

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



U.O. PROGETTAZIONE INTEGRATA NORD

PROGETTO DEFINITIVO

ADEGUAMENTO E POTENZIAMENTO IMPIANTO DI VADO LIGURE ZONA INDUSTRIALE

2^ FASE - PRG CON MODULO 750 m DI UN BINARIO; ACC CON IMPLEMENTAZIONE IN APPARATO DI SEGNALAMENTO ALTO DA TRENO

SOTTOVIA

SL02 - Via Leopardi

Relazione tecnica descrittiva

SCALA:

-

COMMESSA LOTTO FASE ENTE TIPO DOC. OPERA/DISCIPLINA PROGR. REV.

I V 0 H 0 2 D 2 6 R H S L 0 2 0 0 0 0 1 A

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	Emissione Esecutiva	C. Soave	Febbraio 2022	M. Andreani 	Febbraio 2022	G. Fadda 	Febbraio 2022	A. Perego Febbraio 2022

File: IV0H02D26RHSL0200001A.doc

n. Elab.:

**PROGETTO DEFINITIVO****SOTTOVIA****SL02 – VIA LEOPARDI****RELAZIONE TECNICA DESCRITTIVA**

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV0H	02	D 26 RH	SL0200 001	A	2 DI 28

Sommario

1	Premessa.....	3
2	Scopo del documento	4
3	Normativa di Riferimento	5
3.1	Elaborati di riferimento	5
4	Caratteristiche dei Materiali.....	6
4.1	Sottopasso - Struttura Scatolare e Muri.....	6
4.1.1	Calcestruzzo Strutturale	6
4.1.2	Calcestruzzo Magrone.....	7
4.1.3	Acciaio da c.a.	7
4.2	Opera di sostegno – Opere Provvisionali	8
4.2.1	Calcestruzzo Strutturale	8
4.2.2	Acciaio da c.a.	8
4.2.3	Acciaio micropali.....	9
5	Inquadramento geologico e idrogeologico	10
5.1	Inquadramento geologico	10
5.1.1	Stratigrafia dell’area di intervento.....	11
5.1.2	Caratterizzazione del modello geotecnico.....	12
5.2	Inquadramento idrogeologico.....	14
6	Valutazione della pericolosità sismica	16
7	descrizione degli interventi	20
7.1	Descrizione delle fasi	21
7.2	Descrizione delle opere	24
7.2.1	Scatolare prefabbricato in c.a.	24
7.2.2	Muri a U	25
7.2.3	Opere provvisionali.....	27
7.2.4	Ripristino viabilità.....	28

	PROGETTO DEFINITIVO SOTTOVIA SL02 – VIA LEOPARDI					
RELAZIONE TECNICA DESCRITTIVA	PROGETTO IV0H	LOTTO 02	CODIFICA D 26 RH	DOCUMENTO SL0200 001	REV. A	FOGLIO 4 DI 28

2 SCOPO DEL DOCUMENTO

Il presente documento si colloca all'interno delle opere di Progettazione Definitiva relative agli interventi previsti per l'adeguamento ed il potenziamento dell'impianto in zona industriale di Vado Ligure.

In particolare, il presente elaborato ha come oggetto la relazione tecnica generale del sottopasso ciclopedonale SL02 di Via Leopardi relativo alla Seconda Fase del progetto di adeguamento e potenziamento dell'impianto di Vado Ligure. Scopo della seguente relazione è fornire un quadro generale della nuova opera da realizzare e dei nuovi impianti previsti per il progetto necessari a garantire i requisiti di base richiesti dalla Committenza.

Nel seguito si riporta una breve descrizione dell'opera e della sua modalità di realizzazione, comprendente le principali caratteristiche meccaniche dei materiali utilizzati ed un inquadramento geologico, geomorfologico e sismico dell'area in esame.

Il percorso ciclopedonale è stato progettato in accordo con il Decreto Ministeriale N. 557 del 30/11/1999.

	PROGETTO DEFINITIVO SOTTOVIA SL02 – VIA LEOPARDI					
RELAZIONE TECNICA DESCRITTIVA	PROGETTO IV0H	LOTTO 02	CODIFICA D 26 RH	DOCUMENTO SL0200 001	REV. A	FOGLIO 5 DI 28

3 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

I calcoli e le disposizioni esecutive sono conformi alle norme attualmente in vigore e nel seguito elencate:

- D.M. Min. delle Infrastrutture e dei Trasporti del 17 Gennaio 2018 – Aggiornamento delle “Norme tecniche per le costruzioni”;
- CIRCOLARE 21 gennaio 2019, n. 7 C.S.LL.PP - Istruzioni per l’applicazione dell’«Aggiornamento delle “Norme tecniche per le costruzioni”» di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018;
- UNI EN 206:2016 – “Calcestruzzo - Specificazione, prestazione, produzione e conformità”;
- UNI EN 11104:2016 – “Calcestruzzo - Specificazione. prestazione. produzione e conformità - Specificazioni complementari per l’applicazione della EN 206;
- UNI EN 1992-1-1:2015 “Eurocodice 2 - Progettazione delle strutture di calcestruzzo – Parte 1-1: Regole generali e regole per edifici”;
- UNI EN 1998-5:2005 “Eurocodice 8 - Progettazione delle strutture per la resistenza sismica - Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici”;
- RFI DTC SI MA IFS 001 E – Manuale di progettazione delle opere Civili;
- RFI DTC SI SP IFS 001 E – Capitolato Generale di Appalto delle Opere Civili.
- DM N. 557 del 30/11/1999 “Regolamento per la definizione delle caratteristiche tecniche delle piste ciclabili”.

3.1 Elaborati di riferimento

- IV0H02D26P8SL0200001A – Planimetria stato di fatto;
- IV0H02D26P9SL0200001A – Planimetria stato di progetto;
- IV0H02D26P9SL0200003A – Planimetria segnaletica;
- IV0H02D26WBSL0200001A – Sezioni tipo e correnti;
- IV0H02D26PZSL0200001A – Demolizioni – Piante, prospetti, sezioni e dettagli;
- IV0H02D26CLSL0200001A – Scatolare – Relazione di calcolo;
- IV0H02D26BASL0200001A – Scatolare – Pianta e sezione longitudinale;
- IV0H02D26BASL0200002A – Scatolare – Sezioni e prospetti;
- IV0H02D26CLSL0200002A – Muri a U – Relazione di calcolo;
- IV0H02D26PZSL0200002A – Planimetria sottoservizi e interferenze;
- IV0H02D26B9SL0200001A – Fasi realizzative;
- IV0H02D26P9SL0200002A – Pianta scavi;
- IV0H02D26CLSL0203001A – Opere provvisionali – Relazione di calcolo;
- IV0H02D26P8SL0202001A – Planimetria e dettagli di smaltimento idraulico della piattaforma stradale.

	PROGETTO DEFINITIVO SOTTOVIA SL02 – VIA LEOPARDI					
	RELAZIONE TECNICA DESCRITTIVA	PROGETTO IV0H	LOTTO 02	CODIFICA D 26 RH	DOCUMENTO SL0200 001	REV. A

4 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

Di seguito si riportano le caratteristiche meccaniche dei materiali da costruzione utilizzati per la realizzazione dell'opera.

4.1 Sottopasso - Struttura Scatolare e Muri

4.1.1 Calcestruzzo Strutturale

Per la realizzazione dei cassettoni si prevede l'utilizzo di calcestruzzo avente classe di resistenza C32/40 ($R_{ck} \geq 40 \text{ N/mm}^2$), che presenta le seguenti caratteristiche:

- Resistenza Caratteristica a Compressione (Cilindrica) $\rightarrow f_{ck} = 0,83 \times R_{ck} = 32 \text{ N/mm}^2$
- Classe di Esposizione $\rightarrow \text{XS1 (condizione ambiental aggressiva)}$
- Resistenza Media a Compressione $\rightarrow f_{cm} = f_{ck} + 8 = 40 \text{ N/mm}^2$
- Modulo Elastico $\rightarrow E_{cm} = 22000 \times (f_{cm}/10)^{0,3} = 33.345 \text{ N/mm}^2$
- Coefficiente di Sicurezza $\rightarrow \gamma_c = 1,5$
- Resistenza di Calcolo a Compressione $\rightarrow f_{cd} = \alpha_{cc} \times f_{ck} / \gamma_c = 18,13 \text{ N/mm}^2$
- Resistenza a Trazione Media $\rightarrow f_{ctm} = 0,30 \times f_{ck}^{2/3} = 3,02 \text{ N/mm}^2$
- Resistenza a Trazione $\rightarrow f_{ctk} = 0,7 \times f_{ctm} = 2,12 \text{ N/mm}^2$
- Resistenza a Trazione di Calcolo $\rightarrow f_{ctd} = f_{ctk} / \gamma_c = 1,41 \text{ N/mm}^2$
- Resistenza a Compressione (Comb. Rara) $\rightarrow \sigma_c = 0,55 \times f_{ck} = 17,6 \text{ N/mm}^2$
- Resistenza a Compressione (Comb. Quasi Permanente) $\rightarrow \sigma_c = 0,40 \times f_{ck} = 12,8 \text{ N/mm}^2$
- Resistenza tangenziale caratteristica di aderenza $\rightarrow f_{bk} = 2,25 \eta_1 \eta_2 f_{ctk} = 4,76 \text{ N/mm}^2$
- Resistenza tangenziale di aderenza di calcolo $\rightarrow f_{bd} = f_{bk} / \gamma_c = 3,18 \text{ N/mm}^2$
- Deformazione Ultima a Rottura $\rightarrow \epsilon_{cu} = 0,0035$

Per gli elementi strutturali si assume un copriferro di 40 mm (valutato al netto della staffa).

Per quanto riguarda la scelta degli stati limiti di fessurazione, si fa riferimento a quanto riportato al paragrafo 2.5.1.8.3.2.4 del MdP, il quale impone che per tutte le strutture a permanente contatto con il terreno e per le zone non ispezionabili, come nel caso in esame, il limite da adottare per la verifica sia $\delta_f \leq w_3 = 0,2 \text{ mm}$ in Combinazione Rara.

