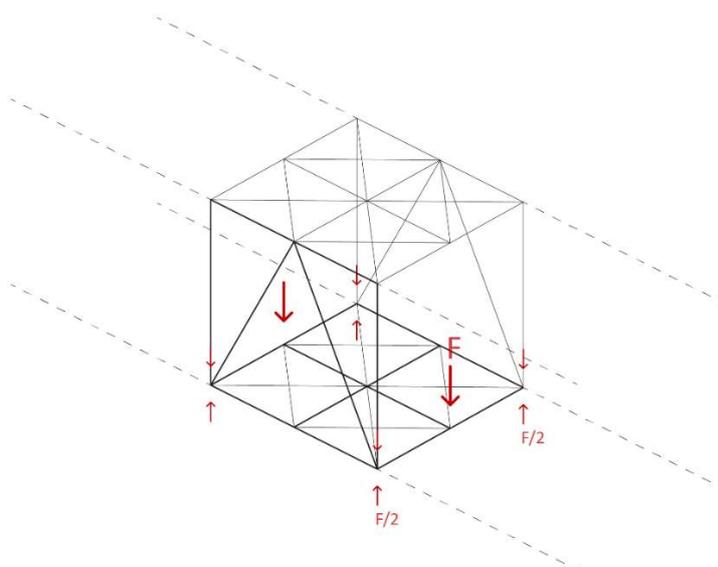
La cantierizzazione non comprenderà solo il ponte ma si amplierà alla totalità dell'area di progetto. Verrà predisposto lo scavo per la piazza a lato del ponte, e del tunnel scoperto che collegherà la piazza ad una quota di -3m fino alla quota di campagna. Il sottopasso creato supererà le infrastrutture esistenti, e raggiungerà un ampio parcheggio per tutti coloro che giungeranno in auto, o per chi lavorerà nei servizi del ponte.

Il modulo strutturale del ponte è composto da un parallelepipedo di 5,25m x 5,25m x 5,25m e compone una reticolare continua di 300m, riproposta dove serve ai lati. La campata è formata da una serie di elementi diversi per forma e funzione: le travi principali, le travi secondarie e i controventi (evidenziati rispettivamente nella figura che segue).



20

I carichi agenti sulla struttura poggiano direttamente sulle travi principali trasversali del ponte, che collegano i pilastri delle due file strutturali longitudinali, e si trasmettono così alle giunture inferiori tra trave e pilastro. Le reazioni vincolari date dall'opposizione al carico agente diventano dunque le forze di trasmissione degli sforzi sul sistema reticolare. A questo punto si trasmetteranno solamente gli sforzi di tipo assiale, pertanto il progetto strutturale verterà principalmente sul dimensionamento degli elementi compressi.



21

<sup>20</sup> FIG 5 – Modulo strutturale nelle sue parti, travi principali (FIG a sinistra), travi secondarie (FIG centrale) e controventi (FIG a destra).

<sup>21</sup> FIG 6 – posizionamento distribuzione forze all'interno del modulo.

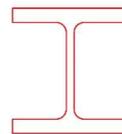
Lo schema rappresenta l'esatta distribuzione delle forze all'interno della struttura. La forza  $F$  rappresenta la risultante del carico distribuito che agisce sulla trave trasversale; questa si ripartisce sulle cerniere laterali ( $F/2$ ) e si trasmette così sul resto della struttura.

## 3.2 Analisi dei carichi

### 3.2.1 Carico permanente strutturale

I carichi permanenti strutturali agenti sulla struttura rappresentano il peso proprio della struttura e quello del solaio autoportante:

- profilo HE 300M



$$A = 303.10 \text{ cm}^2$$

$$i_z = 8.00 \text{ cm}$$

$$G_{k1} = 2.50 \text{ kN/m}$$

- profilo IPE 330



$$A = 62.61 \text{ cm}^2$$

$$W_{el,y} = 713.10 \text{ cm}^3$$

$$G_{k1} = 0.50 \text{ kN/m}$$

- profilo 250x250mm  
Ø 16mm



$$A = 139.00 \text{ cm}^2$$

$$i_z = 9.25 \text{ cm}$$

$$G_{k1} = 1.11 \text{ kN/m}$$

Dato che il carico variabile antropico per il caso in questione equivale a  $5.00 \text{ kN/m}^2$ , si necessita di un solaio autoportante tale da sostenere il peso per una luce di  $5.00 \text{ m}$ .

- Solaio in lamiera grecata + CLS: EGB 2000 (sp.  $1.20 \text{ mm}$  -  $h_s = 17.50 \text{ mm}$  -  $h_{tot} = 23.00 \text{ mm}$ )

$$G_{k1} = 2.65 \text{ kN/m}^2$$

### 3.2.2 Carico permanente non strutturale

I carichi permanenti, non strutturali, agenti sulla struttura rappresentano elementi quali partizioni verticali e orizzontali, esterne ed interne.

- Partizioni verticali
  - Lamiera grecata in alluminio di rivestimento
  - Strato impermeabilizzante
  - Telaio portante in alluminio
  - Strato isolante

- Doppio strato di rivestimento interno

$$G_{k2,p} = 1.35 \text{ kN/m}^2$$

- Rivestimento solaio
  - Massetto
  - Strato impermeabilizzante
  - Strato isolante
  - Strato di rivestimento interno

$$G_{k2,s} = 1.35 \text{ kN/m}^2$$

$$G_{k2} = 2.70 \text{ kN/m}^2$$

## 1.4 Carico variabile di origine antropica (traffico)

- Categoria ambiente: AMBIENTI SUSCETTIBILI DI AFFOLLAMENTO (C)

$$q_k = 5.00 \text{ kN/m}^2$$

## 3.2.3 Carico variabile di origine ambientale (neve e vento)

### 3.2.3.1 Carico neve

$$q_s = \mu_i * q_{sk} * C_E * C_T$$

- Copertura  $0^\circ \leq \alpha \leq 30^\circ$  ->  $\mu_i = 0.8$
- Coefficiente di esposizione normale ->  $C_E = 0.9$
- Valore caratteristico, ZONA I –  $a_s \leq 200\text{m}$  ->  $q_{sk} = 1.50 \text{ kN/m}^2$
- Coefficiente termico ->  $C_T = 1$

$$q_s = 0.8 * 0.9 * 1.5 * 1 \text{ ->}$$

$$q_s = 1.08 \text{ kN/m}^2$$

### 3.2.3.2 Carico vento

$$P = q_b * c_e * c_p * c_d$$

- Precisione cinetica di riferimento

(Zona 3 - Piemonte:  $v_{b,0} = 25$  ,  $a_0 = 1000$  ,  $k_a = 0.02$ )

$$q_b = \frac{1}{2} * \rho * v_b^2 \text{ (in N/m}^2\text{)} \rightarrow q_b = \frac{1}{2} * 1.25 \text{ kg/m}^3 * 25 \text{ m/s}^2 \rightarrow q_b = 781.25 \text{ N/m}^2$$

$$q_b = 0.78 \text{ kN/m}^2$$

- Coefficiente di esposizione

Classe B – categoria III  $\rightarrow Kr = 0.20$  /  $Z_0$  (m) = 0.10 /  $Z_{min}$ (m) = 5

Altezza dell'edificio (z) = 5 m  $\rightarrow z \geq Z_{min}$   $\rightarrow c_e(z) = kr^2 Ct [7 + Ct \ln(z / z_0)] \ln(z / z_0)$   $\rightarrow$

$$c_e(z) = 0.20^2 (7 + \ln 5 / 0.10) (\ln 5 / 0.10) \rightarrow c_e = 1.70$$

- Coefficiente aerodinamico di pressione esterna  $\rightarrow c_p = 1$

- Coefficiente dinamico  $\rightarrow c_d = 1$

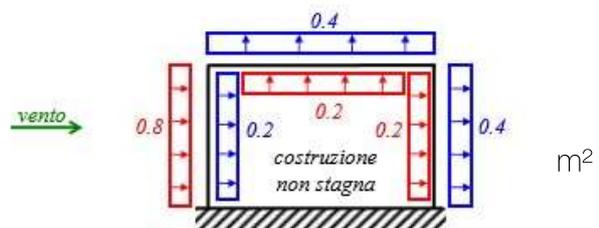
$$P = 781.25 \text{ N/m}^2 * 1.70 * 1 * 1 \rightarrow$$

$$P = 1,33 \text{ kN/m}^2$$

- Pareti:

$$\text{Sopravento: } (0.8 + 0.2)q_v = 1.33 \text{ kN/}$$

$$\text{Sottovento: } (0,4 + 0.2)q_v = 0.80 \text{ kN/ m}$$



$$P_{TOT} = 2.13 \text{ kN/m}^2$$

### 3.2.4 Carico termico

- Struttura in acciaio esposta  $\rightarrow \Delta T_u = \pm 25 \text{ }^\circ\text{C}$

