



CITTA' METROPOLITANA DI GENOVA
DIREZIONE TERRITORIO E MOBILITA'
Servizio Programmazione e Coordinamento Viabilità
Ufficio Lavori Pubblici

C.C. 31/17-PG

SP 226 della Vallescrivia

Lavori di ripristino della carreggiata e consolidamento del corpo stradale a seguito del cedimento delle opere di sostegno di valle dovuto al dissesto di versante al km 10+700 circa in Comune di Montoggio

PROGETTO ESECUTIVO

RELAZIONE GENERALE

REDATTO DA: Ing. Fabrizio Mansueto	PROGETTISTI: Ing. Fabrizio Mansueto	ALLEGATO	
		1	
ASSISTENZA ALLA PROGETTAZIONE (in caso di professionista esterno)	IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO: Ing. Francesca Villa	TAVOLA N°	
		SCALA	
		DATA	
CONTROLLATO	DATA	AGGIORNATO	DATA
APPROVATO	DATA	AGGIORNATO	DATA

FABRIZIO MANSUETO

Ingegneria Strutturale – Ingegneria Geotecnica – Ingegneria Ambientale – Sicurezza

Committente:

Città Metropolitana di Genova

Direzione Territorio e Mobilità

Servizio Progettazione e Coordinamento Viabilità

Ufficio Lavori Pubblici

Largo F. Cattanei 3

Genova

Intervento:

**PROGETTO ESECUTIVO RELATIVO AGLI INTERVENTI
DI SISTEMAZIONE IDROGEOLOGICA DEL VERSANTE
E DEL PROGETTO DEFINITIVO DELLA PORZIONE DI
INTERVENTI DI COMPETENZA DELLA CITTÀ
METROPOLITANA DI GENOVA SULLA S.P. N. 226
DELLA VALLE SCRIVIA AL KM 10+700 IN COMUNE DI
MONTOGGIO**

Ubicazione:

COMUNE DI MONTOGGIO (GE)

Oggetto della Relazione:

Relazione Generale



Genova, 20 settembre 2021

Prot.: 20359-R01/FM

Indice

1.	Premessa	3
2.	Descrizione dello stato attuale	3
3.	Criteri utilizzati per le scelte progettuali e strategia di progetto	6
3.1.	Esigenze fondamentali	6
3.2.	Esito delle back-analysis	7
3.3.	Attuazione della strategia di progetto	7
4.	Descrizione dello stato di progetto	8
5.	Caratteristiche prestazionali e descrittive dei materiali prescelti	9
5.1.	Malta cementizia per micropali	9
5.2.	Calcestruzzo	9
5.3.	Acciaio da cemento armato	9
5.4.	Acciaio per reti	10
5.5.	Acciaio da carpenteria metallica	10
5.6.	Acciaio per i tubi dei micropali	11
6.	Elementi specialistici	12
6.1.	Topografia	12
6.2.	Geologia ed Idrogeologia	12
6.2.1.	Inquadramento geologico	12
6.2.1.1.	La Formazione delle Argilliti di Montoggio	12
6.2.1.2.	La Formazione dei Calcari di Monte Antola	13
6.2.1.3.	La Formazione dei Conglomerati di Savignone	14
6.2.2.	Lineamenti tettonici	14
6.2.3.	Lineamenti geomorfologici	15
6.2.3.1.	Alluvioni fluviali	15
6.2.3.2.	Coltri detritico-colluviali	15
6.2.4.	Inquadramento idrogeologico	16
6.2.4.1.	Permeabilità	16
6.3.	Accertamenti geognostici eseguiti	17
6.4.	Assetto geologico locale	18
6.5.	Geotecnica	20
6.6.	Strutture	21
6.7.	Piattaforma stradale	22
6.8.	Barriere	22
6.9.	Segnaletica orizzontale e verticale	23
7.	Cantierizzazione	24
8.	Sicurezza	24
9.	Stima dei lavori e quadro economico	25

1. Premessa

La presente relazione descrive il progetto esecutivo degli interventi confortativi necessari per la stabilizzazione della porzione di S.P. 226, a partire dalla progressiva km 10+700 e per uno sviluppo di circa 120 m, attualmente interessata ad un cinematismo rototraslazionale del muro di sottoscarpa.

2. Descrizione dello stato attuale

La porzione di S.P. 226 interessata dal cinematismo, ed oggetto degli interventi descritti, è ubicata al km 10+700 poco prima dell'abitato di Montoggio (GE).

La strada, nel punto di interesse, scorre in piano realizzando un percorso curva-rettilineo-curva procedendo in direzione Montoggio ed è sostenuta da un muro in calcestruzzo armato coadiuvato da un ordine di tiranti attivi a trefoli realizzato circa 15-20 anni fa.

Lo stato deformativo riscontrato consiste in una rototraslazione dell'opera di sostegno molto probabilmente connessa al detensionamento di molti tiranti attivi riscontrato dalla perdita di efficacia del sistema boccola-morsetti.

Le seguenti figure mostrano l'ubicazione planimetrica della porzione in oggetto, il quadro fessurativo riscontrato sulla via immediatamente a tergo del muro di sottoscarpa e lo stato rappresentativo delle testate di ancoraggio dei tiranti dal quale si riesce a capire la perdita di efficacia delle boccole.



Figura 1: Ubicazione satellitare dell'area in oggetto.

