REGIONE LIGURIA

Dipartimento Programmi Regionali, Porti, Trasporti, Lavori Pubblici ed Edilizia

Settore Progetti Infrastrutture Viabilità Porti e Logistica

InfrastruttureLiguria
GRUPPO FILSE

Anas S.p.A.

Direzione Centrale Progettazione

CONVENZIONE DEL 14 SETTEMBRE 2009 TRA REGIONE LIGURIA E INFRASTRUTTURE LIGURIA S.R.L. PER LA REALIZZAZIONE DI ATTIVITÀ PER L'ATTUAZIONE DEL PROGRAMMA DI STUDI E PROGETTAZIONI INFRASTRUTTURALI STRATEGICHE

Oggetto:

VARIANTE DI TRACCIATO ALLA S.S.1 AURELIA – CAPO NOLI

PROGETTO DEFINITIVO

Titolo:

RELAZIONE SPECIALISTICA STRUTTURE E GALLERIA

Doc. n:. 02A\DEF\STR\R014

Rev.	Data	Sez.	Pag.	Redatto	Controllato	Approvato	Descrizione
01	15-11-2011	*5*	*43*	VP	FB	SB	Per Emissione

Spazio riservato alla codifica ANAS

CODICE PROGETTO	CODICE ELABORATO	RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO
DP GE05 D 11 01	T 00 GN 01 GET RE 14	*Ing. Nicola Dinnella*

INDICE

1. Premessa 2
2. Quadro normativo strutture 3
3. Opere di imbocco 4
   3.1. Imbocco lato Finale 4
   3.2. Imbocco lato Noli 11
4. Galleria Capo Noli 13
5. Opere d'arte 24
   5.1. Opera di scavalco stazione sollevamento 25
   5.2. Struttura di intersezione 27
   5.3. Fabbricato di rimessaggio 28
   5.4. Rampa pedonale 29
   5.5. Sistemazione idraulica parte terminale Rio Prete Bernardini 31
   5.6. Muro di sostegno sistemazione Aurelia storica 35
   5.7. Locale tecnologico galleria 39
   5.8. Passerella ciclopedonale 41

1. Premessa

Oggetto della presente relazione è la descrizione delle opere strutturali relative al progetto definitivo della Variante di tracciato alla S.S.1 Aurelia – Capo Noli.

Nell'ambito del progetto è prevista la realizzazione delle seguenti infrastrutture:

a) *Galleria "Capo Noli"* a singola fornice che collega la S.S.1 da Capo Noli a Finale Ligure. La galleria avrà lunghezza complessiva di m 823, ed un ricoprimento massimo, misurato rispetto alla chiave di calotta della galleria, pari a circa 150 m. In corrispondenza di ciascun imbocco sarà presente un tratto di galleria artificiale. In particolare, in corrispondenza dell'imbocco lato Noli, la galleria artificiale avrà lunghezza pari a 8,50 m, mentre in corrispondenza dell'imbocco Finale Ligure, la galleria artificiale avrà lunghezza pari a 38,00 m.

b) *Opere di imbocco*: imbocco lato Finale ed imbocco lato Noli.

c) *Opere d'arte*: opera di scavalco stazione sollevamento; struttura di intersezione; fabbricato di rimessaggio; rampa pedonale; passerella ciclopedonale; opere di sistemazione idraulica del Rio Prete Bernardini nella sua parte terminale; muro di sostegno sistemazione Aurelia storica; locale tecnologico galleria.

Come sarà meglio descritto nel seguito la galleria sarà attaccata da un unico fronte, a partire dall'imbocco lato Noli e procedendo poi verso l'imbocco lato Finale.

2. Quadro normativo strutture

Ai fini del dimensionamento dei diversi elementi strutturali presenti nel progetto si è fatto riferimento alla normativa vigente, in particolare si sono osservate le prescrizioni contenute nelle seguenti normative:

• **Legge 5 Novembre 1971 N° 1086** - "*Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio, normale e precompresso ed a struttura metallica*";

• **Legge 2 Febbraio 1974 n.64** - "*Provvedimenti per le costruzioni, con particolari prescrizioni per le zone sismiche*";

• **D.M. LL.PP. 14 Gennaio 2008** - "*Norme tecniche per le costruzioni*";

• **Circolare 2 Febbraio 2009, n. 617** - "*Istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 14 gennaio 2008*".

3. Opere di imbocco

Con riferimento alle opere previste agli imbocchi, l'esecuzione delle stesse è subordinata allo svolgimento dei lavori in piena sicurezza. Per tale motivo sarà necessario, preliminarmente alle operazioni di scavo, realizzare delle opere di sostegno.

3.1. Imbocco lato Finale

In corrispondenza dell'imbocco lato Finale, che costituisce il fronte in uscita della Galleria e si sviluppa planimetricamente in direzione non perfettamente ortogonale all'asse longitudinale della galleria in corrispondenza dello stesso, il progetto prevede una significativa riprofilatura del versante in roccia esistente e l'esecuzione di uno scavo verticale di altezza variabile tra circa 3.5 e 30 m (Figura 1) per uno sviluppo complessivo di circa 52 m.

Al fine di garantire la stabilità e la sicurezza del versante nella sua nuova conformazione, sono previsti interventi di consolidamento costituiti da ancoraggi di tipo passivo (chiodature) che interesseranno sia la parete di imbocco (Figura 2) che le pareti poste lateralmente alla galleria artificiale (Figura 3).

Al termine della galleria artificiale, la galleria naturale è di tipo parietale: il piedritto lato mare viene infatti a trovarsi a circa 8 m di distanza dal fronte roccioso lato Aurelia. Allontanandosi dall'imbocco lo spessore del "pilastro" aumenta gradualmente fino a raggiungere ad una distanza di circa 36 m dall'imbocco uno spessore di circa 12 m. Lungo il tratto suddetto, al fine di garantire la stabilità e la sicurezza dei versanti, è previsto un placcaggio con ancoraggi passivi in barre d'acciaio e barre in vtr come illustrato in Figura 4.

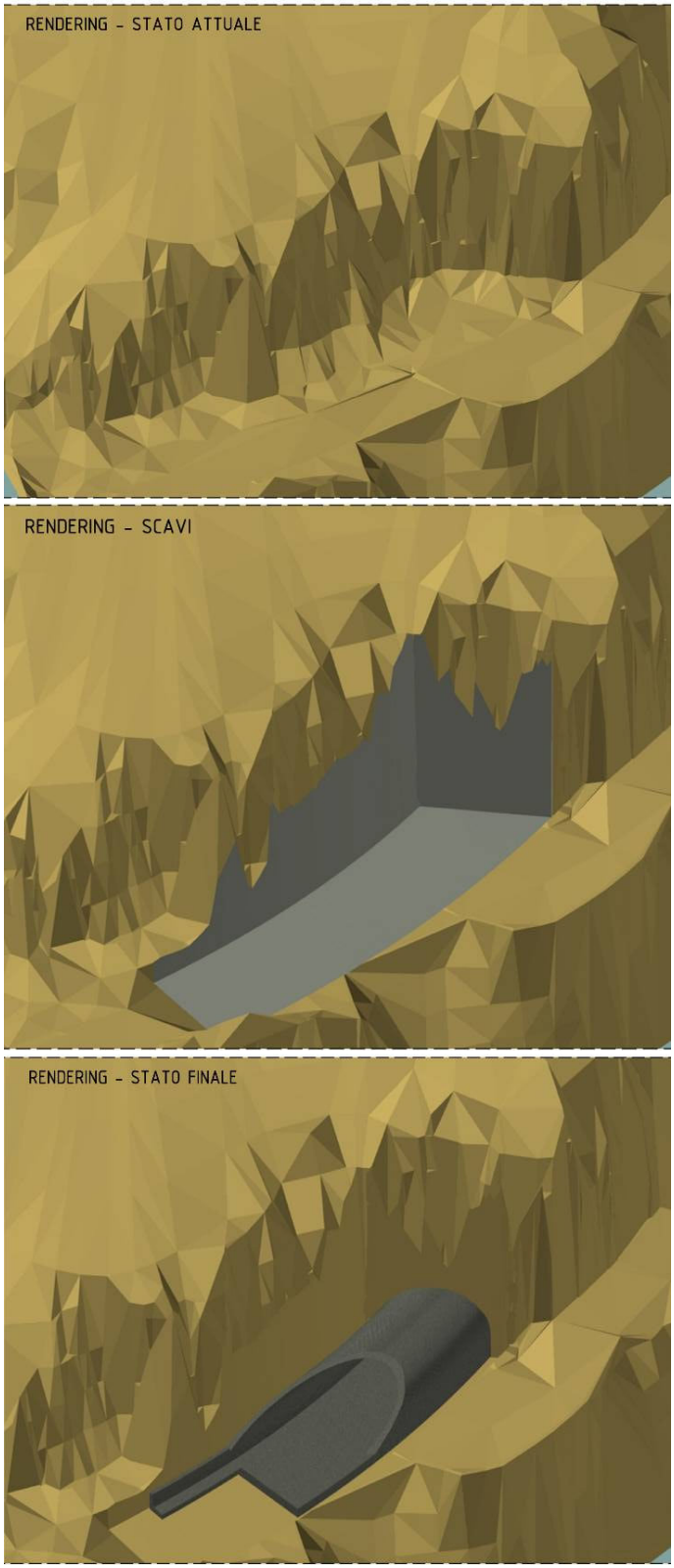


Figura 1 - *Rendering relativo alle fasi esecutive dell'opera di imbocco lato Finale: Stato attuale; Fase di scavo, Stato finale.*

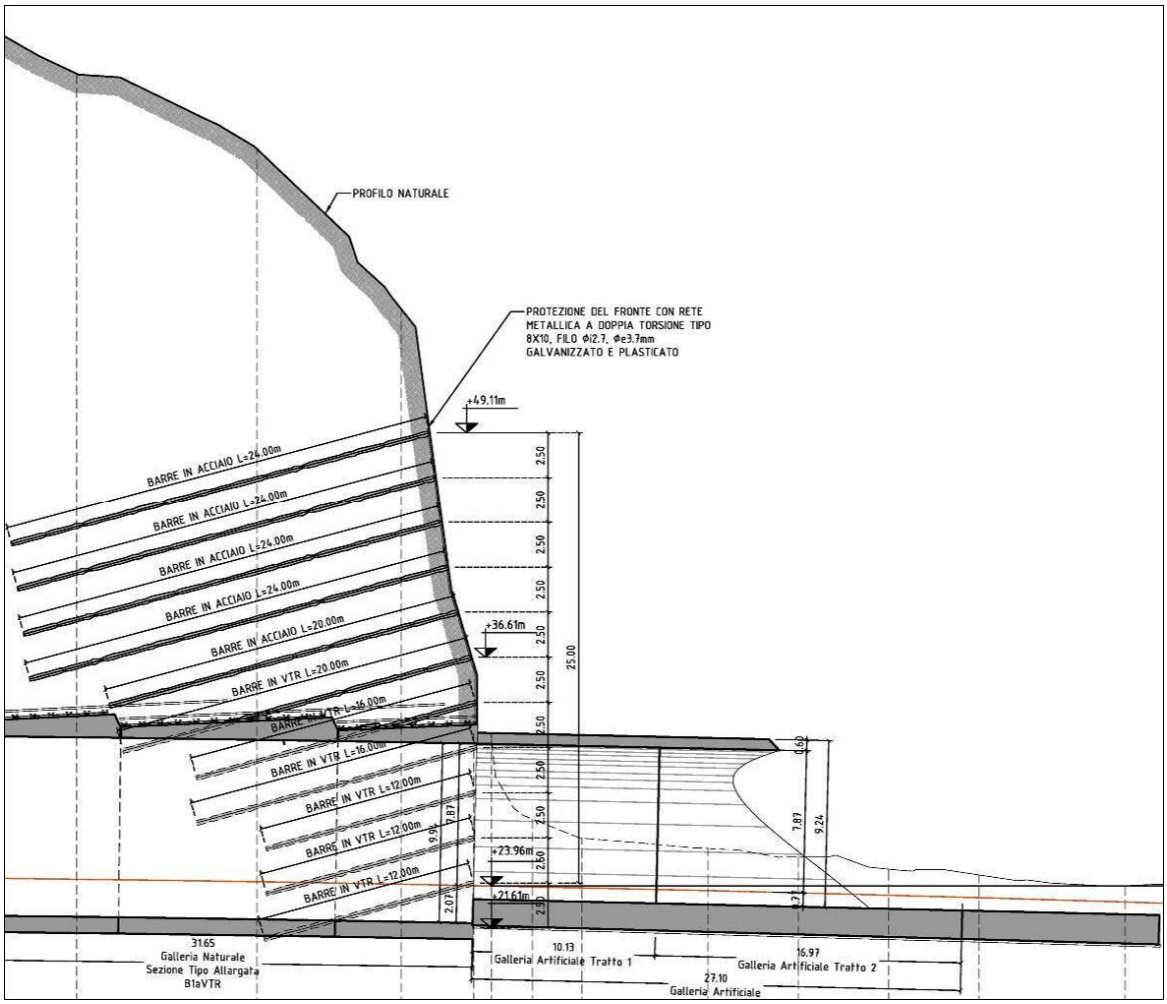


Figura 2 – *Imbocco lato Finale: intervento di consolidamento in corrispondenza della parete di imbocco.*

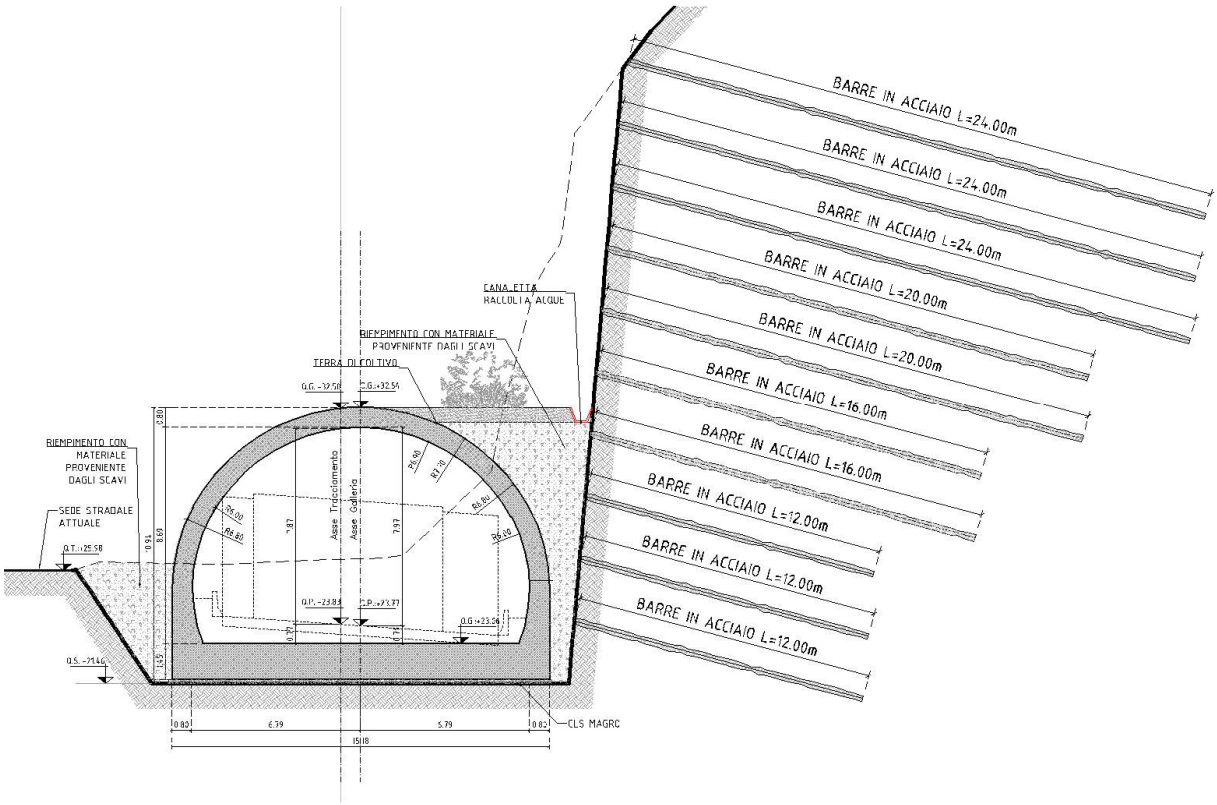


Figura 3 – *Imbocco lato Finale: intervento di consolidamento in corrispondenza del tratto di galleria artificiale.*