	PROGETTO DEFINITIVO SOTTOVIA SL02 – VIA LEOPARDI					
	RELAZIONE TECNICA DESCRITTIVA	PROGETTO IV0H	LOTTO 02	CODIFICA DOCUMENTO D 26 RH SL0200 001	REV. A	FOGLIO 7 DI 28

4.1.2 Calcestruzzo Magrone

Per la realizzazione dei cassettoni si prevede l'utilizzo di calcestruzzo avente classe di resistenza C12/15 ($R_{ck} \geq 15 \text{ N/mm}^2$), che presenta le seguenti caratteristiche:

- Resistenza Caratteristica a Compressione (Cilindrica) $\rightarrow f_{ck} = 0,83 \times R_{ck} = 12 \text{ N/mm}^2$
- Classe di Esposizione $\rightarrow X0$ (condizione ambientale ordinaria)
- Resistenza Media a Compressione $\rightarrow f_{cm} = f_{ck} + 8 = 20 \text{ N/mm}^2$
- Modulo Elastico $\rightarrow E_{cm} = 22000 \times (f_{cm}/10)^{0,3} = 27.085 \text{ N/mm}^2$
- Coefficiente di Sicurezza $\rightarrow \gamma_c = 1,5$
- Resistenza di Calcolo a Compressione $\rightarrow f_{cd} = \alpha_{cc} \times f_{ck} / \gamma_c = 6,80 \text{ N/mm}^2$
- Resistenza a Trazione Media $\rightarrow f_{ctm} = 0,30 \times f_{ck}^{2/3} = 1,57 \text{ N/mm}^2$
- Resistenza a Trazione $\rightarrow f_{ctk} = 0,7 \times f_{ctm} = 1,10 \text{ N/mm}^2$
- Resistenza a Trazione di Calcolo $\rightarrow f_{ctd} = f_{ctk} / \gamma_c = 0,73 \text{ N/mm}^2$
- Resistenza a Compressione (Comb. Rara) $\rightarrow \sigma_c = 0,55 \times f_{ck} = 6,60 \text{ N/mm}^2$
- Resistenza a Compressione (Comb. Quasi Permanente) $\rightarrow \sigma_c = 0,40 \times f_{ck} = 4,80 \text{ N/mm}^2$
- Resistenza tangenziale caratteristica di aderenza $\rightarrow f_{bk} = 2,25 \eta_1 \eta_2 f_{ctk} = 2,48 \text{ N/mm}^2$
- Resistenza tangenziale di aderenza di calcolo $\rightarrow f_{bd} = f_{bk} / \gamma_c = 1,65 \text{ N/mm}^2$
- Deformazione Ultima a Rottura $\rightarrow \epsilon_{cu} = 0,0035$

4.1.3 Acciaio da c.a.

Barre B450C

- Tensione di snervamento caratteristica $\rightarrow f_{yk} \geq 450 \text{ N/mm}^2$
- Tensione caratteristica a rottura $\rightarrow f_{tk} \geq 540 \text{ N/mm}^2$
- Fattore di sicurezza acciaio $\rightarrow \gamma_s = 1,15$
- Resistenza a trazione di calcolo $\rightarrow f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s = 391 \text{ N/mm}^2$
- Resistenza a Trazione (Comb. Rara) $\rightarrow \sigma_s = 0,75 \times f_{yk} = 337,5 \text{ N/mm}^2$
- Modulo Elastico $\rightarrow E_a = 210.000 \text{ N/mm}^2$
- Deformazione di Snervamento di Progetto $\rightarrow \epsilon_{yd} = 0,0019$
- Densità $\rightarrow \rho = 7.850 \text{ kg/m}^3$

	PROGETTO DEFINITIVO SOTTOVIA SL02 – VIA LEOPARDI					
	RELAZIONE TECNICA DESCRITTIVA	PROGETTO IV0H	LOTTO 02	CODIFICA D 26 RH	DOCUMENTO SL0200 001	REV. A

4.2 Opera di sostegno – Opere Provvisionali

4.2.1 Calcestruzzo Strutturale

Per la realizzazione della paratia in micropali si prevede l'utilizzo di calcestruzzo avente classe di resistenza C25/30 ($R_{ck} \geq 30 \text{ N/mm}^2$), che presenta le seguenti caratteristiche:

- Resistenza Caratteristica a Compressione (Cilindrica) $\rightarrow f_{ck} = 0,83 \times R_{ck} = 25 \text{ N/mm}^2$
- Classe di Esposizione $\rightarrow \text{XC2}$ (condizione ambientali ordinarie)
- Resistenza Media a Compressione $\rightarrow f_{cm} = f_{ck} + 8 = 33 \text{ N/mm}^2$
- Modulo Elastico $\rightarrow E_{cm} = 22000 \times (f_{cm}/10)^{0,3} = 31.475 \text{ N/mm}^2$
- Coefficiente di Sicurezza $\rightarrow \gamma_c = 1,5$
- Resistenza di Calcolo a Compressione $\rightarrow f_{cd} = \alpha_{cc} \times f_{ck} / \gamma_c = 14,17 \text{ N/mm}^2$
- Resistenza a Trazione Media $\rightarrow f_{ctm} = 0,30 \times f_{ck}^{2/3} = 2,56 \text{ N/mm}^2$
- Resistenza a Trazione $\rightarrow f_{ctk} = 0,7 \times f_{ctm} = 1,80 \text{ N/mm}^2$
- Resistenza a Trazione di Calcolo $\rightarrow f_{ctd} = f_{ctk} / \gamma_c = 1,20 \text{ N/mm}^2$
- Resistenza a Compressione (Comb. Rara) $\rightarrow \sigma_c = 0,55 \times f_{ck} = 13,75 \text{ N/mm}^2$
- Resistenza a Compressione (Comb. Quasi Permanente) $\rightarrow \sigma_c = 0,40 \times f_{ck} = 10 \text{ N/mm}^2$
- Resistenza tangenziale caratteristica di aderenza $\rightarrow f_{bk} = 2,25 \eta_1 \eta_2 f_{ctk} = 4,04 \text{ N/mm}^2$
- Resistenza tangenziale di aderenza di calcolo $\rightarrow f_{bd} = f_{bk} / \gamma_c = 2,69 \text{ N/mm}^2$
- Deformazione Ultima a Rottura $\rightarrow \epsilon_{cu} = 0,0035$

Per gli elementi strutturali si assume un copriferro di 35 mm (valutato al netto della staffa).

Per quanto riguarda la scelta degli stati limiti di fessurazione, si fa riferimento a quanto riportato al paragrafo 2.5.1.8.3.2.4 del MdP, il quale impone che per tutte le strutture in condizioni ambientali ordinarie, secondo la classificazione del paragrafo 4.1.2.2.4.2 delle NTC18, come nel caso in esame, il limite da adottare per la verifica sia $\delta_f \leq w_2 = 0,3 \text{ mm}$ in Combinazione Rara. Cautelativamente, trattando un'opera a permanente contatto con il terreno e difficilmente ispezionabile, come riportato al paragrafo del MdP sopracitato, si ritiene opportuno adottare per la verifica il limite $\delta_f \leq w_1 = 0,2 \text{ mm}$.

4.2.2 Acciaio da c.a.

Barre B450C

- Tensione di snervamento caratteristica $\rightarrow f_{yk} \geq 450 \text{ N/mm}^2$
- Tensione caratteristica a rottura $\rightarrow f_{tk} \geq 540 \text{ N/mm}^2$

- Fattore di sicurezza acciaio $\rightarrow \gamma_s = 1,15$
- Resistenza a trazione di calcolo $\rightarrow f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s = 391 \text{ N/mm}^2$
- Resistenza a Trazione (Comb. Rara) $\rightarrow \sigma_s = 0,75 \times f_{yk} = 337,5 \text{ N/mm}^2$
- Modulo Elastico $\rightarrow E_a = 210.000 \text{ N/mm}^2$
- Deformazione di Snervamento di Progetto $\rightarrow \epsilon_{yd} = 0,0019$
- Densità $\rightarrow \rho = 7.850 \text{ kg/m}^3$

4.2.3 Acciaio micropali

Profili tubolari micropali

- Tipologia di acciaio $\rightarrow \text{S275}$
- Tensione caratteristica di rottura $\rightarrow f_{tk} = 430 \text{ N/mm}^2$
- Tensione caratteristica di snervamento $\rightarrow f_{yk} = 275 \text{ N/mm}^2$
- Fattore di sicurezza acciaio $\rightarrow \gamma_s = 1,05$
- Modulo Elastico $\rightarrow E_a = 210.000 \text{ N/mm}^2$

	PROGETTO DEFINITIVO SOTTOVIA SL02 – VIA LEOPARDI					
RELAZIONE TECNICA DESCRITTIVA	PROGETTO IV0H	LOTTO 02	CODIFICA D 26 RH	DOCUMENTO SL0200 001	REV. A	FOGLIO 10 DI 28

5 INQUADRAMENTO GEOLOGICO E IDROGEOLOGICO

5.1 Inquadramento geologico

Il quadro geologico generale entro il quale ricade l'area di intervento si inserisce in un settore, quello delle Alpi Liguri, particolarmente complesso sotto il profilo strutturale, in quanto caratterizzato dall'adiacenza tra la catena alpina e quella appenninica la cui superficie di contatto è generalmente individuata nella linea tettonica Sestri – Voltaggio.

L'evoluzione di questo settore, che rappresenta la terminazione meridionale delle Alpi Occidentali, inizia con le fasi di *rifting* e di *spreading* triassico-giurassiche, che determinano la formazione del bacino oceanico Ligure-Piemontese, collocato tra i margini continentali assottigliati delle placche europea ed apula.

A partire dal Cretaceo, l'inversione dei movimenti relativi delle placche sopracitate determina la convergenza dei margini e la subduzione della litosfera oceanica, che prosegue fino alla chiusura del bacino Ligure-Piemontese, dopo la quale si verificò la collisione delle placche continentali e la successiva esumazione delle unità subdotte.

In seguito alla rotazione del blocco sardo – corso (Miocene inferiore), le unità tettoniche subiscono una lieve traslazione verso NE, con conseguente formazione di pieghe e faglie trascorrenti, che coinvolgono le unità tettoniche sedimentarie e quelle metamorfiche e che determinano la riattivazione dei contatti tettonici precedenti.

Nel Pliocene l'area viene interessata da una importante trasgressione marina legata alla formazione di una serie di graben di piccola estensione. I graben sono delimitati da faglie parallele alla linea di costa e sono stati riempiti dalla formazione delle Argille di Ortovero, il cui spessore varia da poche decine di metri fino a qualche centinaio di metri in funzione dell'approfondimento dei graben stessi.

Il Quaternario è dominato dai depositi alluvionali e costieri formati dagli apporti dei torrenti, in particolare sono presenti dei depositi alluvionali terrazzati a ridosso dei rilievi a quote superiori degli alvei attuali, dove invece sono presenti i depositi sabbioso – ghiaiosi.