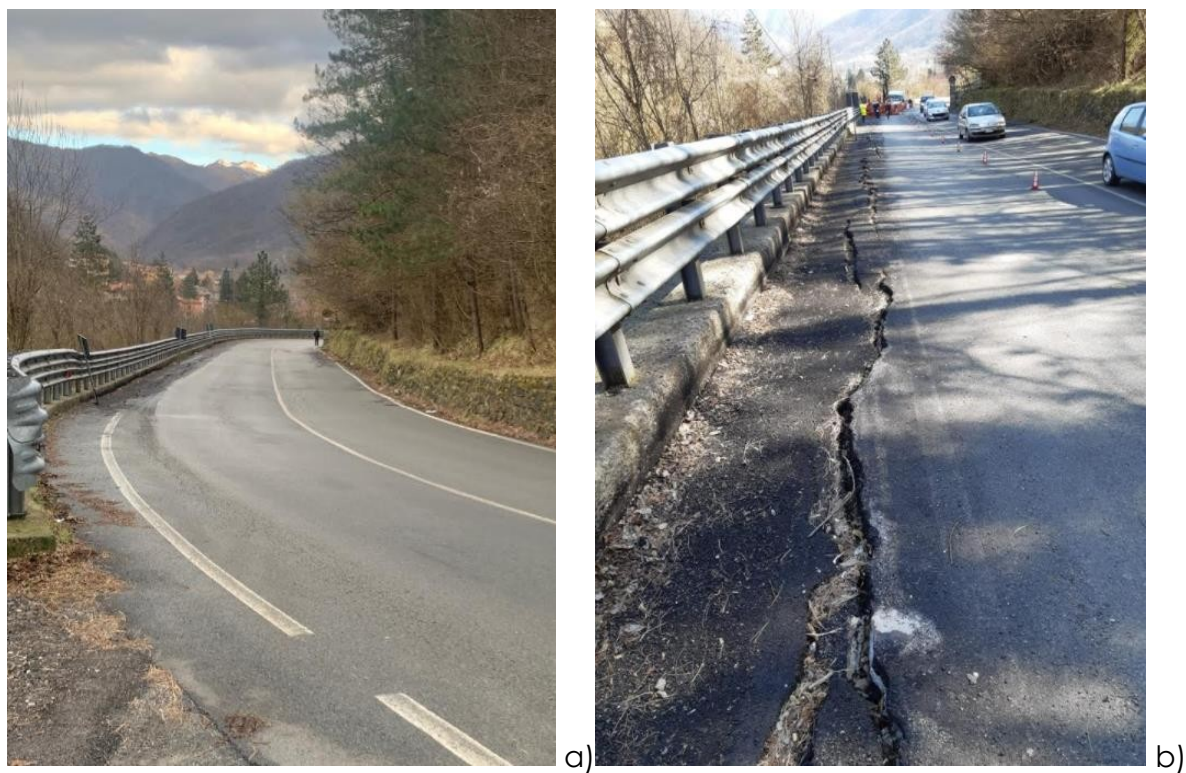


Figura 2: Tratto di SP interessato (a), particolare del ciglio di trazione (b).



Figura 3: Esempio di tirante detensionato.

Procedendo verso valle, in direzione dell'alveo del torrente, si è riscontrato un livello di ammaloramento molto elevato anche con riferimento alle opere spondali, anch'essi coadiuvati da tiranti attivi, che sfocia in una vistosa rotazione dell'opera.



Figura 4: Stato deformativo riscontrato sull'opera spondale.

3. Criteri utilizzati per le scelte progettuali e strategia di progetto

3.1. Esigenze fondamentali

I criteri adottati per le scelte progettuali si basano sullo scopo del progetto di seguito illustrato.

Realizzare un intervento di stabilizzazione definitiva della porzione di SP coinvolta dal cinematismo, pur mantenendo una performance positiva (in termini di Grado di Sicurezza) sulla stabilità del versante nel suo complesso in quanto, come osservato, il cinematismo coinvolge, ovvero può coinvolgere, l'intero versante realizzando interventi il più possibile indipendenti gli uni dagli altri.

In virtù delle esigenze precedentemente esposte (stabilizzazione della porzione di SP, stabilizzazione del versante ed indipendenza degli interventi nel rispetto del mantenimento delle performance di stabilità), si è adottata la seguente strategia di progetto:

1. Analisi di dettaglio del sito e del contesto, mediante sopralluoghi;
2. Messa a punto di una campagna di indagine geognostica di dettaglio, finalizzata alla comprensione del Modello Geologico e del Modello Geotecnico del Sottosuolo più aderente ai luoghi osservati;
3. Impostazione di back analysis finalizzate all'individuazione della più probabile superficie di scorrimento;
4. Progetto degli interventi di stabilizzazione della SP con il seguente approccio:
 - a. Sia inserito nel quadro complessivo degli interventi di stabilizzazione finale del pendio;
 - b. Consenta, se attuato per primo, di mantenere le performance sul Grado di Sicurezza anche disgiuntamente all'esecuzione degli altri interventi;
 - c. Permetta il mantenimento dei Gradi di Sicurezza anche nel caso di aggravio del cinematismo al piede, a seguito della mancata/ritardata attuazione degli altri interventi.

3.2. *Esito delle back-analysis*

Con riferimento alla sezione mediana della SP, è stata impostata una serie di back analysis tese a capire nel dettaglio il fenomeno occorso alla SP e a riconoscere l'attuale superficie di scorrimento generale ed il ruolo dei due muri esistenti i cui tiranti, ormai, sono detensionati (ovvero quasi completamente detensionati).

Si è osservato che la stabilità generale è controllata da entrambi i muri ma il muro di monte, ossia quello di sottoscarpa alla SP controlla la stabilità del tratto della SP coinvolto nel cinematismo.

Il muro di valle controlla invece la stabilità dell'intero pendio, nei confronti di meccanismi di scorrimento superficiali.

I due muri esistenti, quindi, non interagiscono fra di loro sulla stabilità generale del pendio.

Tuttavia, lo stato di degrado dei tiranti, specie per il muro di sottoscarpa, ha generato un fenomeno di rottura progressiva e retrograda che coinvolge la SP e potrebbe arrivare a coinvolgere le opere poste a monte della SP stessa, limitatamente ai manufatti di controripa.

Il raggiungimento delle condizioni di equilibrio limite sull'intero pendio si ottiene dapprima per perdita di funzionalità completa sul muro di sottoscarpa e poi per perdita di funzionalità completa sul muro spondale che è quello che genera una rottura generalizzata ed induce scivolamento al piede per il muro di sottoscarpa il quale subisce traslazioni per perdita di efficacia dei suoi tiranti e genera rotazioni del volume a tergo.

Il meccanismo, complesso, è quindi divisibile in due sub-meccanismi:

1. Meccanismo di monte, che coinvolge la SP e le opere di controripa a monte della SP stessa
2. Meccanismo di valle, che coinvolge il piede ed il muro di sottoscarpa.

3.3. *Attuazione della strategia di progetto*

Posto che le opere definitive dovranno reagire ad entrambi i meccanismi (monte e valle) la strategia progettuale è stata attuata con le seguenti modalità:

1. Risoluzione del meccanismo di monte per la restituzione del Grado di Sicurezza alla SP tramite la realizzazione di una berlinese di micropali verticali coadiuvata da barre passive, soggette a pretiro, di tipo Diwidag o similari (autoperforanti).

Questa scelta è giustificata dalla necessità di realizzare un'opera indipendente (in termini di mantenimento del Grado di Sicurezza sulla sola SP) minimizzando nel contempo la manutenzione e riducendo gli impatti di comportamento dell'opera di valle (nel caso in cui la sua realizzazione

fosse eseguita in tempi differenti rispetto all'opera di monte) solo in termini di campo di spostamento e non di riduzione del Grado di Sicurezza.

2. Risoluzione del meccanismo di valle per il ripristino del Grado di Sicurezza complessivo del pendio, mediante la realizzazione di un nuovo muro spondale realizzato mediante gabbionate.

Per ultimo l'attuazione della strategia porta all'inserimento di una regimentazione finale delle acque di scorrimento superficiale e ad interventi di ingegneria naturalistica (palizzate), necessarie per la corretta riprofilatura del pendio e della corretta regimentazione delle acque di scorrimento.