- Effetto delle azioni termiche:

$$\text{Acciaio da carpenteria} \rightarrow \alpha_T = 12 * 10^{-6} [1/^\circ\text{C}]$$

$$\text{Alluminio} \rightarrow \alpha_T = 24 * 10^{-6} [1/^\circ\text{C}]$$

-  $\epsilon = \alpha \Delta T$

Acciaio da carpenteria  $\rightarrow \epsilon = 12 \cdot 10^{-6} [1/^\circ\text{C}] \cdot 25^\circ\text{C} = 0,0006$

Alluminio  $\rightarrow \epsilon = 24 \cdot 10^{-6} [1/^\circ\text{C}] \cdot 50^\circ\text{C} = 0,0012$

-  $\sigma = E\epsilon = E\alpha\Delta T$

Struttura reticolare  $\rightarrow \sigma = 0,21 \text{ N/m}^2 \cdot 0,0006 = 0,126 \text{ N/mm}^2$

Copertura in alluminio  $\rightarrow \sigma = 0,21 \text{ N/m}^2 \cdot 0,0012 = 0,252 \text{ N/mm}^2$

### 3.3 Combinazioni di carico

#### 3.3.1 Combinazione di carico allo S.L.U.

Nella seguente combinazione di carico allo S.L.U. i carichi vengono moltiplicati per i corrispettivi fattori  $\gamma$ ; viene scelto il carico variabile antropico ( $q_k$ ) come carico frequente, pertanto il carico da neve sarà l'unico dei due variabili ad avere un coefficiente moltiplicativo di riduzione  $\psi$ .

$$F_d = 1.3 \cdot G_{k1} + 1.5 \cdot G_{k2} + 1.5 \cdot q_k + 1.5 \cdot 0.7 \cdot q_s$$

$$F_d = 1.3 \cdot 2.65 \text{ kN/m}^2 + 1.5 \cdot 2.70 \text{ kN/m}^2 + 1.5 \cdot 5.00 \text{ kN/m}^2 + 1.5 \cdot 0.7 \cdot 1.08 \text{ kN/m}^2$$

$$F_d = 16.13 \text{ kN/m}^2$$

#### 1.3.2 Combinazione di carico allo S.L.E.

Nella seguente combinazione di carico allo S.L.E. i carichi vengono moltiplicati per il medesimo fattore  $\gamma$ ; viene scelto il carico variabile antropico ( $q_k$ ) come carico frequente, pertanto il carico da neve sarà l'unico dei due variabili ad avere un coefficiente moltiplicativo di riduzione  $\psi$ .

$$F_d = 1.0 \cdot G_{k1} + 1.0 \cdot G_{k2} + 1.0 \cdot q_k + 1.0 \cdot 0.7 \cdot q_s$$

$$F_d = 1.0 \cdot 2.65 \text{ kN/m}^2 + 1.0 \cdot 2.70 \text{ kN/m}^2 + 1.0 \cdot 5.00 \text{ kN/m}^2 + 1.0 \cdot 0.7 \cdot 1.08 \text{ kN/m}^2$$

$$F_d = 11.11 \text{ kN/m}^2$$

### 3.4 Applicazione dei carichi sul modello

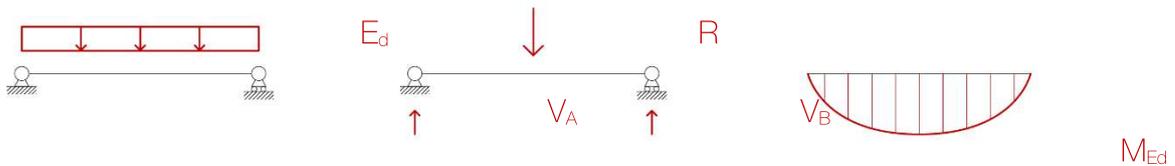
#### 3.4.1 Applicazione dei carichi sulle travi secondarie

Le travi secondarie sostengono direttamente il peso degli elementi che compongono il ponte abitato. Su ogni singola trave, verte un carico uniformemente distribuito, pari alla somma dei differenti casi di carico ( $G_{k1} + G_{k2} + q_k + q_s$ ) moltiplicati per i corrispettivi fattori (combinazione di carico allo stato limite ultimo).

$$E_d = 16.13 \text{ kN/m}^2 * 5.00 \text{ m}$$

$$E_d = 80.65 \text{ kN/m}$$

Il progetto delle travi principali, si può ricondurre al caso della trave semplicemente appoggiata, su cui verterà un carico uniformemente distribuito.



$$R = 80.65 \text{ kN/m} * 5.00 \text{ m} = 403.25 \text{ kN}$$

$$V_A = V_B = 403.25 / 2 \text{ kN} = 201.63 \text{ kN}$$

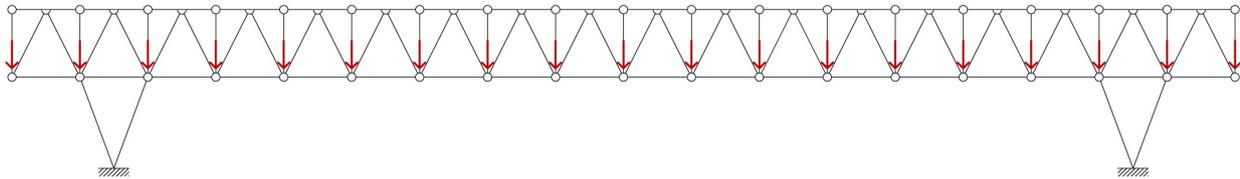
$$M_{Ed} = 80.65 \text{ kN/m} * 2.50 \text{ m} * 1.25 \text{ m} = 252.03 \text{ kNm}$$

Il dimensionamento del profilo in acciaio, dipenderà dunque dal momento relativo al punto di mezzeria della trave sommato all'azione del peso proprio della struttura, è sarà pari a 253.59 kNm.

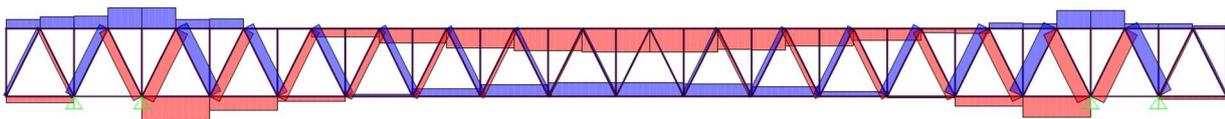
$$M_{Ed} = 253.59 \text{ kNm}$$

### 3.4.2 Applicazione dei carichi sulle travi principali

Le reazioni vincolari delle travi secondarie, in risposta al carico distribuito, fungono da forze concentrate che agiscono direttamente sulle cerniere della struttura reticolare.



Dato che la struttura in questione è di tipo reticolare, gli sforzi interni in risposta alle forze applicate saranno di tipo assiale, mentre taglio e momento saranno nulli. Caricando sul modello virtuale le forze in questione, otterremo un diagramma di questo tipo:



Dal grafico si evidenzia la distribuzione delle forze assiali nella struttura. I valori di progetto che scaturiscono dal diagramma N sono ben diversi da un elemento all'altro della struttura (si considerano i valori massimi agenti sulle diverse tipologie di elementi citate):

$$N_{Ed} = 3510 \text{ kN}$$

per travi orizzontali

$$N_{Ed} = 2120 \text{ kN}$$

per travi oblique

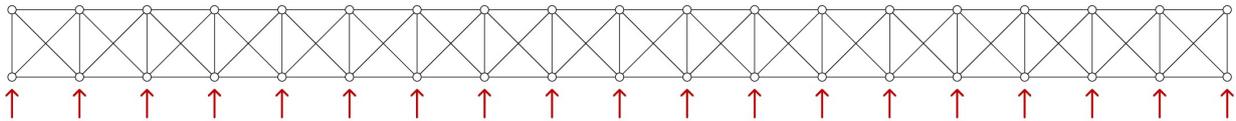
Per quanto riguarda le travi verticali, si sceglie di mantenere lo stesso profilo che si utilizzerà per le travi oblique. Gli sforzi che agiscono sugli elementi verticali sono molto bassi, pertanto il profilo utilizzato in quelle oblique sarà sicuramente verificato.

