Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti

PROVVEDITORATO PER LE OPERE PUBBLICHE
PIEMONTE VALLE D'AOSTA LIGURIA

COMUNE DI SANTA MARGHERITA LIGURE

PROGETTAZIONE DEFINITIVA
PER LA REALIZZAZIONE DI UN CANALE SCOLMATORE
E SISTEMAZIONE IDRAULICA DEI TORRENTI SAN SIRO E MAGISTRATO
IN COMUNE DI SANTA MARGHERITA LIGURE (GE)

GE - R02: INTERVENTI DI STABILIZZAZIONE DEL VERSANTE DEL TORRENTE S.SIRO
Relazione Descrittiva Generale



Progettazione

D'APPOLONIA S.P.A.

BETA STUDIO S.R.L

MONTALDO ENGINEERING S.R.L

GEOTECHNICAL SERVICES S.R.L

STEGEO

Coordinatore della Progettazione
(Provveditorato per le OO.PP.)
Dr. Ing. Francesco Caldani

Responsabile del Procedimento
(Provveditorato per le OO.PP.)
Dr. Ing. Alessandro Pentimalli

INDICE

Pagina

LISTA DELLE TABELLE **II**
LISTA DELLE FIGURE **II**
ABBREVIAZIONI E ACRONIMI **II**
1 INTRODUZIONE **1**
2 INQUADRAMENTO DELL'AREA DI INTERVENTO **3**
3 INQUADRAMENTO NORMATIVO **5**
3.1 FRANOSITA' REALE 5
3.2 SUSCETTIVITA' AL DISSESTO 6
3.3 RISCHIO GEOLOGICO 7
3.4 AREE SOTTOPOSTE A VINCOLO IDROGEOLOGICO 8
4 INQUADRAMENTO GEOLOGICO E IDROGEOLOGICO **9**
5 INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO **10**
6 INQUADRAMENTO GEOTECNICO E SISMICO **11**
7 DESCRIZIONE DEGLI INTERVENTI PREVISTI **12**
8 ANALISI DEL PENDIO NATURALE E VERIFICA DELLA SOLUZIONE ADOTTA **19**
9 PIANO DI MONITORAGGIO GEOTECNICO **25**
10 CRONOPROGRAMMA DEGLI INTERVENTI **27**
11 CONCLUSIONI E RACCOMANDAZIONI **28**

APPENDICE A: CRONOPROGRAMMA DELLE ATTIVITA'

LISTA DELLE TABELLE

Tabella No.	Pagina
Tabella 4.1: Livelli di Falda Misurati	9
Tabella 6.1: Parametri Sismici	11

LISTA DELLE FIGURE

Figura No.	Pagina
Figura 1: Ubicazione area di intervento	3
Figura 2: Dettaglio area di intervento	4
Figura 3: Individuazione Deformazione Gravitativa Profonda di Versante	5
Figura 4: Stralcio della Carta della Suscettività al Dissesto	6
Figura 5: Stralcio Carta del Rischio Geologico	7
Figura 6: Schema Idrogeologico	8
Figura 7: Ubicazioni indagini geognostiche e sezioni di calcolo	13
Figura 8: Planimetria generale degli interventi a progetto (vedi tav. IMR003)	14
Figura 9: Sezione tipo degli interventi a progetto	15
Figura 10: Dettaglio TIPO A 1° livello di terre rinforzate	16
Figura 11: Dettaglio TIPO B 1° livello di terre rinforzate	16
Figura 12: Dettaglio TIPO C 2° livello di terre rinforzate	17
Figura 13: Dettaglio TIPO D 2° livello di terre rinforzate	17
Figura 14: Palizzata in legno	18
Figura 15: Sezione 1-1' – Condizioni Statiche – Metodo di Bishop	20
Figura 16: Sezione 1-1' – Condizioni Sismiche – Metodo di Spencer	21
Figura 17: Sezione 1-1' – Condizioni Statiche – Metodo di Morgenstern & Price	23
Figura 18: Sezione 1-1' – Condizioni sismiche – Metodo di Morgenstern & Price	24
Figura 19: Proposta localizzazione strumentazione di monitoraggio	26

ABBREVIAZIONI E ACRONIMI

DGP	Deliberazione della Giunta Provinciale
DGPV	Deformazione Profonda Gravitativa di Versante

PROGETTAZIONE DEFINITIVA INTERVENTI DI MITIGAZIONE DEL RISCHIO IDROGEOLOGICO IN PROSSIMITÀ DELLA GALLERIA SCOLMATRICE DEL TORRENTE S.SIRO IN COMUNE DI SANTA MARGHERITA LIGURE – RELAZIONE DESCRITTIVA GENERALE

1 INTRODUZIONE

La "Progettazione Definitiva per la realizzazione di un canale scolmatore e sistemazione idraulica dei torrenti San Siro e Magistrato in Comune di Santa Margherita Ligure (GE)", redatta nel 2005 ed aggiornata secondo le NTC 2008 nel dicembre 2015 (Provveditorato Per le Opere Pubbliche Piemonte Valle D'Aosta Liguria, 2015)[*] è volta alla messa in sicurezza idraulica del centro storico di Santa Margherita Ligure, prevedendo la deviazione di un'opportuna quotaparte delle portate di piena dei torrenti San Siro e Magistrato.

La presente relazione descrive gli interventi di stabilizzazione del versante insistente sul tratto di imbocco dello scolmatore dei torrenti San Siro e Magistrato volti a mitigare il rischio nei confronti di potenziali cinematismi di rottura che possano interessare le opere a progetto, alla luce dei dati disponibili e della classificazione associata al versante stesso. In particolare, relativamente al pendio sopra citato, l'ultimo aggiornamento della cartografia del Piano di Bacino Stralcio 15 (ultima modifica, con DGP n° 124 del 22/09/2014, entrata in vigore in data 06/10/2014) segnala la presenza di una deformazione gravitativa profonda di versante (DGPV) il cui piede interessa parte del tracciato della galleria scolmatrice, per una lunghezza di circa 220 m a partire dall'imbocco. Il Piano di Bacino classifica tale DGPV come segue:

- Suscettività al dissesto: "Elevata" (Pg3b),
- Rischio geologico: "Medio" (R2).

In seguito alla mappatura della DGPV, la cui perimetrazione identifica una superficie di circa 15-18 ha, è stata svolta nel 2015 un'indagine geognostica integrativa rispetto a quelle effettuate per la progettazione preliminare (2003) e definitiva (2005). Si è provveduto, inoltre, ad effettuare un rilievo celerimetrico di dettaglio nell'area prossima all'imbocco della galleria (Stegeo, Aprile 2016).

Il presente documento è organizzato come riportato nel seguito:

- il Capitolo 2 fornisce un inquadramento geografico dell'area di intervento;
- il Capitolo 3 riassume il quadro normativo previsto dal Piano di Bacino Stralcio;
- il Capitolo 4 illustra le principali caratteristiche geologico-idrogeologiche;
- il Capitolo 5 riporta l'inquadramento geomorfologico dell'area;
- il Capitolo 6 fornisce la caratterizzazione geotecnica e sismica;
- il Capitolo 7 presenta gli interventi previsti a progetto;
- il Capitolo 8 presenta i risultati delle analisi di stabilità in condizione ante-operam e post-operam;

[*] Vedi lista referenze alla fine del testo.

- il Capitolo 9 illustra il piano di monitoraggio del corpo franoso e delle opere a progetto;
- il Capitoli 10 riporta il cronoprogramma delle attività;
- il Capitolo 11 espone le conclusioni e le raccomandazioni per le successive fasi.

2 INQUADRAMENTO DELL'AREA DI INTERVENTO

L'area di studio ricade su un versante che si diparte dal Monte della Croce (391m slm) a

Sud e degrada verso il torrente San Siro (circa 25 m slm) a Nord.

Il contesto d'intervento è collinare ed è caratterizzato un assetto geomorfologico che, come si dirà in seguito, risulta eterogeneo oltre che condizionato in superficie da urbanizzazioni piuttosto discontinue lato monte, costituite principalmente da edifici abitativi e relative infrastrutture, e da un tessuto urbano più compatto verso l'area di fondovalle.

Buona parte dei pendii sono caratterizzati dalla presenza dei classici terrazzamenti realizzati storicamente ad utilizzo agricolo attraverso l'energico rimaneggiamento degli originari manti eluvio-colluviali.

Dalla quota di circa 200 m slm le colture ad uliveto lasciano il posto al bosco. Il deflusso superficiale delle acque è regolato da una serie di colatori minori direzionati circa Nord-Sud che dunque scorrono circa perpendicolari all'asta torrentizia principale orientata circa Ovest-Est. Il pendio è caratterizzato da un grado di acclività medio che aumenta decisamente in prossimità del crinale.

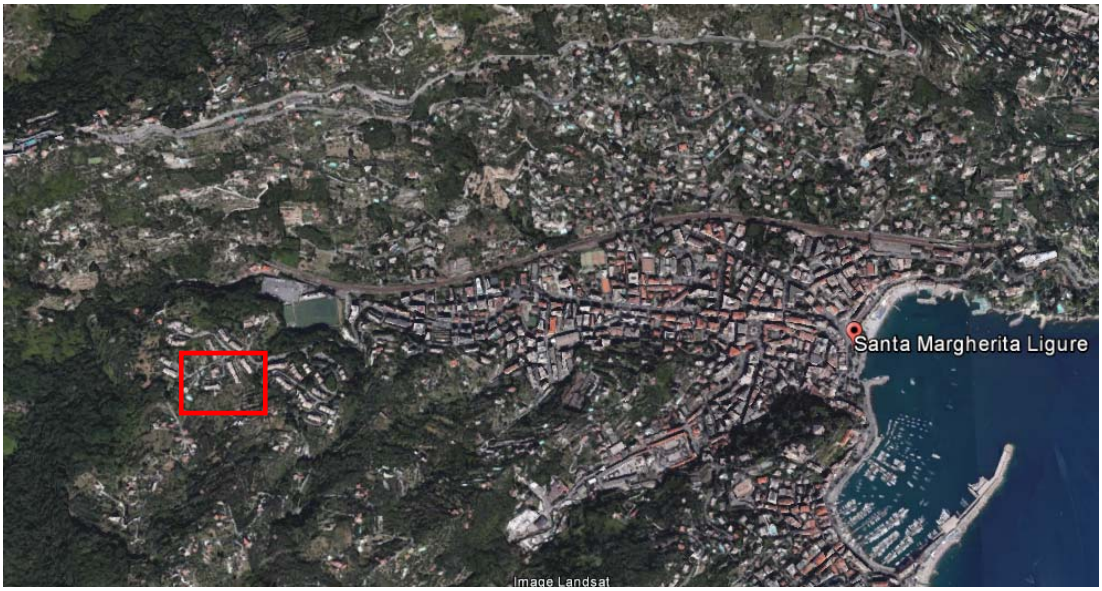


Figura 1: Ubicazione area di intervento



Figura 2: Dettaglio area di intervento

3 INQUADRAMENTO NORMATIVO

Si riportano nel seguito gli estratti della cartografia allegata al Piano di Bacino Stralcio - Ambito 15 (ultimo aggiornamento DGP n. 124 del 22/09/2014).