4. Descrizione dello stato di progetto

Il progetto di stabilizzazione della S.P. 226, nel tratto di 100 m dal km 10+700, prevede il ricorso ad un'opera confortativa costituita da una cortina di 174 micropali verticali di lunghezza pari a 20 m, coadiuvati da 40 tiranti passivi tipo Dywidag, di lunghezza pari a 15 m, tesati ad una forza di 600 kN e con la testa protetta da appositi cappucci di protezione.

I tiranti agiranno su una controparete in calcestruzzo armato opportunamente spinottata al muro di sottoscampa tramite inghisaggi di barre da calcestruzzo armato.

Al piede del muro di sottoscampa trova alloggiamento una berlinese di micropali verticali vincolati ad uno zatterone adeguatamente spinottato al muro esistente, tramite inghisaggi di barre da calcestruzzo armato.

Scopo dei micropali e dei tiranti è quello di conferire adeguata rigidità a taglio al terreno, nella porzione di ghiaie, adeguata resistenza alla traslazione orizzontale dell'opera (che si è riconosciuto come meccanismo principale del cinematismo occorso) e ripristinare i Gradi di Sicurezza dell'opera di sostegno.

La scelta di intervenire al piede dell'opera è dettata dalla necessità di cercare di mantenere il più possibile equilibrate le condizioni di stabilità del muro di sottoscampa (che attualmente è metastabile) evitando, nel contempo, ogni interazione negativa con i tiranti a trefoli che sono installati su di esso.

Infatti, operando dall'alto, e quindi sulla strada, si creerebbero potenziali situazioni di interferenza tra la perforazione dei micropali e l'asse dei tiranti esistenti legate soprattutto alle tolleranze di verticalità della perforazione dei micropali ed alle tolleranze di linearità sull'esecuzione dei tiranti (che non sono note).

Operando al piede, invece, si evitano tutte le interferenze precedentemente evidenziate perché i micropali saranno realizzati al piede dell'opera esistente ed i nuovi tiranti – non più a trefolo ma passivi – saranno tracciati sulla mezzera dei tiranti a trefolo proprio per annullare ogni possibile interferenza.

Inoltre, l'esecuzione dei micropali prevede la realizzazione di un rilevato di lavoro che ha non solo valenza nel transitorio (in quanto stabilizza il piede del

movimento) ma da una valenza anche in via definitiva perché la riprofilatura di versante concorre al grado di sicurezza.

Quest'opera potrà essere realizzata in due fasi distinte: una, il rilevato, a breve termine, per consentire la realizzazione dei micropali mentre la gabbionata ed il sistema di drenaggio, a medio termine, per la sistemazione del versante.

Completano l'opera una serie di interventi di ingegneria naturalistica individuati in palizzate lungo il pendio e gabbionate per le sistemazioni di sponda.

5. Caratteristiche prestazionali e descrittive dei materiali prescelti

5.1. Malta cementizia per micropali

La malta cementizia per l'iniezione dei micropali sarà conforme ai seguenti requisiti

- Resistenza caratteristica $R_{ck} \geq 30.0 \text{ N/mm}^2$ con 600 kg/m^3 di cemento tipo CEM III-V;
- Rapporto A/C Max 0.45;
- fluidità al cono Marsh $< 30''$ (ugello da 8 mm).

5.2. Calcestruzzo

Il calcestruzzo per le opere strutturali di fondazione e di elevazione sarà conforme ai requisiti della UNI EN 206-1:2006.

Il calcestruzzo da utilizzare sarà prodotto in stabilimento e fornito in opera in modo che ne sia certificabile la classe, che si prescrive nelle seguenti forme:

- C30/37.

L'opera di sostegno è stata dimensionata in funzione delle condizioni di aggressività dell'ambiente e della sensibilità delle armature alla corrosione, considerando la seguente classe di esposizione ambientale:

- XC2 "Superfici di calcestruzzo a contatto con acqua per lungo tempo. Molte fondazioni".

Il copriferro minimo da adottare sarà pari a 50 mm in accordo con quanto indicato nella tabella C4.1.IV della Circolare al D.M. 17 gennaio 2018.

5.3. Acciaio da cemento armato

Le barre d'armatura, per ferri longitudinali e staffe, saranno del tipo B450C.

È ammesso esclusivamente l'impiego di acciai saldabili, qualificati secondo le procedure di legge e controllati con le modalità riportate al punto 11.3.2.11 del D.M. 17 gennaio 2018.

Le barre dovranno presentare i diametri di progetto; i diametri delle barre da porre in opera saranno identificati per mezzo del diametro della barra tonda liscia equipesante, calcolato nell'ipotesi che la densità dell'acciaio sia pari a 78.50 kN/m³.

Le tolleranze dimensionali ammesse saranno conformi a quanto indicato in tabella 11.3.III del D.M. 17 gennaio 2018.

L'acciaio per cemento armato sarà caratterizzato dai seguenti valori nominali delle tensioni caratteristiche di snervamento e rottura utilizzati nei calcoli:

- tensione caratteristica di snervamento $f_{yk} > f_{ynom} > 450 \text{ N/mm}^2$;
- tensione caratteristica di rottura $f_{tk} > f_{tnom} > 540 \text{ N/mm}^2$.

5.4. Acciaio per reti

Le reti saranno costituite con acciaio B450C, con diametri (6 mm e 8 mm) costanti nei due sensi e maglie di larghezza costante; il tutto secondo le previsioni del progetto.

La produzione delle reti sarà effettuata a partire da materiale di base prodotto nello stesso stabilimento di produzione del prodotto finito o da materiale di base proveniente da altro stabilimento.

In quest'ultimo caso, gli elementi base prodotti in altro stabilimento, saranno costituiti da acciai provvisti di specifica qualificazione o da elementi semilavorati delle medesime caratteristiche meccaniche finali richieste.

In ogni caso il prodotto finito sarà qualificato secondo le procedure di cui al punto 11.3.2.11 del D.M. 17 gennaio 2018.

I nodi delle reti resisteranno ad una forza di distacco determinata in accordo con la norma UNI EN ISO 15630-2:2004, pari al 25% della forza di snervamento della barra, da computarsi sulla tensione di snervamento pari a 450 N/mm².

Ogni pannello sarà dotato di apposita marchiatura che identifichi il produttore della rete o altra forma prevista dalle Norme.

5.5. Acciaio da carpenteria metallica

Gli elementi in acciaio strutturale per le opere in carpenteria metallica costituenti le testate di ancoraggio saranno in acciaio S355JR, conformi alle norme armonizzate della serie UNI EN 10025, recanti la Marcatura CE, cui si applica il sistema di attestazione della conformità 2+, e per i quali si rimanda a quanto specificato al punto A del punto 11.1 del D.M. 17 gennaio 2018.