### 3.4.3 Applicazione del carico variabile (vento sui controventi)

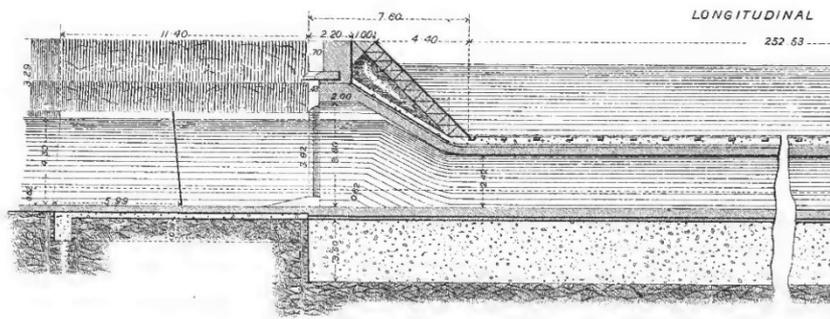
Il carico variabile  $q_s$  applicato alla struttura, viene ripartito in forze concentrate, che agiscono direttamente sulle cerniere della struttura reticolare.

$$q_s = 2.13 \text{ kN/m}^2 * 5.00 \text{ m} * 2.50 \text{ m} = 26.62 \text{ kN}$$

Le forze agiscono orizzontalmente ed interessano le parti superiori ed inferiori della struttura, dove sono posizionati i controventi strutturali. Ne consegue uno schema statico di questo tipo:

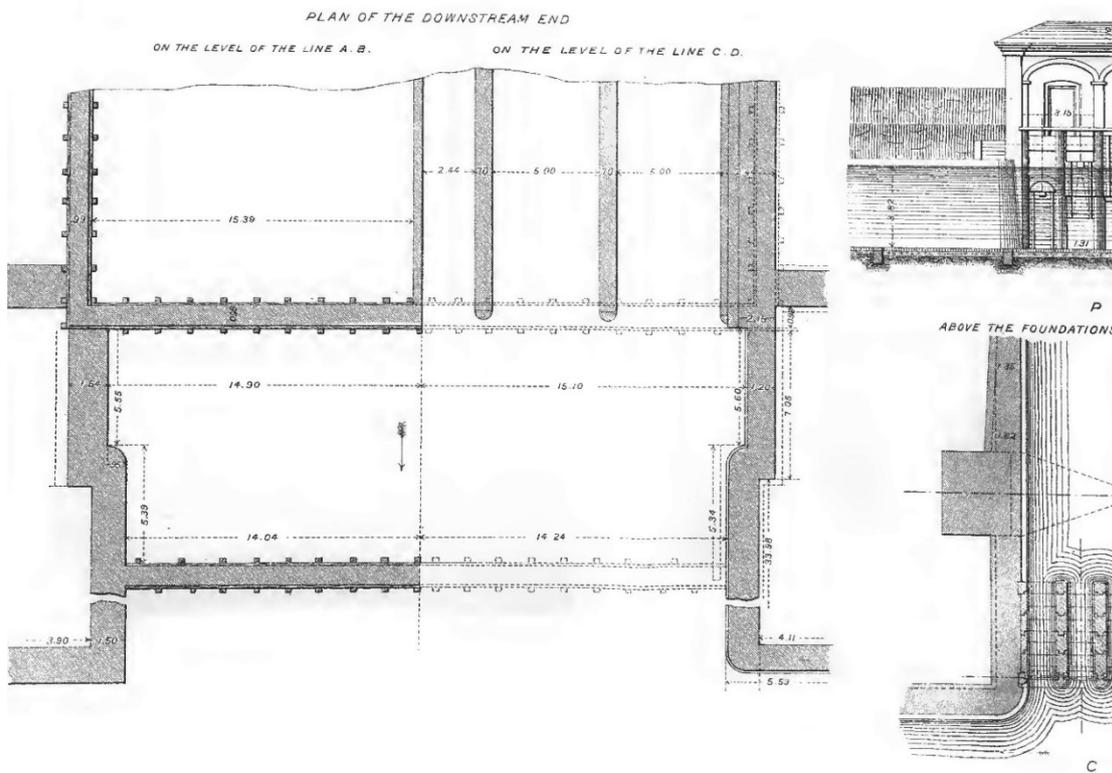
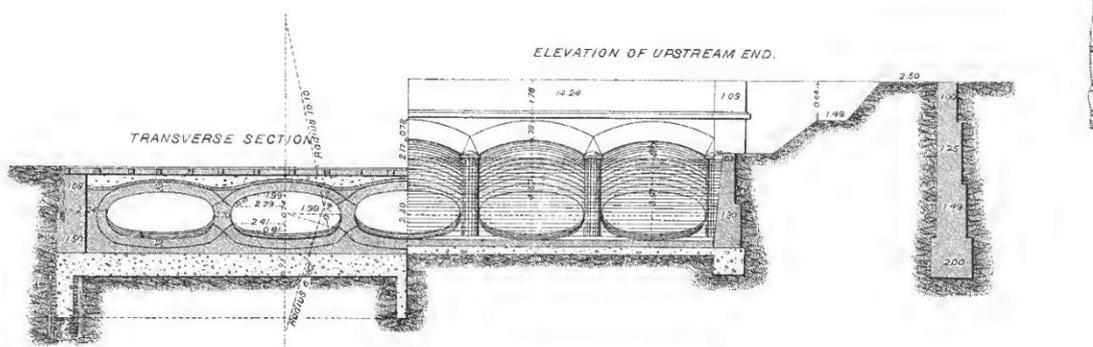


Elaborati Storici



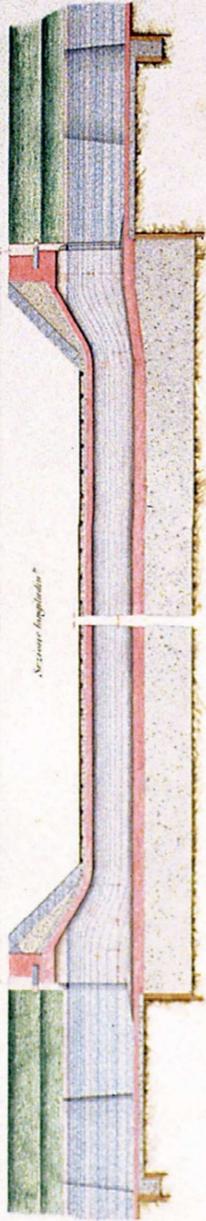
# CAVOUR CANAL

SYPHON UNDER THE RIVER SESIA.