L'assetto geologico – strutturale che deriva dalla storia evolutiva di quest'area è pertanto contraddistinto dall'impilamento di varie unità tettoniche che, limitatamente al settore di catena presente nella porzione delle Alpi Liguri, è rappresentato da tre sistemi strutturali principali, separati da superfici tettoniche, a cui corrispondono altrettanti domini paleogeografici, a partire dall'alto verso il basso (Dallagiovanna et al., 2011) sono:

- Piemontese-Ligure: il sistema più interno di falde classicamente rappresentato, dal Gruppo di Voltri e da altre unità ofiolitiche coinvolte nei processi subduttivi e collisionali. Nella porzione sud-occidentale, ma in posizione esterna, le falde dei "Flysch ad Elmintoidi" occupano la posizione geometrica più elevata;
- Pennidico: formato da unità tettoniche che hanno ben registrato la storia metamorfica codeformativa alpina e sono di pertinenza sia continentale europea (Brianzonese), sia del suo stesso margine (Piemontese s.l.), comprese le unità di Calcescisti con prasiniti e/o olistoliti ofi

 ITALFERR <small>GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</small>	PROGETTO DEFINITIVO					
	SOTTOVIA SL02 – VIA LEOPARDI					
RELAZIONE TECNICA DESCRITTIVA	PROGETTO IV0H	LOTTO 02	CODIFICA D 26 RH	DOCUMENTO SL0200 001	REV. A	FOGLIO 11 DI 28

olitici (Calcescisti esterni e interni) depositi verosimilmente su crosta continentale, presumibilmente assottigliata

- Delfinese-Provenzale: prosecuzione meridionale del dominio Elvetico, rappresenta la parte di avampace europeo coinvolto blandamente dagli eventi alpini: è il sistema strutturale più esterno e profondo della catena su cui sono tettonicamente sovrapposte le unità pennidiche esterne e le falde dei “Flysch ad Elmintoidi” che coprono il contatto tettonico (Fronte Pennidico) tra questi due domini.

In particolare, l’area oggetto di intervento si colloca nell’ambito del dominio Brianzonese.

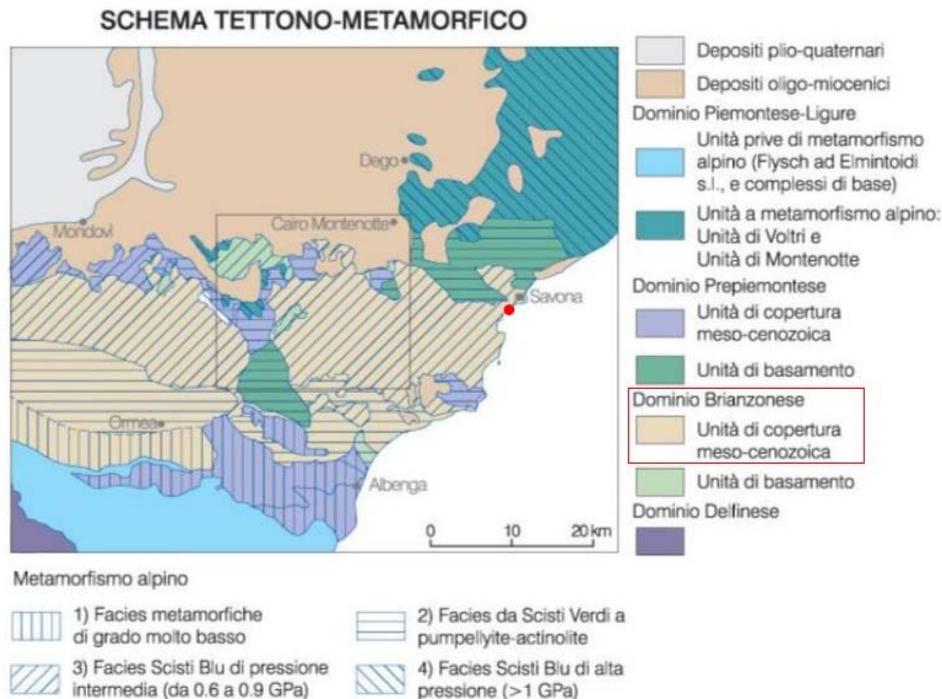


Figura 5.1 - Schema di inquadramento regionale

5.1.1 Stratigrafia dell’area di intervento

L’area oggetto di intervento si colloca nell’ambito del dominio Brianzone, rappresentato in questa settore dall’affioramento delle rocce del Tegumento Permo Carbonifero.

Nell’area di interesse non affiorano le coperture meso – cenozoiche, mentre nella porzione più a sud si rinvengono, poggiati sul metamorfico, i sedimenti prequadernari rappresentati dalla formazione delle Argille di Ortovero.

In particolare, tale formazione è caratterizzata dalla presenza di limi argillosi a modesto contenuto in carbonato di calcio, localmente ricchi in fossili. A volte si osservano sottili livelli sabbiosi e passaggi con elevata presenza di sostanza organica. I livelli più esterni ed alterati sono costituiti da un limo sabbioso con argilla di colore oca, a spessore variabile in funzione delle condizioni fisico-chimiche di dettaglio in cui la formazione si trova.

	PROGETTO DEFINITIVO SOTTOVIA SL02 – VIA LEOPARDI					
RELAZIONE TECNICA DESCRITTIVA	PROGETTO IV0H	LOTTO 02	CODIFICA D 26 RH	DOCUMENTO SL0200 001	REV. A	FOGLIO 12 DI 28

Sono, infine presenti, lungo la maggior parte dell'area oggetto di intervento, depositi misti alluvionali e marini caratterizzati dalla presenza di materiali ghiaiosi e sabbiosi, localmente limosi ed argillosi.

5.1.2 Caratterizzazione del modello geotecnico

Per la caratterizzazione geotecnica dei terreni si è fatto riferimento agli esiti delle indagini eseguite di seguito riportate.

Sulla base dei dati geotecnici, nel sito analizzato si possono definire le seguenti unità geotecniche:

Unità UG-a

Fino a profondità di circa 9 m è rilevata un'unità di natura incoerente composta da sabbia con ghiaia poco addensata. I valori di N_{spt} si attestano attorno ai 5 colpi/30cm ai quale corrisponde una densità relativa variabile fra il 20-30%, e si stima per il deposito un angolo di resistenza al taglio variabile tra circa 27° e 29°. Il risultato della prova di permeabilità in foro a carico variabile restituisce una permeabilità di 2.29E-04 m/s tipica di materiali aperti con comportamento drenante e incoerenti.

Unità UG-b

Ad una profondità variabile fra i 9m ed i 22.5m si rileva un'unità di natura incoerente composta da sabbia con ghiaia con una percentuale di limo da sciolta a poco addensata, di colore grigio. Si stima per il deposito un angolo di resistenza al taglio variabile tra circa 28-30°.

Unità UG-c

Fino a profondità di circa 30m si rileva alternanze di ghiaie con sabbie limose e limo con sabbia addensato. I valori di N_{spt} si attestano attorno ai 11-12 colpi/30cm ai quale corrisponde una densità relativa variabile fra il 40-50% e si stima per il deposito un angolo di resistenza al taglio circa 32°.

Unità UG-d

Con riferimento al sondaggio S2, si ha uno strato di sabbia con ghiaia e ciottoli talvolta limosa, da addensata a molto addensata, tra la profondità circa 7.2 e 11m. I valori di N_{spt} si attestano attorno ai 28-30 colpi/30cm ai quale corrisponde una densità relativa variabile fra il 85-95% e si stima per il deposito un angolo di resistenza al taglio variabile tra circa 32°.

Unità UG-o

Tra la profondità di circa 11 e 20m del sondaggio S2, si ha l'alternanza di sabbia con ghiaia limosa e limo con sabbia, localmente la presenza dei materiali di natura organica. I valori di N_{spt} si attestano attorno ai 15 colpi/30cm ai quale corrisponde una densità relativa variabile fra il 40-50% e si stima per il deposito un angolo di resistenza al taglio circa 32°. Si evidenzia, che il materiale organico non presenta rilevanti problematiche in quanto le opere in progetto non risentono di tale materiale.

A seguire si riportano l'elaborazione delle prove in sito e di laboratorio disponibili, in forma grafica, rappresentativa dei parametri dell'unità in esame.

Unità UG-f

Tra la profondità di circa 12 e 15m del sondaggio S3, è rilevata un'unità di natura pseudo-coesiva composta da limi sabbiosi, di colore marrone chiaro. Dalle prove di laboratorio si sono potute determinare le proprietà fisiche del deposito, si è determinato il peso di volume del terreno umido pari a 19 kN/m³ e un contenuto d'acqua pari a circa il 31.34%. Si sono determinati poi i limiti di Atterberg e, in particolare un valore del limite liquido LL pari a 30% e un indice di plasticità IP pari a 5%, indicativo di un materiale poco plastico. Per quanto riguarda i parametri di resistenza sono disponibili i risultati di una prova triassiale consolidata non drenata (TX-CIU) e pocket penetrometro. Per la coesione non drenata si stima un range variabile tra 80-100 kPa e un angolo di resistenza al taglio pari a 28-30°.

Nel caso in esame, trattando di un intervento in corrispondenza del sottopasso di Via Leopardi, si ritiene opportuno adottare la seguente stratigrafia di analisi, che riassume tutte le caratteristiche meccaniche degli strati riscontrati nell'area di indagine con riferimento al sondaggio S1 e alle MASW2.

Modello geotecnico: indagine di rif. S1, MASW2												
Unità	Descrizione	z iniziale (m da p.c.)	z finale (m da p.c.)	spessore (m)	Peso di volume (kN/m ³)	Densità relativa (%)	Angolo di resistenza al taglio ϕ' (°)	c' (kPa)	Cu (kPa)	Modulo elastico Eop (MPa)	Modulo non drenato Eu (MPa)	K media (m/s)
R	Riporto antropico	0	3	3	18	-	-	-	-	-	-	-
UG-a	Sabbia con ghiaia poco addensata	3	9	6	18	20-30	27-29	-	-	5-15	-	2.29E-04
UG-b	Sabbia con ghiaia, talvolta limosa da sciolta a poco addensata	9	22.5	13.5	19	30-40	28-30	-	-	10-20	-	-
UG-c	Alternanza di ghiaia con sabbia limosa e limo con sabbia addensata	22.5	30	7.5	18	40-50	32	-	-	20-40	-	-