Per i prodotti per cui non sia applicabile la marcatura CE, si rimanda a quanto specificato al punto B del punto 11.1 con la procedura di cui al punto 11.3.4.11 del Decreto.

La protezione contro la corrosione sarà garantita mediante zincatura a caldo e rivestimento ottenuto conforme alla norma UNI EN ISO 1461 con spessori minimi di 55 microns e medi di 70 microns.

Saranno particolarmente protetti i dispositivi di testata, in modo da impedire qualsiasi infiltrazione all'interno del collegamento.

5.6. *Acciaio per i tubi dei micropali*

Per i tubi dei micropali si adotta un acciaio laminato del tipo S355JR.

In accordo alle indicazioni di Normativa esso presenta le seguenti caratteristiche e limitazioni tensionali:

- Peso proprio 78.50 kN/m^3
- Modulo elastico longitudinale 210.000 N/mm^2
- Coefficiente di espansione termica lineare $\alpha = 12 \times 10^{-6} \text{ C}^{-1}$
- Tensione di snervamento a trazione e compressione $f_y = 355 \text{ N/mm}^2$
- Tensione di rottura a trazione $f_t = 510 \text{ N/mm}^2$

6. Elementi specialistici

6.1. Topografia

È stato eseguito un rilievo topografico di dettaglio dell'intera area a monte ed a valle della S.P. 226, fino al limite del torrente di seguito rappresentato.

6.2. Geologia ed Idrogeologia

6.2.1. Inquadramento geologico

A vasta scala, il territorio in cui è inserito l'asse viario in questione è costituito da tre tipi di formazioni litologiche, riconducibili, secondo la cartografia ufficiale;

- Argilliti di Montoggio;
- Calcari del Monte Antola;
- Conglomerati di Savignone.

Le formazioni sono distribuite arealmente in modo disomogeneo, in quanto è la Formazione dei Calcari ad essere rappresentata per la quasi totalità del territorio e costituisce il substrato precenozoico su cui si è imposta la trasgressione marina oligocenica che ha dato origine al complesso conglomeratico.

Le Argilliti affiorano in maniera discontinua ed in porzioni molto ridotte al nucleo di una complessa struttura a piega antiforme che si estende tra Salata di Mongiardino, Torre e si spinge fino a Crocefieschi, fuori dal territorio comunale.

Il contatto con i calcari del Monte Antola è quindi di origine tettonica, anche se le due unità sono in diretta successione cronologica

6.2.1.1. La Formazione delle Argilliti di Montoggio

Questa formazione è costituita da argilliti grigio-scuri, molto scagliose, con intercalazioni quarzoso-arenacee.

Nella parte superiore si trovano, talvolta, intercalazioni di argilliti policrome (rosse e verdi) che rappresentano l'orizzonte più caratteristico della Formazione.

Gli affioramenti sono molto ridotti, poiché, a causa della propria composizione mineralogica e petrografica, la formazione è quasi sempre coperta da coltri detritico-colluviali di diverso spessore.

Tuttavia, anche da valutazioni geomorfologiche, alcuni Autori hanno ipotizzato la presenza di lenti argillitiche relativamente estese a monte dell'abitato di Case Fabio e presumibilmente anche ai margini dell'abitato di Salata e di Vobbia, nonostante l'assenza di un qualsiasi affioramento che ne possa avvalorare la veridicità.

6.2.1.2. La Formazione dei Calcari di Monte Antola

Formazione che presenta caratteri marcati di natura flyschoidale e che, pertanto, risulta costituita da sequenze di vari litotipi, correlati alla sedimentazione gradata delle correnti turbiditiche.

Alla base delle sequenze si osservano, quindi, arenarie calcaree, in banchi di spessore medio di circa 1 metro, anche se localmente possono raggiungere anche i 2.5 – 3 metri.

Sono molto tenaci, compatte, a frattura concoide e, se non alterate, presentano colore grigio scuro

La parte medio-superiore è rappresentata da marne calcaree e calcari marnosi grigio-chiari o biancastri in superficie, in strati e banchi di spessore molto vario, dai 3 ai 20 cm.

Presentano frattura scheggiata e concoide e costituiscono il litotipo prevalente.

Si osservano, altresì, con frequenza alternanze sia di argilliti marnoso-siltose grigio-scuri ad accentuata scistosità e degradate in sottili lamelle scagliose (rappresentanti le zone di giunzione tra i banchi calcarei), sia arenarie fini, rosso brunastre per fenomeni di alterazione superficiale, in straterelli di 3-5 cm, generalmente alla base dei banchi.

I Calcari del Monte Antola rappresentano, come già detto, la facies di maggiore estensione del contesto esaminato.

Affiorano e subaffiorano su quasi tutto il territorio e sono ricoperti da una debole-media coltre eluviale su tutta l'area: assumono giaciture alquanto varie, sia in zone ristrette che in aree in grande scala.

Come già anticipato, la parte calcarea-calcarenitica della Formazione è caratterizzata da una buona compattezza.

Gli strati calcarei presentano ripiegamenti dovuti a reazioni diverse alle sollecitazioni tettoniche.

Si avranno in questo modo comportamenti di tipo plastico, accompagnati da brecciazioni e ridotte fratturazioni e comportamenti di tipo rigido, evidenziati da fratturazioni prevalentemente ortogonali alla direzione di strato e da fenomeni di scivolamento delle parti più rigide su quelle più argillose e quindi più plastiche.

La parte marnoso-argillitica della Formazione è caratterizzata da una apparente compattezza, ma, sottoposta all'azione degli agenti atmosferici, si squama in listarelle ondulate, taglienti alla rottura, risulta, quindi, dotata di fittissima scistosità ed è divisibile in lastre sottilissime.

Anche questa parte di Formazione ha reagito in maniera plastica alle sollecitazioni tettoniche, mostrando una fitta ripiegatura degli strati ed una fortissima scagliettatura.

La componente argillosa, che è predominante in questa facies, rappresenta lo strato di scollamento e scivolamento per le sovrastanti bancate calcaree, che con il loro movimento causano fenomeni franosi di diversa scala.

6.2.1.3. La Formazione dei Conglomerati di Savignone

Questa formazione è presente con affioramenti molto estesi solamente nella parte occidentale del territorio in esame e, precisamente, sulla destra orografica del Torrente Vobbia, sulle pendici del M. Cravì e nella zona del Castello della Pietra.

E' costituita da conglomerati grossolani, poligenici, a prevalente colorazione nocciola e grigiastra; i ciottoli sono di dimensioni variabili, mediamente intorno ai 20 cm, a prevalente composizione calcareo-marnosa e arenaceo-calcareo.

La matrice è abbondante e di composizione analoga a quella della frazione litoide. Localmente è possibile riscontrare la presenza di sottili lenti siltoso-argillose e marne grigio-verdastre.