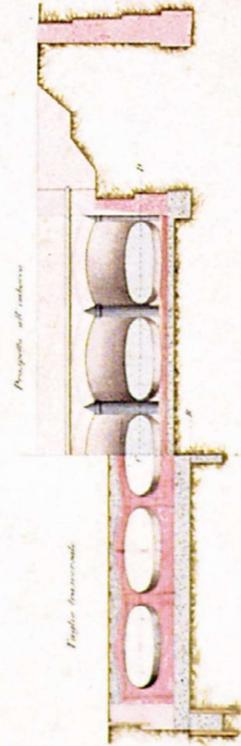


CANALE CAVOUR  
 TOMBA A CINQUE LUCI SOTTO IL FIUME SESIA

Scala di 1:1000



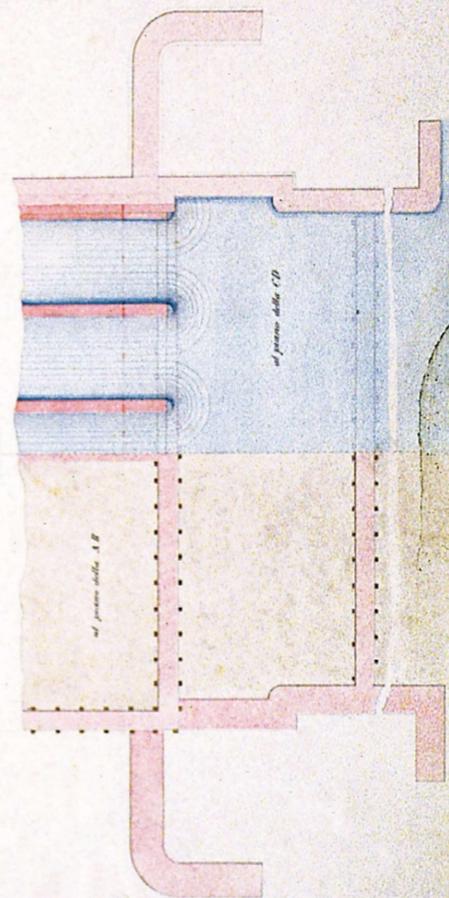
Sezione longitudinale



Tomba trasversale

Prospetto all'imbocco

Prospetto



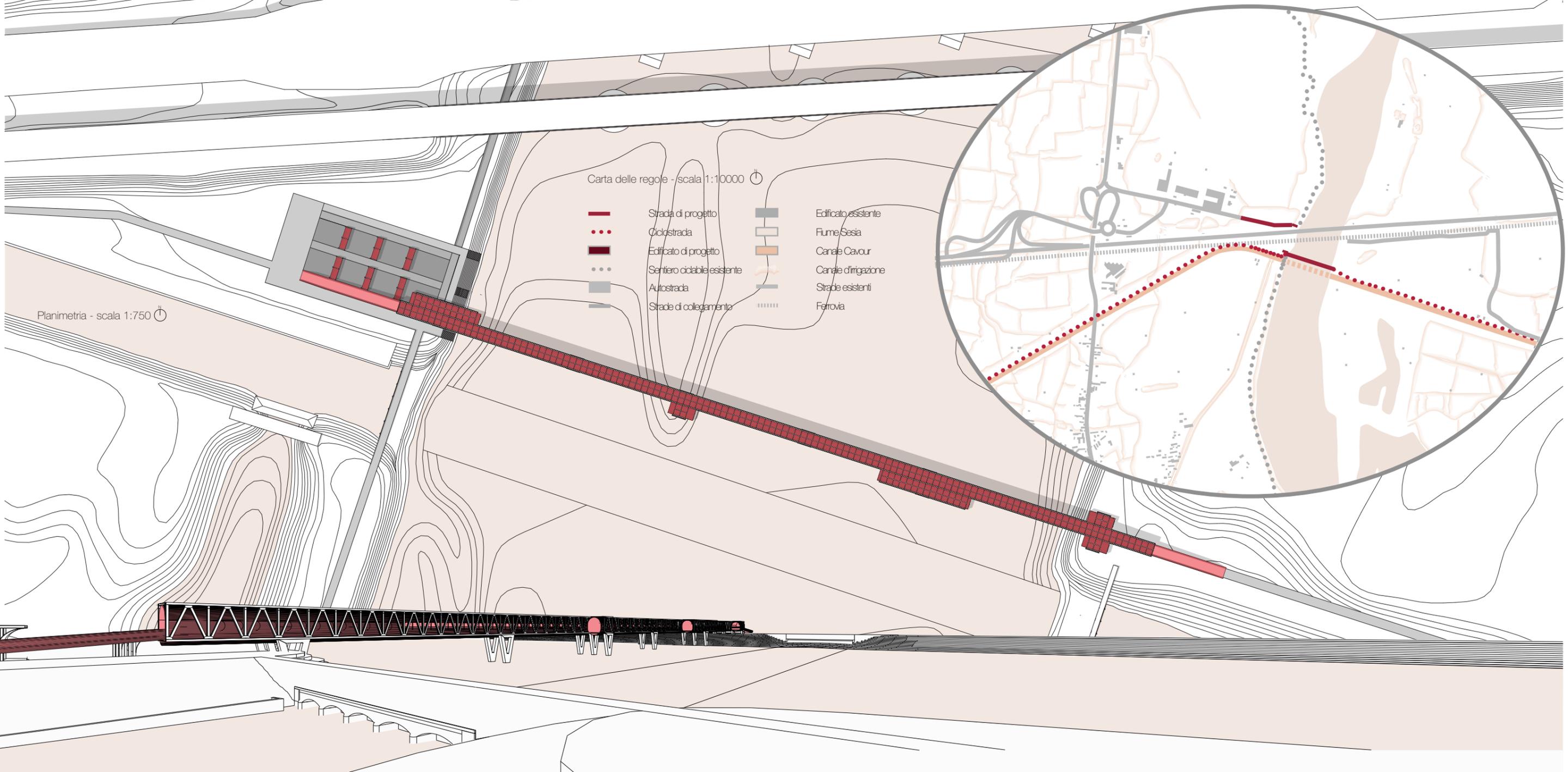
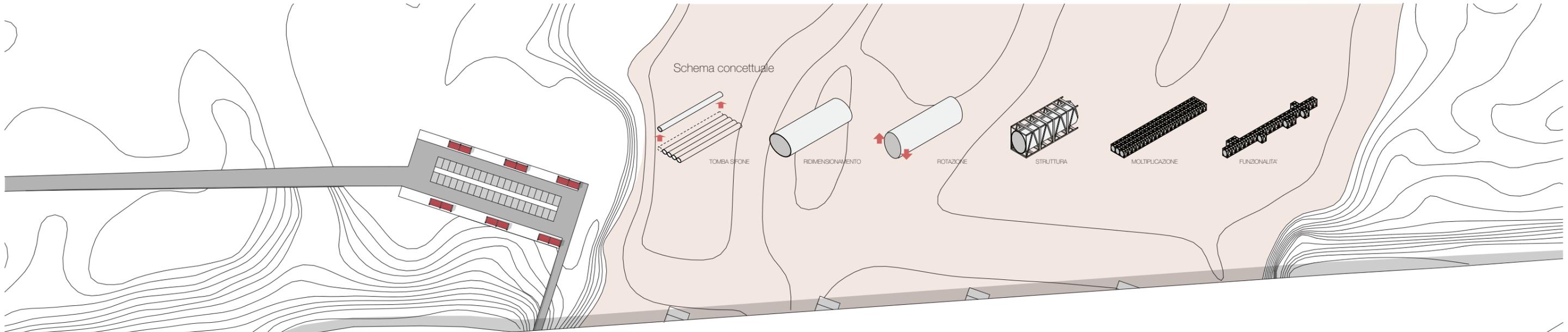
al piano della A B