3.1 FRANOSITA' REALE

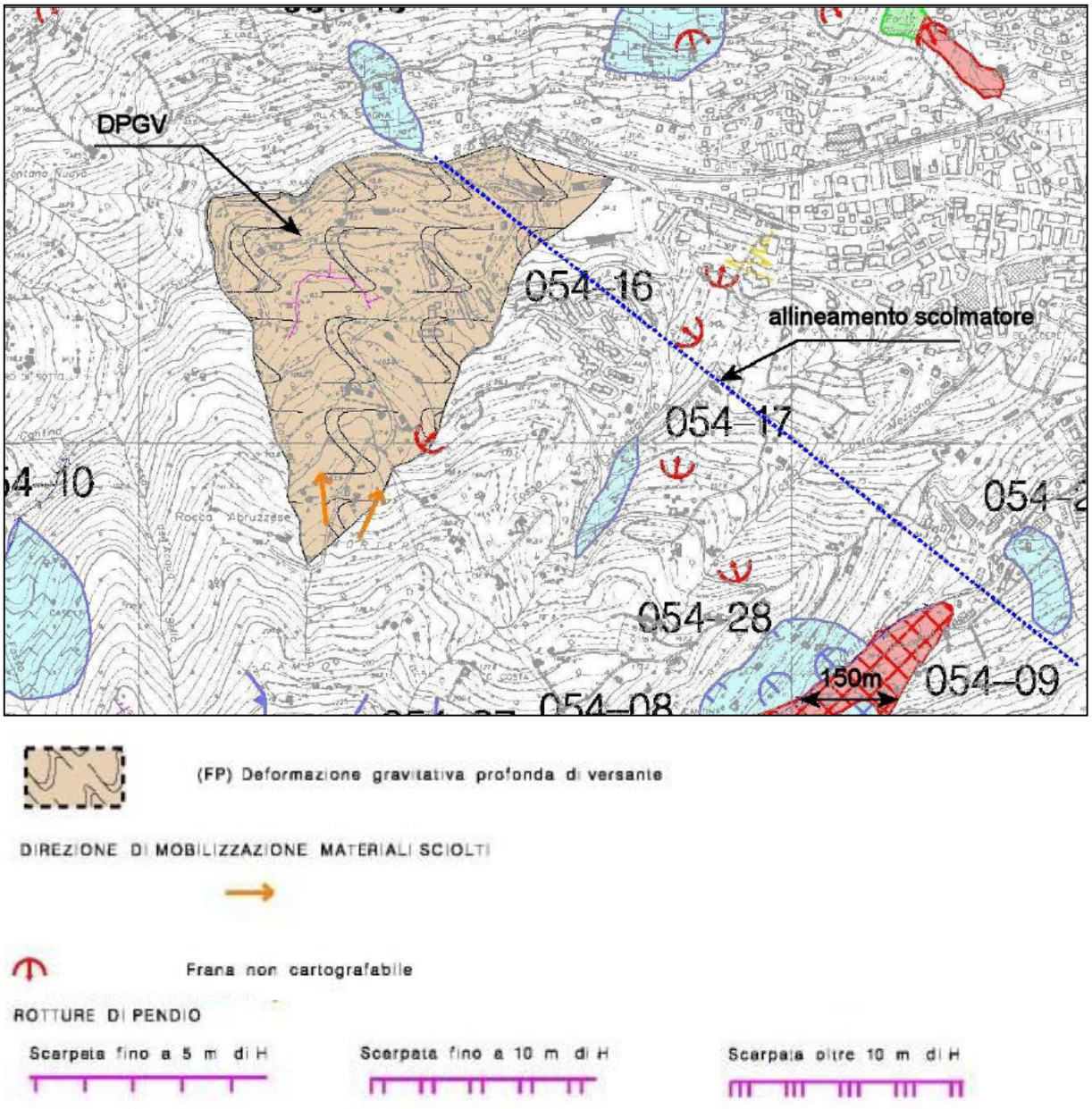
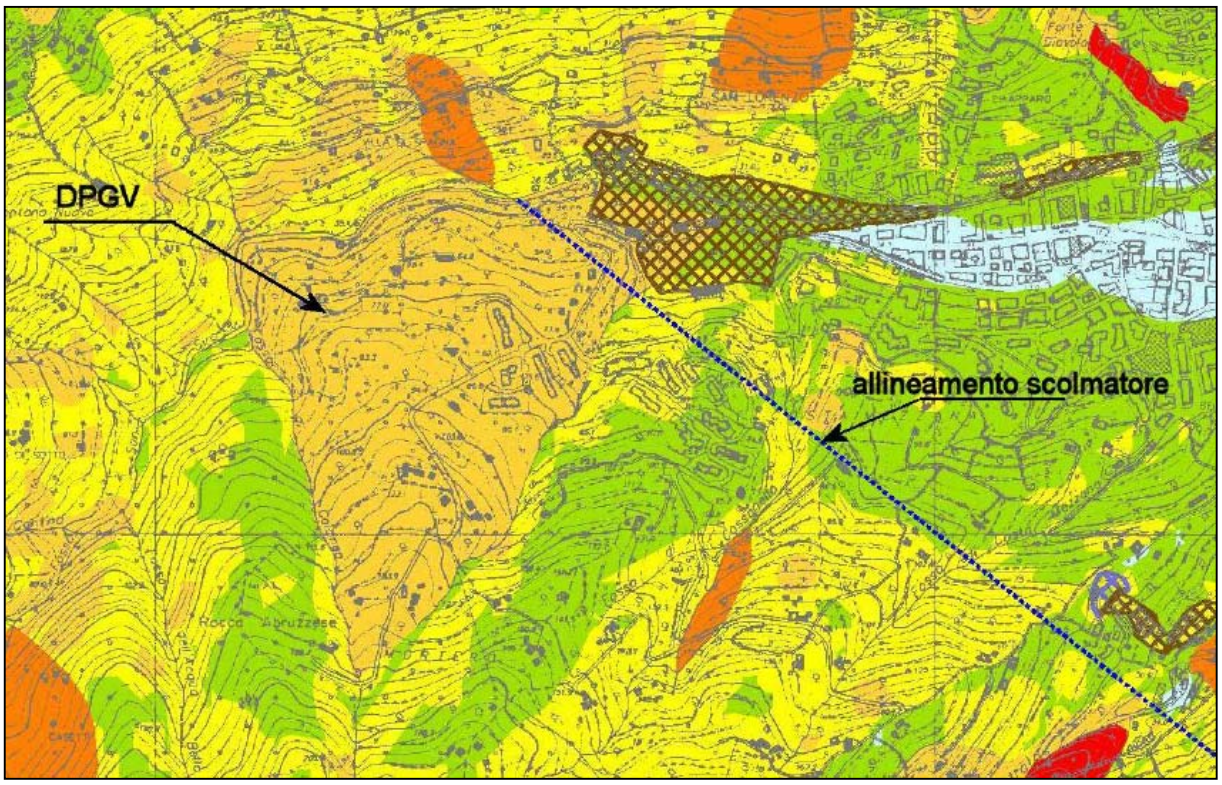


Figura 3: Individuazione Deformazione Gravitativa Profonda di Versante

3.2 SUSCETTIVITA' AL DISSESTO

Come illustrato nella figura sottostante, il tratto di versante di interesse è classificato a suscettività al dissesto elevata - Pg3b.



CLASSI DI SUSCETTIVITA' AL DISSESTO			NORME DI ATTUAZIONE
	MOLTO ELEVATA	Pg4	Art. 16, c. 2
	ELEVATA	Pg3a	Art. 16, c. 3
	ELEVATA	Pg3b	Art. 16, c. 3-ter
	MEDIA	Pg2	Art. 16, c. 4
	BASSA	Pg1	Art. 16, c. 4
	MOLTO BASSA	Pg0	Art. 16, c. 4

Figura 4: Stralcio della Carta della Suscettività al Dissesto

In relazione alla classificazione Pg3b si riporta lo stralcio delle Norme di attuazione relative al Piano di Bacino vigente (Art. 16 3 ter) che recita:

" *Nelle aree a suscettività al dissesto levata – Pg3b , oltre al regime normativo applicato nelle aree Pg3a, è consentita anche la nuova edificazione e l'esecuzione di opere infrastrutturali, purché tali*

interventi siano previsti dallo strumento urbanistico comunale adeguato al presente Piano di bacino. Tale adeguamento comporta l'effettuazione di un'apposita verifica di compatibilità delle previsioni urbanistiche con il quadro dei dissesti del piano di bacino nei termini indicati al successivo articolo 19. 3-quater. Nelle more dell'adeguamento di cui al comma precedente, l'ammissibilità di nuovi interventi è subordinata all'esecuzione di indagini di maggior dettaglio i cui contenuti minimi sono riportati nell'allegato 1 alla presente normativa. 3-quinquies. La Provincia, sulla base delle indagini di maggior dettaglio di cui al comma precedente, trasmesse dal Comune, valuta la compatibilità della realizzazione dell'intervento stesso con le condizioni di suscettività al dissesto accertate ed esprime, a riguardo, parere vincolante…..".

3.3 RISCHIO GEOLOGICO

L'area è classificata a rischio da moderato (R1) a Medio (R2).