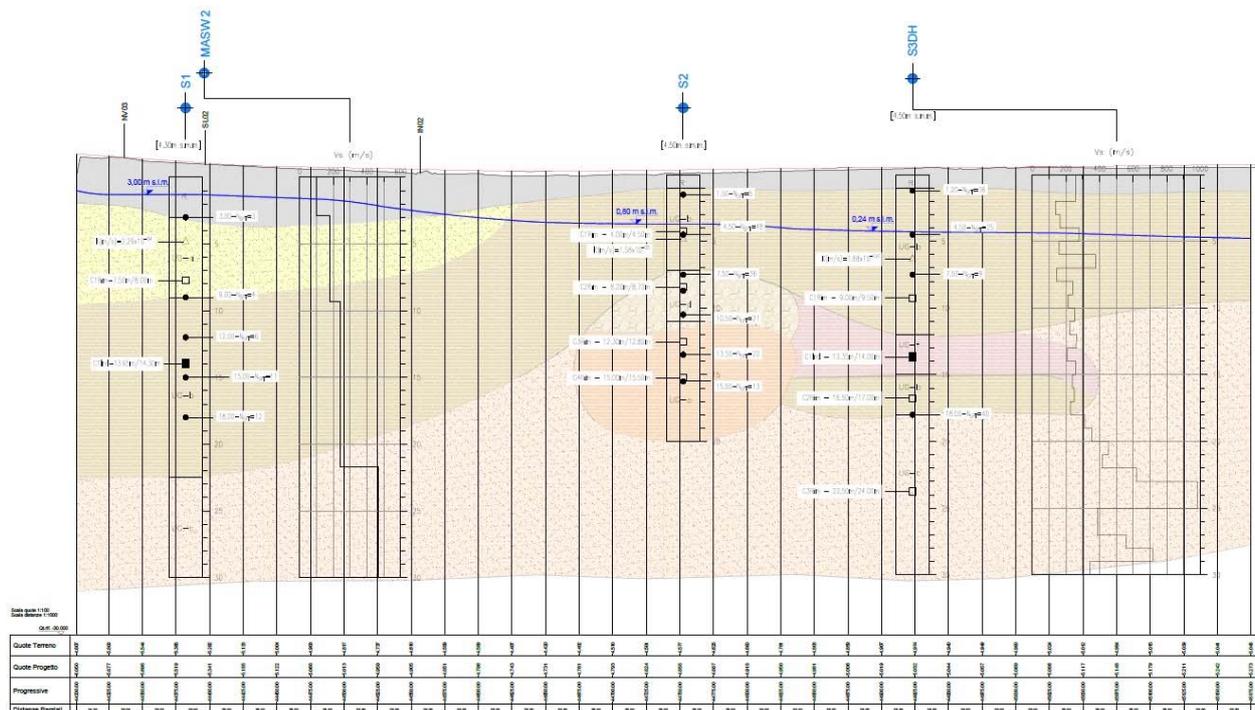


Figura 5.2 - Profilo geotecnico

	PROGETTO DEFINITIVO SOTTOVIA SL02 – VIA LEOPARDI					
	RELAZIONE TECNICA DESCRITTIVA	PROGETTO IV0H	LOTTO 02	CODIFICA D 26 RH	DOCUMENTO SL0200 001	REV. A

5.2 Inquadramento idrogeologico

Per quel che riguarda l'assetto idrogeologico, l'area di intervento è ubicata nella piana alluvionale del torrente Quiliano e del torrente Segno.

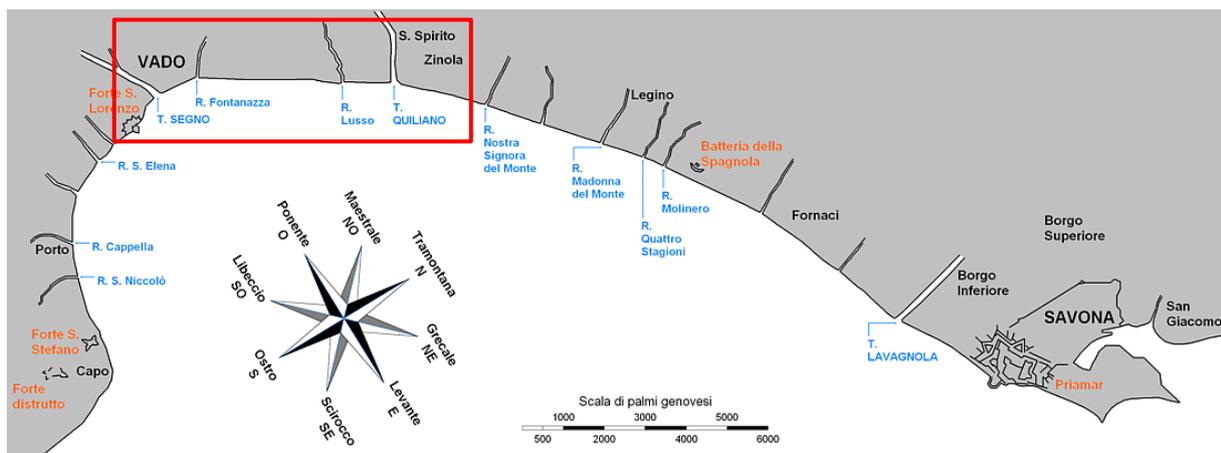


Figura 5.3 – Corpi idrici: Torrenti e Rii

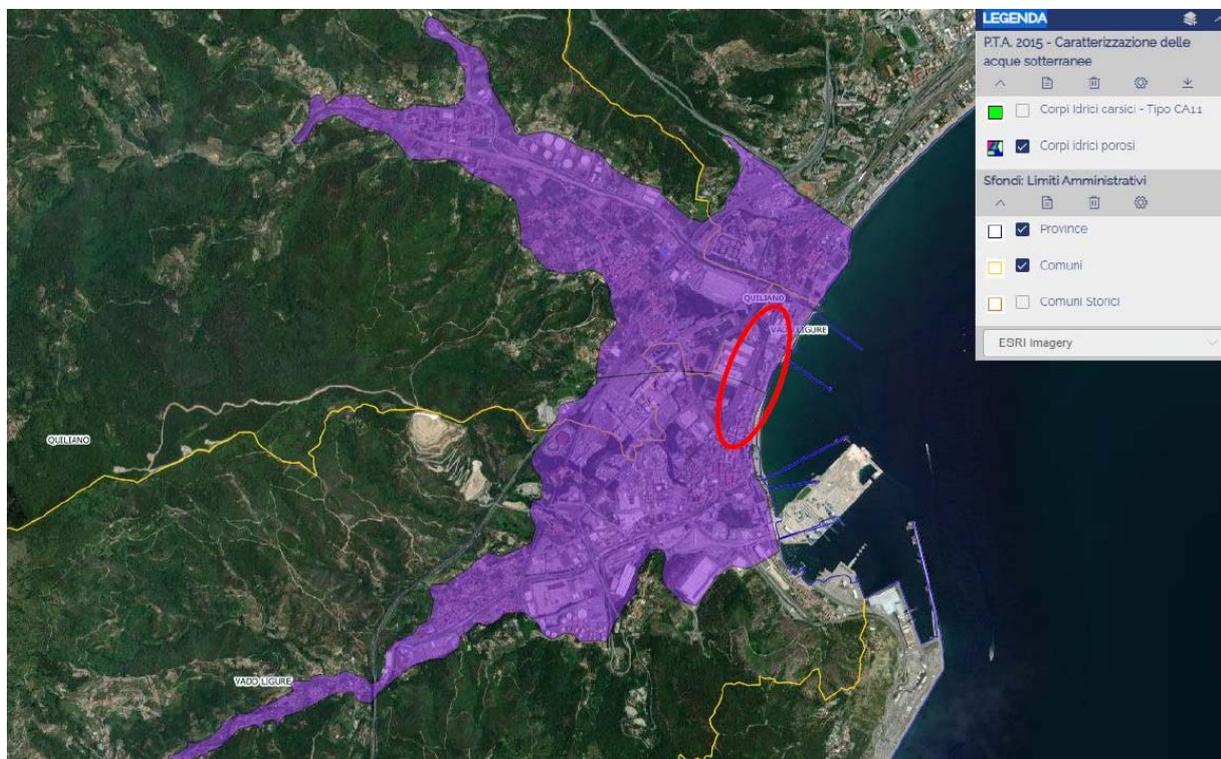


Figura 5.4 – Stralcio della cartografia con indicazione dei corpi idrici

**PROGETTO DEFINITIVO****SOTTOVIA****SL02 – VIA LEOPARDI****RELAZIONE TECNICA DESCRITTIVA**

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV0H	02	D 26 RH	SL0200 001	A	15 DI 28

Il bacino idrografico del Torrente Quiliano presenta una superficie di circa 52 Km², è di forma in prima approssimazione circolare, con sbocco diretto sul Mar Ligure, al confine tra la periferia occidentale della città di Savona e quella orientale di Vado Ligure; il bacino del torrente Segno presenta una superficie pari a circa 21 Km², la lunghezza del corso d'acqua principale è di circa 9 km. Si tratta perciò di un bacino di ridotte dimensioni, particolarmente acclive, caratterizzato da una forma vagamente rettangolare, orientato grosso modo WSW-ENE.

La presenza di tali corsi d'acqua, a cui si deve aggiungere il Rio Fontanazza e il Rio Lusso incide sulla variabilità dell'acquifero e sulla sua alimentazione.

I materiali che compongono tali pianure, nella loro porzione più prossima al mare, sono caratterizzati dalla presenza di depositi misti alluvionali e marini costituiti da depositi ghiaiosi e sabbiosi, localmente limosi ed argillosi. La variabilità delle granulometrie presenti determina una certa variabilità di permeabilità per porosità dell'acquifero che può essere ricompresa tra valori medi e bassi.

	PROGETTO DEFINITIVO SOTTOVIA SL02 – VIA LEOPARDI					
	RELAZIONE TECNICA DESCRITTIVA	PROGETTO IV0H	LOTTO 02	CODIFICA D 26 RH	DOCUMENTO SL0200 001	REV. A

6 VALUTAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ SISMICA

Secondo quanto previsto dalla normativa vigente, la pericolosità sismica dei siti è valutata in maniera probabilistica in relazione all'evento sismico di riferimento, definito sulla base dei risultati degli studi di microzonazione sismica e delle caratteristiche stratigrafiche e topografiche dell'area studiata.

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, si rende necessario valutare l'effetto della risposta sismica locale. Tale operazione può essere fatta con riferimento a un approccio semplificato, che si basa sull'individuazione delle categorie di sottosuolo di riferimento in accordo a quanto indicato nel capitolo 3.2.2 delle NTC2018, sulla base dell'inquadramento del sito di interesse nel reticolo sismico nazionale.

Come richiesto dalle NTC, le categorie di suolo sono determinate sulla base dei risultati delle prove geofisiche tipo MASW e DH eseguite nell'ambito del presente progetto.



Figura 6.1 - Vado Ligure zona industriale: inquadramento reticolo sismico.

Nel caso specifico, sulla base dei risultati delle prove eseguite (MASW 2 e PDVL-DH-S3) i terreni di progetto possono ritenersi appartenere alla categoria di sottosuolo **C** con il substrato roccioso posto a profondità superiore a 30m: “*Depositi di terreni a grana mediamente addensati o a grana fina mediamente consistenti*”, caratterizzato da valori di velocità equivalente compresi tra 242 m/s e 305 m/s.