La formazione poggia in discordanza sul substrato preoligocenico e il contatto con i calcari marnosi è marcato da una netta variazione della morfologia dei versanti.

6.2.2. Lineamenti tettonici

Nell'area rilevata sono evidenti i risultati dell'azione di una tettonica piuttosto complessa, con una risposta geomeccanica diversa a seconda del differente grado di plasticità dei vari litotipi.

Il motivo tettonico di maggior rilevanza è costituito da una grande piega antiforale, che presenta asse a direzione circa NNESSW ed immersione verso nord, individuato dalle giaciture degli strati calcareo-marnosi e dall'affioramento discontinuo al nucleo delle Argilliti di Montoggio.

Altri fenomeni di ripiegamenti a diversa scala sono testimoniati dalla dispersione delle giaciture e dalla presenza di pieghe a piccola scala nei litotipi che presentano caratteristiche di maggiore plasticità.

Essenzialmente si possono definire due lineazioni (di tipo faglia diretta) che sono congruenti con le tipiche direzioni regionali; quasi costantemente si ritrova anche un sistema di fratturazione perpendicolare alla stratificazione, che delimita dei blocchi prismatici di dimensioni variabili in condizioni limite di equilibrio o in fase di avanzato dissesto.

Conseguentemente il reticolo idrografico risulta impostato secondo questa situazione ed in modo molto evidente si adegua ad essa.

I Conglomerati, come già detto in precedenza, sono disposti in discordanza angolare marcata rispetto al substrato già ripiegato, indicando una rapida trasgressione.

Sono caratterizzati da deboli immersioni della stratificazione mediamente verso sud-ovest.

Il comportamento complessivamente rigido della formazione è messo in risalto dalla intensa fratturazione e fessurazione della roccia, che determina in alcune zone grosse cavità di frattura.

6.2.3. Lineamenti geomorfologici

L'aspetto geomorfologico dell'area nel suo complesso è legato alle variazioni litologiche viste in precedenza.

In seguito a queste ultime infatti, si originano settori aventi diverso grado di compattezza e differenti caratteristiche meccaniche.

Profonda influenza morfologica ha la fascia dei Calcarei del Monte Antola i quali costituiscono rilievi che raggiungono altezze di 1000 m, separati l'uno dall'altro da vallecole incise da torrenti prevalentemente in erosione accelerata.

La valle principale ha un aspetto aperto, con pendii piuttosto ripidi, ma caratterizzati da morfologia discretamente dolce, senza picchi isolati mentre le valli secondarie presentano spesso una marcata asimmetria, dovuta alla disposizione a monoclinale degli strati.

6.2.3.1. Alluvioni fluviali

In questa classe sono state distinte, ove possibile, le alluvioni antiche e recenti terrazzate da quelle dell'alveo attuale.

Le alluvioni dell'alveo attuale sono presenti lungo le aste principali rappresentandone l'alveo attivo la cui profondità di incisione, addirittura, supera la larghezza dell'alveo, creando forre e meandri incassati.

Questo tipo di alluvioni è costituito generalmente da ciottoli grossolani ed eterometrici con abbondante matrice sabbiosa e frazione limosa molto variabile a seconda delle località.

Le alluvioni antiche e recenti si presentano generalmente costituite da materiale calcareo di dimensioni tra la sabbia ed il ciottolo e da una matrice sabbiosa limosa poco coerente.

6.2.3.2. Coltri detritico-colluviali

La natura delle coltri è prevalentemente di tipo eluviale, data la componente argillosa sia predominante.

Lo spessore esiguo è non determinante ai fini della evoluzione morfologica dei versanti.

6.2.4. Inquadramento idrogeologico

Il comportamento idrogeologico dei terreni presenti nell'area in esame è significativamente influenzato dai caratteri litologici e soprattutto strutturali strettamente locali.

6.2.4.1. Permeabilità

In linea generale si può definire il tipo e il grado di permeabilità per le varie formazioni affioranti.

In particolare:

- a) I Conglomerati di Savignone possiedono un grado elevato di permeabilità per fessurazione, variabile in funzione della densità delle discontinuità e della presenza di intercalazioni marnoso-argillose, che creano zone a minore permeabilità ad andamento planare.

Questa disomogeneità di permeabilità, oltre ad influire sul drenaggio delle acque, è responsabile dei numerosi fenomeni di dissesto già citati in precedenza.

- b) I Calcari del Monte Antola possiedono una media permeabilità per fratturazione, lasciandosi attraversare dall'acqua di percolazione.

Il grado è influenzato sia dalla frequenza delle fratture e delle discontinuità, sia dalla loro posizione reciproca e rispetto al pendio. L'eventuale presenza di intercalazioni a maggiore contenuto argilloso ne riduce automaticamente il grado.

- c) Le Argilliti, per la loro stessa natura mineralogica, presentano una permeabilità molto bassa; si possono definire da impermeabili a localmente permeabili per fratturazione.

A causa della limitatezza delle zone di affioramento, si potrebbero definire trascurabili, in realtà esse costituiscono un substrato praticamente impermeabile su cui poggiano i calcari

Il materasso alluvionale viene, invece, rappresentato come "permeabile per filtrazione", in relazione alla composizione sempre grossolana.

Le acque vanno poi ad alimentare le falde sotterranee che si trovano nelle vicinanze dei corsi d'acqua principali. Le coltri detritiche, comprese le aree interessate da dissesti attivi, quiescenti o stabilizzati, che, come visto in precedenza, possiedono una parte di frazione lapidea presentano una diversa permeabilità per porosità, a seconda della formazione da cui derivano e su cui poggiano.

In particolare:

- a) le coltri sui conglomerati presentano un grado di permeabilità da medio ad elevato;
- b) le coltri che interessano la più vasta zona dei calcari un grado medio;
- c) infine, le poche coltri che interessano le argilliti possiedono una permeabilità da scarsa a media, in relazione alla diversa percentuale di frazione argillosa.

La circolazione idrica superficiale e sotterranea è un elemento di primaria importanza per quanto riguarda l'innescò e l'evoluzione della maggior parte dei fenomeni di dissesto ed in particolar modo per i movimenti di massa nelle coltri detritiche.

L'acqua di impregnazione delle coltri, infatti, tende a permeare entro i manti detritici eluviali tanto più a lungo quanto più questi sono argillificati, sino a produrre una degenerazione dei clasti che li compongono, dando luogo a zone di fluidificazione e conseguente mobilizzazione lungo i pendii.

Le coltri che giacciono sugli strati calcareo-marnosi, avendo una frazione lapidea prevalente rispetto a quella argillosa, presentano una situazione diversa.

Queste coltri, infatti, possiedono buone caratteristiche filtranti, sempre per porosità, e si presentano, in alcuni casi, come accumuli stabilizzati.