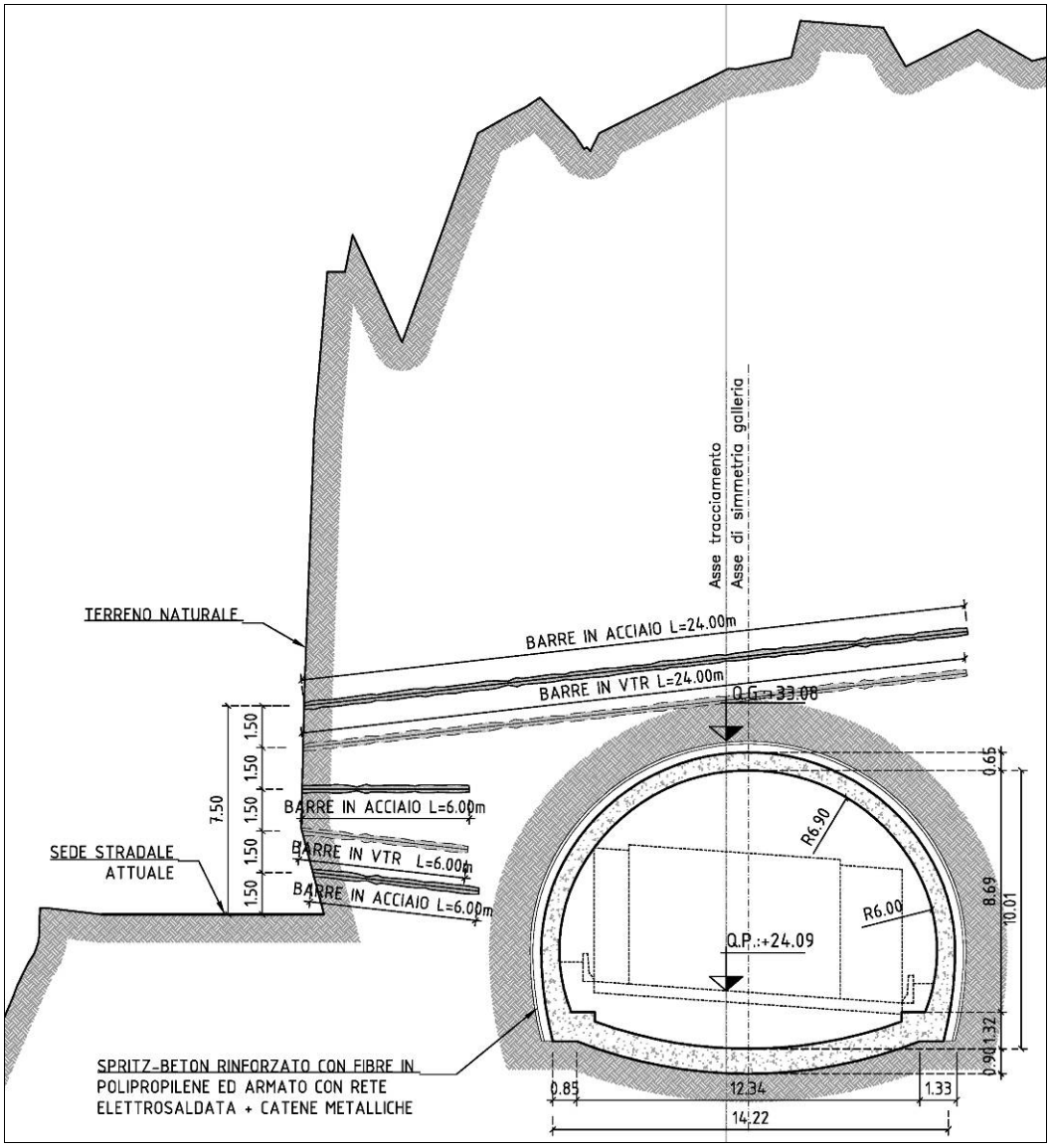
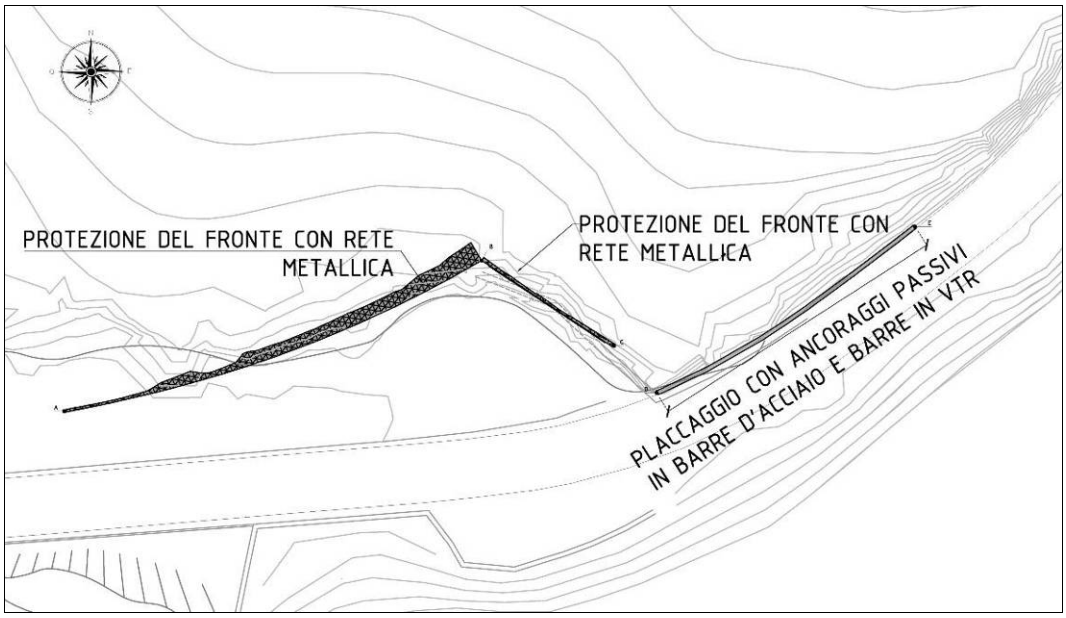


Figura 4 - *Intervento di consolidamento in corrispondenza del tratto di galleria naturale in prossimità dell'imbocco lato Finale.*

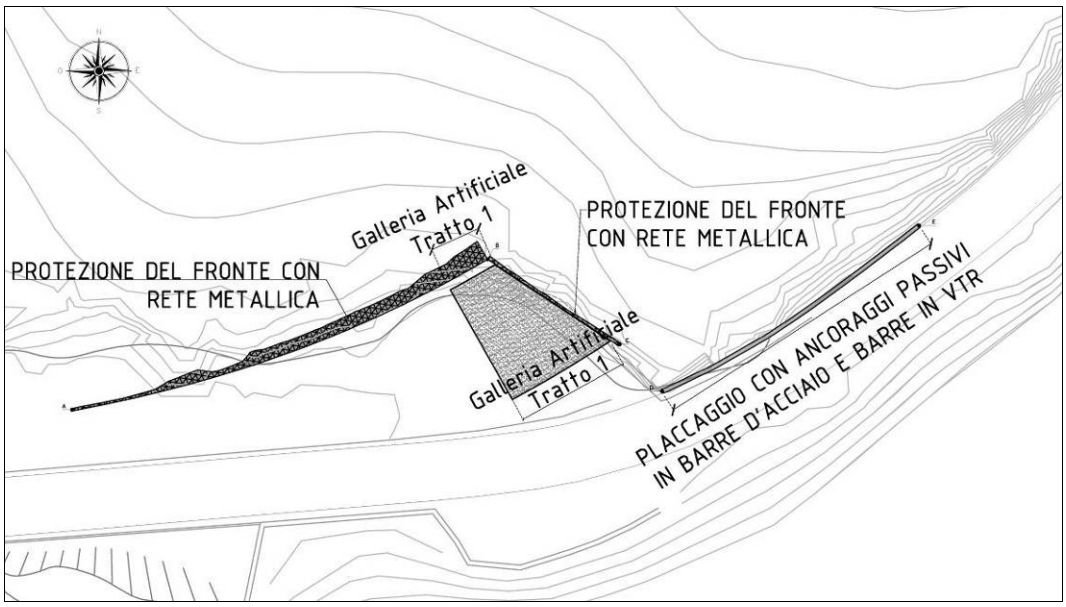
Il progetto preliminare prevedeva un avanzamento del fronte di scavo che procedesse a partire da entrambi gli imbocchi. In questa sede si è tuttavia ritenuto più opportuno procedere con l'avanzamento del fronte di scavo a partire del solo imbocco Lato Noli. Ciò consentirà infatti di minimizzare i disturbi indotti dal cantiere mantenendo al contempo in esercizio la strada esistente S.P.1 Aurelia per un tempo molto maggiore, limitandone la chiusura ai soli intervalli di tempo durante i quali si procederà allo scavo di sbancamento dell'imbocco, alle operazioni finalizzate al consolidamento delle pareti rocciose ivi presenti, nonché alla realizzazione del tratto di galleria artificiale. Durante il tempo necessario alla

realizzazione della galleria naturale la strada esistente S.P.1 Aurelia potrà così restare in esercizio. Le fasi di realizzazione della galleria in corrispondenza dell'imbocco lato Finale sono riassunte nel seguito.

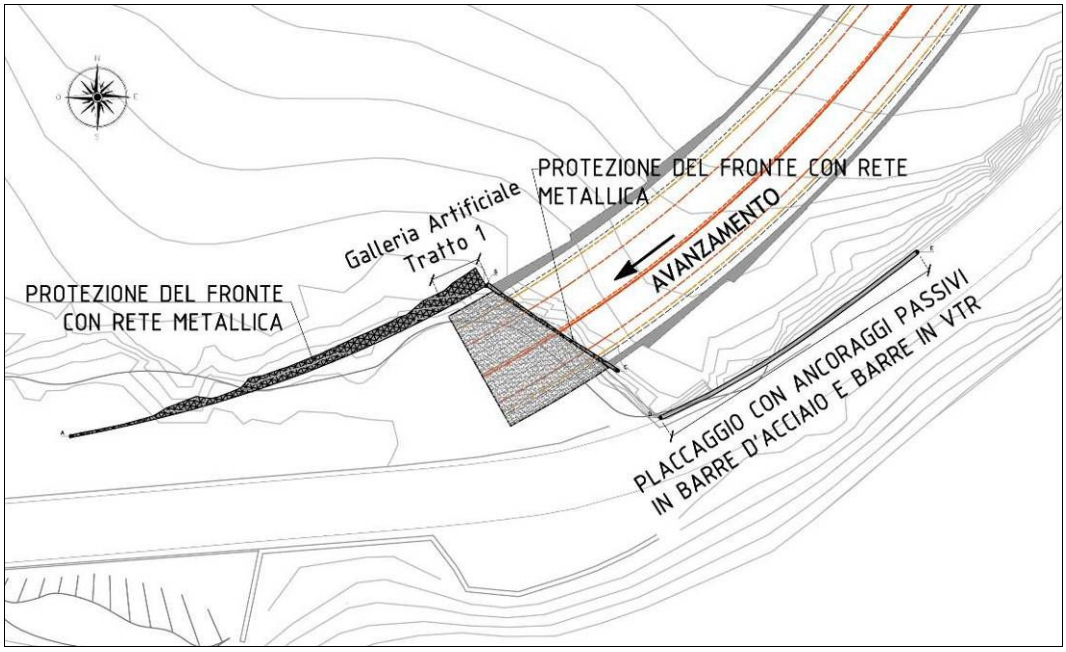
Fase 1 – *Scavo e realizzazione opere di consolidamento delle pareti rocciose in corrispondenza dell'imbocco lato Finale*.



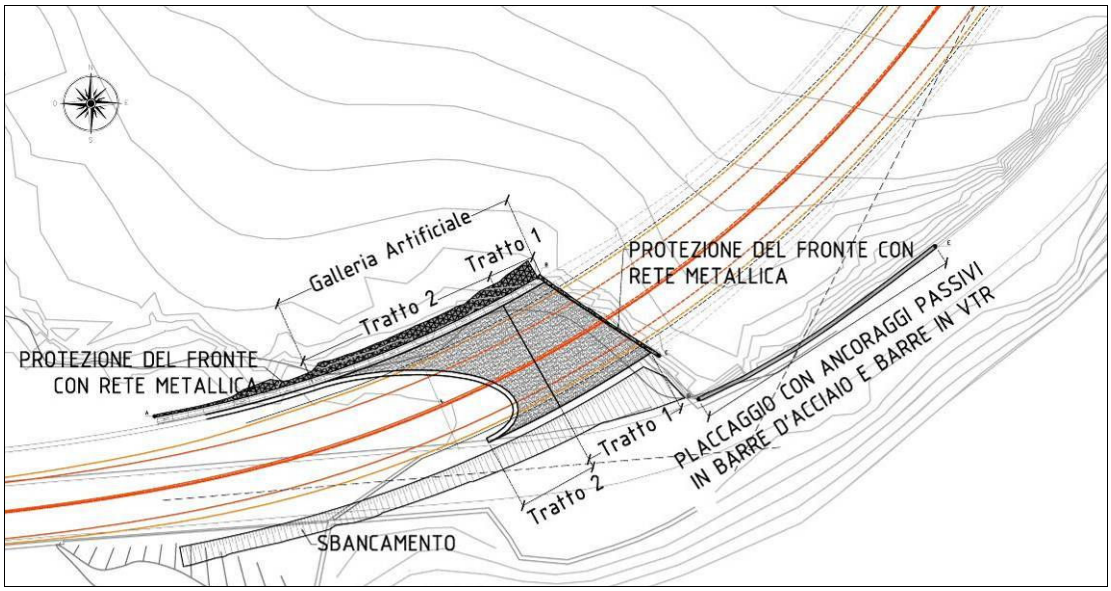
Fase 2 – *Realizzazione del primo tratto di galleria artificiale in corrispondenza dell'imbocco lato Finale*.



Fase 3 – *Realizzazione della galleria naturale con avanzamento a partire dall'imbocco lato Noli, sfondamento in corrispondenza dell'imbocco lato Finale*.



Fase 4 – *Realizzazione del secondo e ultimo tratto di galleria artificiale in corrispondenza dell'imbocco lato Finale*.



3.2. Imbocco lato Noli

In corrispondenza dell'imbocco lato Noli, la cui planimetria è sinteticamente riportata in Figura 5, il progetto prevede un fronte d'attacco della galleria con riprofilatura del versante in roccia esistente e l'esecuzione di uno scavo verticale di altezza variabile tra circa 4 e 19.5 m.