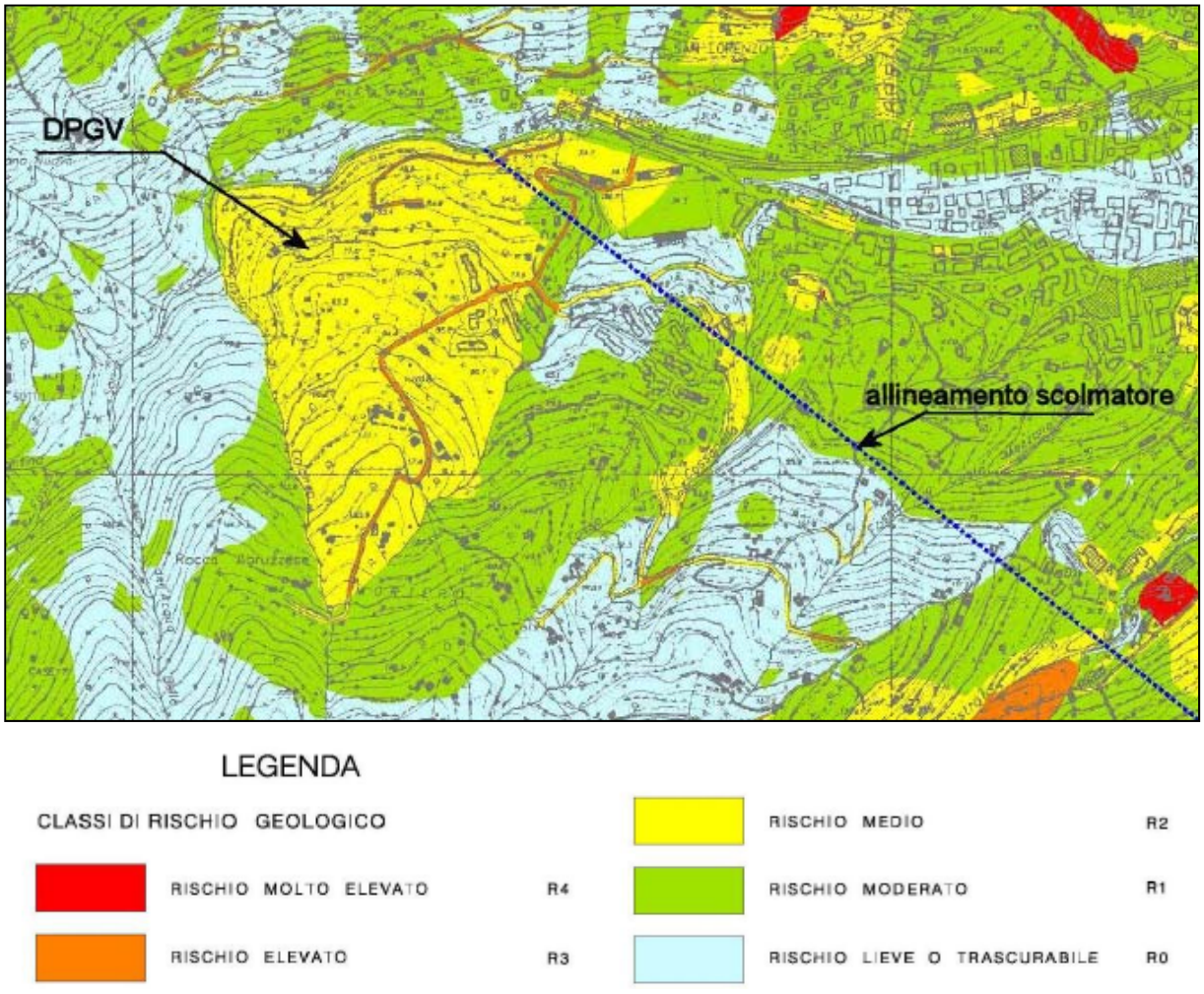


Figura 5: Stralcio Carta del Rischio Geologico

3.4 AREE SOTTOPOSTE A VINCOLO IDROGEOLOGICO

L'area in oggetto non risulta sottoposta al vincolo idrogeologico.

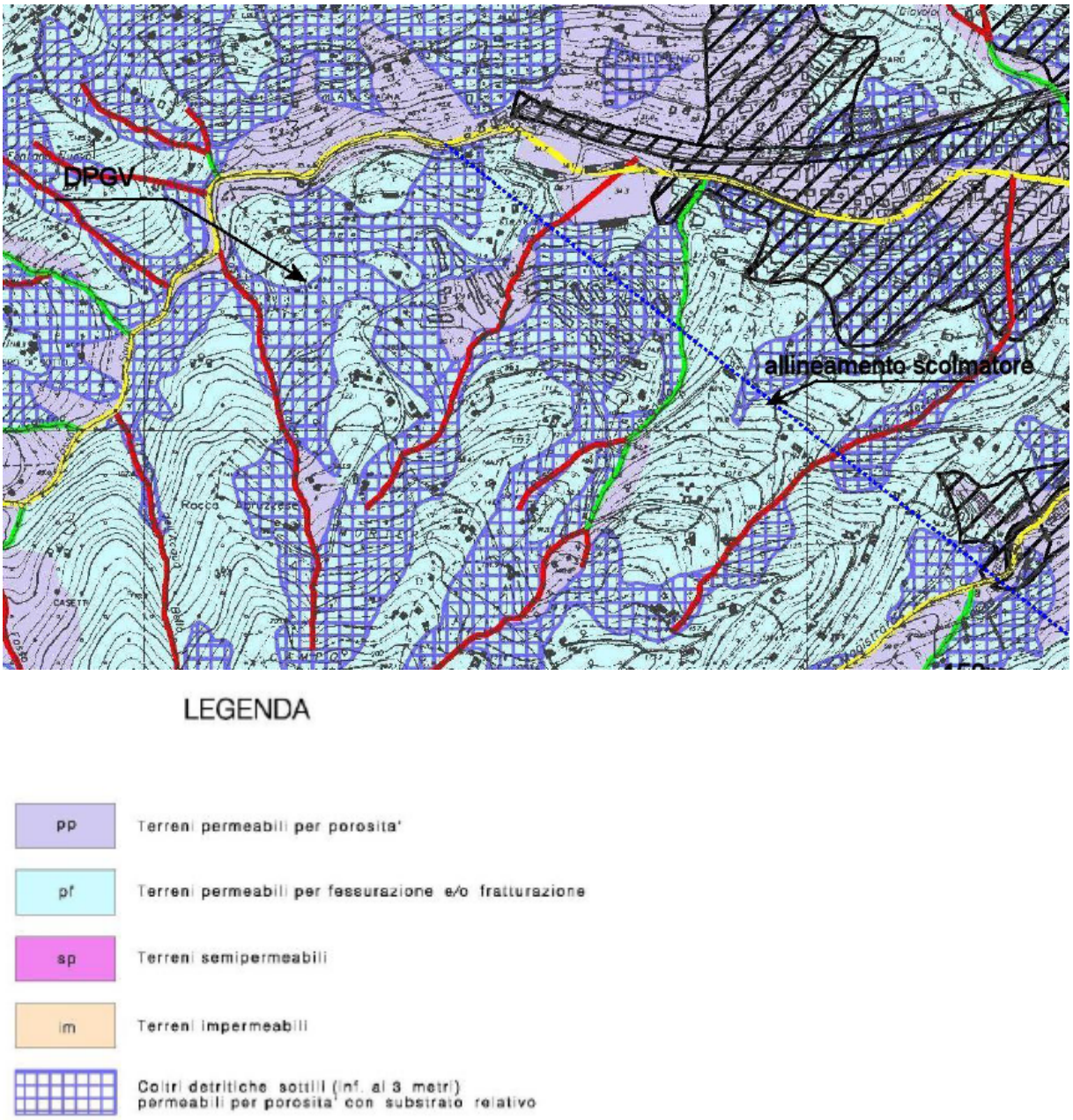


Figura 6: Schema Idrogeologico

4 INQUADRAMENTO GEOLOGICO E IDROGEOLOGICO

Il contesto geologico in cui si inserisce il tracciato dello scolmatore si configura, a grande scala, come una monoclinare immergente verso Sud – Sud Ovest con inclinazioni variabili da 25-30° a 65-75°. La zona di imbocco, così come in generale l'intero tracciato, interessa la sola formazione geologica dei Calcari del Monte Antola, costituita da una successione ritmica di calcari marnosi e marne calcaree/marne in strati e bancate di spessore da submetrico a plurimetrico.

La stratigrafia tipica dei terreni nell'area di studio è costituita da un sistema a due strati: la coltre eluvio-colluviale e il basamento calcareo marnoso del flysh di Monte Antola. La transizione è costituita da uno strato di roccia alterata e fratturata fino alla destrutturazione. La coltre eluvio-colluviale è caratterizzata da depositi a granulometria eterometrica, da medio-fine a grossolana, con blocchi di dimensioni anche plurimetriche in abbondante matrice sabbioso-limosa. Essa deriva generalmente dal disfacimento superficiale dei calcari dell'Antola ed oblitera totalmente il substrato con modesti spessori crescenti verso valle (3-10 m).

Il contesto morfologico del comparto territoriale in esame risulta influenzato da preesistenti linee tettoniche e da un complesso sistema fessurativo, i quali rappresentano il principale sistema di circolazione acquifera. Secondo esperienze pregresse limitrofe all'area oggetto di studio nell'ambito della captazione di risorse idriche, l'ammasso calcareo si alterna con strati di argilliti a intervalli dell'ordine del centinaio di metri. La presenza di questi ultimi, più compressibili e duttili rispetto ai primi, spiegherebbe l'elevato grado di fratturazione riscontrato nella campagna geognostica 2015. Analoghi meccanismi di rottura sono stati ipotizzati per una DGPV nell'alta valle Sturla nei pressi di Borzonasca (Faccini et al., 2013). Gli strati di argillite costituiscono il letto impermeabile delle camere di accumulo generate dal processo di fratturazione.

Il livello di falda riscontrato nella campagna 2015 è stato confrontato con i piezometri relativamente vicini del 2003, confermandone l'attendibilità.

Tabella 4.1: Livelli di Falda Misurati

SONDAGGIO	MIN. (m) Anno 2004	MAX (m) Anno 2004	MEDIA Anno 2004	Sondaggi Nov./2015
S10	7.2	7.6	7.4	-
SG1	-	-	-	7.0
S9	15.9	26.1	21.7	-
SG2				18.3

5 INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO

Sotto il profilo geomorfologico il tratto versante di interesse è caratterizzato da un grado di acclività da medio, nella parte inferiore del versante, ad alto circa al di sopra dell'isoipsa 150m slm.

Il contesto risulta caratterizzato nel suo complesso da un assetto geomorfologico abbastanza naturale, condizionato da rare urbanizzazioni e dai classici terrazzamenti realizzati storicamente ad utilizzo agricolo; in prossimità del fondovalle tuttavia si riscontrano insediamenti ascrivibili ad interventi recenti.