6.3. *Accertamenti geognostici eseguiti*

Nel tratto interessato dal cinematismo è stata eseguita un'estesa campagna di indagine geognostica caratterizzata dalle seguenti prove in sito e di laboratorio.

- Tre sondaggi geognostici a carotaggio continuo e recupero integrale del materiale, di profondità comprese tra 30 m (per due sondaggi) e 40 m (per un sondaggio);
- Una prospezione georadar per la ricerca e verifica dei sottoservizi, necessari per il cesimento e la risoluzione delle interferenze;
- 19 prove SPT in foro di sondaggio, eseguite nelle coltri, con recupero di materiale dalla punta aperta laddove possibile;
- 16 prove di laboratorio terre (granulometrie, P200 e prove triassiali);
- 6 prove di laboratorio rocce (misura I_s);
- Prove di caratterizzazione ambientale;
- 10 misure dei microtrempi sismici mediante metodo HVSR;
- Una prova MASW in asse alla SP226.

La figura seguente mostra l'ubicazione in pianta delle indagini geognostiche e geofisiche eseguite.

In nero è rappresentata la quota di reperimento del substrato roccioso di base.

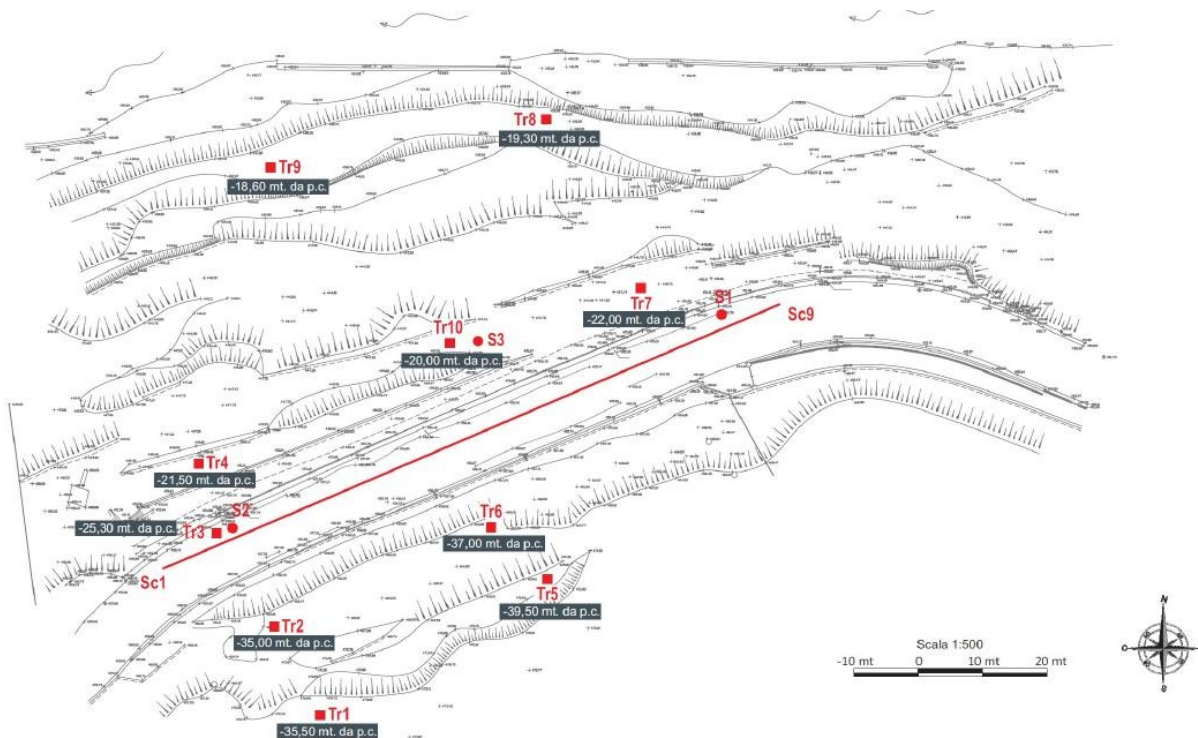


Figura 5: Ubicazione delle indagini geognostiche e geofisiche eseguite.

6.4. Assetto geologico locale

Le indagini eseguite hanno permesso la ricostruzione di dettaglio dell'assetto geologico locale; in particolare le prove geofisiche eseguite in prossimità dei sondaggi geotecnici hanno permesso una taratura precisa dei dati geofisici ed incrementare la risoluzione dei dati ottenuti.

In questa maniera è stato possibile ottenere una mappa precisa della posizione dell'estradosso del substrato roccioso che, in asse alla porzione di SP226 interessata si attesta da circa 25 m a circa 34 m al di sotto del piano viario.

La quota più elevata è stata reperita in corrispondenza del sondaggio S2 mentre la quota più profonda in corrispondenza del sondaggio S3.

Appare quindi un assetto dell'estradosso del substrato roccioso congruente con il contesto topografico rilevato, ossia caratterizzato da due componenti di pendenza la cui direzione combinata è N-S, verso il Torrente.

A livello locale è quindi stata riscontrata la seguente successione stratigrafica, partendo dall'alto verso il basso.

1. Materiale di riempimento stradale (R)

Esso è stato reperito solo nei sondaggi eseguiti sulla piattaforma stradale (S1 ed S2), ed è caratterizzato da una ghiaia eterometrica moderatamente addensata suddivisibile, per granulometria, in due sottogruppi:

- Superficiale (R1)

Di potenza compresa tra 1.85 m e 2.15 m, individuante il sottofondo stradale vero e proprio, costituito da ghiaia eterometrica moderatamente addensata.

- Profondo (R2)

Di potenza compresa tra 2.20 m e 6.60 m, individuante il riempimento del muro di sottoscarpa, costituito da ghiaia eterometrica moderatamente addensata, ciottolosa e debolmente limosa.

2. Coltre detritico-colluviale (CDc)

Essa è costituita da ghiaia eterometrica sabbioso limosa localmente ciottolosa, addensata, di colore marrone-beige.

La potenza dello strato varia tra 14 m (S3) e 23 m (S1).

3. Cappellaccio di alterazione del substrato roccioso (C)

Rappresenta la parte destrutturata del substrato roccioso argillitico di base.

La potenza media dello strato varia da 4.5 m (S3) e 5.5 m (S1) mentre non è stato chiaramente reperito nel sondaggio S2.

4. Substrato roccioso di base (AM)

Costituito dalla Formazione delle Argilliti di Montoggio è risultato fratturato, con discontinuità ravvicinate e superfici di discontinuità lisce aventi inclinazioni comprese tra 20° e 40°.

Le percentuali di recupero hanno mostrato una variabilità di RQD compresa tra 20% e 80%.

Il valore della resistenza a compressione monoassiale UCS risulta compreso tra 1 MPa e 85 MPa con media attestata intorno ai 20 MPa.