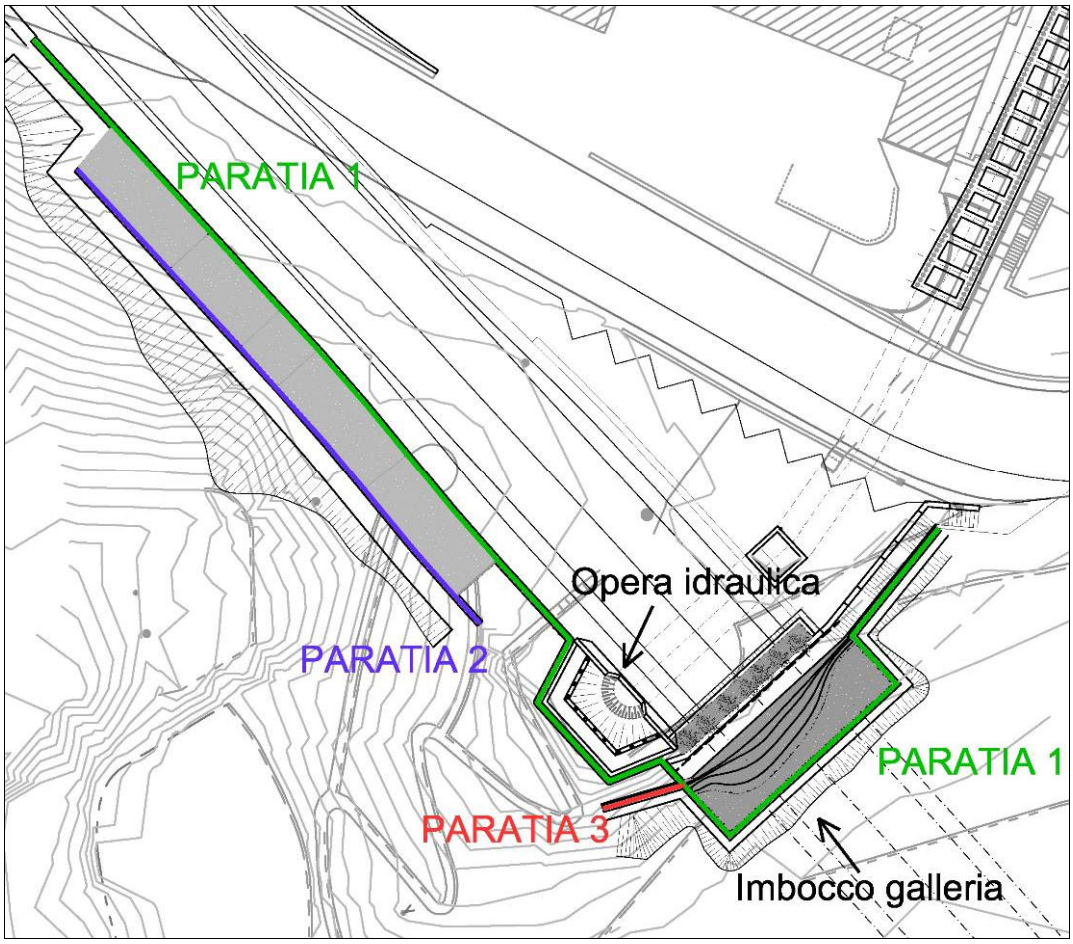


Figura 5 - *Planimetria imbocco lato Noli.*

La funzione di sostegno dello scavo sarà affidata ad una paratia berlinese coadiuvata ad un sistema di chiodature passive ad essa ancorate (Paratia 1), di lunghezza complessiva pari a circa 111 m. A tergo della suddetta paratia ne sarà predisposte una seconda (Paratia 2) ed una terza (Paratia 3). In particolare, la Paratia 2 sarà disposta parallelamente alla prima per una lunghezza complessiva di circa 44 m (vedi Figura 5), mentre la Paratia 3

sarà posta a tergo dell'opera idraulica in prossimità dell'imbocco ed avrà una lunghezza modesta, pari a circa 6 m.

Tutte le paratie saranno di tipo berlinese, costituite da micropali ϕ 220 disposti ad interasse di 0.4 m, armati con profili tubolari in acciaio S355 di diametro 139.7 mm e spessore 8 mm (Figura 6), ancorate su più livelli tramite chiodature passive.

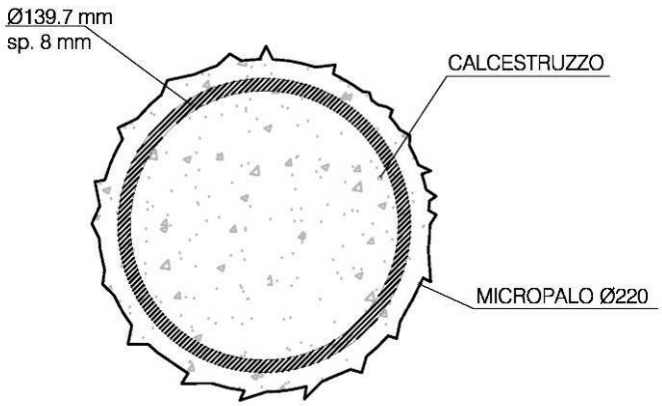


Figura 6 – *Micropalo trivellato iniettato dal basso in un un'unica soluzione (IGU), impiegato per la realizzazione delle paratie n.1, n.2 e n.3.*

L'altezza massima fuori terra delle strutture di sostegno sarà pari a 19.5 m (Paratia 1), mentre il pendio a tergo delle opere avrà pendenze comprese tra 10° e 38°.

4. Galleria Capo Noli

La scelta del sistema di scavo di una galleria naturale è principalmente funzione del tipo di terreno attraversato, dell'assetto morfologico, geologico, idrologico ed idrogeologico, delle sue caratteristiche fisiche e meccaniche, della sua omogeneità, degli stati tensionali e della geometria della sezione, ma sovente entrano in gioco fattori economici, finanziari, tecnici ed organizzativi.

Nel caso in esame la scelta è ricaduta su di un sistema di scavo di tipo tradizionale che, rispetto a quello meccanico, è molto più flessibile ben adattandosi ad una difficile situazione cantieristica ed una diversa geologia dei terreni attraversati. L'orografia del terreno, il tracciato non rettilineo, unite agli spazi ristretti ed alla presenza di una viabilità che deve rimanere in esercizio per gran parte della durata della costruzione della galleria, non consentono l'installazione di un cantiere delle dimensioni di cui necessita uno scavo meccanizzato. Infine, da non sottovalutare, vi è l'aspetto economico: la lunghezza della galleria e le diverse sezioni tipologiche adottate sono infatti tali da non giustificare l'impiego di uno scavo meccanizzato.

Per quanto riguarda il sistema di scavo, la scelta è condizionata da diversi elementi quali: caratteristiche di resistenza dei terreni attraversati; capacità di trasmissione dell'energia dei terreni attraversati; presenza di eventuali discontinuità e disomogeneità della struttura degli ammassi rocciosi; presenza di strutture e zone abitate nelle zone limitrofe al manufatto; etc. Allo stato delle conoscenze geologiche, geotecniche, idrogeologiche si ritiene attendibile un sistema di scavo che prevede l'abbattimento mediante martellone, ripper o microcariche.

In corrispondenza di ciascun tratto di galleria, da considerarsi omogeneo per litologia interessata ed altezza di copertura, in riferimento al comportamento atteso degli ammassi rocciosi a seguito dello scavo della galleria, sono state individuate le sezioni tipo ritenute più idonee. Le diverse sezioni tipo, ovvero il complesso degli interventi di stabilizzazione e le relative modalità e fasi di esecuzione, sono dunque state scelte al fine di evitare deformazioni eccessive e l'eventuale innesco di fenomeni di instabilità.

La valutazione dell'evoluzione dello stato tensionale nella roccia a seguito della realizzazione di una galleria è stata condotta attraverso l'analisi dei fenomeni deformativi del mezzo attraversato, che hanno fornito informazioni sul comportamento della cavità nei riguardi della stabilità a breve e a lungo termine. Il comportamento del cavo e del fronte è infatti funzione, oltre che delle caratteristiche meccaniche dei materiali attraversati, delle caratteristiche geometriche della cavità stessa, delle coperture, nonché dei carichi litostatici cui è soggetta.

La metodologia di lavoro ha seguito l'approccio del metodo ADECO-RS (Lunardi, 2000), che può essere riassunto in tre step progettuali: fase conoscitiva, fase di diagnosi (assenza di interventi), fase di terapia (interventi).

In particolare, durante la *fase conoscitiva* viene attuato l'inquadramento geologico ed idrogeologico di tutto il volume di terreno significativo, e vengono altresì definite le caratteristiche geomeccaniche degli ammassi interessati dalla galleria. Tale caratterizzazione è dettagliatamente descritta nella Relazione Geotecnica nonché nel Profilo Geomeccanico allegati al progetto.

Durante la *fase di diagnosi* sono invece state individuate tratte a comportamento geomeccanico omogeneo lungo il tracciato. Il comportamento del fronte di scavo, al quale è legato quello della cavità, può essere sostanzialmente ricondotto alle tre categorie di comportamento in assenza di interventi, in accordo alla classificazione proposta dal metodo ADECO-RS (Lunardi, 2000):

- **Categoria A**: *Galleria a fronte stabile*

  Nel caso di galleria a fronte di scavo stabile, lo stato tensionale al contorno della cavità in prossimità del fronte si mantiene in campo prevalentemente elastico, i fenomeni deformativi sono di modesta entità e tendono ad esaurirsi rapidamente. In queste condizioni anche il comportamento del cavo è di tipo stabile, si mantiene prevalentemente in campo elastico e non si rendono necessari interventi preventivi di consolidamento, se non localizzati e in misura molto ridotta. Il margine di sicurezza per la stabilità a lungo termine è in questo caso fornito dal rivestimento definitivo.

- **Categoria B**: *Galleria a fronte stabile a breve termine*

  La condizione di galleria a fronte stabile a breve termine si verifica quando lo stato tensionale indotto dall'apertura della cavità approssima la resistenza del materiale al fronte, che si allontana progressivamente da un meccanismo di comportamento di tipo elastico per assumere un comportamento di tipo elasto-plastico. I fenomeni deformativi connessi alla redistribuzione delle tensioni risultano più accentuati rispetto al caso precedente, e possono produrre nell'ammasso al fronte una significativa riduzione delle caratteristiche di resistenza con decadimento verso i parametri residui. La decompressione indotta dallo scavo può essere opportunamente controllata tramite opportuni interventi di preconsolidamento al fronte e/o al contorno del cavo: in tal modo si fornisce un adeguato contenimento all'ammasso, che così mantiene un comportamento stabile. Nel caso in cui non siano previsti interventi, lo stato tenso-deformativo può evolvere verso situazioni di instabilità con il procedere dell'avanzamento degli scavi. Anche in questo caso il rivestimento definitivo fornisce il margine di sicurezza a lungo termine.

- **Categoria C**: *Galleria a fronte instabile*

  L'instabilità progressiva del fronte di scavo è attribuibile ad un'accentuazione dei fenomeni deformativi, che risultano immediati e più rilevanti rispetto ai casi precedenti, manifestandosi prima ancora che avvenga lo scavo, oltre il fronte stesso. Tali deformazioni producono un incremento dell'estensione della zona di ammasso decompressa in corrispondenza del fronte, dove si sviluppa un progressivo e rapido decadimento delle caratteristiche meccaniche del materiale. L'espansione della fascia di materiale decompresso al contorno del cavo deve essere contenuta prima dell'arrivo del fronte di scavo, e richiede pertanto interventi di preconsolidamento sistematici in avanzamento, che consentano di creare artificialmente l'effetto arco capace di far evolvere la situazione verso configurazioni di equilibrio stabile

Le analisi condotte in questa fase, in condizioni di cavo libero e con il *metodo delle linee caratteristiche*, evidenziano i comportamenti di seguito descritti:

- di tipo "**A**" per le porzioni di tracciato ove le formazioni della Dolomia e del Calcare presentano le caratteristiche di *ammasso integro*: i materiali attraversati presentano buone caratteristiche geomeccaniche e si prevede una comportamento definito di "*fronte stabile*" per tutte le coperture. I fenomeni deformativi osservabili sono di

piccola entità con valori delle convergenze massime millimetriche, sia al fronte che lontano da esso. Lo stato tensionale al contorno della cavità si mantiene in campo elastico al fronte e pressoché elastico lontano dal fronte, ove si osserva la formazione di zone plasticizzate di trascurabile estensione.

- di tipo "**B**" e "**B/C**" per le porzioni di tracciato che attraversano *zone di faglia* o *contatti stratigrafici*: in tali zone è possibile ipotizzare la presenza di un contesto geomeccanico più scadente rispetto al precedente, che si riflette in un comportamento definito di "*fronte stabile a breve termine"*. Le convergenze al fronte risultano maggiori del cm (convergenze dell'ordine di 1÷4 cm). Lontano dal fronte le convergenze diventano significative, con valori compresi tra 5 e 14 cm, e si osserva la formazione di zone plasticizzate di elevata estensione.

- di tipo "**B/C**" per la porzione di tracciato in prossimità dell'*imbocco lato Noli*, dove la formazione della Dolomia presenta un significativo grado di fratturazione: per tale porzione si prevede un comportamento definito di "*fronte stabile a breve termine*" / "*fronte instabile*". La convergenze stimate sono inferiori al centimetro al fronte e dell'ordine del centimetro lontano dal fronte dove la convergenza massima è pari a 1.5 cm. Lo stato tensionale al fronte è prevalentemente elastico con la formazione, lontano dal fronte, di zone plasticizzate significative. Per questa zona sono state condotte analisi addizionali con il metodo dell'equilibrio limite proposto da Tamez.

- di tipo "**A/B**" per la porzione di tracciato in prossimità dell'imbocco lato Finale, dove la formazione del Calcare presenta un moderato grado di fratturazione e buone caratteristiche meccaniche: per tale porzione si prevede un comportamento definito di "*fronte stabile*" / "*fronte stabile a breve termine*". I fenomeni deformativi stimati sono di piccola entità con valori delle convergenze massime minori del cm, sia al fronte che lontano dal fronte, con valori della convergenza massima pari a 0.4 cm. Lo stato tensionale al contorno della cavità si mantiene in campo elastico al fronte e pressoché elastico lontano dal fronte, ove si osserva la formazione di zone plasticizzate di estensione trascurabile.

Durante la *fase di terapia*, in funzione delle particolari caratteristiche fisiche e meccaniche dell'ammasso, è stato infine possibile associare ad ogni categoria di comportamento individuata in fase di diagnosi (A, B, B/C) uno specifico intervento di

rivestimento, presostegno e preconsolidamento. In particolare, sono state individuate n.7 sezioni tipo, la cui validità è stata verificata attraverso simulazioni numeriche condotte con il codice di calcolo agli elementi finiti PLAXIS V8.5. Tutte le sezioni individuate prevedono la realizzazione della galleria con uno scavo a sezione piena, preceduto da eventuali interventi di precontenimento del fronte e/o del cavo, seguito dalla realizzazione del rivestimento provvisionale e dei rivestimenti definitivi (arco rovescio, murette e calotta) eseguiti ad una prefissata distanza dal fronte. È inoltre prevista la posa in opera dell'impermeabilizzazione, composta da uno strato protettivo di tessuto non tessuto e da un telo impermeabilizzante in PVC.

Si precisa che nei brevi tratti in Dolomia o in Calcare che si alternano alle zone che attraversano faglie o contatti tettonici, è stata adottata la stessa sezione tipo prevista per le zone tettonizzate. Tale soluzione risulta essere la più vantaggiosa dal punto di vista pratico e consente di garantire la lunghezza minima degli interventi di pre-sostegno al contorno e di pre-contenimento al fronte previsti per le zone tettonizzate.

L'adeguatezza delle scelte progettuali adottate dovrà essere verificata in fase costruttiva. Durante tale fase infatti un sistema di monitoraggio della galleria permetterà di procedere ad una "*back-analysis*" del comportamento del cavo, verificando le ipotesi progettuali assunte unitamente ai comportamenti deformativi previsti.

Per la galleria in oggetto si sono adottate le sezioni tipo riportate nel seguito. La loro collocazione lungo il percorso è meglio identificata nell'elaborato grafico contenente il *Profilo Longitudinale*.

Sezione tipo **A1** (Figura 7) e **A1a**: sezioni previste per coperture intermedie (comprese tra 30÷40 m e 90 m) in corrispondenza delle porzioni di galleria ove sono presenti le formazioni delle Dolomie e del Calcare, con assetto strutturale massivo e basso grado di fatturazione. La sezione A1a è prevista nel tratto di galleria in sezione allargata e differisce pertanto dalla sezione A1 esclusivamente per la geometria dello scavo.