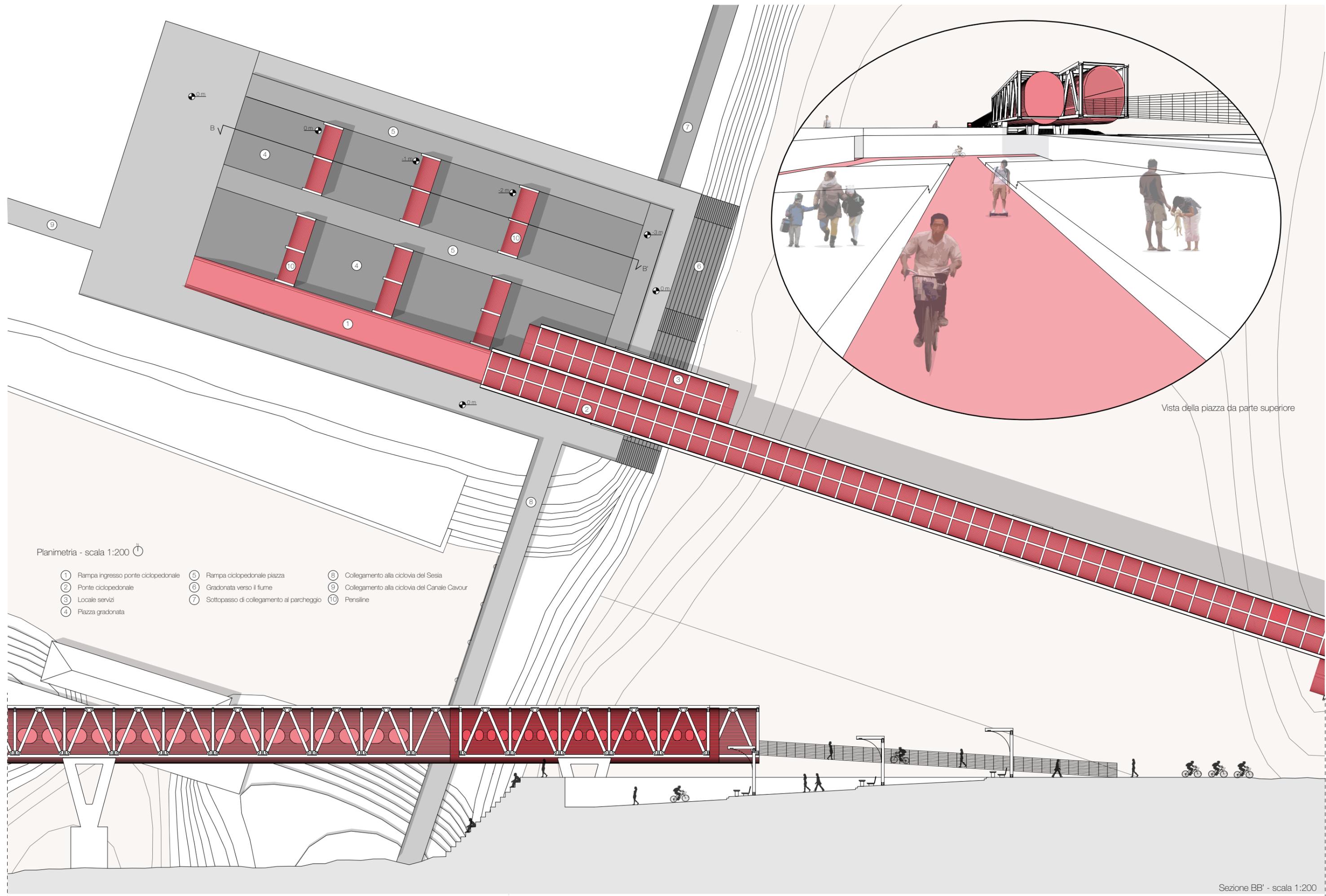
al piano della C D

al piano superiore dell'edifizio

<sup>23</sup> <http://www.estsesia.it/archivio-storico/archivio-storico-cavour/>

Elaborati grafici



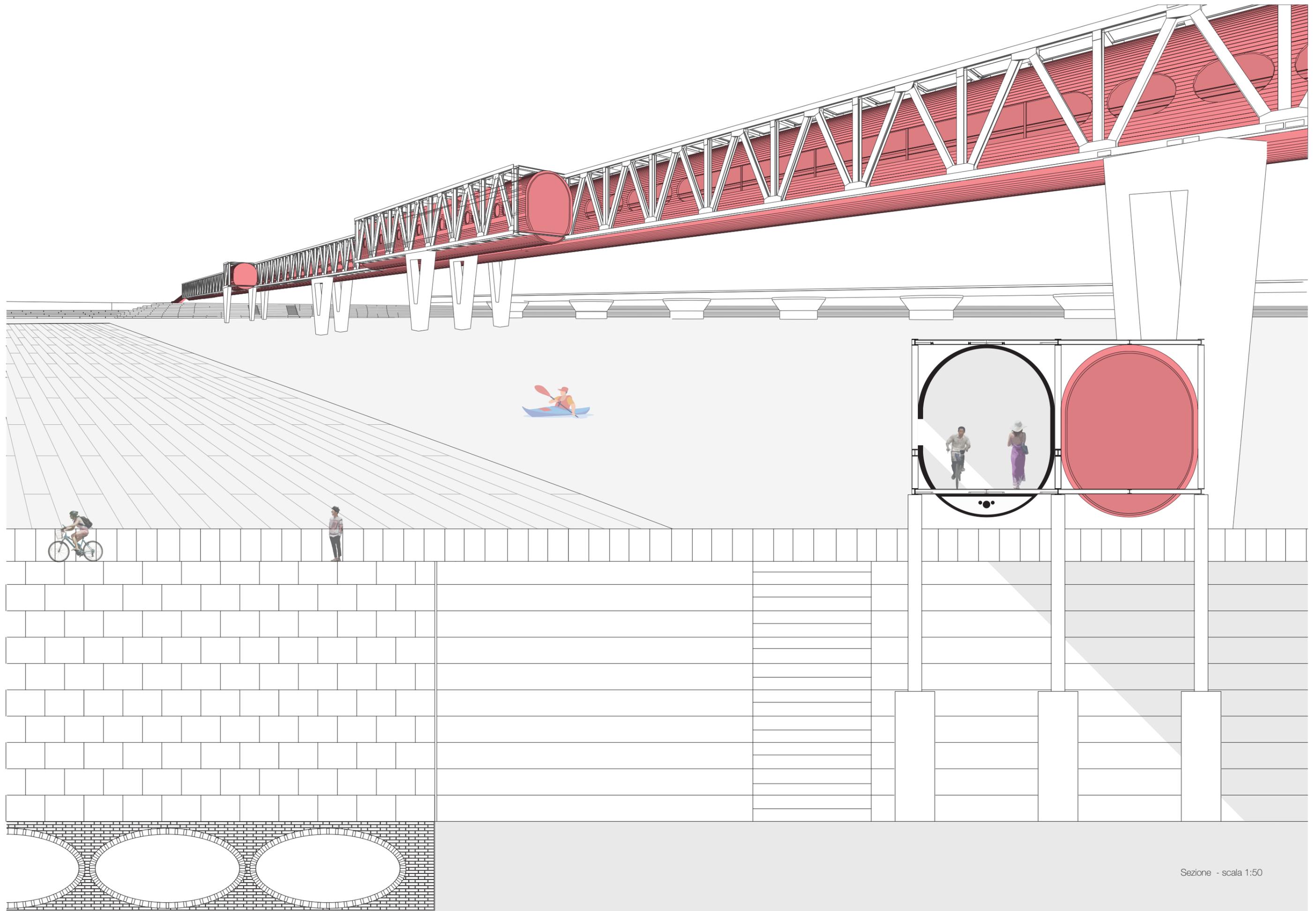


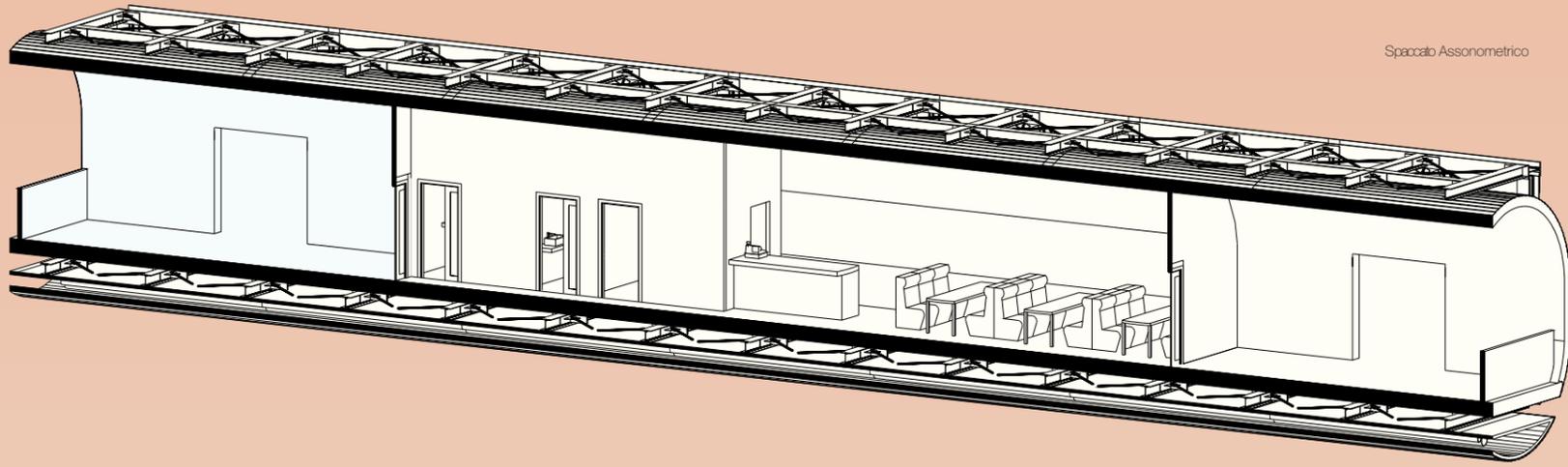
Planimetria - scala 1:200

- ① Rampa ingresso ponte ciclopedonale
- ② Ponte ciclopedonale
- ③ Locale servizi
- ④ Piazza gradonata
- ⑤ Rampa ciclopedonale piazza
- ⑥ Gradonata verso il fiume
- ⑦ Sottopasso di collegamento al parcheggio
- ⑧ Collegamento alla ciclovia del Sesia
- ⑨ Collegamento alla ciclovia del Canale Cavour
- ⑩ Pensiline