	PROGETTO DEFINITIVO SOTTOVIA SL02 – VIA LEOPARDI					
	RELAZIONE TECNICA DESCRITTIVA	PROGETTO IV0H	LOTTO 02	CODIFICA D 26 RH	DOCUMENTO SL0200 001	REV. A

In condizioni topografiche superficiali semplici si può adottare la classificazione proposta nelle NTC, secondo la quale le categorie individuate si riferiscono a configurazioni geometriche prevalentemente bidimensionali, creste o dorsali allungate, e devono essere considerate nella definizione dell'azione sismica se di altezza maggiore di 30 m. Nella fattispecie, l'area interessata risulta classificabile come **T1**: *“superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$ ”*.

Per quanto premesso, a seguire, si forniscono i parametri sismici con riferimento alla destinazione d'uso delle opere in progetto (vita nominale V_N e Classe d'uso). In particolare, le opere previste sono progettualmente classificate come *“costruzione con livelli di prestazioni ordinarie”* e caratterizzate da una vita nominale di **50** anni. In relazione alle conseguenze di un'interruzione di operatività o di un eventuale collasso, l'opera appartiene alla classe d'uso **II**: *“Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso III o in Classe d'uso IV, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti.”*.

Pertanto, il coefficiente d'uso C_U è pari a 1.00 ed il periodo di riferimento $V_R = V_N * C_U = 50 * 1.0 = \mathbf{50 \text{ anni}}$.

I parametri spettrali di riferimento per lo scenario in esame sono richiamati di seguito.

a_g (g) (SLV)	0.057g
Risposta Sismica Locale	
Coefficiente di amplificazione stratigrafica S_s	1.5
Coefficiente di amplificazione topografica S_t	1.0
Accelerazione massima attesa al suolo	
$a_{s,max(SLV)} = a_{g(SLV)} \times S_s \times S_t = 0,057 \text{ g} \times 1,5 \times 1,00$	0.086g

Di seguito si riportano anche gli spettri di risposta oggetto della progettazione:

Parametri e punti dello spettro di risposta orizzontale per lo stato SLV

Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLV
a_g	0,057 g
F_o	2,610
T_C	0,307 s
S_S	1,500
C_C	1,551
S_T	1,000
q	0,800

Parametri dipendenti

S	1,500
η	1,250
T_B	0,158 s
T_C	0,475 s
T_D	1,829 s

Espressioni dei parametri dipendenti

$$S = S_S \cdot S_T \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.5})$$

$$\eta = \sqrt{10/(5+\xi)} \geq 0,55; \quad \eta = 1/q \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.6; §. 3.2.3.5})$$

$$T_B = T_C / 3 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.8})$$

$$T_C = C_C \cdot T_C^* \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.7})$$

$$T_D = 4,0 \cdot a_g / \xi + 1,6 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.9})$$

Espressioni dello spettro di risposta (NTC-08 Eq. 3.2.4)

$$0 \leq T < T_B \quad S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_o} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left(\frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left(\frac{T_C \cdot T_D}{T^2} \right)$$

Lo spettro di progetto $S_d(T)$ per le verifiche agli Stati Limite Ultimi è ottenuto dalle espressioni dello spettro elastico $S_c(T)$ sostituendo η con $1/q$, dove q è il fattore di struttura. (NTC-08 § 3.2.3.5)

Punti dello spettro di risposta

	T [s]	Se [g]
	0,000	0,086
T_B	0,158	0,280
T_C	0,475	0,280
	0,540	0,247
	0,604	0,220
	0,669	0,199
	0,733	0,182
	0,798	0,167
	0,862	0,155
	0,927	0,144
	0,991	0,134
	1,056	0,126
	1,120	0,119
	1,184	0,112
	1,249	0,107
	1,313	0,101
	1,378	0,097
	1,442	0,092
	1,507	0,088
	1,571	0,085
	1,636	0,081
	1,700	0,078
	1,765	0,075
T_D	1,829	0,073
	1,932	0,065
	2,036	0,059
	2,139	0,053
	2,243	0,048
	2,346	0,044
	2,449	0,041
	2,553	0,037
	2,656	0,035
	2,759	0,032
	2,863	0,030
	2,966	0,028
	3,070	0,026
	3,173	0,024
	3,276	0,023
	3,380	0,021
	3,483	0,020
	3,586	0,019
	3,690	0,018
	3,793	0,017
	3,897	0,016
	4,000	0,015

Figura 6.2 – Parametri spettro di risposta orizzontale allo SLV

Spettri di risposta (componenti orizz. e vert.) per lo stato li SLV

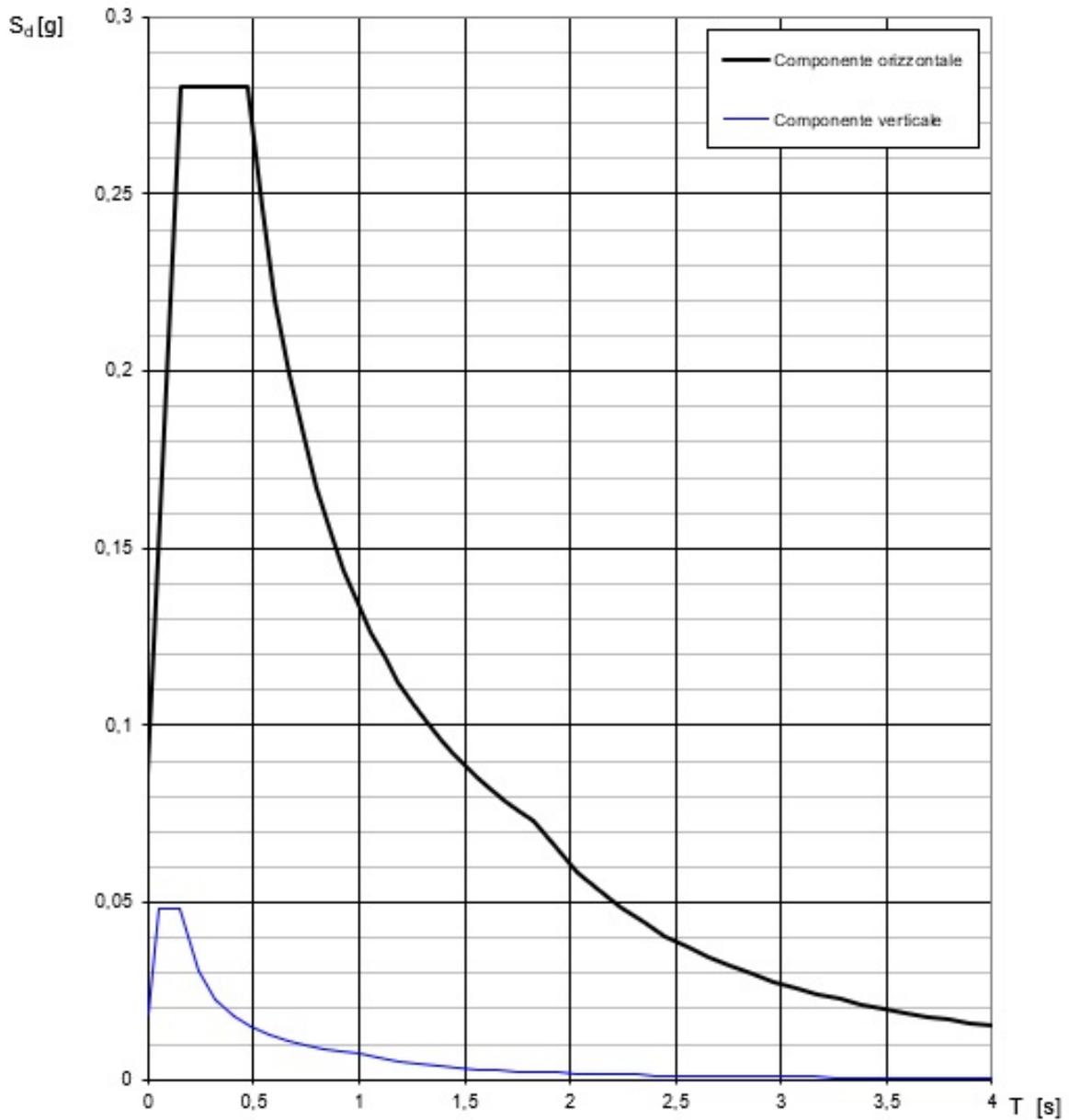


Figura 6.3 – Spettri di risposta orizzontali e verticali allo SLV

	PROGETTO DEFINITIVO SOTTOVIA SL02 – VIA LEOPARDI					
	RELAZIONE TECNICA DESCRITTIVA	PROGETTO IV0H	LOTTO 02	CODIFICA D 26 RH	DOCUMENTO SL0200 001	REV. A

7 DESCRIZIONE DEGLI INTERVENTI

Nell'ambito degli interventi di adeguamento e di potenziamento dell'impianto in zona industriale di Vado Ligure è prevista l'allargamento della sede ferroviaria e la rivisitazione del PRG della stazione con adeguamento di un binario a modulo 750 metri.

A seguito di tali lavorazioni era necessario intervenire sulle opere che vi interferivano, come l'opera in esame di attraversamento ferroviario presente in Via Leopardi.

L'opera di attraversamento, come si riporta di seguito, è costituita da un ponticello in muratura.



Figura 7.1 – Ponticello in muratura sottobinario

L'intervento avrebbe dovuto prevedere un'estensione dell'opera stessa: si è deciso di intervenire demolendo l'opera e realizzandone una di dimensioni maggiori, in modo da coprire l'intero attraversamento ferroviario.

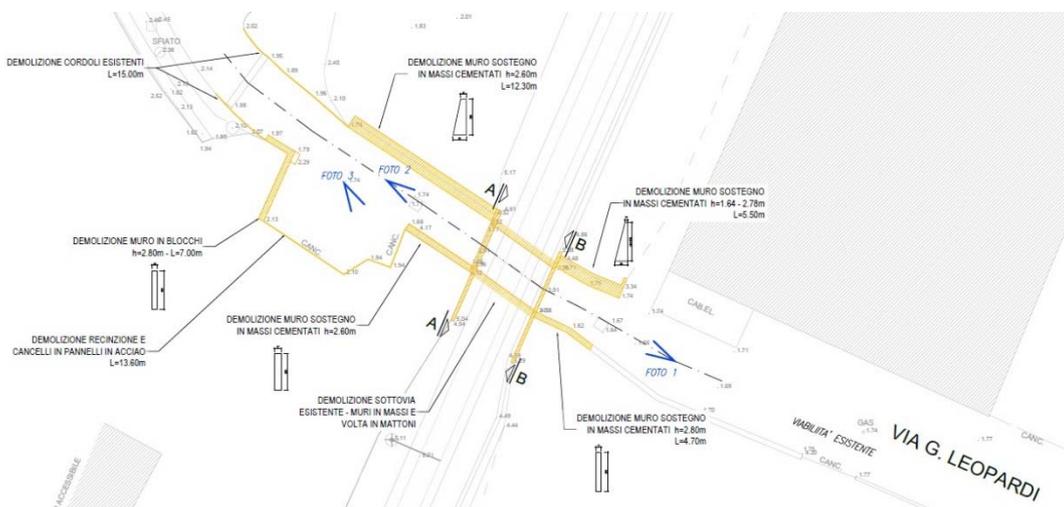


Figura 7.2 - Pianta demolizioni opera esistente

7.1 Descrizione delle fasi

Per la realizzazione di tale intervento sono state previste sei fasi lavorative.