Il territorio risulta morfologicamente eterogeneo ed attraversato da incisioni torrentizie disposte lungo lineamenti strutturali a direzione WSW-ENE circa ortogonalmente al corso del torrente San Siro, disposto in direzione EW.

Procedendo dal crinale e scendendo verso valle si riscontra la presenza di coperture di natura eluvio-colluviali generalmente di spessore contenuto entro 3 m ma che obliterano quasi completamente il substrato roccioso. Proseguendo ancora verso valle si incontra il limite della DPGV, caratterizzata sostanzialmente da un ispessimento delle coltri di copertura che assumono valori di potenza fino a plurimetrica. Si tratta di depositi a granulometria eterometrica, da medio fine a grossolana, con blocchi di dimensioni anche plurimetriche, in abbondante matrice sabbioso - limosa o argillosa, generalmente derivante dal disfacimento superficiale dei calcari dell'Antola, più sviluppata in corrispondenza degli affioramenti di bancate marnose e argillose.

Per quanto riguarda le coperture sciolte, in generale gli spessori sono stati stimati sulla base degli esiti delle indagini geognostiche laddove disponibili, del rilevamento di superficie, dall'analisi di dati bibliografici nonché dalla cartografia geomorfologica allegata al Piano di Bacino vigente.

Sotto il profilo tessiturale tali coperture sono costituite prevalentemente da una matrice sabbioso limosa con elementi lapidei di pezzatura da centimetrica a decimetrica, prevalentemente monogenetici, provenienti dal sottostante substrato (Calcari di Monte Antola).

La mappatura della Deformazione Gravitativa Profonda di Versante (DGPV) in oggetto è stata effettuata mediante sovrapposizione di foto aeree (OO.PP. Regione Piemonte Valle D'Aosta Liguria, 2016, "Relazione Geologica e delle Indagini Geognostiche Integrative per la Caratterizzazione Geotecnica dei Terreni di Coltre e del Substrato nel Tratto Iniziale"). Non risultano informazioni in merito ad accertamenti inerenti ad ulteriori evidenze geomorfologiche o fenomeni di dissesto mediante campagna geologica.

In data 22 Aprile 2016 D'Appolonia ha condotto un sopralluogo sulla parte bassa del versante oggetto di analisi, lungo la sponda in destra idraulica del T. San Siro in corrispondenza delle future opere di imbocco, atto ad accertare lo stato dei luoghi con riferimento ad instabilità eventualmente presenti. Si è osservata la presenza di opere antropiche in generale limitative nei confronti dell'erosione del versante, legate principalmente al sistema di briglie in essere ed alle sistemazioni mediante muri a secco tipiche della zona. Non sono state rilevate criticità ascrivibili ad una condizione di instabilità globale del pendio.

6 INQUADRAMENTO GEOTECNICO E SISMICO

Sulla base delle informazioni disponibili dall'aggiornamento del progetto definitivo, nonchè dall'indagine integrativa 2015, la stratigrafia dell'area oggetto di studio è stata suddivisa in tre unità geotecniche che corrispondono, coerentemente con l'inquadramento geologico, alle seguenti: depositi superficiali (Unità I), alterazione del substrato roccioso (Unità II) e Formazione del Monte Antola (Unità III). Relativamente ai Calcari dell'Antola, in particolare, rispetto ai quattro gruppi distinti che caratterizzano le caratteristiche geomeccaniche dell'ammasso, definiti nel progetto definitivo, si considerano i parametri corrispondenti al Gruppo 4. Questi ultimi, di caratteristiche meccaniche inferiori rispetto ai parametri dei Gruppi 1,2 e 3, si riferiscono a condizioni della roccia scadenti.

Si rimanda al documento "Studio Geotecnico della DGPV in corrispondenza dell'imbocco del Torrente S. Siro" per i valori caratteristici dei parametri geotecnici adottati per le verifiche di stabilità del versante.

Sulla base della caratterizzazione sismica condotta per il progetto definitivo ed in virtù dei dati ottenuti nella campagna geognostica 2015, si riportano nella tabella sottostante i parametri sismici adottati per le analisi di stabilità del versante:

Tabella 6.1: Parametri Sismici

Parametri Sismici	
Categoria del suolo	B
Vita nominale (anni)	100
Coefficiente d'uso, C_U (-)	1.0
Coefficiente di amplificazione stratigrafica S_S (-)	1.2
Coefficiente di amplificazione topografica S_T (-)	1.2
Accelerazione sismica su suolo rigido per Stato Limite di Salvaguardia della Vita (SLV), a_g/g (-)	0.108
Accelerazione sismica di progetto per Stato Limite di Salvaguardia della Vita (SLV), a_g/g (-)	0.156

7 DESCRIZIONE DEGLI INTERVENTI PREVISTI

Le opere oggetto di intervento, entro i limiti definiti nello scopo del documento, sono state progettate in funzione degli stati limite considerati (ultimi o di esercizio), geotecnici e strutturali.

Al fine di verificare il pendio oggetto di stabilizzazione sono state tenute in considerazione le problematiche globali legate al versante ed all'interazione dello stesso con le opere previste, nonchè le problematiche locali dovute al comportamento dei singoli elementi strutturali.

Le verifiche globali del rilevato, in accordo al Capitolo 6.8.2 delle Norme tecniche per le Costruzioni sono costituite principalmente dalle verifiche di stabilità globale dello stesso, eseguite in condizioni statiche e simiche. Tali verifiche sono state condotte con riferimento allo stato attuale (ante opera) e post-opera.

Relativamente alle opere di stabilizzazione, sono state effettuate le verifiche di stabilità delle terre rinforzate e a livello locale sono stati verificati gli elementi di rinforzo. Le verifiche interne degli elementi di rinforzo hanno riguardato la resistenza a trazione del rinforzo e la resistenza allo sfilamento.

Alla luce delle informazioni geologiche, topografiche, idrogeologiche, nonchè sulla base della caratterizzazione esposta precedentemente e dell'interazione tra la DGPV e le opere interessate dalla stessa, per lo sviluppo delle analisi sono state prese a riferimento tre sezioni di calcolo rappresentative:

- Sezione 1-1': insistente sulle opere di imbocco in direzione ortogonale alla galleria e rappresentativa della direttrice principale della DGPV;
- Sezione 5-5': insistente sulle opere di imbocco in direzione longitudinale alla galleria;
- Sezione 3-3': esterna all'area di intervento ma rappresentativa della condizione più gravosa legata alla massima pendenza media complessiva del versante.

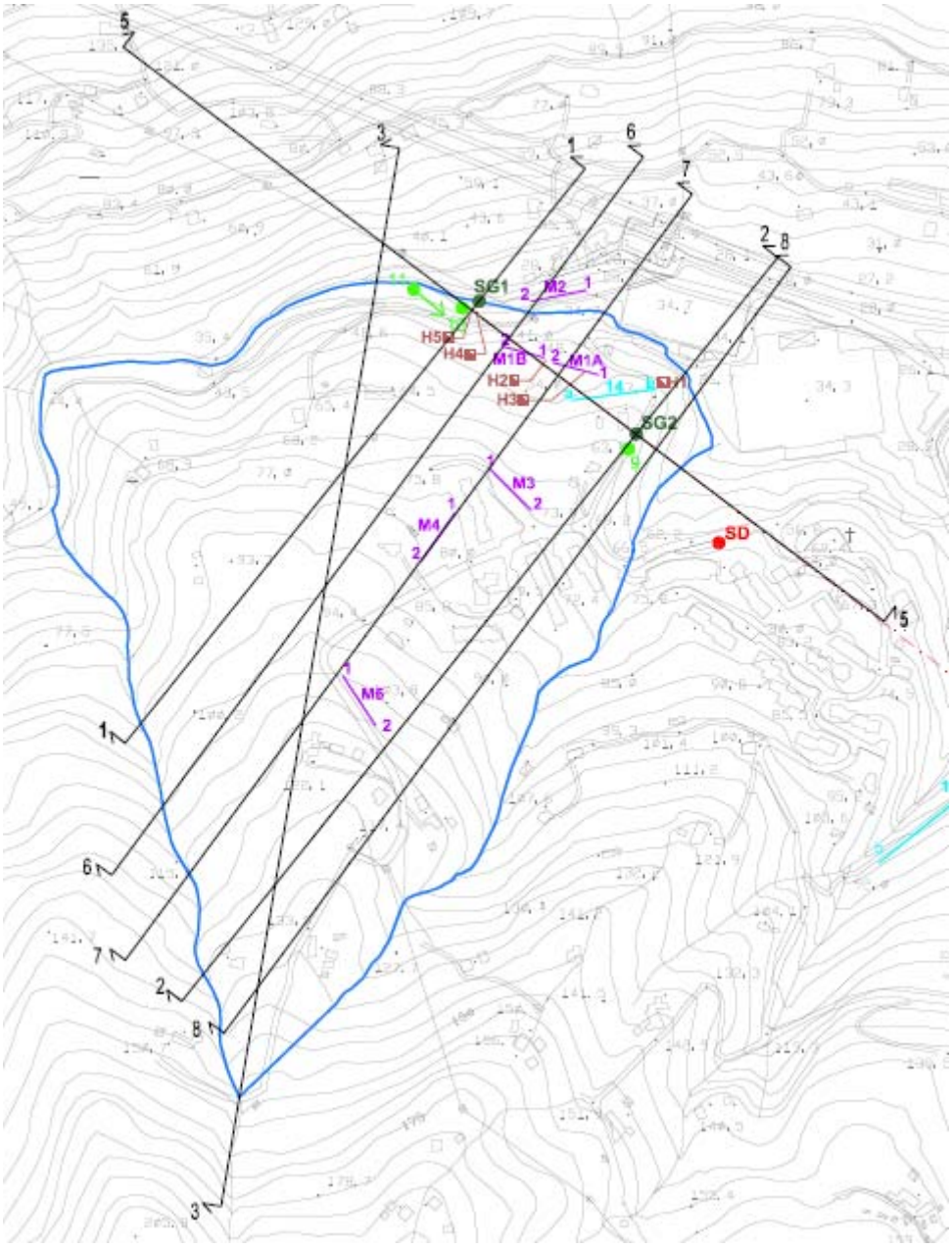


Figura 7: Ubicazioni indagini geognostiche e sezioni di calcolo

Gli interventi previsti nell'area di imbocco dello scolmatore soddisfano da una parte il requisito di messa in sicurezza del cantiere durante la realizzazione delle opere di imbocco, dall'altra il requisito di stabilizzazione del tratto di versante insistente sulle stesse e caratterizzato da pronunciata acclività, rispettivamente nel breve e nel lungo termine.