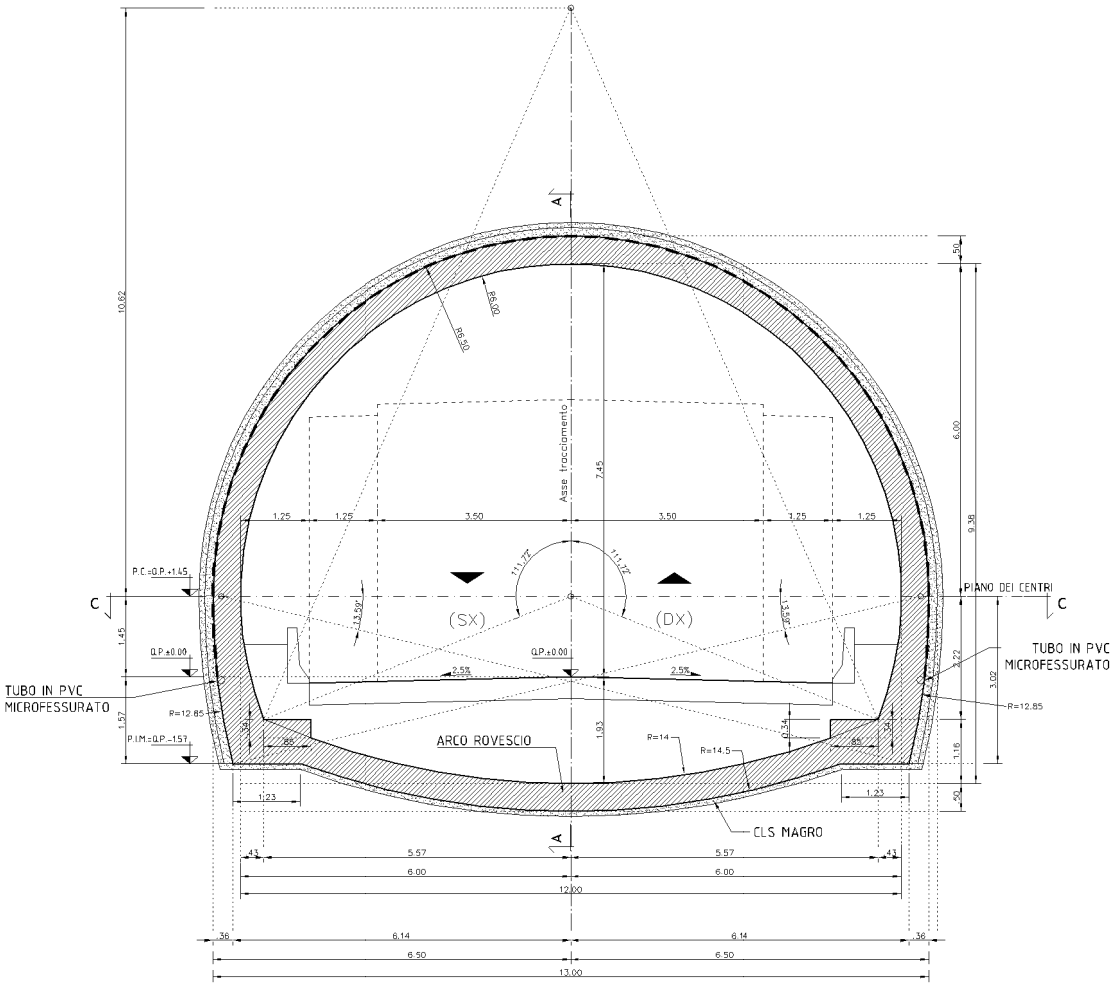


Figura 7 – *Sezione tipo A1.*

Sezione tipo **A2** (Figura 8): sezione prevista per coperture elevate in corrispondenza delle formazioni delle Dolomie con bassi gradi di fatturazione ed alterazione.

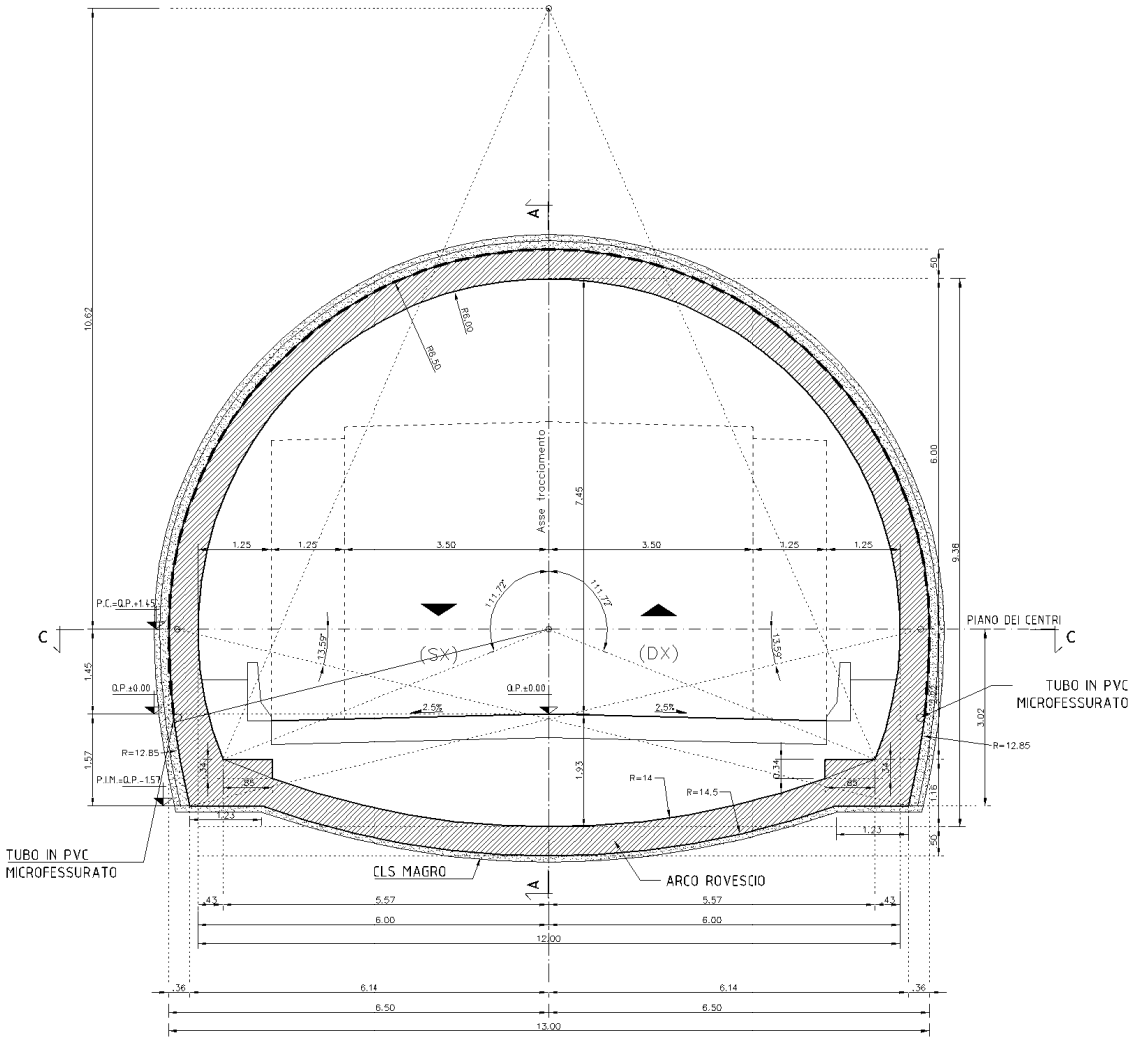


Figura 8 – *Sezione tipo A2.*

Sezione tipo **B1** (Figura 9): sezione prevista in corrispondenza delle zone di faglia e di contatto stratigrafico tra dolomie e calcari per coperture medio-basse (H < 110 m), per una lunghezza generalmente pari a n.3 campi. La lunghezza del tratto in cui è prevista questa sezione dovrà essere aumentata qualora in fase esecutiva si riscontri un eccessivo stato deformativo al fronte (estrusione) e del cavo (convergenze).

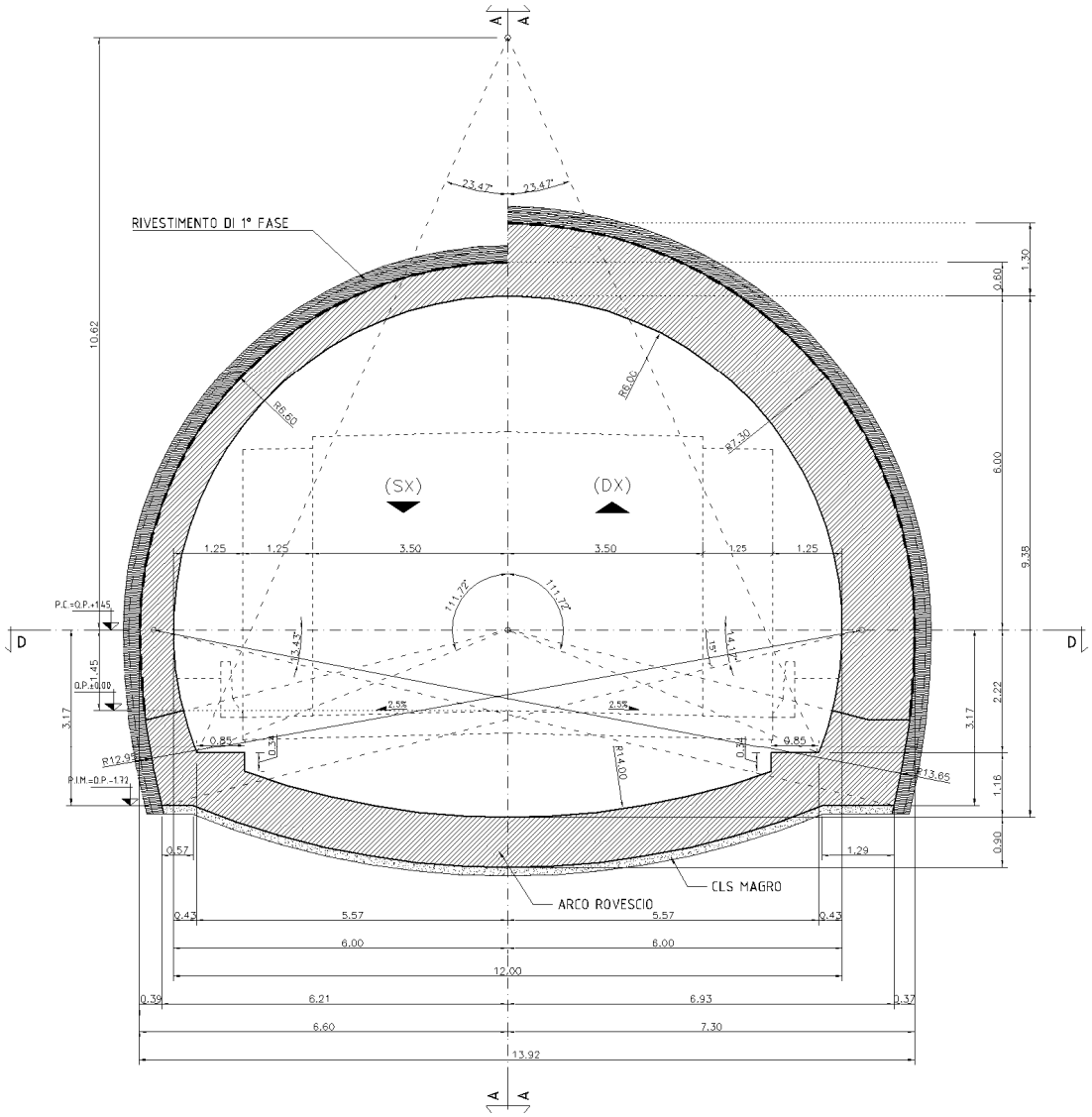


Figura 9 – *Sezione tipo B1.*

Sezione tipo **B2-VTR** (Figura 10): sezione prevista in corrispondenza delle zone di faglia e di contatto stratigrafico tra dolomie e calcari per coperture elevate (H > 110m), per una lunghezza generalmente pari a n.3 campi. La lunghezza del tratto in cui è prevista questa sezione dovrà essere aumentata qualora in fase esecutiva si riscontri un eccessivo stato deformativo al fronte (estrusione) e del cavo (convergenze). Tale sezione potrà essere impiegata anche in corrispondenza delle zone di faglia con coperture medio-basse qualora si evidenziasse un quadro deformativo maggiore di quello atteso.

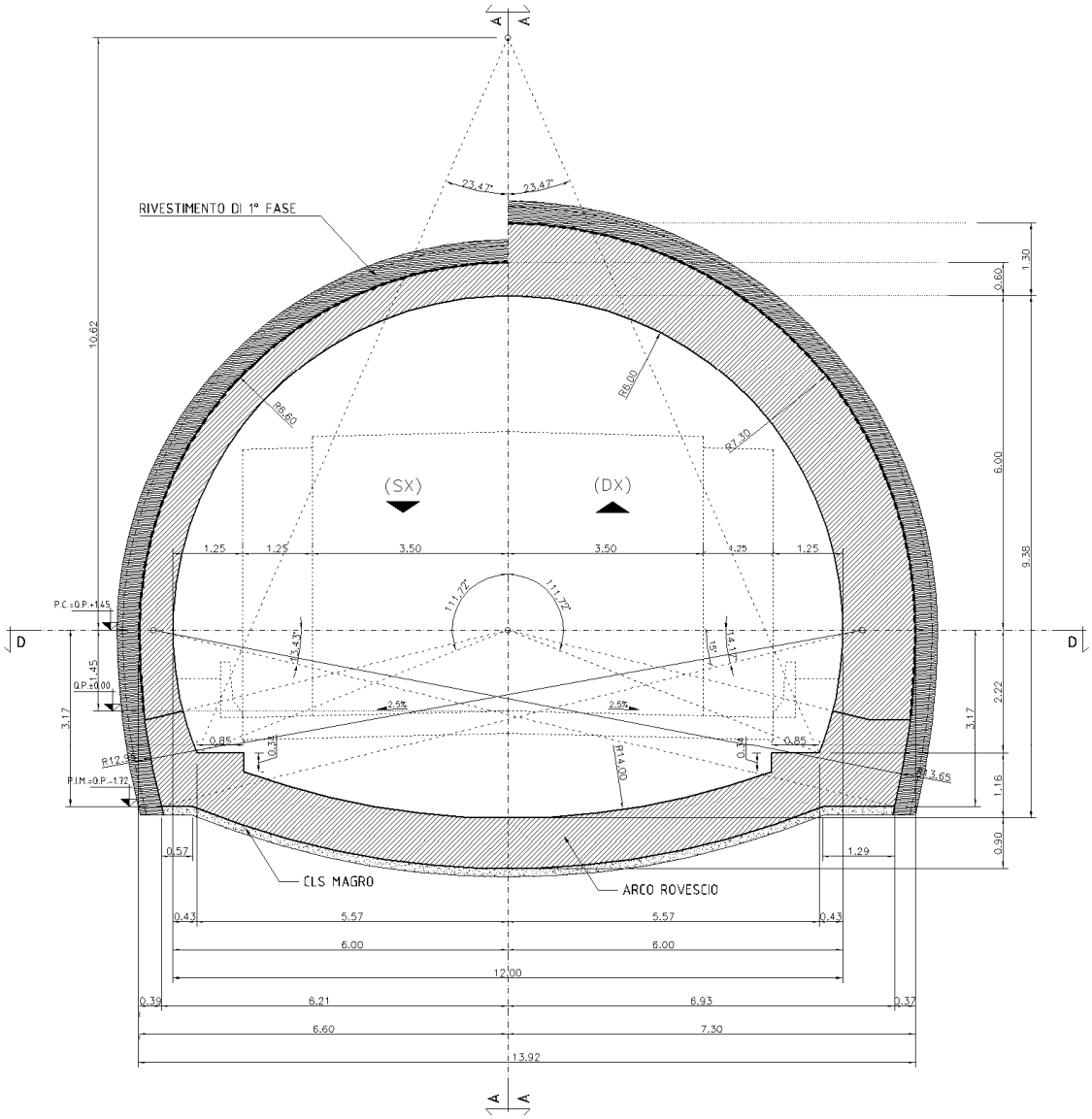


Figura 10 – *Sezione tipo B2-VTR.*

Sezione tipo **B1-VTR** (Figura 11) e **B1a-VTR**: sezioni previste in corrispondenza degli imbocchi rispettivamente in Dolomia (lato Noli) e in Calcare (lato Finale, sezione allargata) per una lunghezza generalmente pari a n.3 campi. La lunghezza del tratto in cui è prevista questa sezione deve essere aumentata qualora in fase esecutiva si riscontri un eccessivo stato deformativo al fronte (estrusione) e del cavo (convergenze). La sezione B1a-VTR è prevista nel tratto di galleria in sezione allargata e differisce pertanto dalla sezione B1-VTR esclusivamente per la geometria dello scavo.