Le si riportano di seguito.

Fase 1:

Il primo passo dell'intervento prevede la demolizione dell'opera esistente. Per farlo è necessario preparare ed adeguare il terreno circostante delimitante l'opera stessa.

La prima fase dell'intervento pertanto prevede la realizzazione di micropali e l'inserimento di travi per la ripartizione del carico

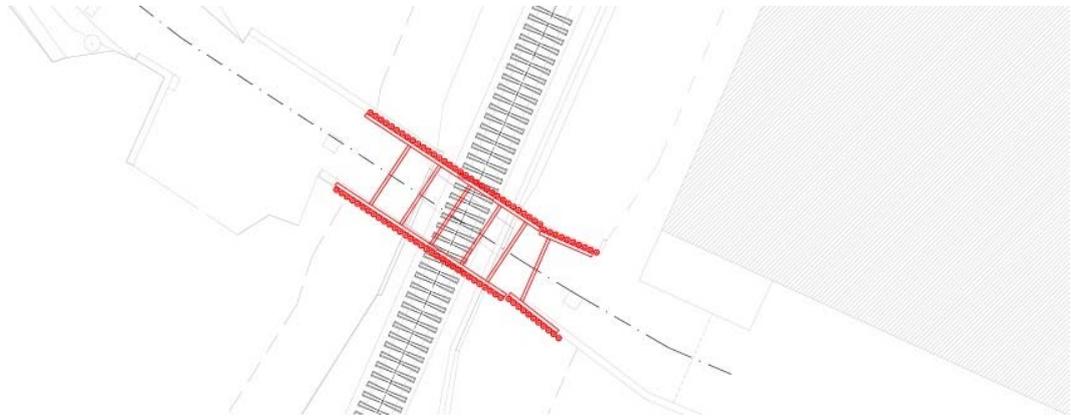


Figura 7.3 - Fase 1

Fase 2:

Una volta terminata la prima fase si prevede alla realizzazione di un sistema di sostegno provvisorio (ad esempio ponte tipo Essen), ovvero un'opera necessaria a garantire tutti quei lavori sottobinario ove è necessario mantenere l'esercizio ferroviario o comunque ridurre al minimo le soggezioni all'esercizio stesso come nel caso in esame. Inoltre tale fase prevede la realizzazione di un prescavo lato est.

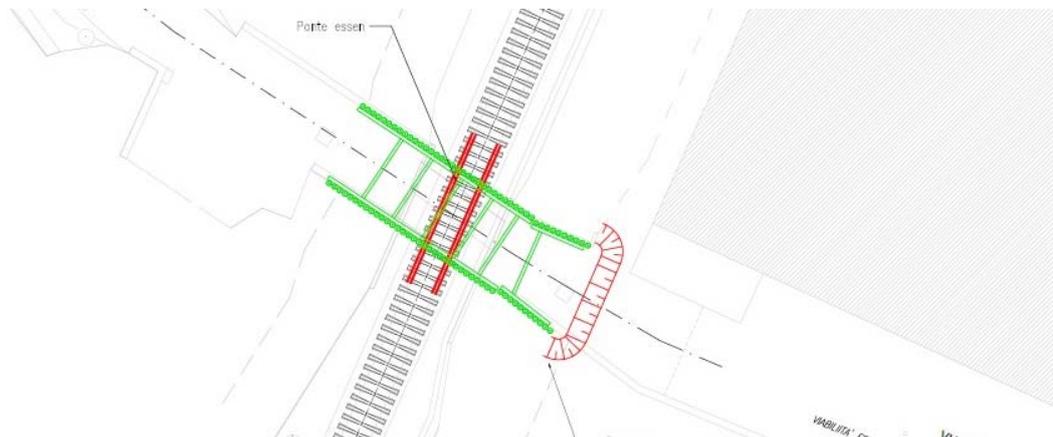


Figura 7.4 - Fase 2

Fase 3:

Installato il sistema di sostegno provvisorio, e quindi garantito l'esercizio della linea, è possibile procedere con i lavori di demolizione sottobinario.

La terza fase, infatti, prevede la demolizione dell'opera esistente e dei muri interferenti con la nuova opera sottobinario da realizzare. In giallo le demolizioni.

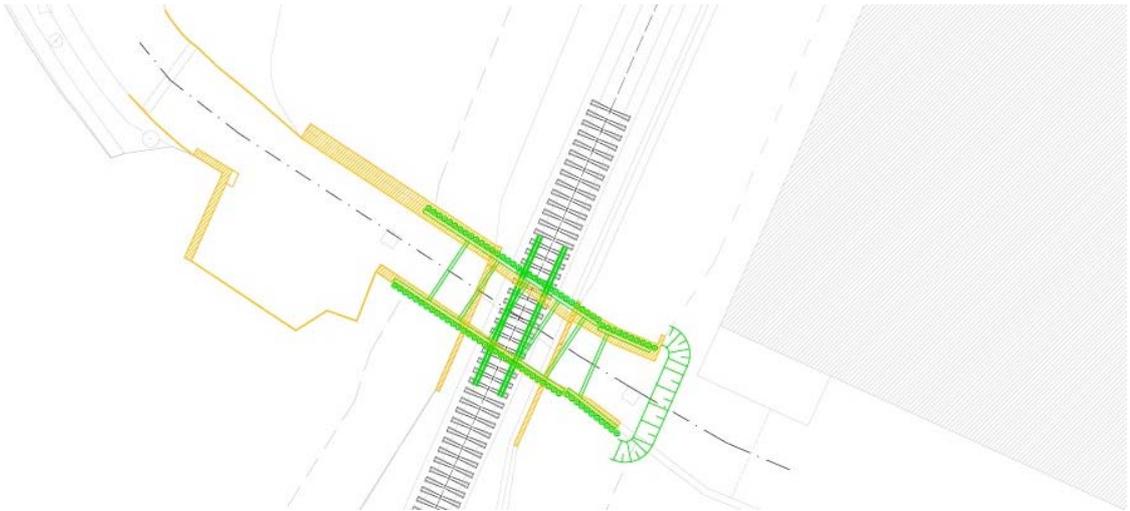


Figura 7.5 - Fase 3

Fase 4:

Completata la demolizione si procede con la preparazione del sito per la realizzazione della nuova opera sottobinario, perpendicolare alla linea per la quale si prevede uno scavo con scarpate a 2/3, le realizzazioni di micropali lato est e del cordolo di paratia.

In rosso le lavorazioni afferenti alla fase in esame.

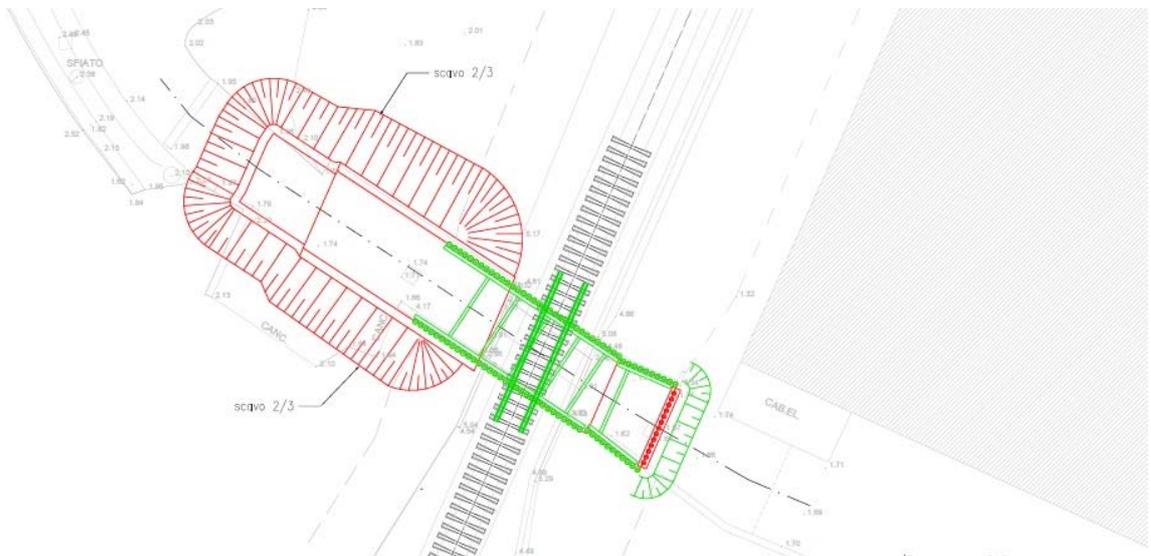


Figura 7.6 - Fase 4

	PROGETTO DEFINITIVO SOTTOVIA SL02 – VIA LEOPARDI					
	RELAZIONE TECNICA DESCRITTIVA	PROGETTO IV0H	LOTTO 02	CODIFICA D 26 RH	DOCUMENTO SL0200 001	REV. A

Fase 5:

La quinta fase prevede la realizzazione del nuovo scatolare.

La porzione che ricade sotto binario viene realizzata in opera: si prevede in primo luogo la realizzazione della soletta di fondazione e dei piedritti del nuovo manufatto, il puntonamento di questi ultimi e la maturazione del getto. Successivamente, si provvede alla rimozione dei puntoni in testa ai micropali e il completamento del nuovo manufatto con realizzazione della soletta superiore. Al termine della maturazione del getto verranno rimossi i puntoni dei piedritti del nuovo manufatto. Infine vengono realizzati la porzione di opera scatolare che ricade in corrispondenza dell'ampliamento della sede e i muri ad U di imbocco.