I principali criteri di scelta progettuali adottati hanno riguardato i seguenti aspetti:

- minimizzazione delle attività di scavo per ridurre il rischio di potenziale attivazione del movimento franoso;
- proteggere il versante da potenziale instabilità;
- connotare le opere da un punto di vista di ingegneria naturalistica;
- mantenere pressoché inalterate le condizioni idrogeologiche esistenti in termini di permeabilità del versante.

Gli interventi a progetto riguardano nel dettaglio:

- la realizzazione di una paratia intirantata di micropali;
- la stabilizzazione e riprofilatura del versante mediante doppio livello di terre rinforzate, raccordo con il terreno esistente e realizzazione di palizzate in legno;
- raccolta acque superficiali di ruscellamento;
- installazione di strumentazione di monitoraggio geotecnico.

A completamento dell'intervento si prevede l'adeguamento della viabilità esistente al nuovo contesto progettuale, che ha tenuto conto altresì della necessaria fruibilità delle strade di accesso alle abitazioni presenti durante l'esecuzione dei lavori.

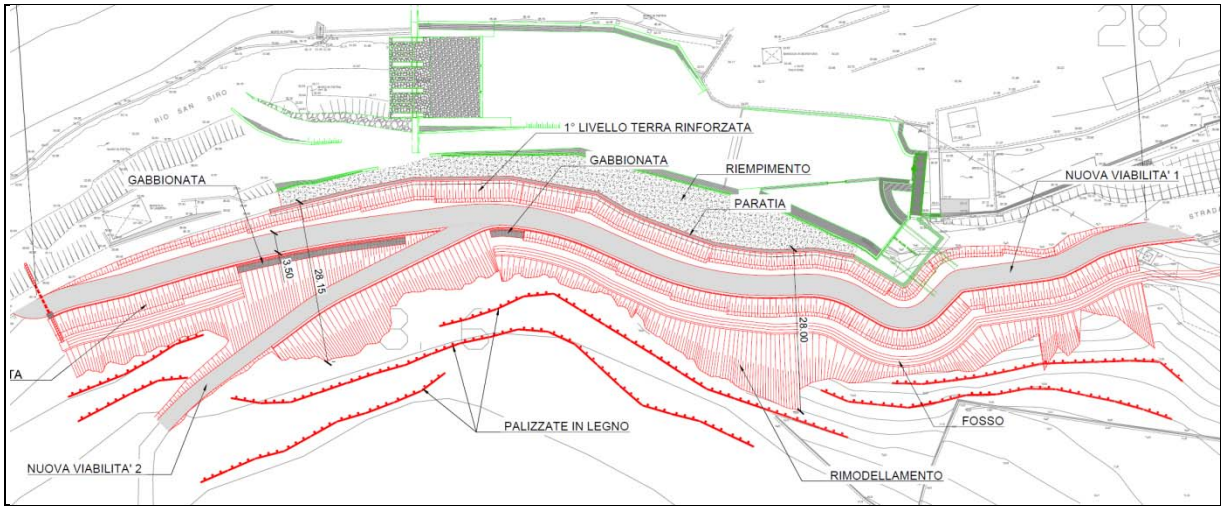


Figura 8: Planimetria generale degli interventi a progetto (vedi tav. IMR003)

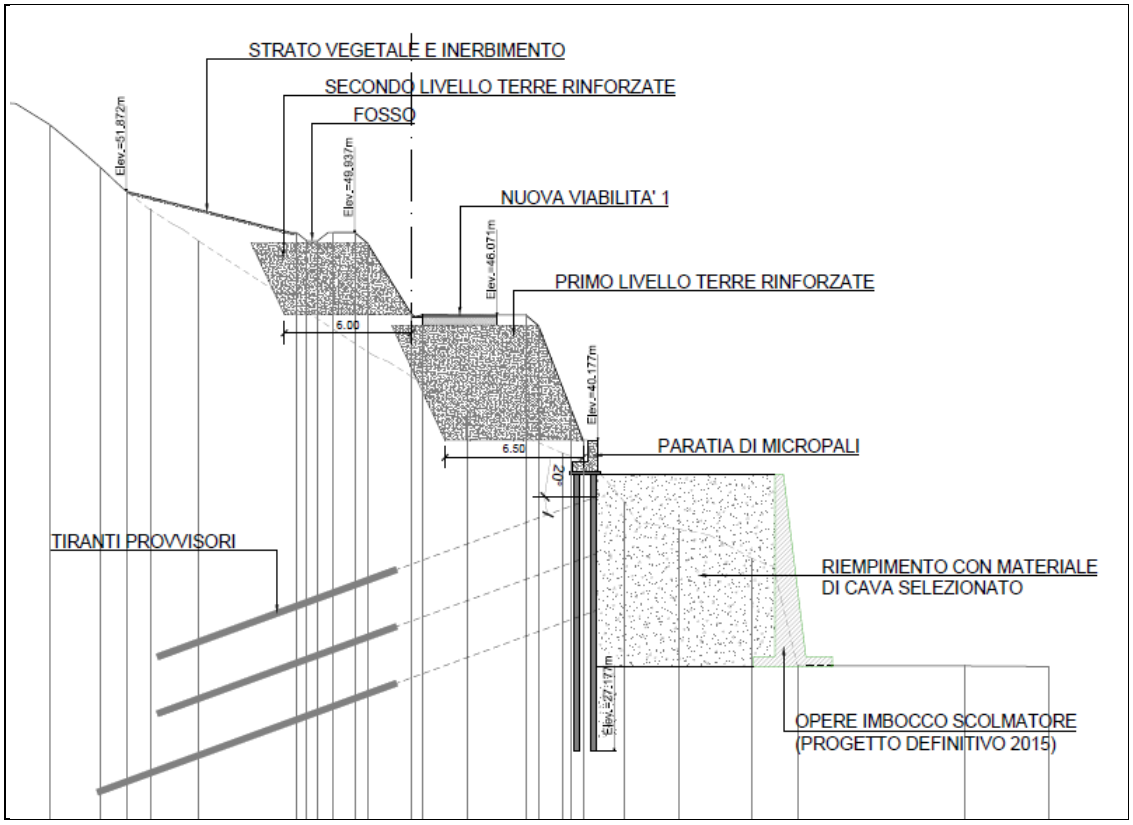


Figura 9: Sezione tipo degli interventi a progetto

La paratia è costituita da due allineamenti di micropali, aventi diametro 139.7 mm, spessore 12.5 mm e lunghezza variabile tra 8 e 15.5 m, disposti ad un interasse di 0.5 m. La paratia è provvista di più ordini di tiranti attivi avente carattere provvisorio. I micropali sono solidarizzati in testa da un cordolo in conglomerato cementizio armato. Le paratie dovranno essere immorsate nel substrato roccioso ed hanno la funzione di stabilizzazione dello scavo per consentire la realizzazione dei muri d'argine, e di rinforzo del pendio, incrementandone la resistenza a taglio e dunque il grado di sicurezza nei confronti dei potenziali cinematismi di instabilizzazione. Al termine dell'esecuzione dei muri d'argine, previsti nel progetto definitivo dello scolmatore, si provvederà al riempimento con materiale selezionato proveniente da cava, della zona compresa tra i muri d'argine e la paratia stessa con perdita di funzionalità dei tiranti attivi. La paratia mantiene, invece, a lungo termine la sua funzione di opera di rinforzo del versante in oggetto.

Sulla paratia vengono impostati due livelli di opere di sostegno in terra rinforzata, ciascuno di altezza massima pari a 7.5 m, sul primo dei quali ha sede la viabilità a progetto. Per ogni livello di terra rinforzata sono state definite due classi di altezza, al fine di ottimizzare la lunghezza degli ancoraggi. Oltre a conseguire l'obiettivo primario di stabilizzazione del pendio, lo sviluppo plano-altimetrico delle terre rinforzate è mirato ad ottimizzare il tracciato della viabilità a progetto.