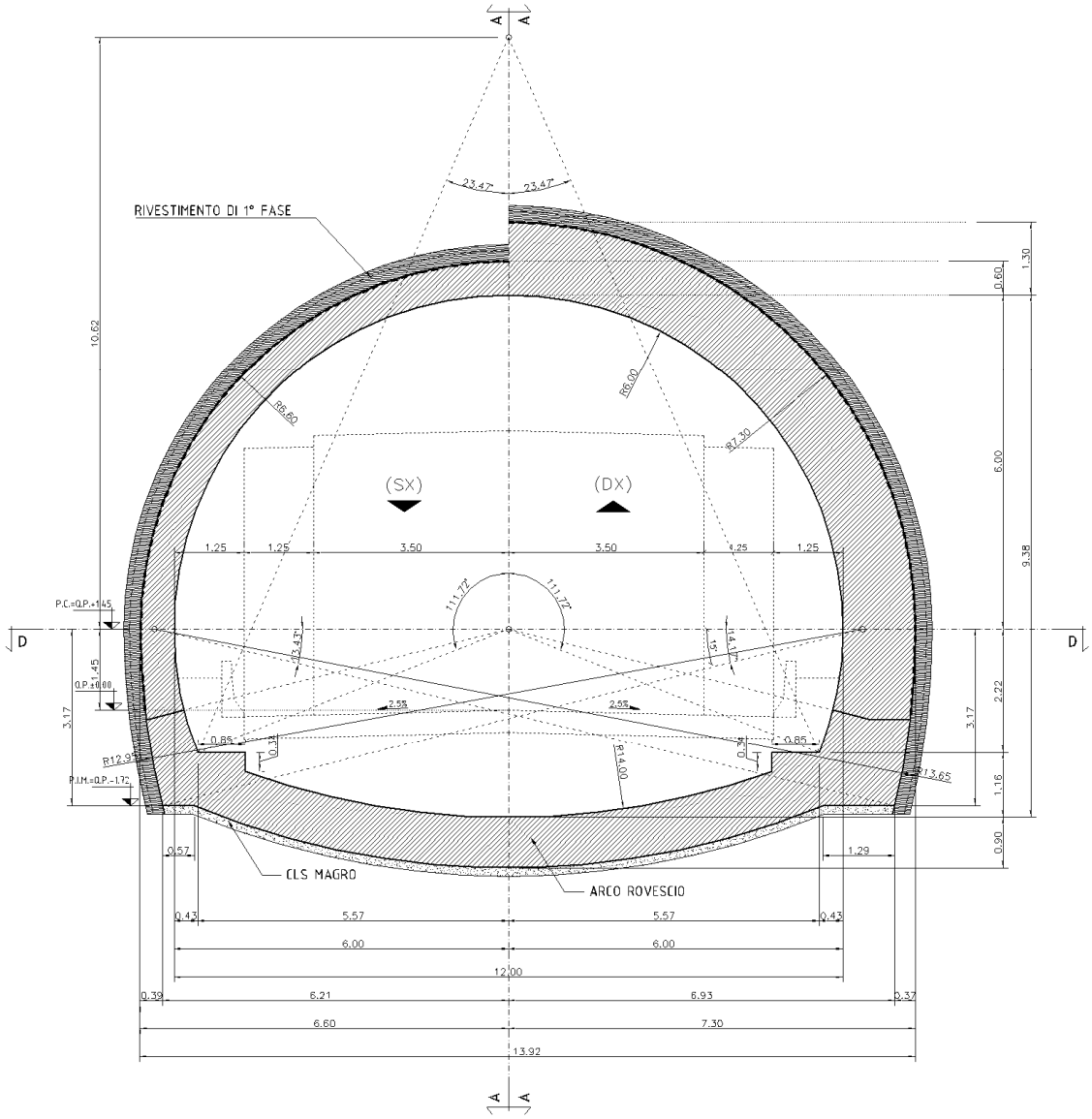


Figura 11 – *Sezione tipo B1-VTR.*

La galleria insiste per quasi tutta la sua lunghezza su terreni scarsamente edificati per cui l'interferenza con insediamenti abitativi o produttivi non è particolarmente significativa. Ciò rende poco rilevanti, per la maggior parte del percorso, eventuali problematiche legate al controllo dei cedimenti in superficie ed alla limitazione delle vibrazioni prodotte dallo scavo. Sulla base delle conoscenze geologiche, geotecniche, geomeccaniche ed idrologiche è possibile prevedere, per lo scavo della galleria di progetto, modesti interventi di consolidamento al contorno del cavo che saranno localizzati in un numero limitato di situazioni.

5. Opere d'arte

Le principali opere d'arte a corredo del presente progetto sono brevemente descritte nel seguito.

In particaolare per l'opera di scavalco, la struttura intersezione e il fabbricato rimessaggio è necessario fare una considerazione sulla tipologia fondale adottata.

Come risulta dagli elaborati grafici per quanto riguarda le fondazioni è possibile distinguere due differenti porzioni:

- una costituita dal blocco struttura intersezione + spalla destra dell'opera di scavalco + rampa carrabile e rampa scale;
- l'altra costituita dal fabbricato rimessaggio + spalla sinistra dell'opera di scavalco + muro sottostrada lato mare.

La scelta di una fondazione a platea unica per le due "porzioni" piuttosto che fondazioni separate per la spalla dell'opera di scavalco, la parete controterra lato strada, i manufatti in c.a. in corrispondenza dei muri perimetrali e dei pilastri interni, della rampa carrabile e rampa scale, sebbene ponderata e valutata, è scaturita da considerazioni di carattere geometrico e di carattere geologico, da opportunità costruttive oltre che dalle interferenze con i sottoservizi ed i manufatti esistenti.

La presenza della stazione di sollevamento e dei relativi sottoservizi ha imposto che le fondazioni di ciascuna spalla si sviluppassero interamente verso l'esterno in maniera tale da non interferire con le fondazioni, i pozzetti e le reti esistenti.

A causa della presenza del muro sottostrada e della strada attuali, per limitare le operazioni di scavo e mantenere in esercizio il più possibile la viabilità esistente, si sono sviluppate le fondazioni verso l'esterno ovvero lato mare andando quindi a interferire sia con la eventuale platea che con gli elementi fondali dei pilastri interni, dei muri perimetrali e delle rampe scale e carrabile pensati isolati.

Ottimizzando scavi e elementi fondali si è quindi giunti ad una unica platea di fondazione, differenziandone gli spessori in funzione delle necessità statiche.

5.1. Opera di scavalco stazione sollevamento

L'opera di scavalco, consistente in una struttura a ponte, si rende necessaria al fine di risolvere l'interferenza della nuova strada di progetto con la stazione di sollevamento ubicata nel Comune di Noli, ad una distanza progressiva compresa tra circa 130 e 150 m a monte dell'imbocco della galleria lato Noli.

Il manufatto di scavalco, schematicamente rappresentato in Figura 12 ÷ Figura 14, sarà costituito da una fondazione a platea su micropali di altezza pari a m 1,20 da cui si innalzeranno piedritti di spessore pari m 1,20. L'impalcato sarà costituito da travi prefabbricate in c.a. a T rovescia, dell'altezza netta di m 0,80 e successivo getto di calcestruzzo a formare un unico solettone di spessore totale pari a m 1,00. La larghezza totale interna dell'opera sarà pari a m 15,00. Sull'impalcato superiore sarà realizzata una pavimentazione idonea ad ospitare la pista ciclopedonale.

La struttura sarà realizzata in maniera tale da non interferire (o interferire minimamente con conseguente risoluzione delle interferenze) con le strutture, i sottoservizi e le reti tecnologiche esistenti.

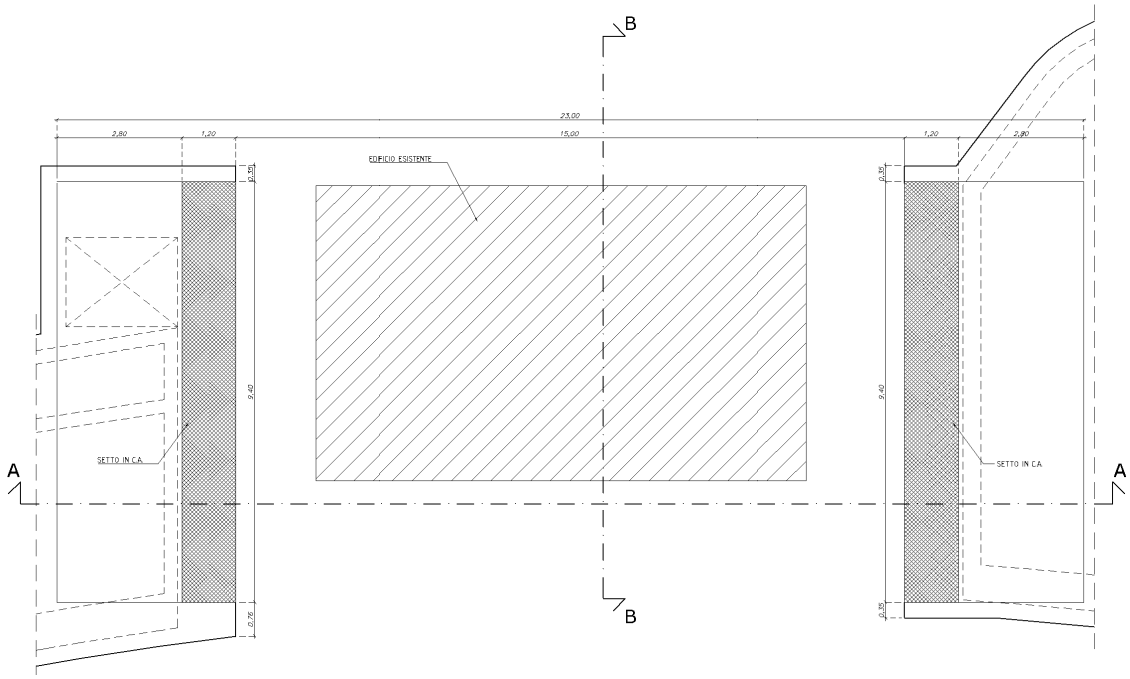


Figura 12 – *Opera di scavalco stazione di sollevamento: pianta.*

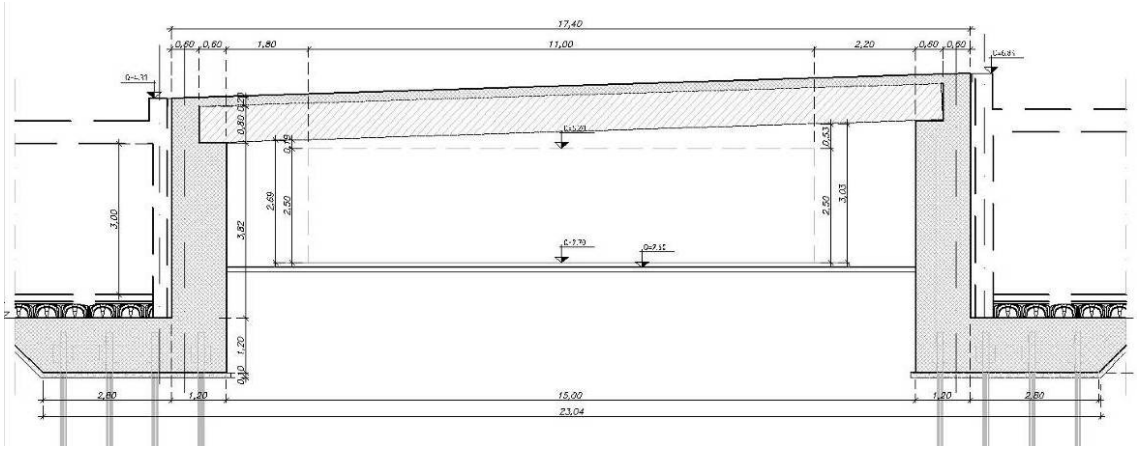


Figura 13 – *Opera di scavalco stazione di sollevamento: sezione longitudinale A-A.*

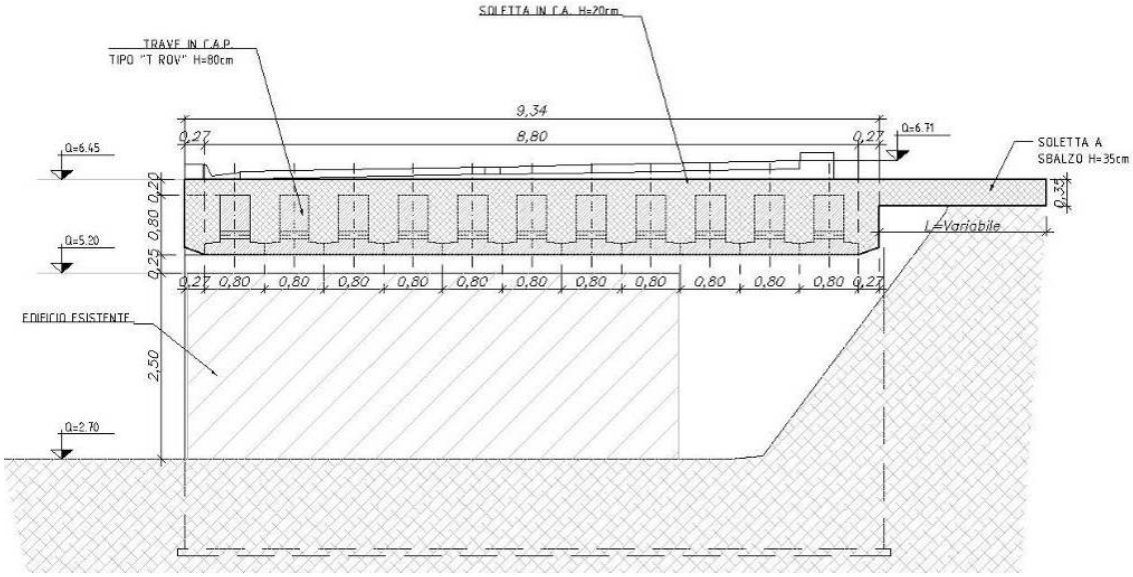


Figura 14 – *Opera di scavalco stazione di sollevamento: sezione trasversale BOB.*

5.2. Struttura di intersezione

La struttura, seminterrata, sarà ubicata al di sotto della intersezione stradale e sarà destinata a parcheggio a cui si accede da lato mare. Per la discesa a quota mare e l'accesso al vicino hotel la struttura sarà dotata di apposite rampa carrabile e rampa scale.

La struttura è caratterizzata da una pianta irregolare per assecondare lo sviluppo plano-altimetrico della soprastante viabilità e presenta una altezza complessiva di 4,05 m che si sviluppa interamente al di sotto del piano stradale.

L'opera è interamente in c.a. gettato in opera e presenta una platea di fondazione di spessore 0,60 m fondata su micropali tipo Tubfix valvolati, setti perimetrali e interni di spessore 0,40 m, setti controterra interni di spessore variabile da 0,80 m a 0,50 m, pareti sotto rampe di spessore 0.30m, pilastri interni di dimensioni 0,60x0,30 m.

La soletta di copertura dello spessore di 0,40 m, dotata di sbalzo perimetrale fronte mare, è stata dimensionata per sopportare i carichi mobili della soprastante strada oltre al riempimento e al pacchetto di finitura e pavimentazione.

I micropali tipo Tubfix sono caratterizzati dalla possibilità di effettuare una iniezione ripetuta e selettiva in pressione attraverso apposite valvole di non ritorno e doppio otturatore (IRS) installate sul tubo di armatura. Avranno diametro di perforazione 220 mm, lunghezza di 12,00 m in maniera tale da raggiungere ed ammorsarsi nel sottostante strato roccioso e saranno armati con tubolari in acciaio S355 (ex Fe510) diametro ø193,7 mm, spessore 10 mm, valvolati per iniezione (1 valvola/ml).

I micropali saranno disposti a quinconce ed avranno interasse massimo superiore a 5 volte il diametro; per tale motivo, a vantaggio di sicurezza, nelle successive verifiche di portanza si trascurerà l'effetto di gruppo della palificata dimensionando il palo come se fosse singolo

La fondazione sarà quindi di tipo misto su pali conformemente al §6.4.3. del DM 14-01-2008, in cui il soddisfacimento della condizione (6.2.1) $E_d \leq R_d$ per ogni stato limite ultimo è garantito dai micropali.

Per maggiori dettagli si rimanda agli elaborati grafici di progetto.