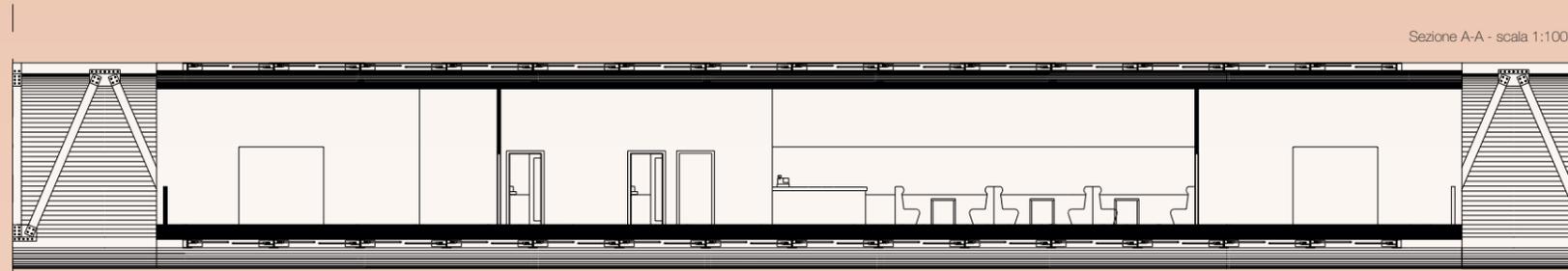
Vista della piazza da parte superiore

Sezione BB' - scala 1:200

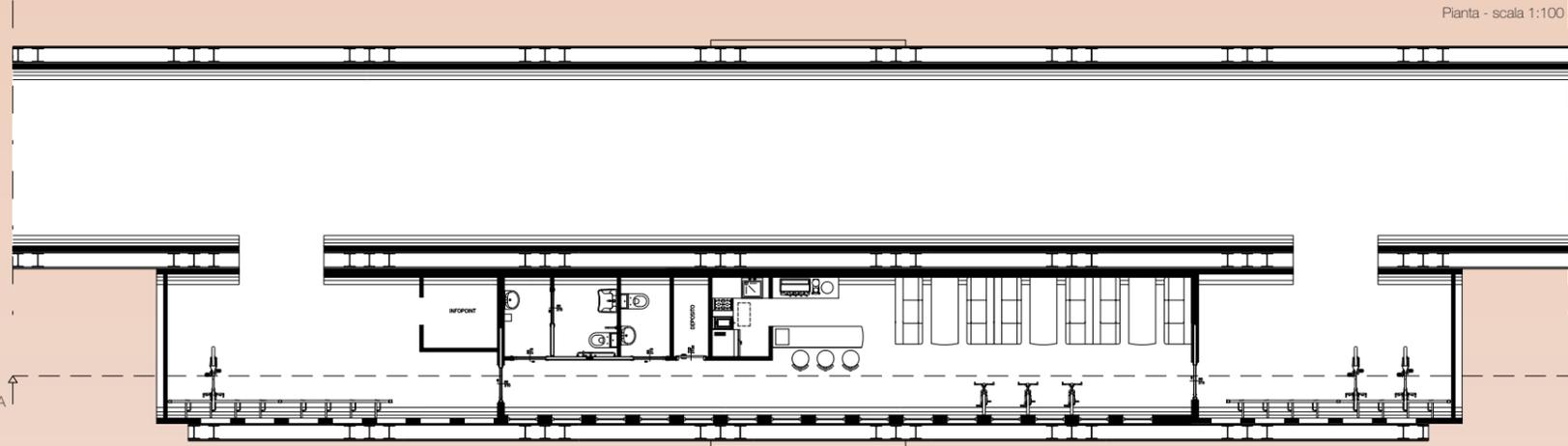




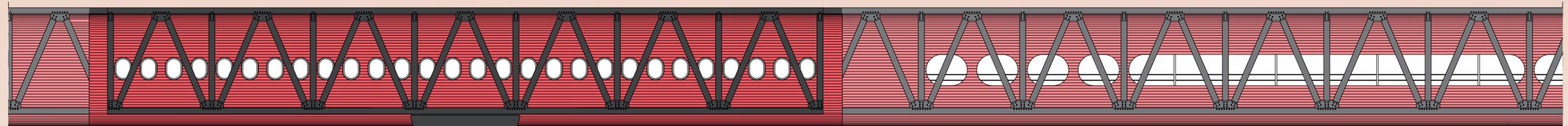
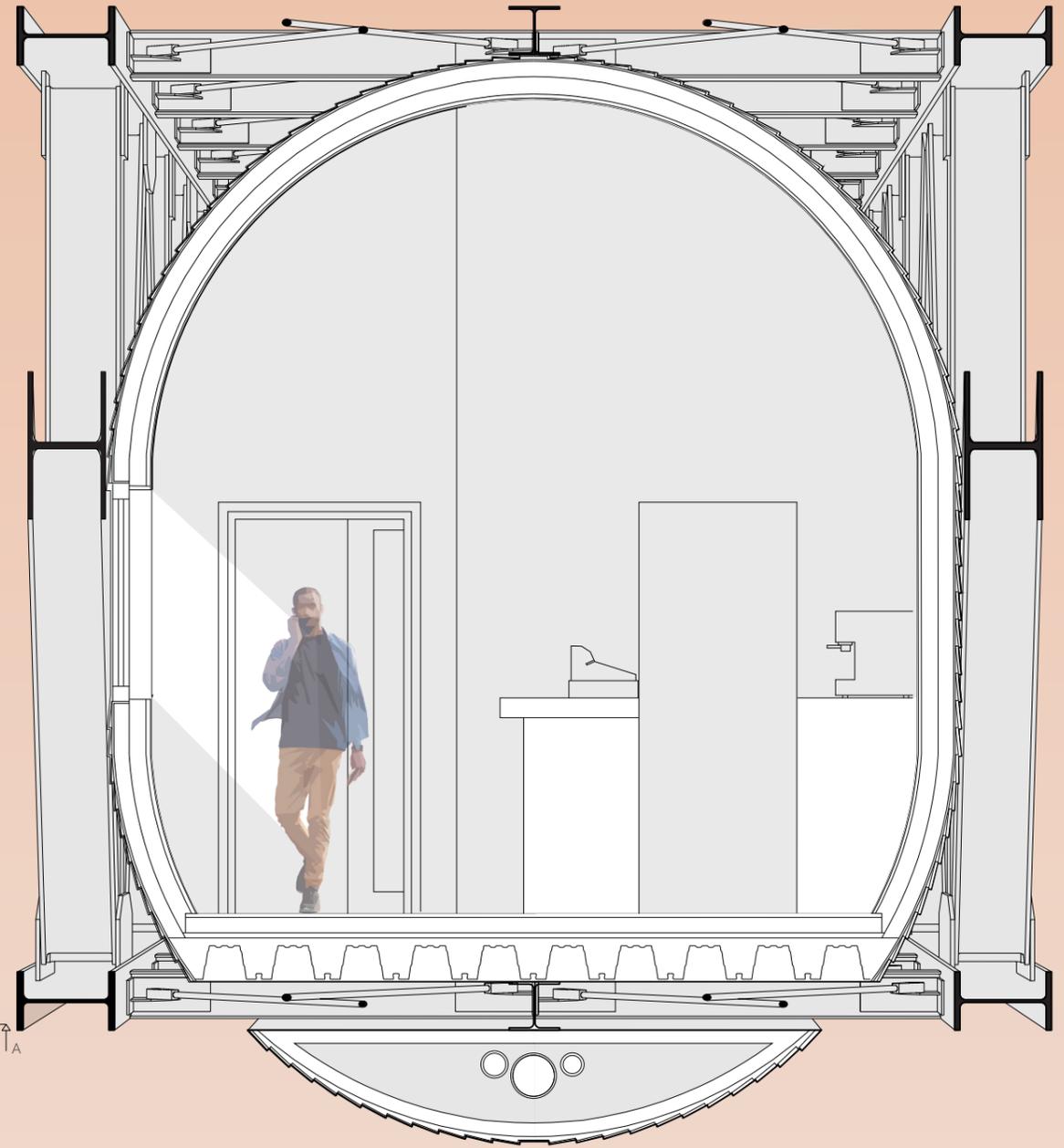
Spaccato Assonometrico