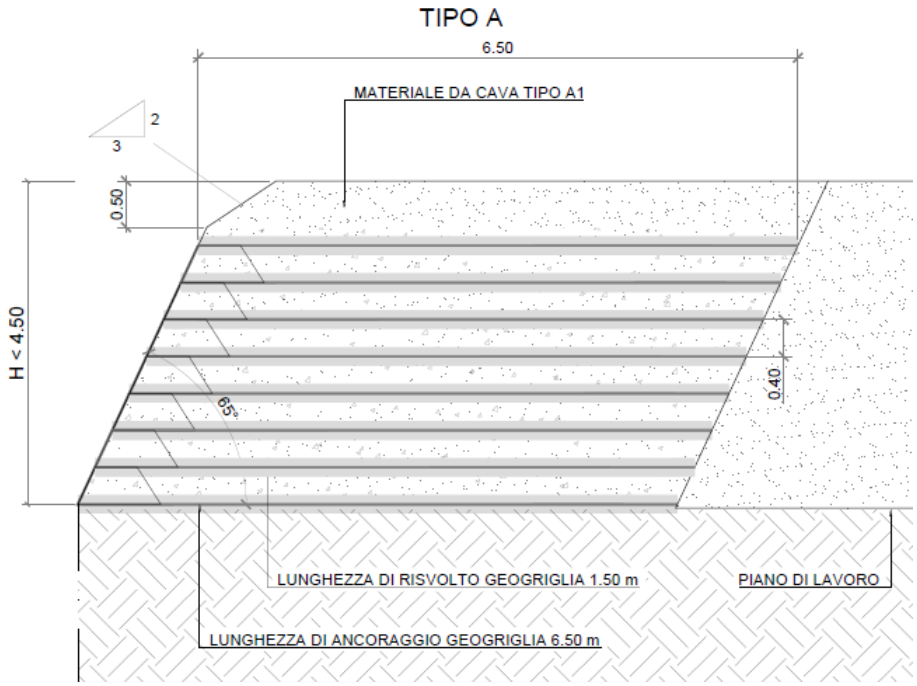


Figura 10: Dettaglio TIPO A 1° livello di terre rinforzate

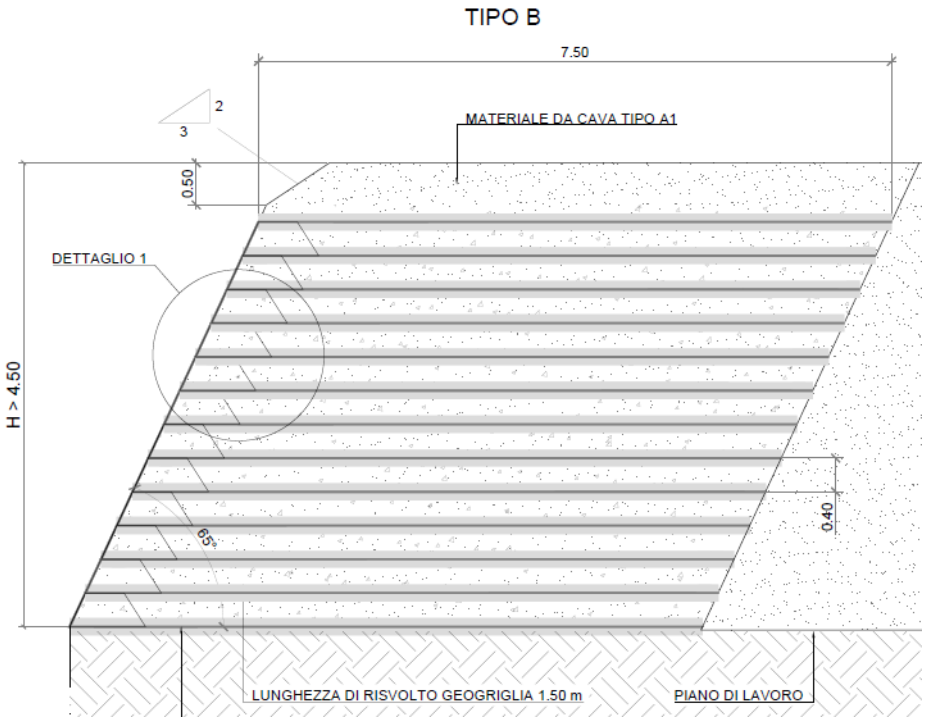


Figura 11: Dettaglio TIPO B 1° livello di terre rinforzate

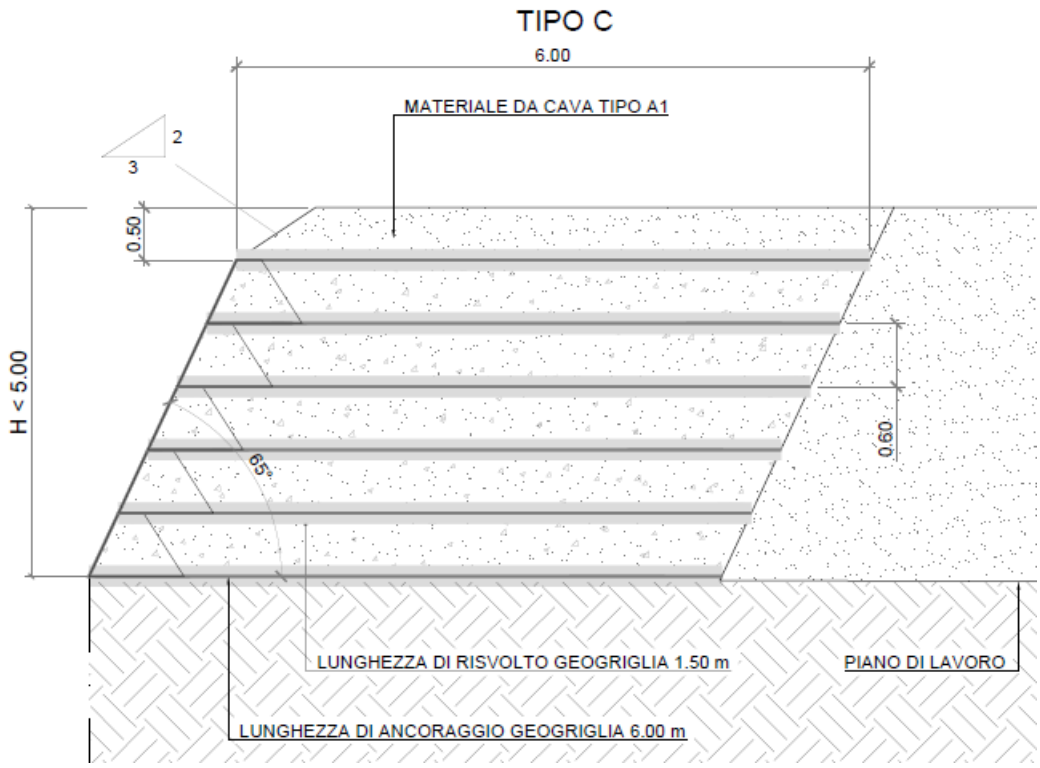


Figura 12: Dettaglio TIPO C 2° livello di terre rinforzate

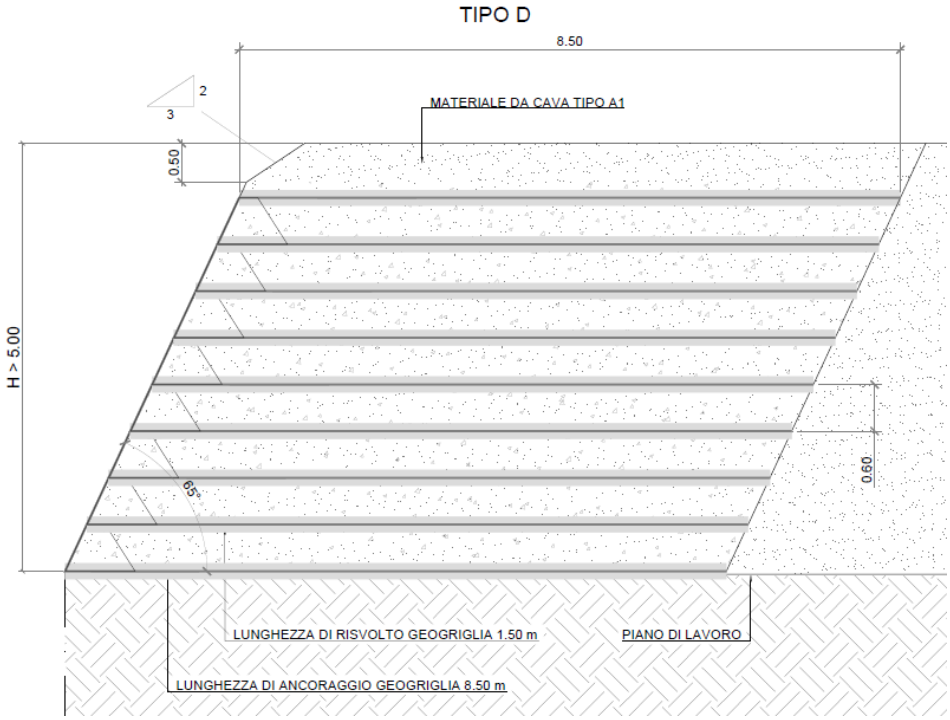


Figura 13: Dettaglio TIPO D 2° livello di terre rinforzate

A tergo delle terre rinforzate si prevede inoltre un raccordo al terreno esistente mediante una pendenza di 4:1 e la realizzazione di opere di ingegneria naturalistica, costituite da palizzate in legname a doppia parete realizzate per un'altezza di 2 m. Tali interventi hanno lo scopo di rimodellare e stabilizzare la porzione sommitale del pendio oggetto di intervento.

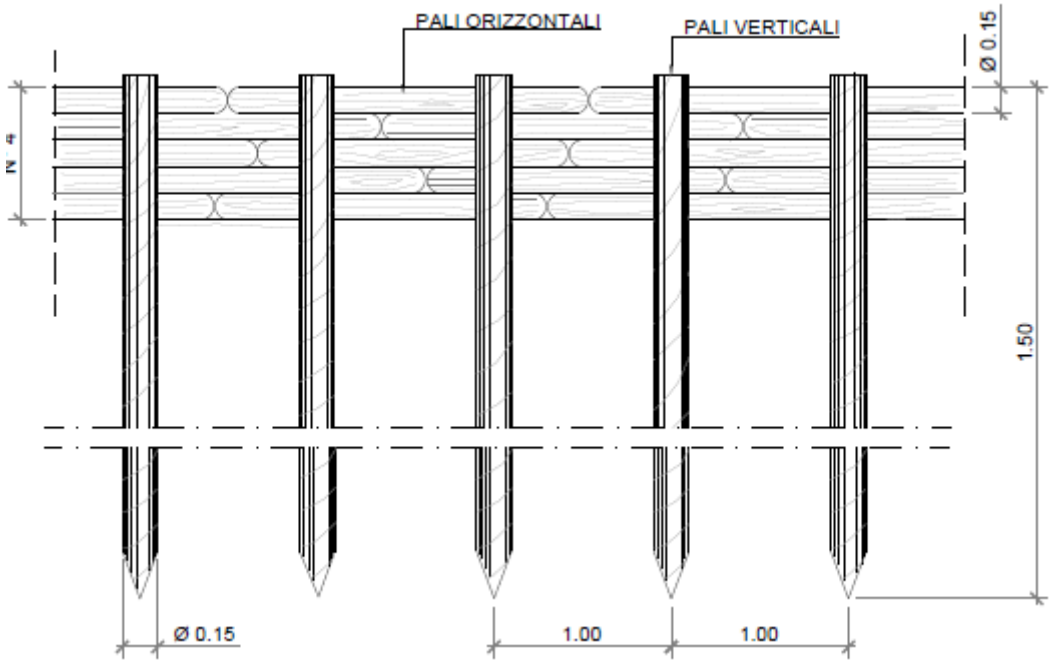


Figura 14: Palizzata in legno

Completano gli interventi un adeguato sistema di raccolta e convogliamento delle acque meteoriche superficiali.

Per approfondimenti si rimanda al documento "Studio Geotecnico della DGPV in corrispondenza dell'imbocco del Torrente S. Siro".

8 ANALISI DEL PENDIO NATURALE E VERIFICA DELLA SOLUZIONE ADOTTA

Nel presente paragrafo sono presentati i risultati delle verifiche di stabilità del versante nelle condizioni attuale. A titolo esemplificativo si riportano quelli in corrispondenza della sezione 1-1' (insistente sulle opere di imbocco in direzione ortogonale alla galleria e rappresentativa della direttrice principale della DGPV). Per approfondimenti si rimanda al documento "Studio Geotecnico della DGPV in corrispondenza dell'imbocco del Torrente S. Siro".