5.3. Fabbricato di rimessaggio

La struttura, seminterrata, sarà ubicata al di sotto della pista ciclabile e sarà destinata ad ospitare un locale rimessaggio a cui sarà possibile accedere dal fronte lato mare.

La struttura è caratterizzata da una pianta irregolare per assecondare lo sviluppo plano-altimetrico della soprastante viabilità e presenta una altezza complessiva di 4,05 m che si sviluppa interamente al di sotto del piano stradale.

L'opera è interamente in c.a. gettato in opera e presenta una platea di fondazione di spessore 0,80 m fondata su micropali tipo Tubfix valvolati, setti perimetrali di spessore 0,40 m, setti controterra di spessore variabile da 0,80 m a 0,50 m, rampa scale in c.a. gettato in opera.

La soletta di copertura dello spessore di 0,40 m, è stata dimensionata per sopportare i carichi mobili della soprastante pista ciclopedonale oltre al riempimento e al pacchetto di finitura e pavimentazione.

I micropali saranno caratterizzati da un diametro di perforazione Ø 220 mm ed avranno lunghezza pari a m 12,00, in maniera tale da raggiungere ed ammorsarsi nel sottostante strato roccioso. I micropali saranno armati con tubolari in acciaio S355 (ex Fe510), di diametro 193,7 mm e spessore 10 mm, valvolati per iniezione (1 valvola/ml). I micropali saranno disposti a quinconce ed avranno interasse massimo superiore a 5 volte il diametro.

La fondazione sarà quindi di tipo misto su pali conformemente al §6.4.3. del DM 14-01-2008, in cui il soddisfacimento della condizione (6.2.1) $E_d \leq R_d$ per ogni stato limite ultimo è garantito dai micropali.

In Figura 15 è riportato uno stralcio planimetrico del fabbricato di rimessaggio, per maggiori dettagli si rimanda agli elaborati grafici di progetto.

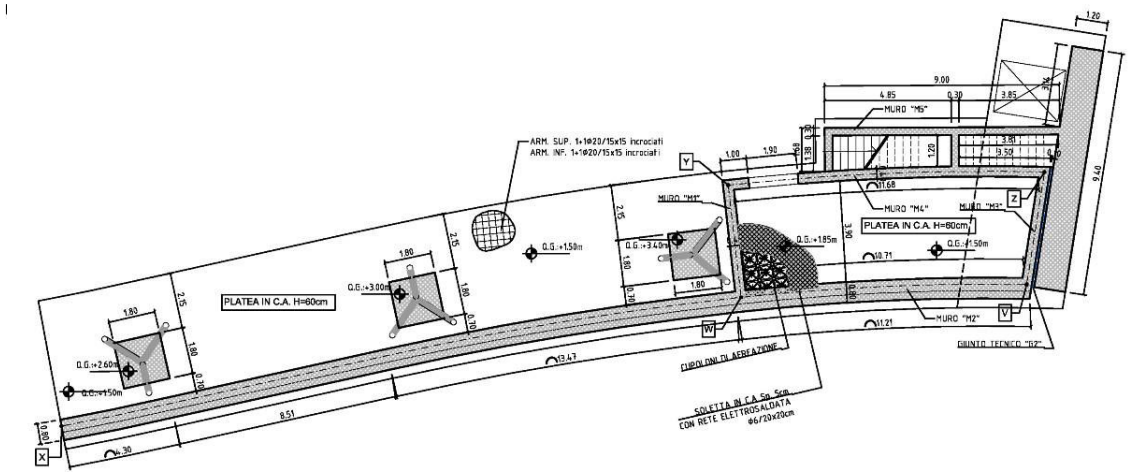


Figura 15 – *Fabbricato di rimessaggio: carpenteria a quota +1,50 m.*

5.4. Rampa pedonale

La rampa pedonale andrà a costituire parte integrante di un percorso pedonale sito nel Comune di Noli, realizzato per conto della INFRASTRUTTURE LIGURIA S.r.l..

La rampa in progetto avrà sviluppo complessivo pari a circa m 23 ed avrà inizio circa 160 m a monte dell'imbocco della galleria lato Noli, in adiacenza al locale tecnologico della galleria.

La struttura sarà articolata in quattro rampe di scale di differente lunghezza e da altrettanti pianerottoli anch'essi di differente lunghezza. L'andamento della scala non sarà rettilineo ma sia le rampe che i pianerottoli formeranno una spezzata. La larghezza strutturale di rampe e pianerottoli sarà pari a cm 147. Di questi, 10 cm saranno occupati dal rivestimento interno mentre 17 cm dal corrimano esterno. La larghezza a disposizione per il passaggio si riduce dunque a: L_u = 147 – 10 -17 = 120 cm.

Le solette di rampe e pianerottoli avranno tutte uno spessore di 20 cm e saranno appoggiate a setti verticali, anch'essi di spessore pari a 20 cm, e ad un setto orizzontale che realizzerà un paramento con rivestimento in pietra. Dal lato opposto, laddove la scala è adiacente ad una paratia di pali, non sono previsti setti laterali.

I gradini sono in n. di 38, con alzata pari a cm 14 e pedata pari a cm 30, per un dislivello complessivo di cm 524.

Le fondazioni dei setti, calcolate in funzione dei carichi della sovrastruttura e della caratterizzazione del terreno riportata nella Relazione Geologica e Geotecnica allegate, saranno costituite da una platea in calcestruzzo gettato in opera avente spessore di cm 50 e forma irregolare, facilmente riconducile a due rettangoli di dimensioni pari a circa 3,95 m x 2,97 m e 11,92 m x 2,97 m. Il piano di posa della platea è previsto a circa -1,10 metri rispetto al piano finito del piano terreno da cui parte la prima alzata.

Per maggiori dettagli sulle caratteristiche geometriche e costruttive della rampa pedonale si rimanda agli elaborati grafici allegati al progetto, nelle immagini che seguono ne sono sinteticamente rappresentate pianta e sezione longitudinale.

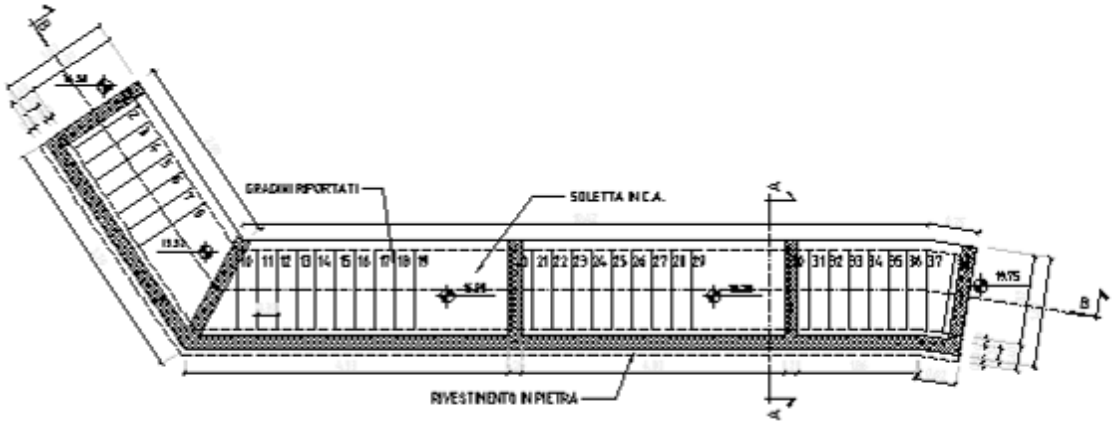


Figura 16 – *Rampa pedonale: Pianta a quota soletta.*

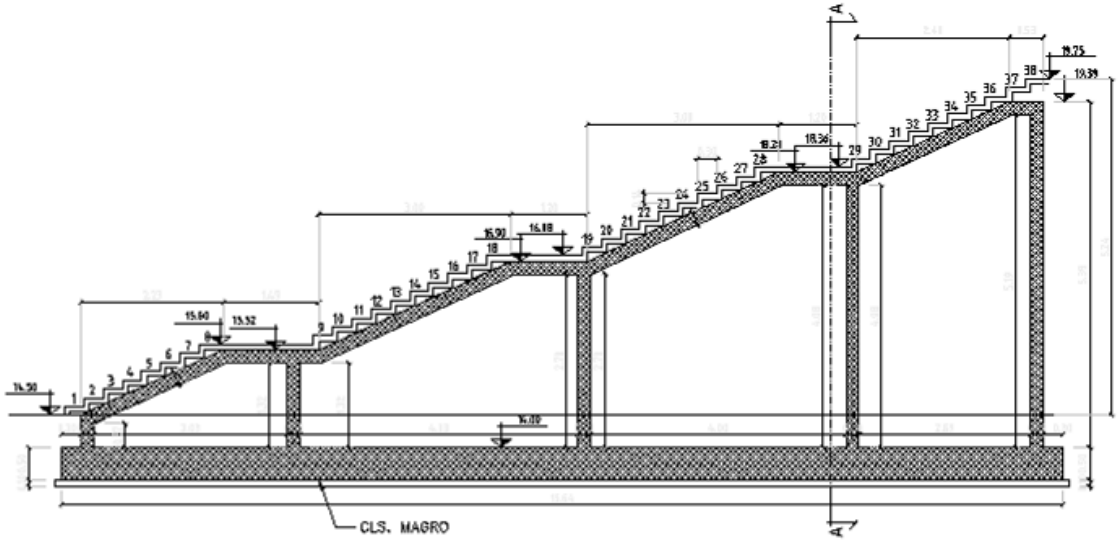


Figura 17 – *Rampa pedonale: sezione longitudinale BOB.*

5.5. Sistemazione idraulica parte terminale Rio Prete Bernardini

La sistemazione idraulica del rio Prete Bernardini nella sua parte terminale sarà effettuata a partire dall'opera idraulica evidenziata in Figura 5, posta nelle immediate vicinanze dell'imbocco lato Noli, per poi proseguire con una struttura scatolare idonea ad incanalare il fosso fino al suo sbocco in mare consentendo il libero deflusso delle acque. Lo sviluppo planimetrico di detta sistemazione idraulica è schematicamente illustrata in Figura 18.

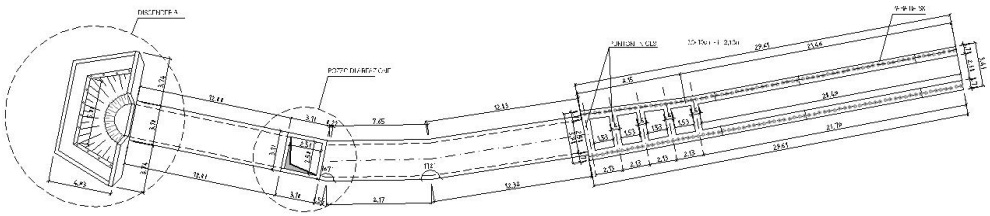


Figura 18 – *Sistemazione idraulica del Rio Prete Bernardini nella sua parte terminale: dalla discenderia ubicata in prossimità dell'imbocco lato noli Fino allo sbocco in mare.*

L'opera idraulica di imbocco sarà realizzata a ridosso del versante collinare prospiciente l'imbocco lato Noli e sarà costituita da una discenderia la cui pianta è ben visibile in Figura 5, mentre la sezione trasversale è riportata in Figura 19. L'opera idraulica avrà in sommità forma trapezia e ad essa saranno convogliate le acque raccolte dai fossi di guardia ubicati a tergo della Paratia 1. L'opera sarà altresì corredata di opportuni pennelli, ovvero di setti verticali idonei a bloccare il trasporto di materiale grossolano all'interno del canale, in grado di impedire il regolare deflusso delle acque.

Il canale che si dipartirà dalla discenderia attraverserà la S.S.1 Aurelia, e sarà corredato di un opportuno pozzo di areazione. Il canale proseguirà poi inserendosi tra l'area occupata dall'Hotel Capo Noli ed il parco di Villa Mayer, ricalcando l'attuale percorso del Rio Prete Bernardini.

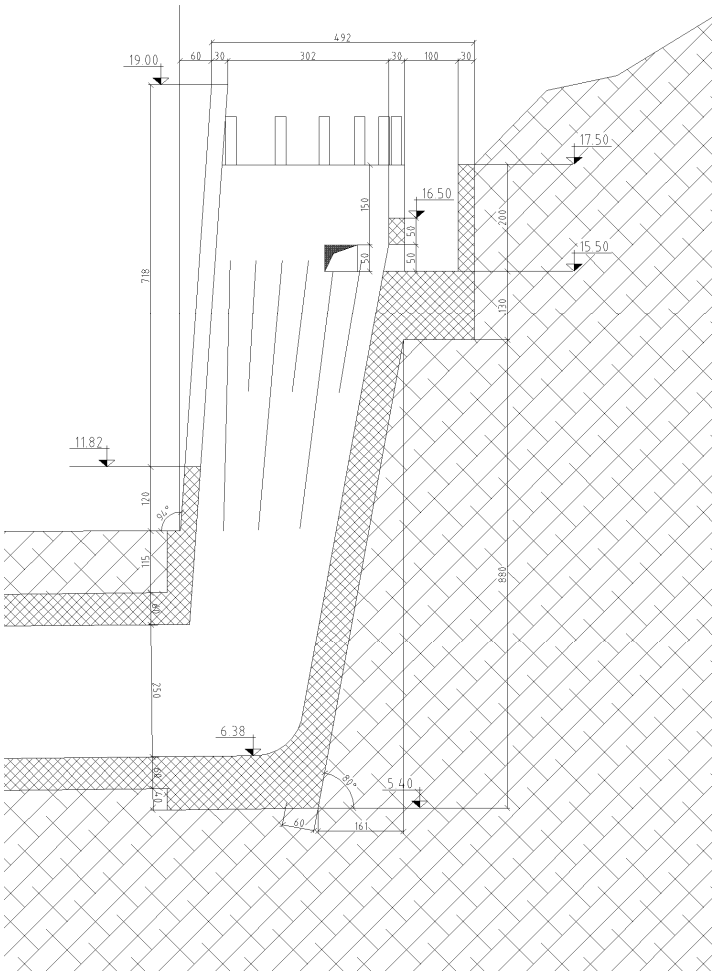


Figura 19 – *Opera idraulica di imbocco (discenderia) per la sistemazione idraulica del Rio Prete Bernardini nella sua parte terminale.*

Il canale sarà in parte totalmente interrato, costituito da una struttura scatolare, ed in parte a cielo aperto, costituito da due paratie di micropali contrapposte e contenenti uno scatolare sagomato ad U.

La parte interrata sarà quella iniziale: dalla discenderia che attraversa la S.S.1 Aurelia ed arriva in prossimità dell'Hotel Capo Noli e del parco di Villa Mayer, per uno sviluppo longitudinale di circa 36 m. Tale parte avrà sezione scatolare chiusa di dimensioni esterne di m 3,10 x 3,70, e dimensioni interne di m 2,50 x 2,50 (Figura 20).

Per le operazioni di scavo e realizzazione di tale porzione di scatolare, considerate le quote operative e il tipo di terreno presente (dolomie), si utilizzeranno armature modulari a cassa chiusa (tipo blindoscavi)

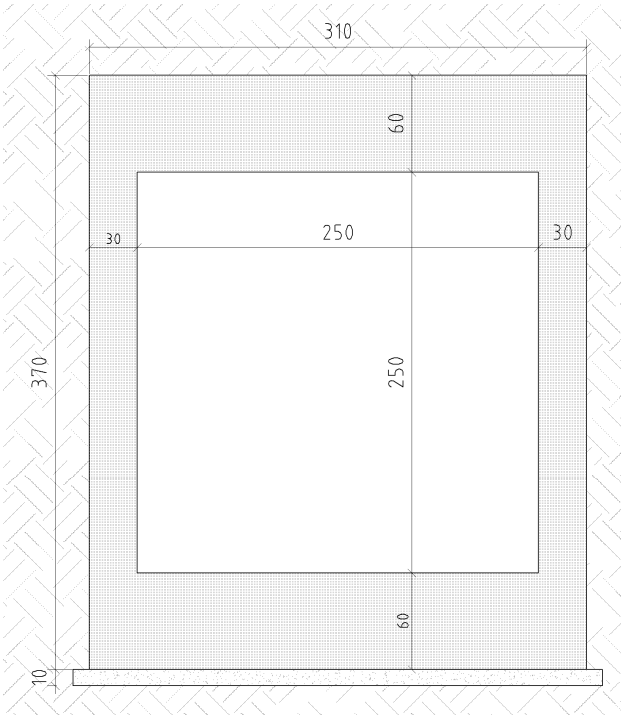


Figura 20 – *Struttura scatolare costituente la parte interrata del canale di raccolta acque del Rio Prete Bernardini.*

La parte a cielo aperto sarà invece presente a partire dalla zona compresa tra l'Hotel Capo Noli e il parco di Villa Mayer, ed avrà uno sviluppo longitudinale complessivo di circa 30 m. Come già ricordato in precedenza, la parte a cielo aperto sarà costituita da uno scatolare sagomato ad U, con una soletta in c.a. di cm 30 e due pareti laterali in c.a. di spessore pari a cm 20 addossate a due paratie di micropali (Figura 21). La sezione avrà altezza ed inclinazioni variabili in dipendenza dal tratto di sviluppo longitudinale considerato.