5. Posizione della falda

La falda è stata riscontrata a circa 20 m dal piano viario, all'interno della coltre, circa 2-4 m al di sopra del cappellaccio di alterazione.

Solamente il sondaggio S2 ha mostrato il reperimento della falda a quote inferiori, circa 29 m.

6.5. Geotecnica

Dal punto di vista geotecnico è stato possibile attribuire ai terreni caratterizzanti il Volume Significativo i seguenti parametri, arrivando a definire il Modello Geotecnico del Sottosuolo di riferimento per il lavoro.

1. Materiale di riempimento stradale superficiale (R1)

- Peso di volume: 19.50 kN/m³
- Angolo di taglio: 30°
- Coesione drenata: 0
- Modulo di Young: 30 MPa

2. Materiale di riempimento stradale profondo (R2)

- Peso di volume: 20.00 kN/m³
- Angolo di taglio: 28°
- Coesione drenata: 0
- Modulo di Young: 40 MPa

3. Coltre detritico-colluviale (CD)

- Peso di volume: 20.00 kN/m³
- Angolo di taglio: 28°
- Coesione drenata: 0
- Modulo di Young: 45 MPa

4. Cappellaccio di alterazione del substrato roccioso (C)

- Peso di volume: 24.00 kN/m³
- Angolo di taglio: 25°
- Coesione drenata: 10 kPa

- Modulo di Young: 56 MPa
5. Substrato roccioso di base (AM)
- Peso di volume: 26.00 kN/m³
 - Classe geomeccanica (Bieniawsky): III
 - Angolo di taglio: 25°
 - Coesione: 200 kPa
 - Modulo di Young: 5.6 GPa

6.6. Strutture

Le strutture previste dal progetto sono le seguenti:

- Cortina di micropali verticali di diametro di perforazione 200 mm, armati con tubolare di armatura di diametro 139.7 mm e spessore 10 mm, aventi lunghezza pari a 20 m ed interasse 75 cm.

I micropali saranno realizzati a partire dal piede del muro di sottoscarpa esistente, previa la realizzazione di un rilevato di lavoro necessario come pista di cantiere.

Il citato rilevato servirà anche in configurazione definitiva quale elemento di riprofilatura del versante per la sua stabilizzazione finale, in accordo con le esigenze di progetto.

- Barre autoperforanti di tipo diwidag

Saranno inserite delle barre autoperforanti Diwidag, lunghe 15 m e poste ad interasse pari a 3 m.

La loro testa sarà in posizione baricentrica rispetto ai tiranti attivi a trefoli installati sul muro di sottoscarpa esistente.

- Al fine di conferire idonea collaborazione ai micropali ed alle barre autoperforanti, il muro di sottoscarpa esistente sarà oggetto di un sistematico intervento di bocciardatura, pretrattamento con soluzione acquosa ed inghisaggio di barre opportunamente sagomate, preliminari al getto di una nuova parete in calcestruzzo armato di spessore compreso tra 45 cm (controparete in elevazione) e 100 cm (zatterone e testa pali).

La seguente figura mostra la configurazione tipologica oggetto del presente progetto.

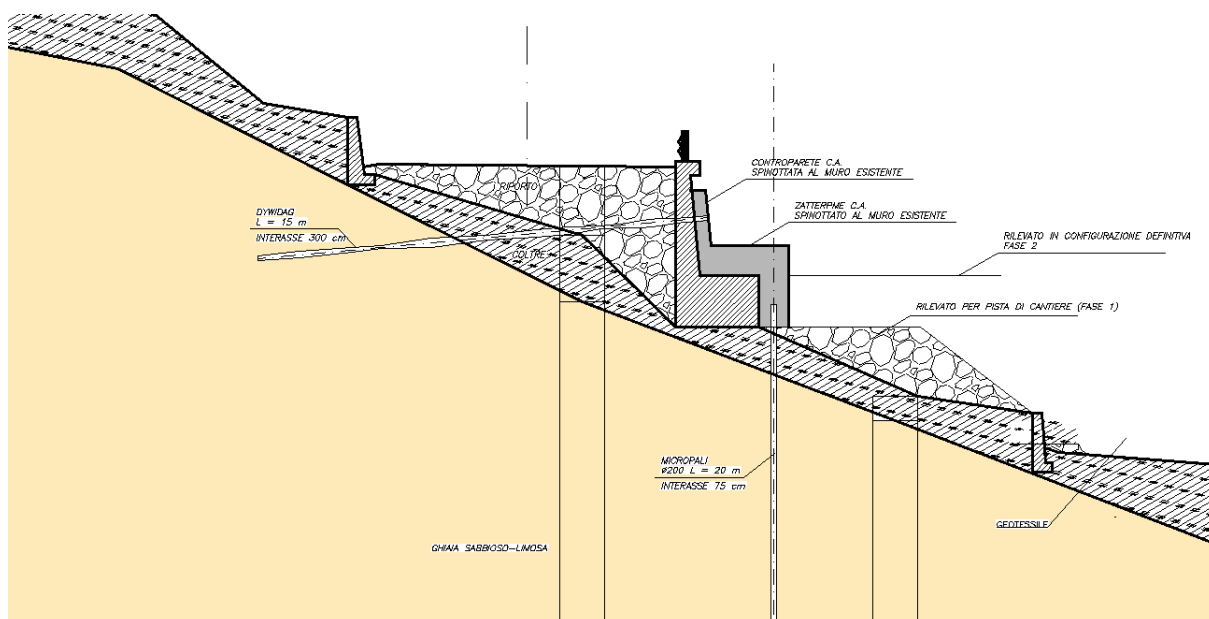


Figura 6: Sistemazione del versante a sostegno della SP226.

Come accennato l'intervento si inserisce in un contesto di sistemazione più ampio, caratterizzato da interventi di ingegneria naturalistica e regimentazione delle acque di ruscellamento superficiale, oggetto di uno specifico PFTE.

6.7. Piattaforma stradale

Il dimensionamento della sovrastruttura stradale previsto è stato fatto con riferimento alle indicazioni del Bollettino Ufficiale CNR n° 178 anno XXIX "Catalogo delle pavimentazioni stradali" (scheda 6SR – Modulo resiliente del sottofondo 90 N/mm² – Numero passaggi veicoli commerciali 10.000.000) e consiste nel seguente pacchetto.

La pavimentazione di progetto della carreggiata presenta uno spessore complessivo pari a 45 cm ed è così composta:

- fondazione: misto cementato cm 25;
- strato di base: conglomerato bituminoso cm. 10;
- strato di collegamento (binder): conglomerato bituminoso cm 5;
- strato di usura drenante: conglomerato bituminoso cm 5;

6.8. Barriere

La classe delle barriere da impiegare ed il relativo livello di contenimento sono stati determinati (cfr. Tabella art. 6 del D.M. 21 giugno 2004) in rapporto al tipo di strada, alla velocità di progetto, al tipo di traffico previsto (TGM e percentuale di veicoli di massa superiore a 3.500 Kg).