Dalle analisi condotte si evince un quadro di sostanziale stabilità globale del versante ad eccezione della scarpata di valle del pendio, esposta ai processi erosivi del corso d'acqua e caratterizzata da maggior acclività. Le suddette superfici di instabilità interessano prevalentemente la coltre superficiale, e parzialmente il "cappellaccio di alterazione", per uno spessore complessivo dell'ordine di 7 m nel modello sismico.

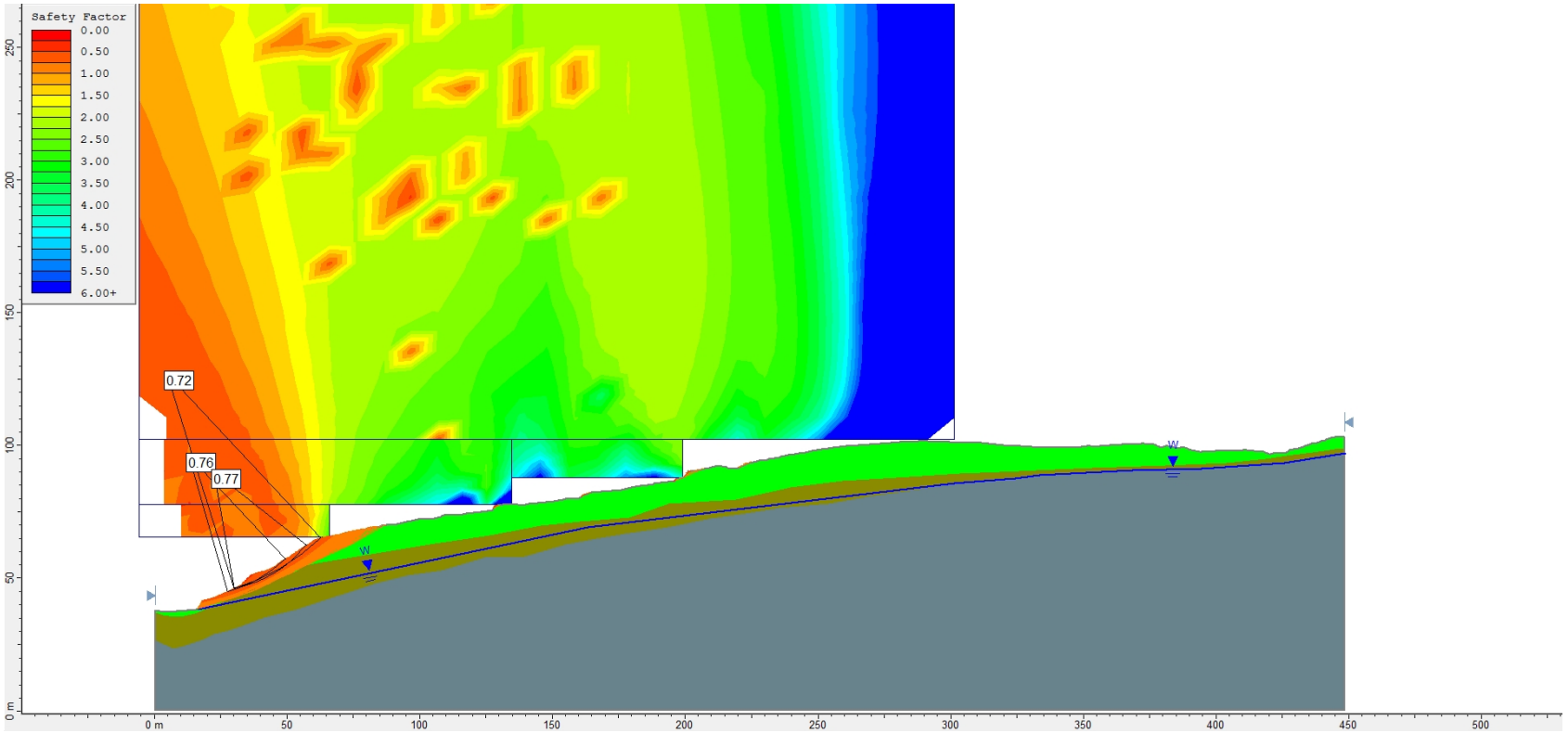


Figura 15: Sezione 1-1' – Condizioni Statiche – Metodo di Bishop

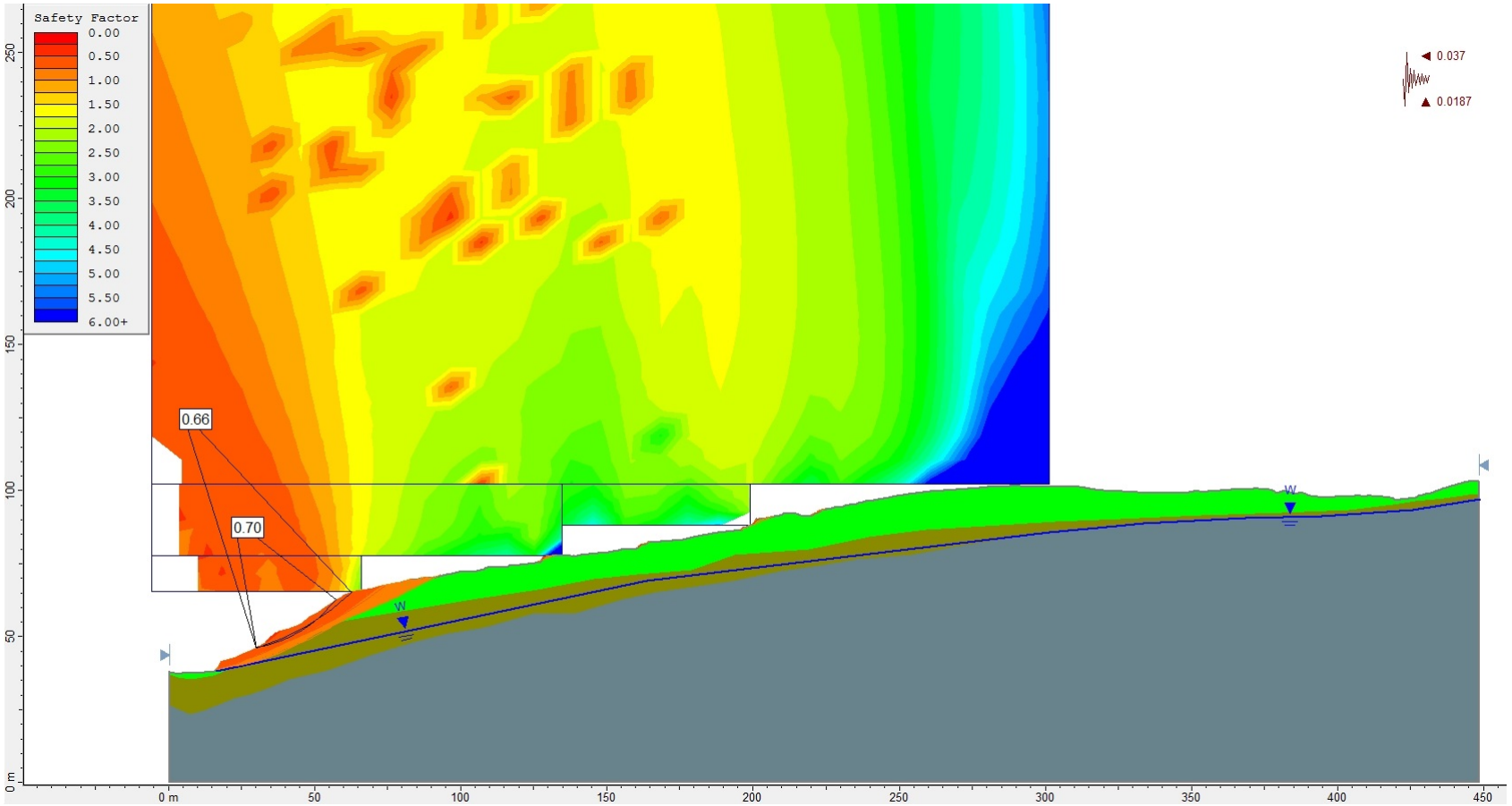


Figura 16: Sezione 1-1' – Condizioni Sismiche – Metodo di Spencer

Nel seguito si riportano per la Sezione 1-1' le analisi di stabilità del pendio tenendo conto delle opere a progetto.

Con riferimento alle potenziali instabilità del tratto di versante oggetto di intervento, il modello sottostante presenta la verifica di stabilità globale nella fase più gravosa, corrispondente allo scavo aperto in corrispondenza dell'imbocco. I risultati della modellazione mostrano, nei diversi scenari analizzati, fattori di sicurezza conformi con i requisiti previsti dalle NTC 2008, dimostrando l'efficacia delle opere previste a progetto.