I micropali costituenti le due paratie avranno lunghezza variabile tra 9.00 e 11.00 m, saranno sormontati da cordoli di dimensioni 70 x 40 cm, e saranno tra loro contrapposti tramite l'impiego di puntoni in c.a. di dimensioni 40 x 60 cm, disposti ad interasse di m 2.00.

Per maggiori dettagli inerenti particolari geometrici e costruttivi delle opere oggetto del presente paragrafo si rimanda agli elaborati grafici di progetto.

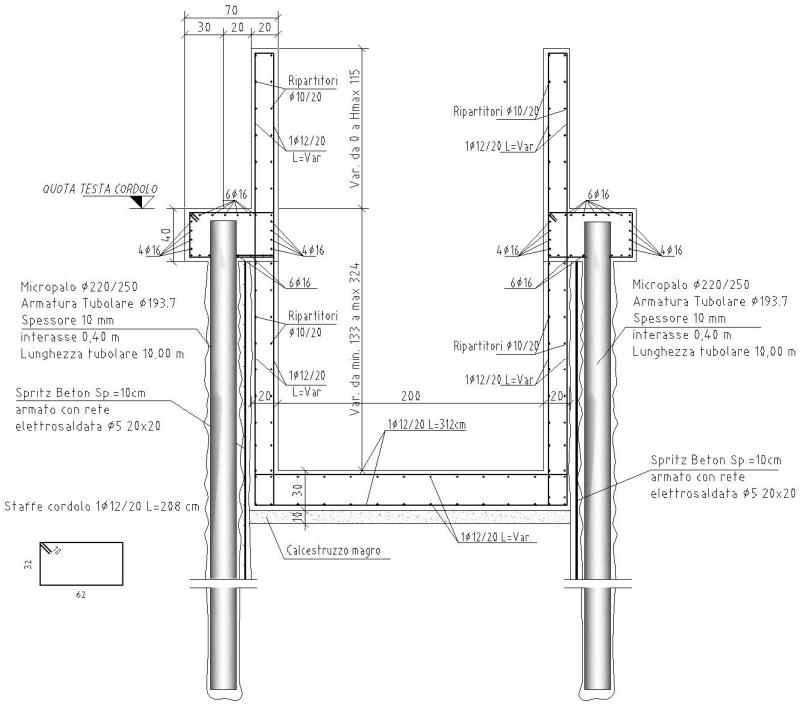


Figura 21 – *Struttura scatolare sagomata ad U ed addossata ad una doppia paratia di micropali costituente la parte a cielo aperto del canale di raccolta acque del Rio Prete Bernardini.*

5.6. Muro di sostegno sistemazione Aurelia storica

La realizzazione del muro di sostegno denominato "Sistemazione Aurelia storica", si svilupperà a partire dalla progressiva km 0+40.00 fino alla progressiva km 0+117.00 e sarà costituito da un muro a mensola in c.a. gettato in opera (Figura 22).

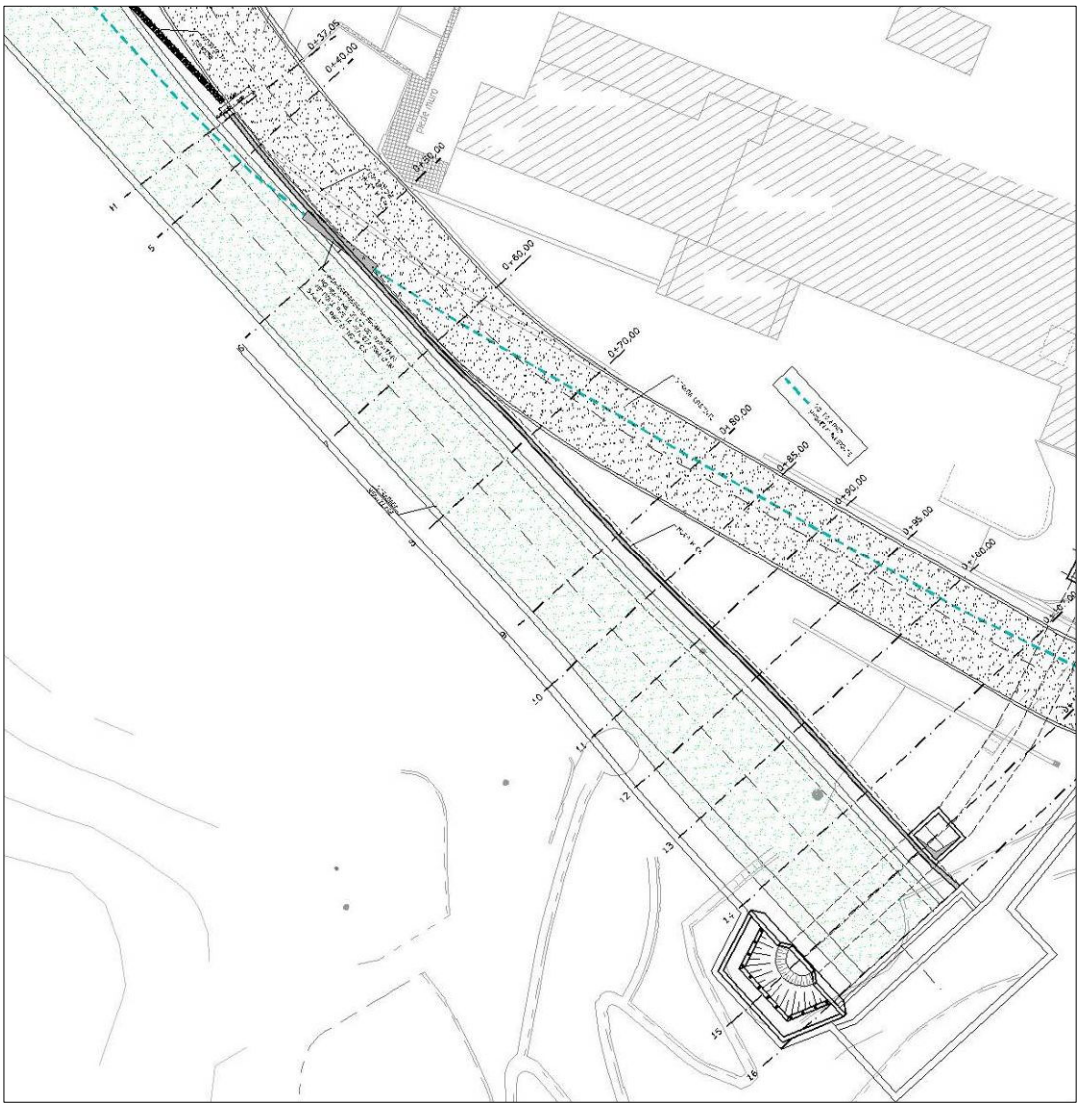
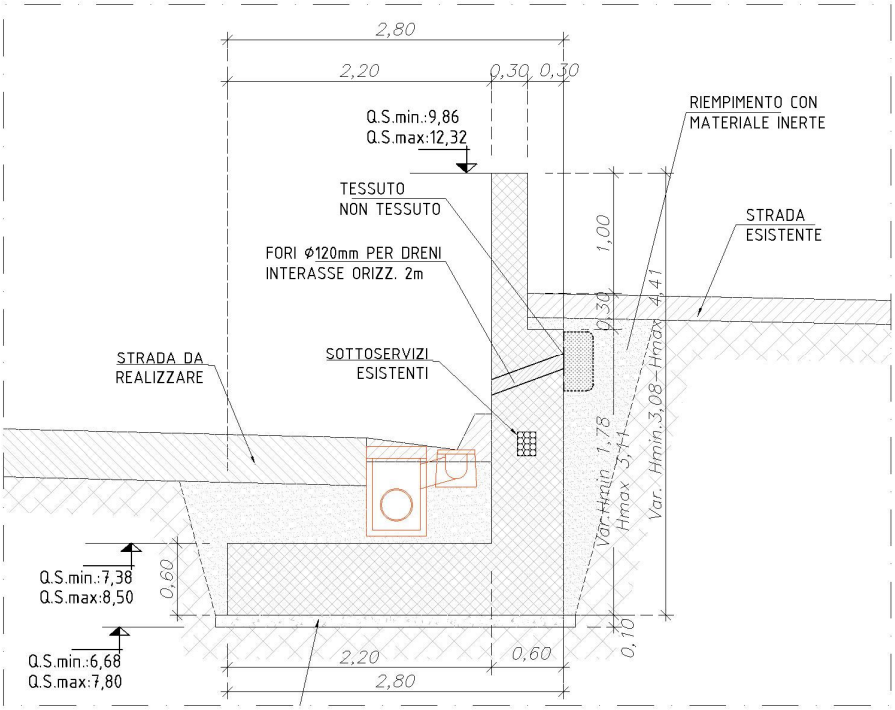
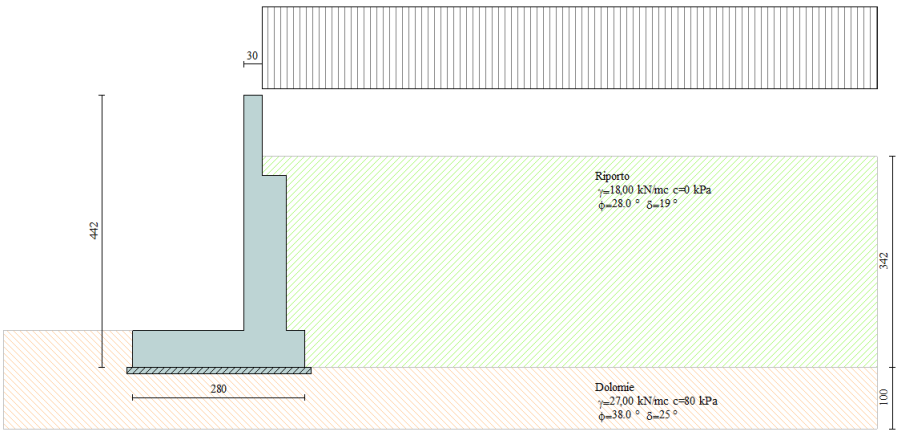


Figura 22 – *Stralcio planimetrico muro di sostegno Aurelia storica.*

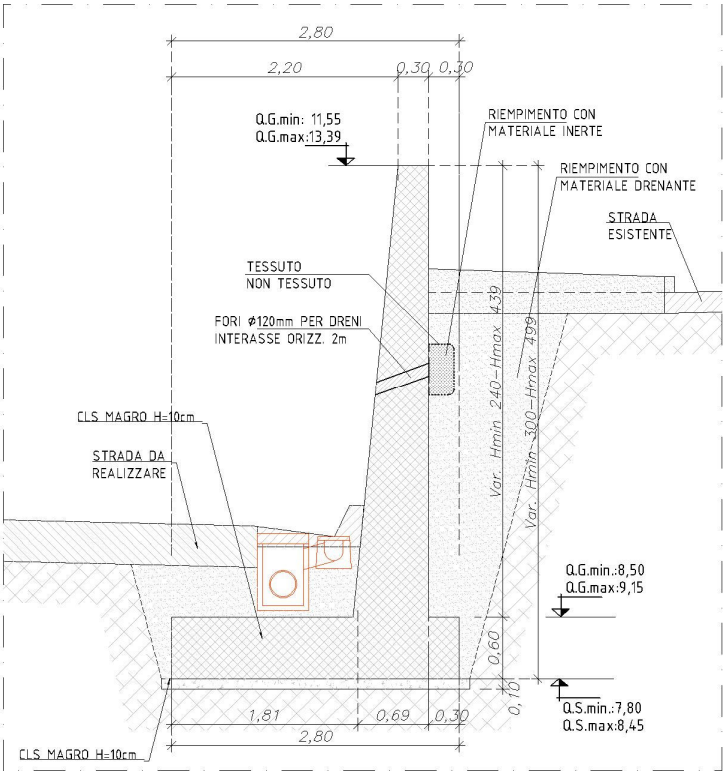
Per il muro sono previste due diverse sezioni tipologiche:

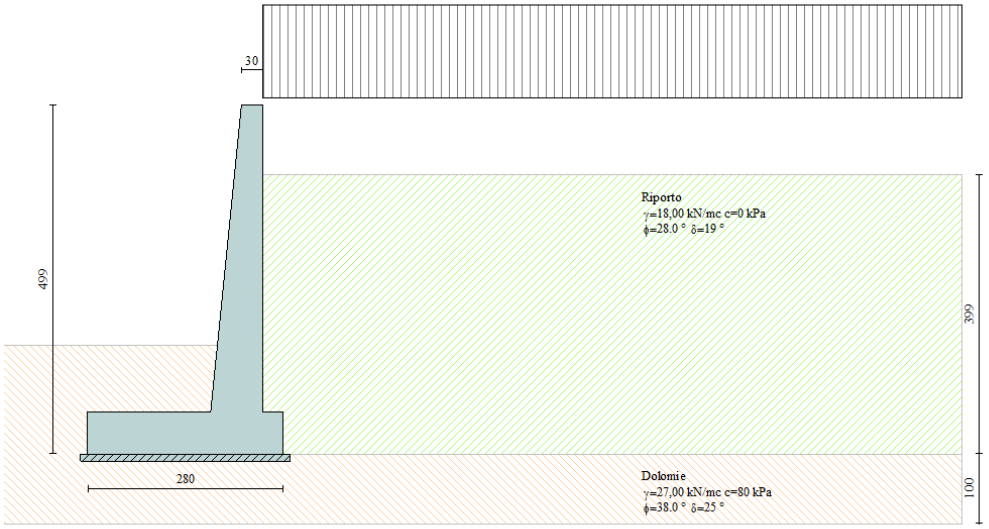
1. Muro tipo 1: altezza massima del paramento verticale di 3,82 m e spessore variabile a gradoni con larghezza minima di 30 cm e massima 70 cm; fondazione a platea in c.a. di larghezza massima 2,80 m e spessore 0,60 m (sezione n°8).