Detti parametri, per il caso in esame possono essere rappresentati come segue:

- Strada extraurbana principale, a due carreggiate a senso unico di marcia di dimensioni 3.50 m e banchina di dimensioni 1.25 m (assimilabile quindi alla tipologia C2 ai sensi del DM 05/11/2011);
- Velocità di progetto: 60 Km /h.

Tipo di Traffico:

Si è considerato un traffico di tipo III, cioè con TGM > 1000 veicoli/giorno e percentuale di veicoli pesanti con massa superiore a 3,5t superiore al 15%.

TIPO DI STRADA	TIPO DI TRAFFICO	BARRIERE SPARTITRAFFICO	BARRIERE BORDO LATERALE	BARRIERE BORDO PONTE(1)	ATTENUATORI
AUTOSTRAD E STRADE EXTRAURBANE PRINCIPALI (B)	I	H2	H1	H2	P50, P80, P100
	II	H3	H2	H3	
	III	H3-H4 (2)	H2-H3 (2)	H3-H4 (2)	
STRADE EXTRAURBANE	I	H1	N2	H2	
SECONDARIE (C) E STRADE URBANE DI SCORRIMENTO (D)	II	H2	H1	H2	
	III	H2	H2	H3	
STRADE URBANE DI QUARTIERE (E) E STRADE LOCALI (F).	I	N2	N1	H2	
	II	H1	N2	H2	
	III	H1	H1	H2	

(1) Per ponti o viadotti si intendono opere di luce superiore a 10 metri; per luci minori sono equiparate al bordo laterale

(2) La scelta tra le due classi sarà determinata dal progettista

In considerazione di ciò, le barriere scelte sono quelle di classe H2 bordo ponte; tuttavia, ai fini di potenziare efficacemente il sistema, viene considerata una classe H3

6.9. Segnaletica orizzontale e verticale

La segnaletica orizzontale deve essere tracciata sul manto stradale in conformità al D.P.R. 16 Dicembre 1992 n°495 Paragrafo 4 (artt.137÷155) in termini di simboli, dimensioni, spessori, materiali e loro proprietà.

L'art.137 del Regolamento infatti recita che: "Tutti i segnali orizzontali devono essere realizzati con materiali tali da renderli visibili sia di giorno che di notte anche in presenza di pioggia o con fondo stradale bagnato; nei casi di elevata frequenza di condizioni atmosferiche avverse possono essere utilizzati materiali particolari".

Il progetto prevede la realizzazione di strisce longitudinali necessarie per separare i sensi di marcia e per delimitare il margine della carreggiata.

7. Cantierizzazione

La cantierizzazione del progetto avverrà a valle della S.P. 226, lungo una striscia che scorre parallela alla strada stessa.

La figura seguente mostra in blu le aree logistiche ed operative mentre in verde la porzione di SP226, di pertinenza al cantiere, che renderà necessario il perdurare della semaforizzazione per il senso unico alternato attualmente disposta.

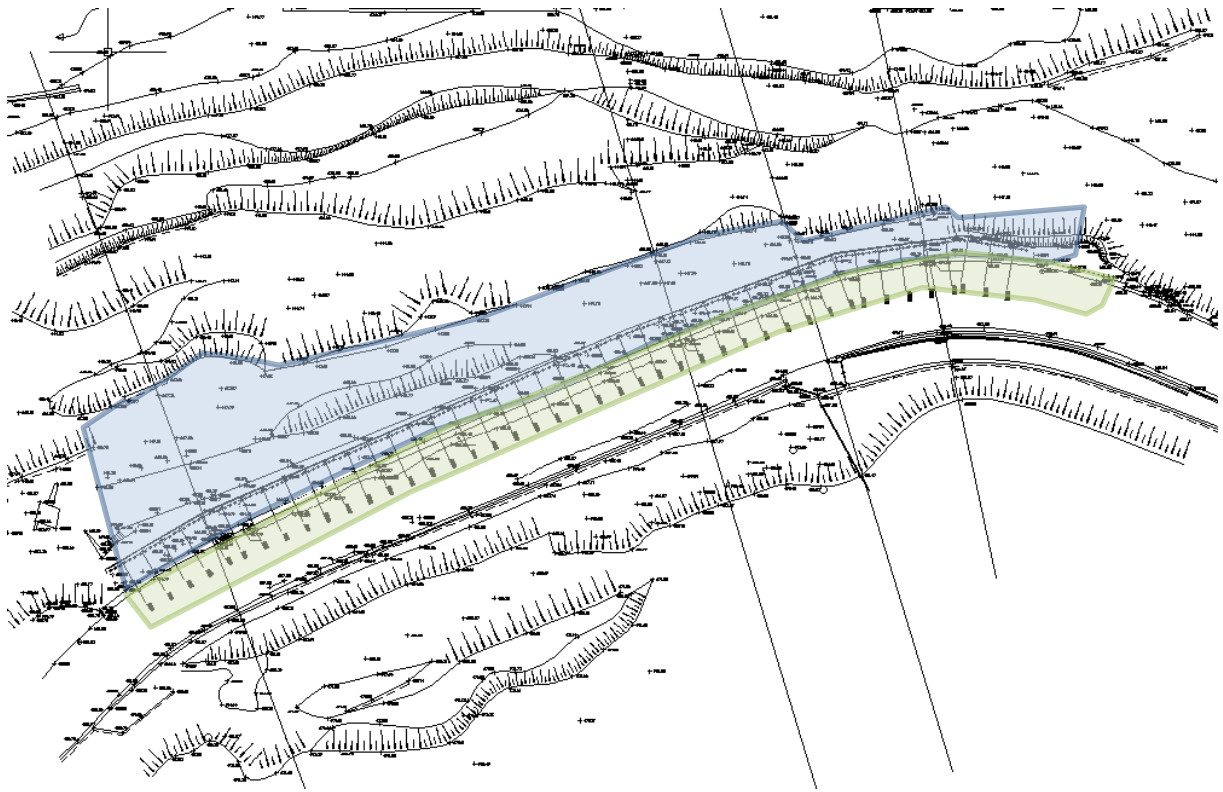


Figura 7: Aree di cantierizzazione.

8. Sicurezza

Dal punto di vista della sicurezza tutte le lavorazioni principali avverranno al piede del muro, all'interno dell'area logistico operativa.

L'area superiore sarà eventualmente utilizzabile per il solo scopo di messa a dimora dei materiali d'opera quali, ad esempio, i fasci tubieri ed il silos delle malte per le iniezioni dei micropali e delle barre diwidad.

Carichi di peso maggiore potranno essere sistemati in area superiore solamente a valle del completamento dei getti.

9. Stima dei lavori e quadro economico

Si rimanda agli elaborati.