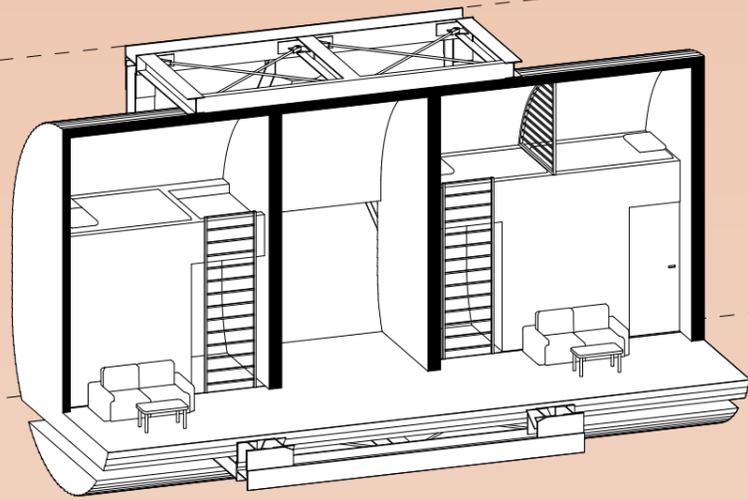
Sezione A-A - scala 1:100



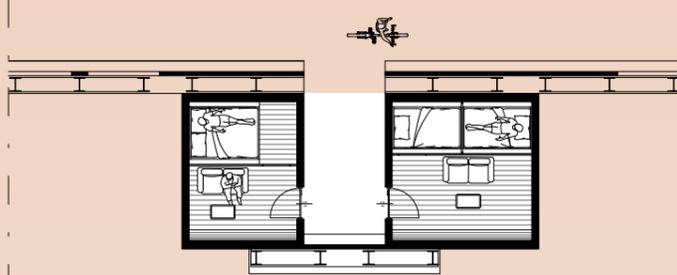
Pianta - scala 1:100



Prospetto sud - scala 1:100



Pianta piano soppalcato - scala 1:100



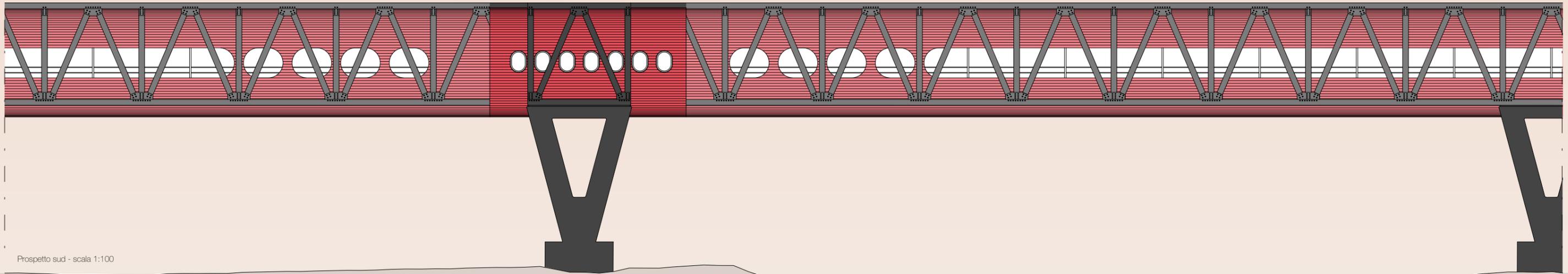
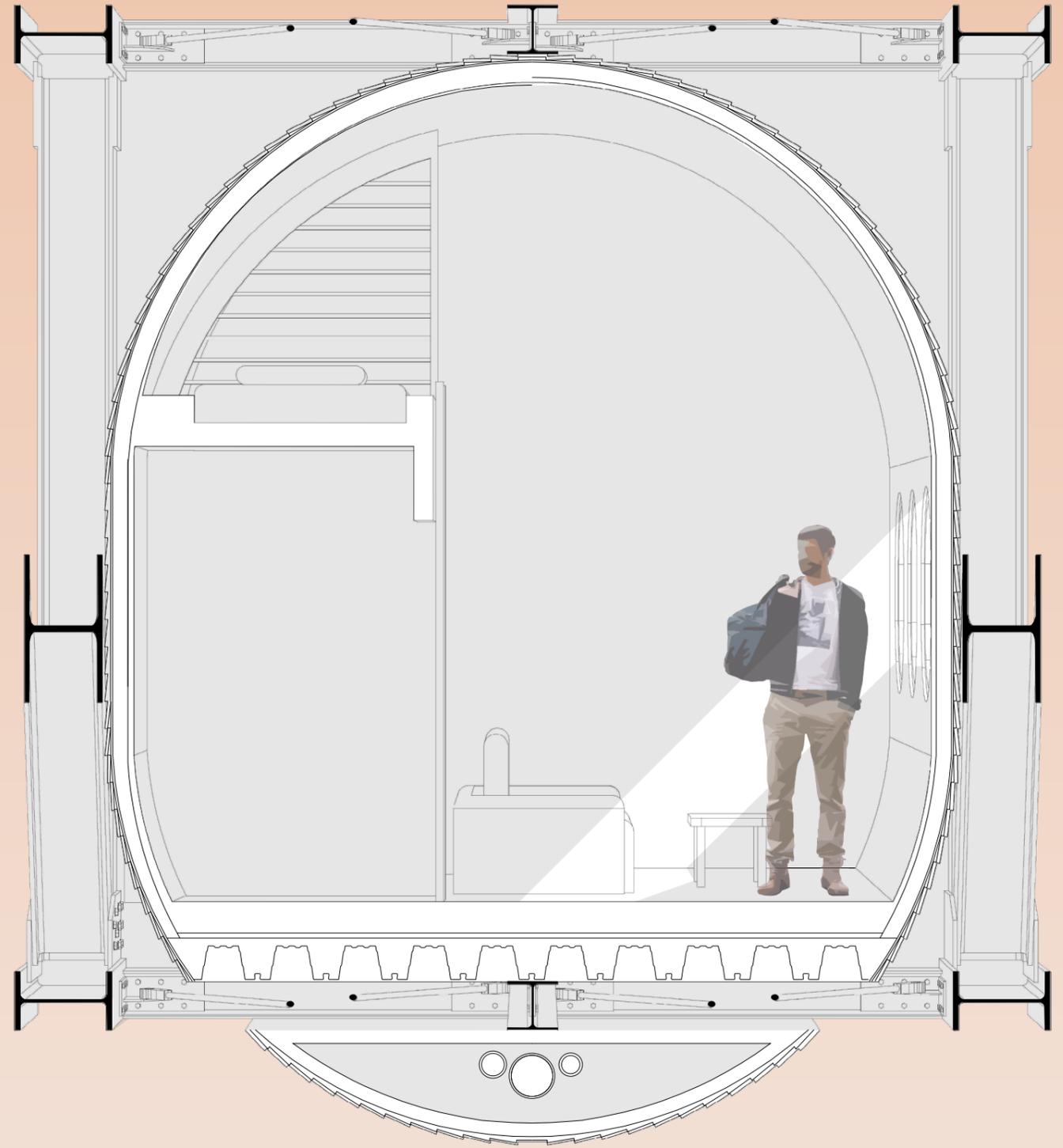
Sezione - scala 1:100