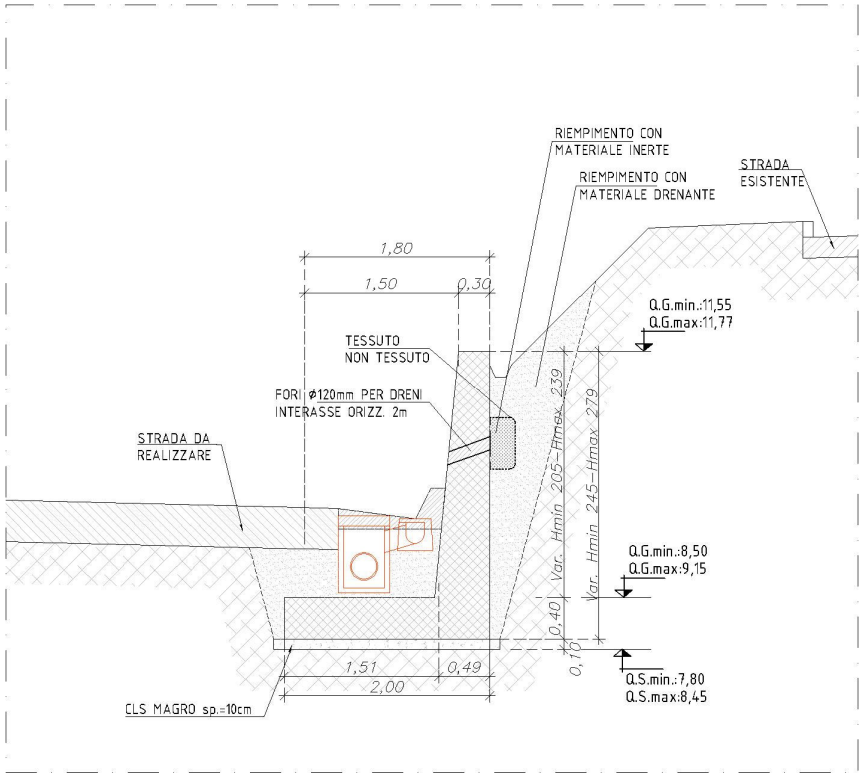


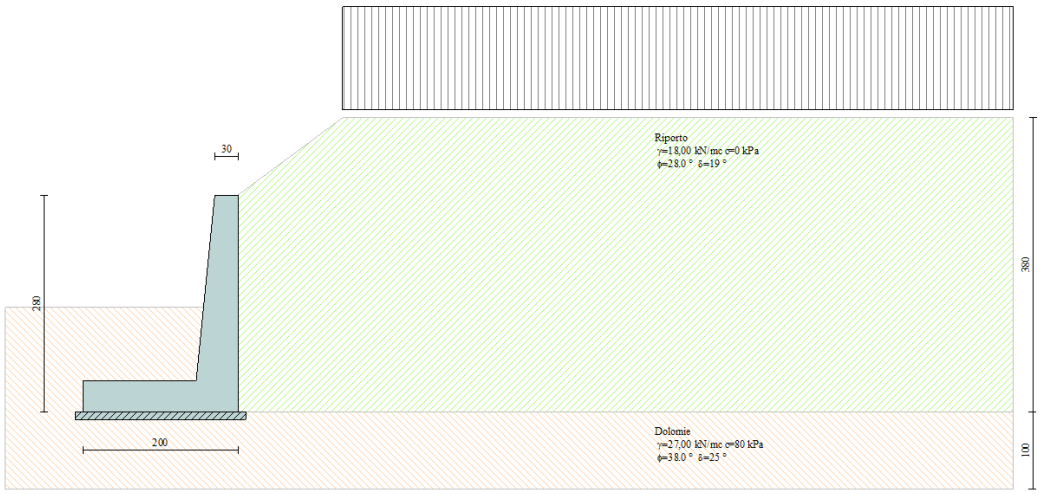
2. Muro tipo 2: altezza massima del paramento verticale di 4,39 m e spessore variabile con pendenza 1/1; fondazione a platea in c.a. di larghezza massima 2,80 m e spessore 0,60 m (sezione n°10).





3. Muro tipo 3: altezza massima del paramento verticale di 2,40 m e spessore variabile con pendenza 1/10; fondazione a platea in c.a. di larghezza massima 2,00 m e spessore 0,40 m (sezione n°11).





5.7. Locale tecnologico galleria

Il locale tecnologico della galleria sarà realizzato nello spazio compreso tra il parcheggio di nuova realizzazione e la passerella ciclopedonale, ad una distanza di circa 150 m dall'imbocco lato Noli.

Il locale tecnologico sarà realizzato in un solo piano, avrà pianta rettangolare di dimensioni massime pari a m 16,15 e m 6,58, per un'altezza di m 3,73, comprensiva di paraghiaia sommitale.

Il solaio sarà del tipo a *predalles* 4+22+4 cm, dotato di una lastra inferiore di 4 cm prefabbricata, 22 cm di alleggerimento realizzabile con piani di polistirolo o elementi in laterizio forato, e 4 cm di soletta da gettare in opera armata con rete elettrosaldata ø6/20x20. La luce massima sarà di 5,38.

Sull'ultimo e unico solaio, coronato da una veletta di bordo in c.a. di altezza 50 cm e spessore 15 cm, verranno realizzati due strati di riempimento di cui uno in ghiaia per 10 cm e l'altro in terreno vegetale per ulteriori 30 cm.

Le travi interne saranno in spessore di solaio mentre quelle perimetrali saranno del tipo "ricalate" delle dimensioni di 30x45 cm.

I pilastri avranno dimensione di 30x30 cm.

Le fondazioni saranno del tipo a trave a T rovescia in calcestruzzo gettato in opera. Le travi a T rovescia avranno un'altezza pari a 80+30 cm e svolgeranno anche le funzioni di appoggio per le sovrastanti strutture perimetrali di tamponamento, e di velette poste a contenimento degli igloo che realizzeranno il primo livello. Il piano di posa della platea è previsto a circa -1.15 metri rispetto al piano finito del piano terreno dell'edificio.

In Figura 23 e Figura 24 sono schematicamente riportate la planimetria ed una sezione trasversale del locale tecnologico. Per maggiori dettagli inerenti particolari geometrici e costruttivi del locale tecnologico si rimanda agli elaborati grafici di progetto.

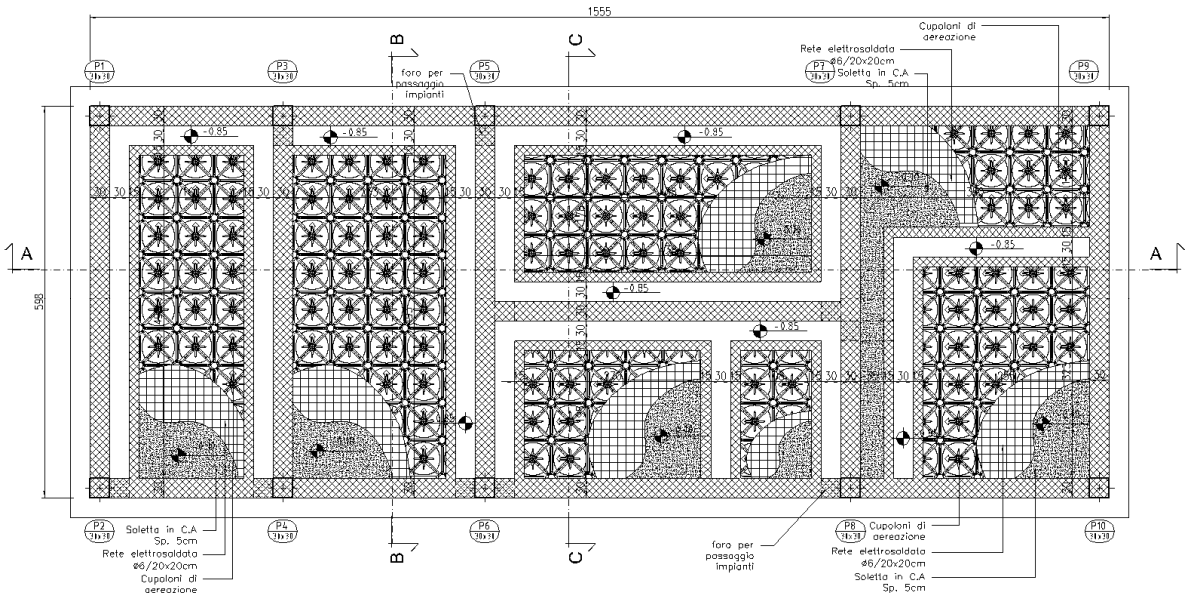


Figura 23 –*Locale tecnologico: planimetria.*

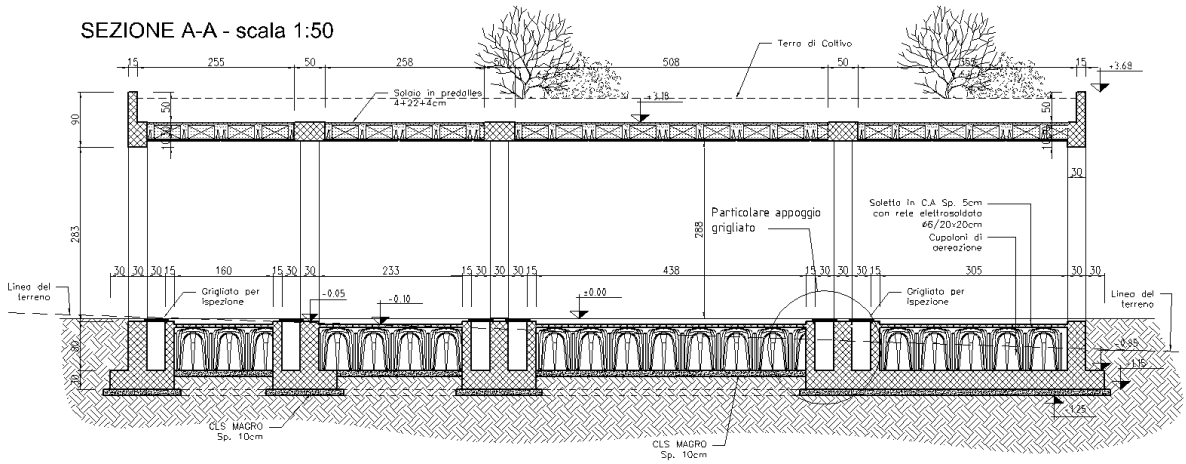


Figura 24 – *Locale tecnologico: sezione A-A.*

5.8. Passerella ciclopedonale

La passerella ciclopedonale ubicata fronte mare si sviluppa per una lunghezza totale di circa 117 m.

Il manufatto è costituito da fondazioni a plinto su micropali da cui si innalzano tre colonne in acciaio per ogni plinto diversamente orientate a sostegno dell'impalcato.

L'impalcato è costuito da una trave in calcestruzzo armato gettato in opera con intradosso curvilineo, di larghezza variabile da 4,80 a 5,40 m circa e spessore variabile da un minimo di 21 cm all'estremità ad un massimo di 35 cm in mezzeria. In corrispondenza dell'edificio esistente colonia "Città di Torino", l'impalcato presenta una sbalzo laterale rialzato irrigidito con nervature in c.a. in maniera tale da raggiungere la quota del solaio interno dell'edificio e non interferire con le sottostanti aperture.

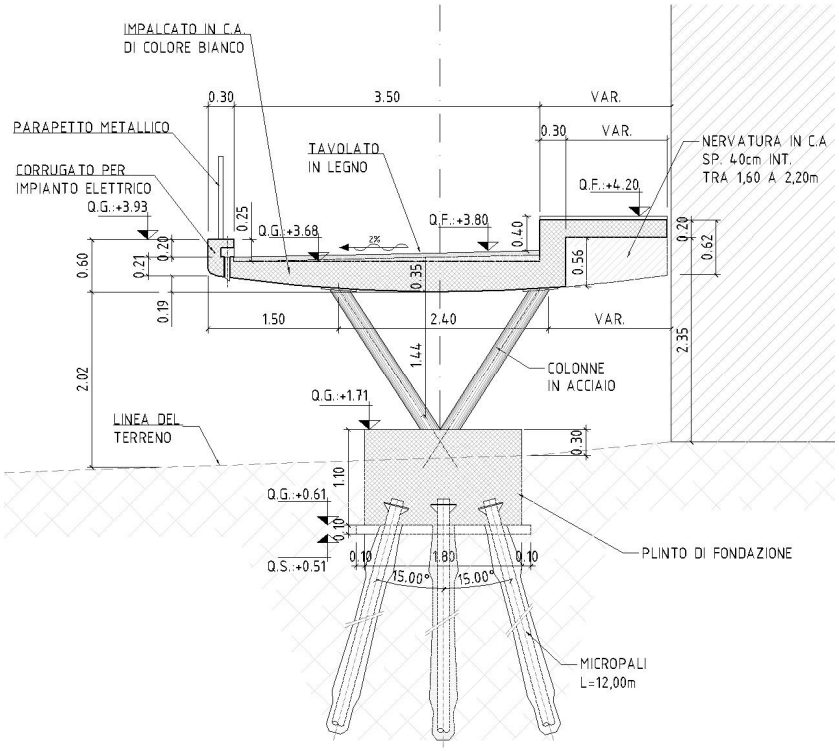
La struttura dell'impalcato verrà realizzata mediante l'impiego di calcestruzzo di colore bianco, ottenuto con l'impiego di cementi bianchi ad alta resistenza, aggregati speciali bianchi e filler.

La pavimentazione dell'impalcato verrà realizzata in legno larice lamellare spessore 9,6 cm e larghezza 16 cm.

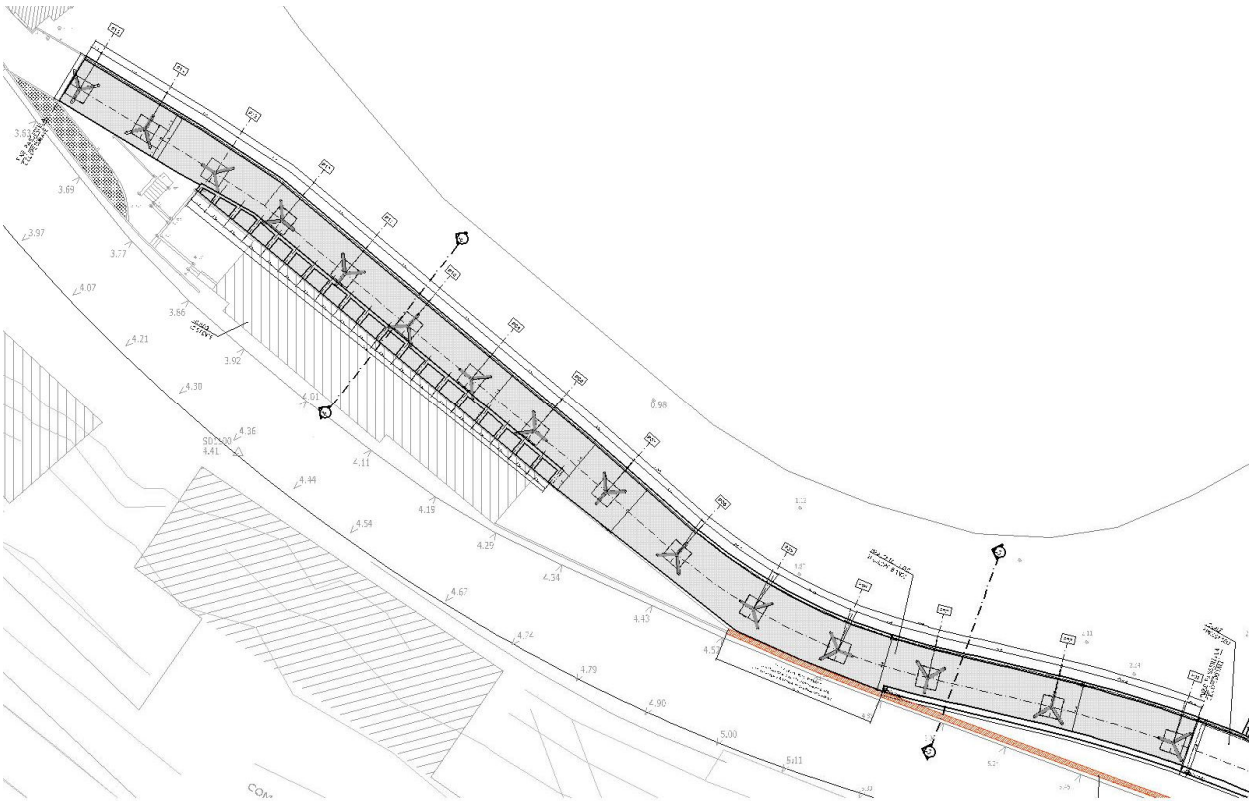
Le colonne tubolari in acciaio di diametro esterno 219,1 mm a sostegno dell'impalcato saranno disposte a gruppi di tre per ogni plinto e verranno riempite in calcestruzzo in maniera tale da realizzare una sezione composta acciaio-calcestruzzo. Esternamente verranno invece trattate con smalto sintetico a base di resine acriliche speciali previa accurata pulizia e stesa di fondo aggrappante.

I micropali tipo Tubfix avranno diametro di perforazione 220 mm, lunghezza di 12,00 m in maniera tale da raggiungere ed ammorsarsi nel sottostante strato roccioso e saranno armati con tubolari in acciaio S355 (ex Fe510) diametro ø193,7mm, spessore 10 mm, valvolati per iniezione (1 valvola/ml).

La porzione di plinto di fondazione emergente dal terreno sarà rivestita in pietra.



Sezione tipo in corrispondenza dell'edificio esistente



planimetria generale