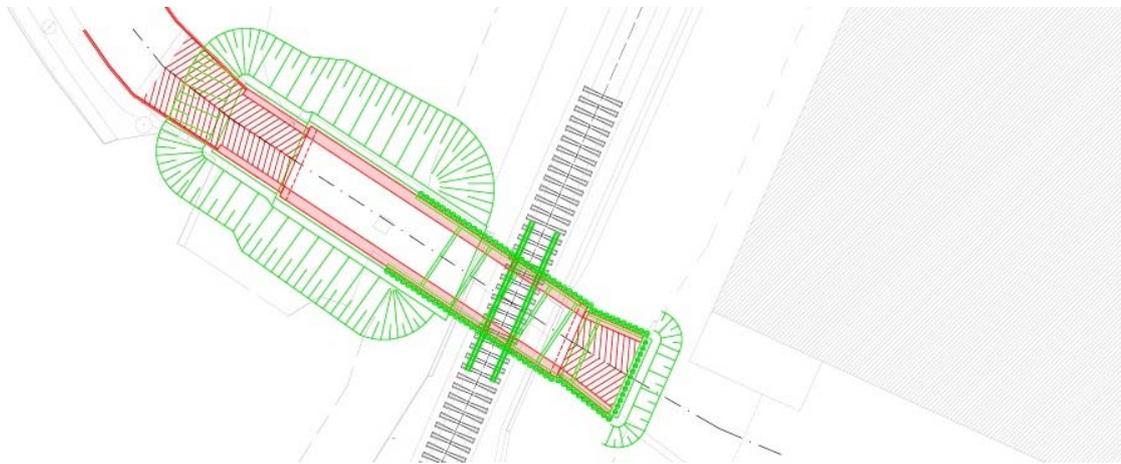


Figura 7.7 - Fase 5

Fase 6:

La sesta ed ultima fase prevede un allargamento della sede ferroviaria con un ripristino della stessa per garantire un regolare esercizio. In questa fase si prevedono le attività di rinterro, la realizzazione nuovo rilevato ferroviario e dei nuovi binari.



Figura 7.8 - Fase 6

7.2 Descrizione delle opere

7.2.1 Scatolare prefabbricato in c.a.

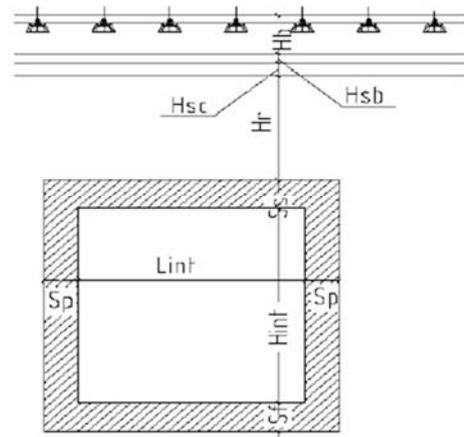
Nell'ambito degli interventi di adeguamento e di potenziamento dell'impianto in zona industriale di Vado Ligure è prevista la realizzazione di un nuovo sottopasso ciclopedonale.

L'opera consiste in uno scatolare in c.a. gettato in opera caratterizzato da una sezione trasversale retta con una luce interna L_{int} di 3,00 m ed un'altezza netta H_{int} di 3,00 m; lo spessore della platea di fondazione S_f è di 0,60 m, come lo spessore della soletta di copertura S_s e dei piedritti S_p .

Segue una tabella riepilogativa delle caratteristiche geometriche:

Caratteristiche geometriche strutturali

H_b	0,8 m	Spessore medio ballast e armamento
H_{tb}	0,35 m	Spessore traversina e rotaie
H_{sb}	0 m	Spessore del sub ballast
H_{sc}	0 m	Spessore dello spercompattato
H_r	0 m	Spessore del rinterro
L_{tot}	4,2 m	Larghezza totale del sottopasso
L_{int}	3 m	Larghezza utile del sottopasso
S_s	0,6 m	Spessore soletta superiore
S_p	0,6 m	Spessore piedritti
S_f	0,6 m	Spessore platea di fondazione
H_{ln}	3 m	Altezza libera del sottopasso
H_{tot}	4,2 m	Altezza totale del sottopasso
b	1 m	Larghezza striscia di carico



Di seguito si riporta una sezione trasversale e longitudinale dell'opera:

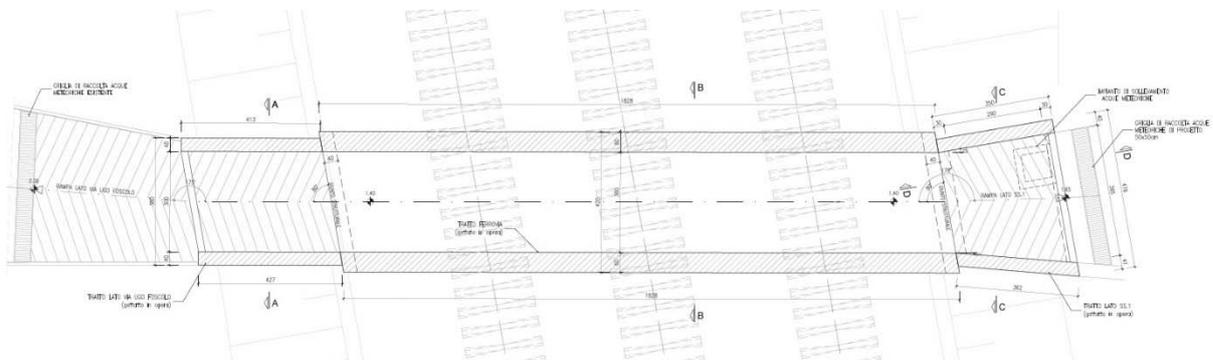


Figura 7.9 - Pianta sottopasso ciclopedonale

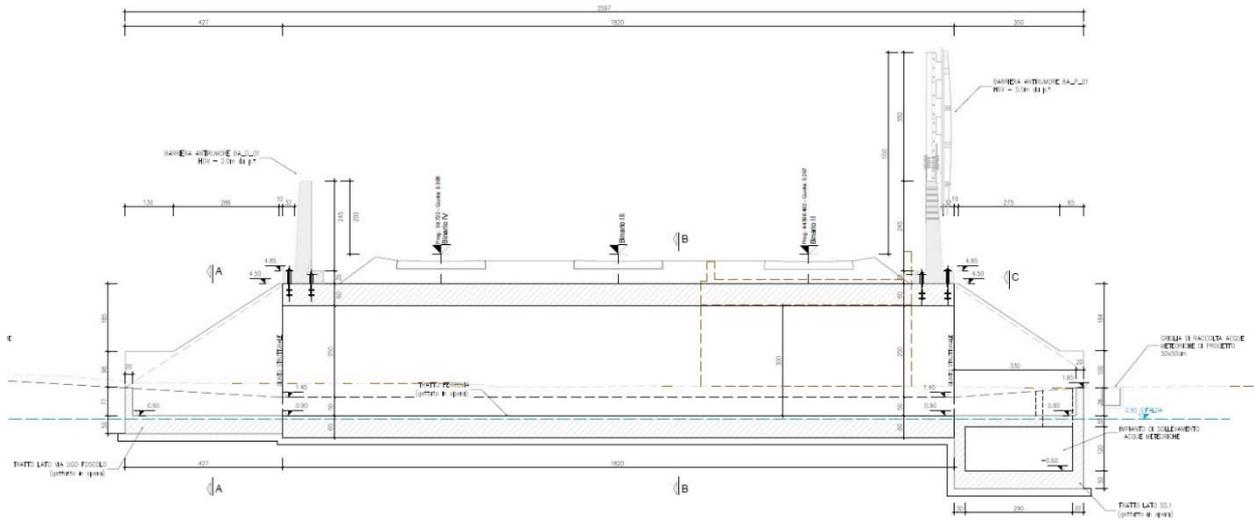


Figura 7.10 - Sezione longitudinale sottopasso ciclopedonale

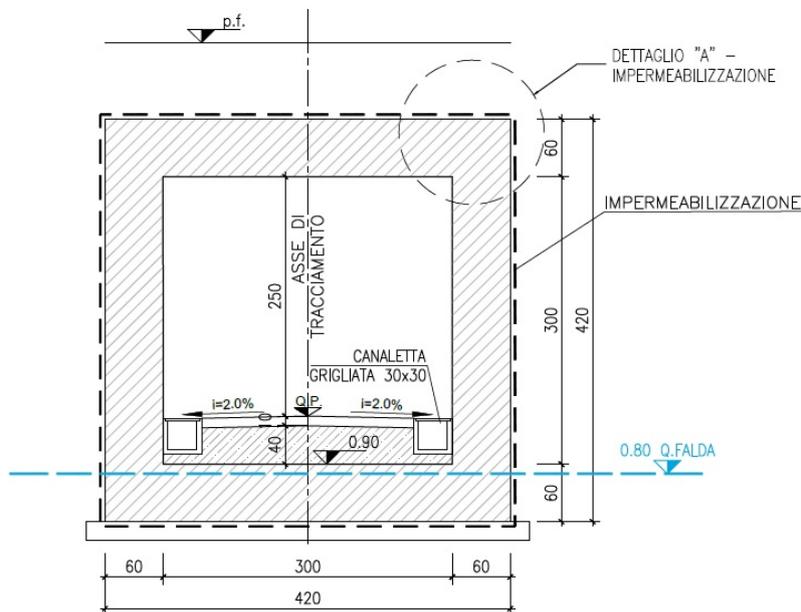


Figura 7.11 - Sezione trasversale sottopasso ciclopedonale

7.2.2 Muri a U

A monte e a valle dell'opera, come raffigurato nella pianta del sottopasso stesso, vengono realizzati dei muri ad U di altezza variabile da un minimo di 1,00 m ad un massimo di 2,84 m dal P.C. In corrispondenza della rampa lato SS.1, di sviluppo 3,50 m, è presente inoltre una griglia di raccolta delle

acque meteoriche ed un impianto di sollevamento con scarico in affossatura esistente. L'impianto di sollevamento si presenta ad una quota inferiore rispetto al piano di fondazione del sottopasso.