Pianta - scala 1:100

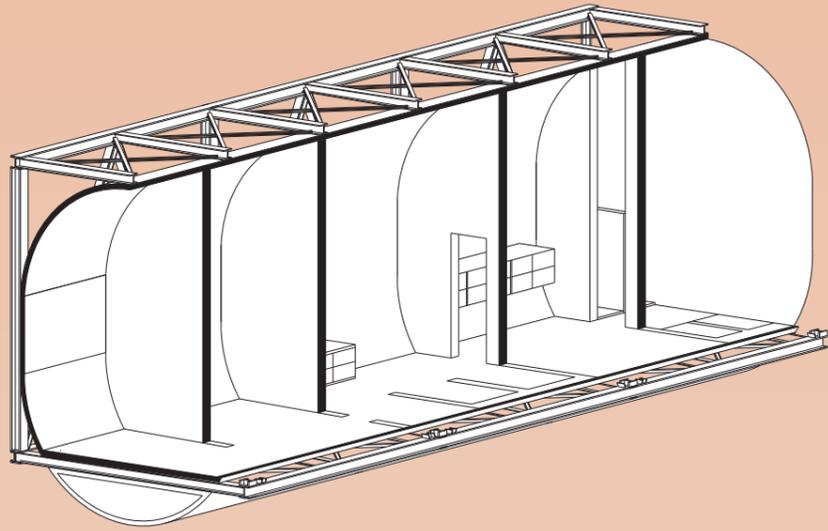


Sezione - scala 1:100

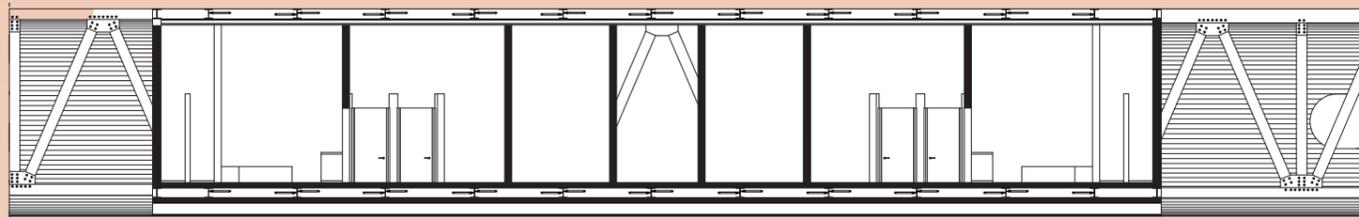


Prospetto sud - scala 1:100

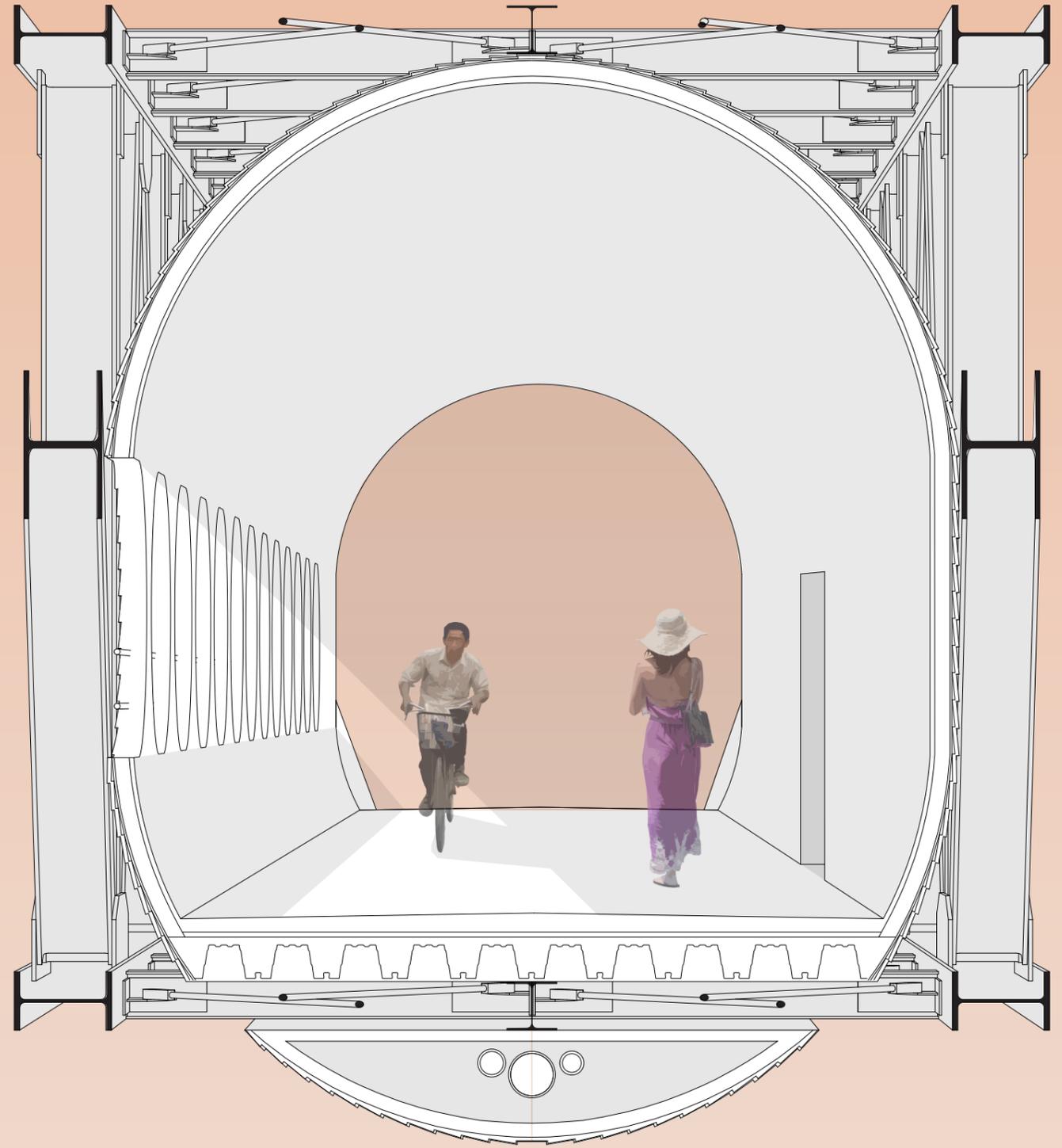
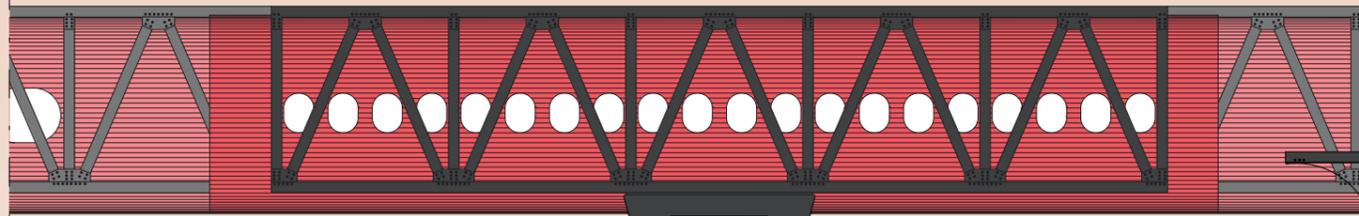
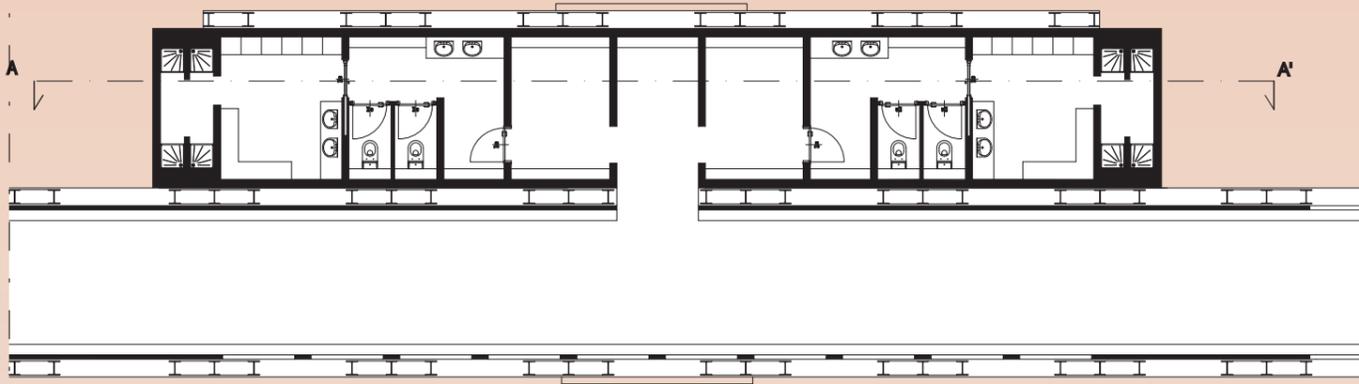
Spaccato Assonometrico



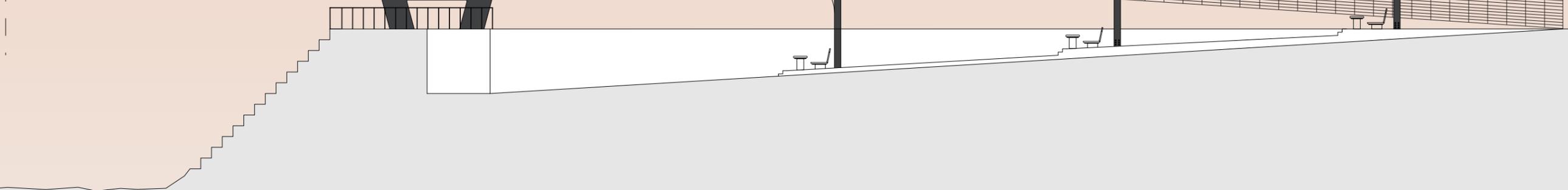
Sezione AA' - scala 1:100



Pianta - scala 1:100



Prospetto nord - scala 1:100



## Bibliografia

### Libri

- G. Motta, C. Ravagnati, *Alvei, meandri, isole e altre forme urbane. Tecniche di rappresentazione e progetti nei territori fluviali*, Franco Angeli, Milano 2007.
- C. Occelli, *Il problema della rifunzionalizzazione nel progetto di restauro*, De venustate et firmitate (scritti per Mario Dalla Costa), Celid, Torino 2002, pp. 60-67
- N. Besenval, *Il Canale Cavour come corridoio della collettività*, Accademia University Press, Torino 2016
- R. Palma, C. Ravagnati, *Atlante di progettazione architettonica*, De Agostini, Novara 2014
- I. Illich, *Elogio della bicicletta*, Bollati Boringhieri, Torino 2006
- A. Dutto, R. Palma, *Ponti abitati e ciclovie, piccolo manuale per la progettazione di velostazioni*, ArabaFenice, Torino 2019

### Articoli su riviste

- C. Occelli, R. Palma, *“La ciclostrada del Canale Cavour. Una via a bassa velocità tra Torino e Milano”*, Piemonte Parchi, n. 216, 2012, pp.14-15
- C. Occelli, R. Palma, *“Lo stupore della lentezza. Ciclovie, infrastrutture e nuovi immaginari territoriali”*, Architettura del Paesaggio, n. 24, 2011, pp.1-11
- C. Occelli, R. Palma, *“L’invenzione del MiTo. Il futuro del Canale Cavour (1863 – 1866)”*, ANANKE, vol. 4, 2012, pp.212-219
- C. Occelli, R. Palma, *“Architecture of the landform and settlement identities. Cyclerooutes as new linear public space”*, The journal of Public Space, n. 2(2), 2017, pp.63-74

### Sitografia

- <http://www.urbancyclinginstitute.com/#home>
- <http://www.parks.it/parco.po.to/par-natura.html>
- <http://www.estsesia.it/consorzio/fonti-idriche/canale-cavour/>
- <https://en.eurovelo.com/>
- <http://www.bicitalia.org/it/>
- <http://www.fiab-onlus.it/bici/>
- <https://www.journalpublicspace.org/index.php/jps/article/view/270>