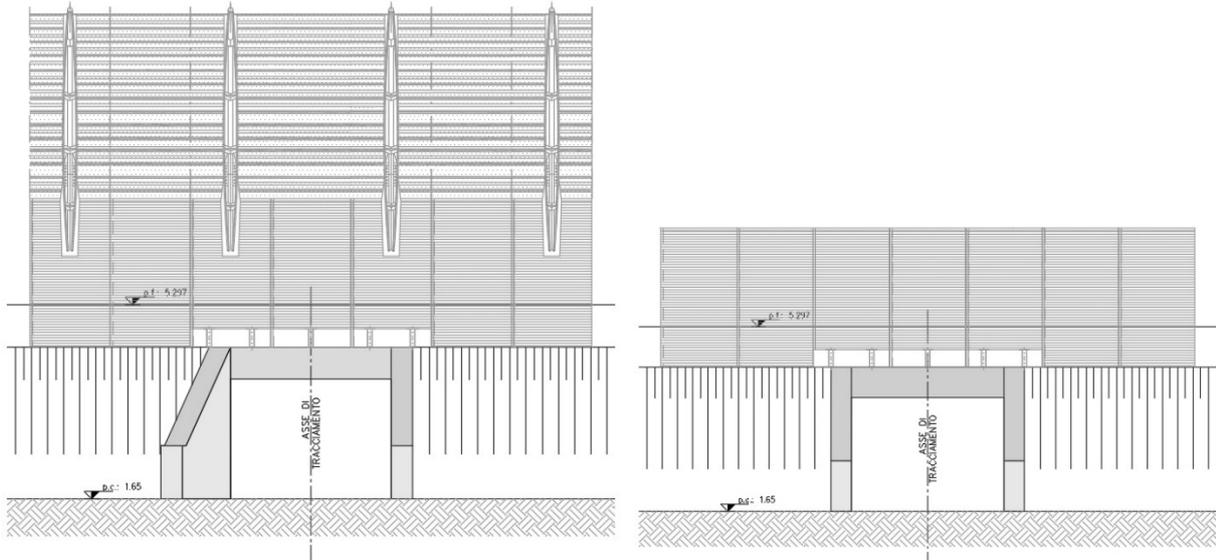


Figura 7.12 – Prospetti Est e Ovest

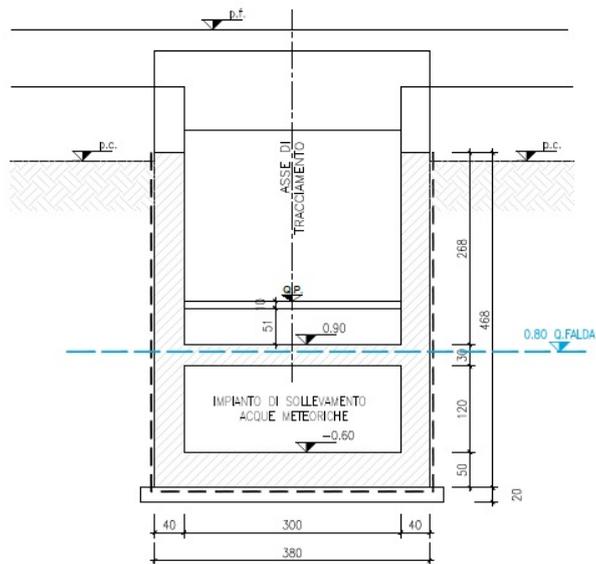


Figura 7.13 – Sezione trasversale muro a U lato SS.1

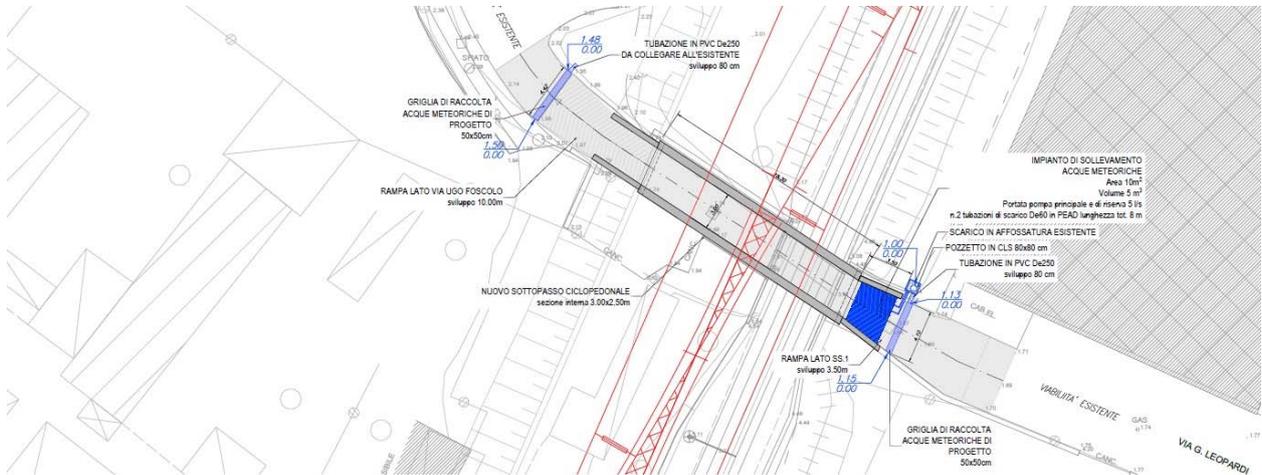


Figura 7.14 – Pianta smaltimento idraulico della piattaforma stradale

7.2.3 Opere provvisionali

Al fine di sostenere lo scavo necessario per realizzare il sottopasso ciclopedonale SL02 si prevede la realizzazione di un'opera di sostegno provvisoria costituita da micropali $\Phi 300$ di lunghezza pari a 12m posti ad interasse di 0.35m; all'interno del quale sarà inserita un'armatura tubolare del diametro di 219,1 mm con spessore di 10mm.

Durante le fasi di scavo, l'opera viene sostenuta da puntoni provvisori $\Phi 139,7$ con spessore di 10 mm ed interasse di 1 m.

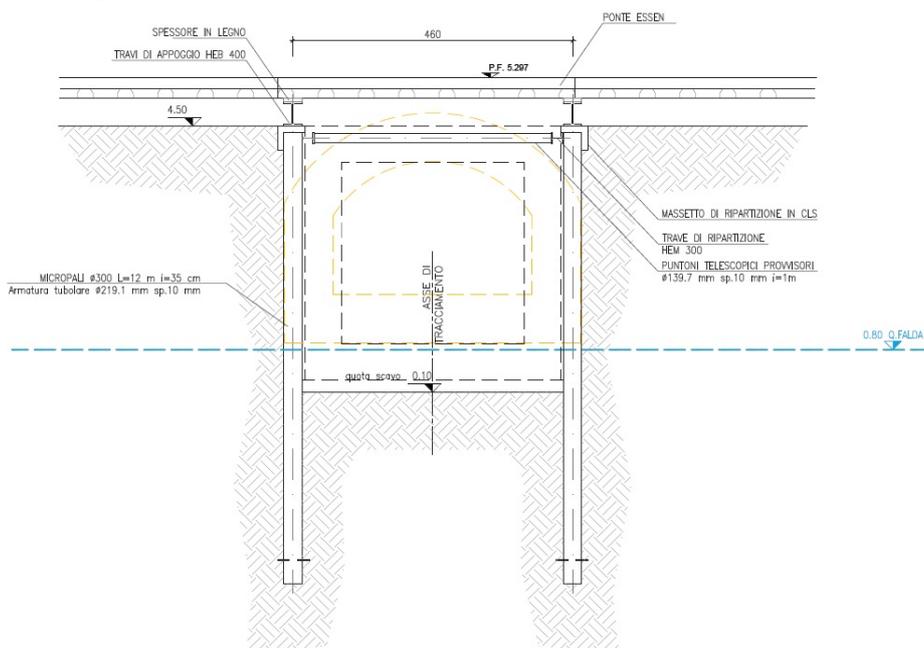


Figura 7.15 - Sezione trasversale opere provvisionali e sottopassi

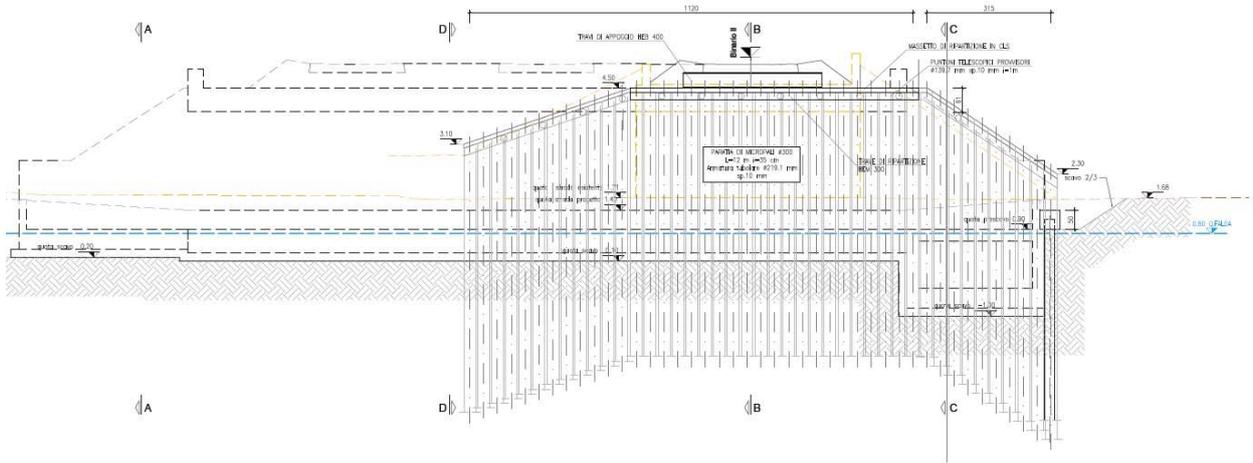


Figura 7.16 - Sezione longitudinale paratia

7.2.4 Ripristino viabilità

A seguito degli interventi, come anticipato nella descrizione delle fasi, una volta realizzata l'opera si prevede al ripristino dell'esercizio e della viabilità del nuovo sottopasso ciclopeditonale in Via Leopardi.

Si riporta di seguito la planimetria segnaletica di sottobinario.

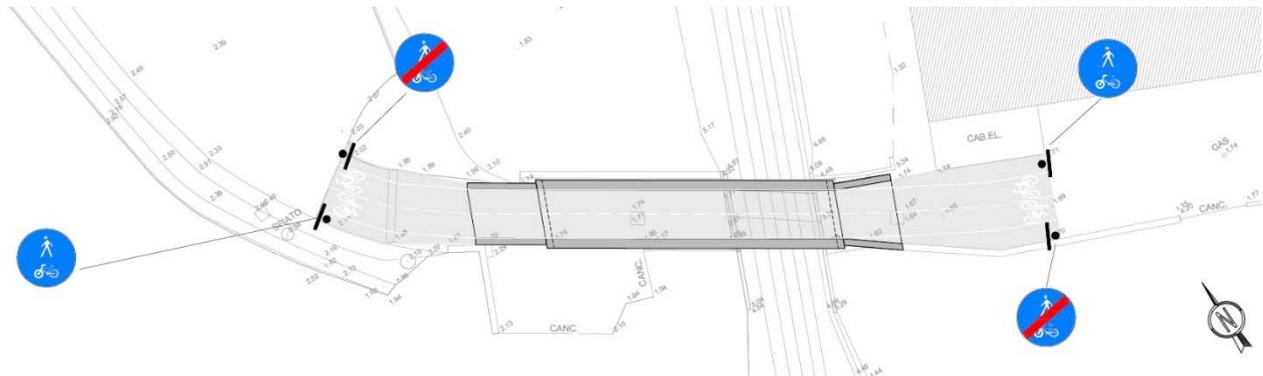


Figura 7.17 - Planimetria segnaletica