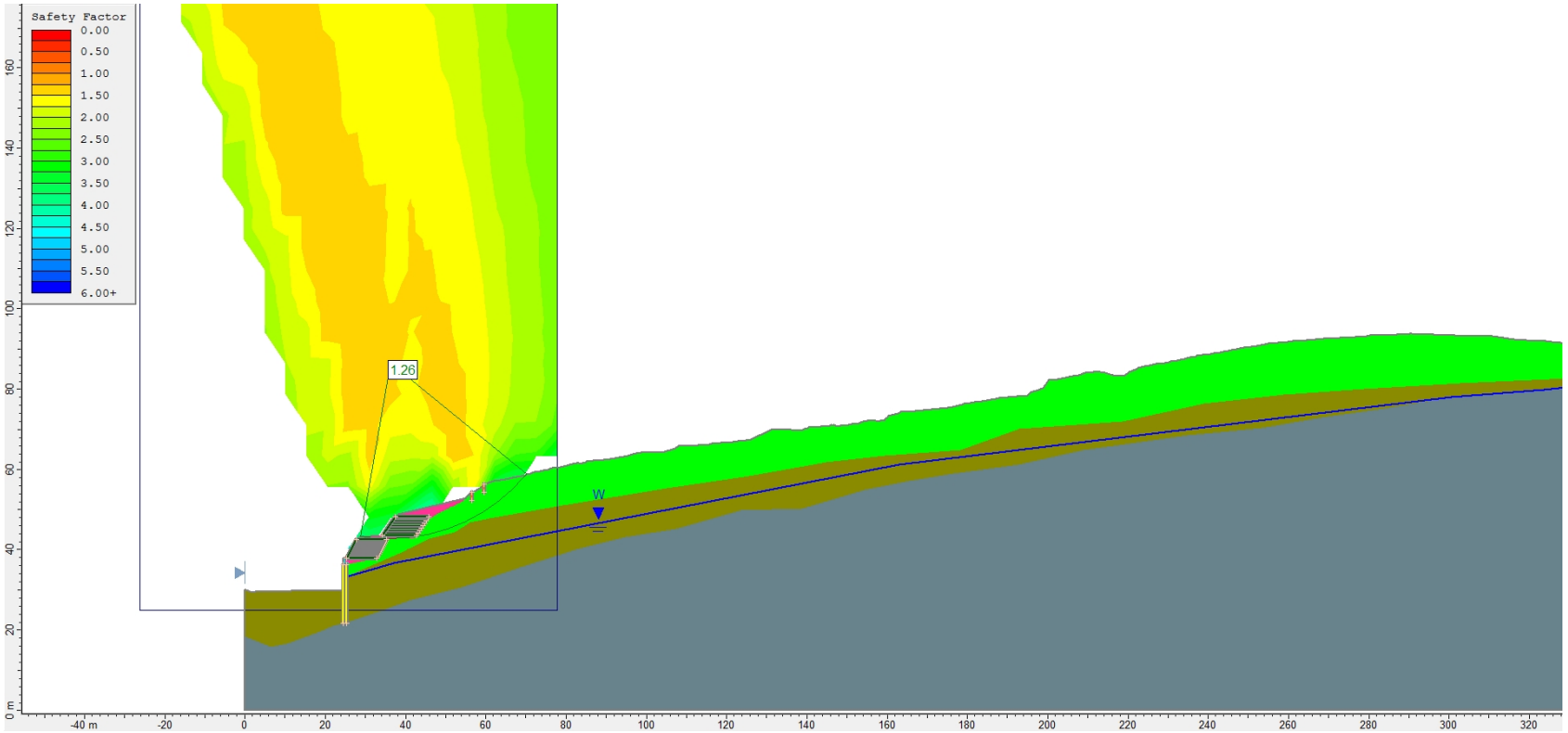


Figura 17: Sezione 1-1' – Condizioni Statiche – Metodo di Morgenstern & Price

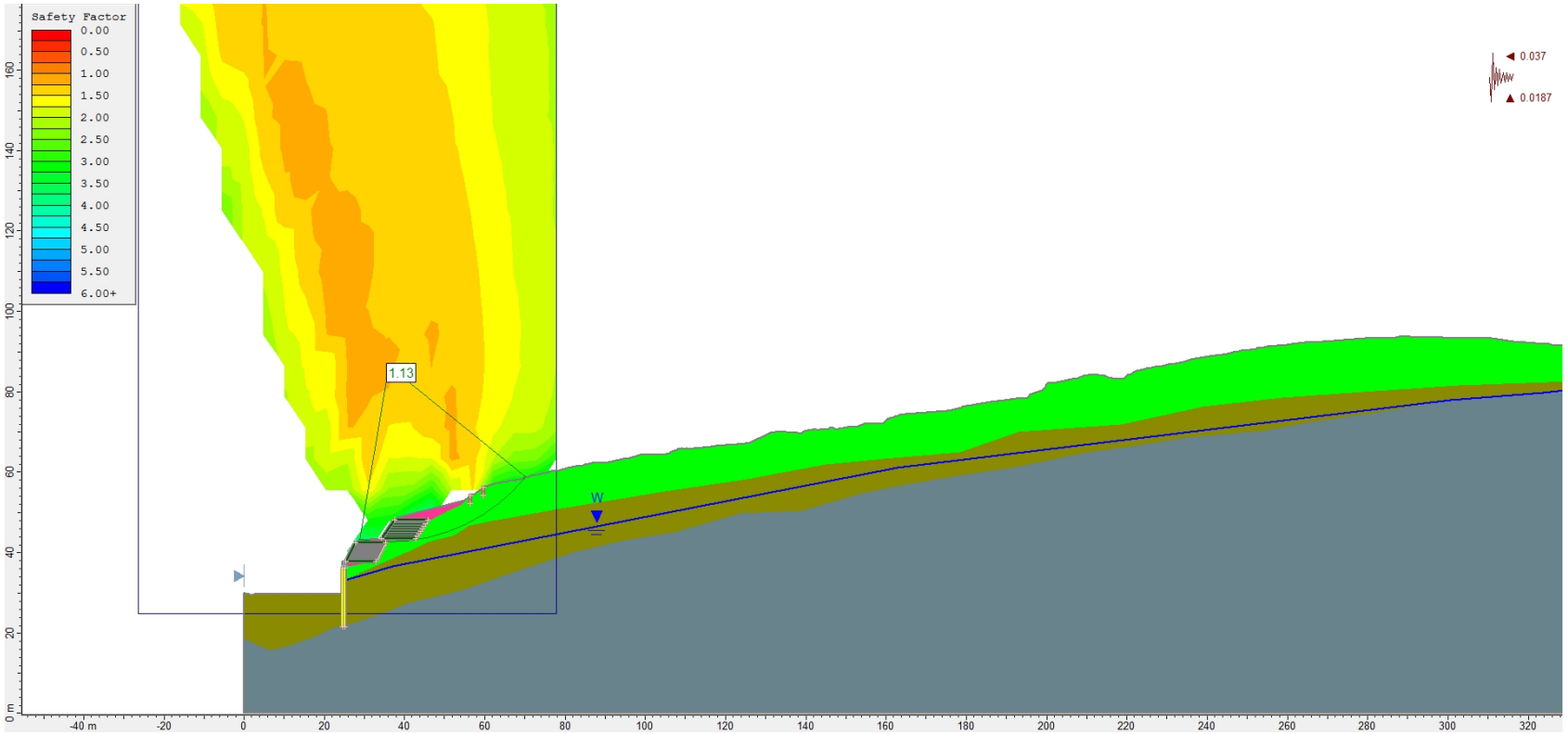
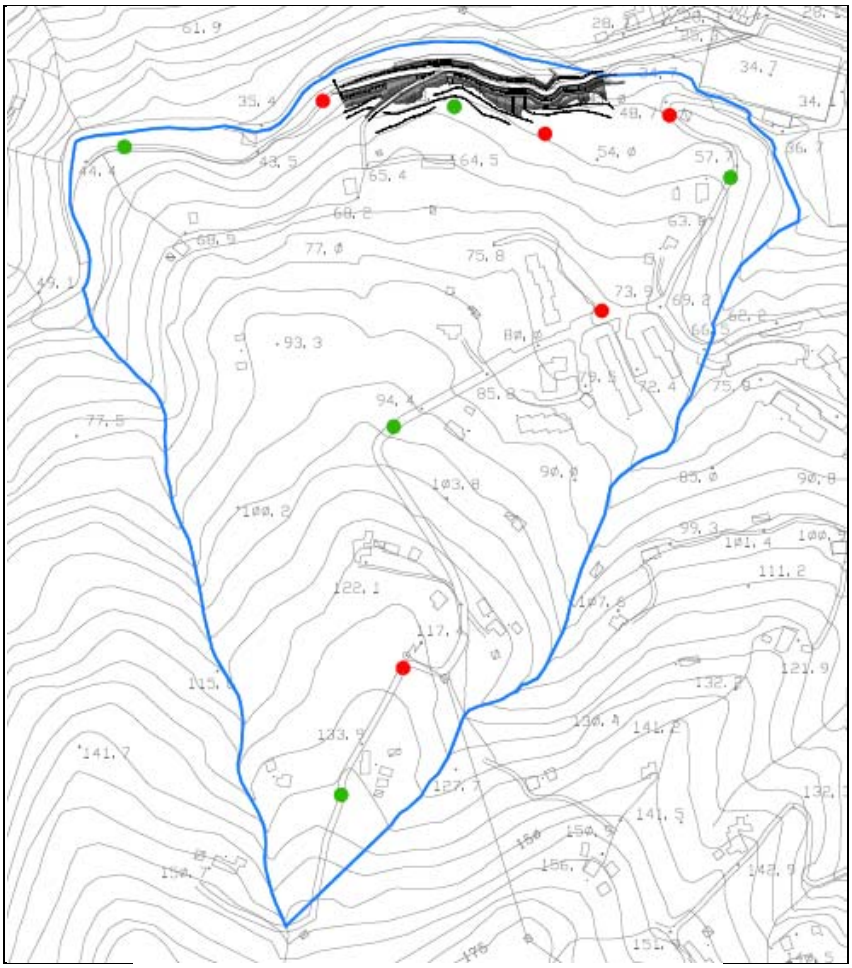


Figura 18: Sezione 1-1' – Condizioni sismiche – Metodo di Morgenstern & Price

9 PIANO DI MONITORAGGIO GEOTECNICO

In aggiunta agli interventi sopra esposti, si ritiene opportuno prevedere anche interventi di tipo "non strutturale" di mitigazione del rischio, quali un adeguato monitoraggio degli spostamenti per verificare l'effettivo stato di attività del versante.
Il piano di monitoraggio geotecnico prevede l'installazione di inclinometri e piezometri nell'area di versante mappata come Dissesto Gravitativo Profondo di Versante (DGPV) con acquisizione dei dati in remoto.

Una proposta di localizzazione della strumentazione è riportata nella figura sottostante.



LEGENDA

PERIMETRAZIONE DGPV

INSTALLAZIONE DI INCLINOMETRO E PIEZOMETRO (L=20m)

INSTALLAZIONE DI INCLINOMETRI (L=20m)

Figura 19: Proposta localizzazione strumentazione di monitoraggio

Utilizzando i dati ottenuti dalle reti di monitoraggio sarà possibile, preliminarmente all'esecuzione degli interventi a progetti:

- produrre elaborazioni statistiche;
- costruire le stratigrafie dell'area in esame;
- individuare le possibili superfici di scorrimento e i volumi interessati dal movimento;
- caratterizzare il tipo di movimento franoso e la sua evoluzione nel tempo;
- installare sistemi di pre-allarme "Early Warning", con l'invio di segnali di allarme ai cellulari.

Successivamente alla realizzazione delle opere a progetto, il sistema di monitoraggio consentirà di verificare l'efficienza delle opere di stabilizzazione/consolidamento realizzate ed effettuare un controllo strumentale delle stesse nel tempo.

10 CRONOPROGRAMMA DEGLI INTERVENTI

Il cronoprogramma delle attività, riportato in Appendice A, è stato articolato con riferimento alle macrofasi realizzative illustrate negli elaborati di progetto, a cui si rimanda per approfondimenti.

La durata complessiva delle attività è stimata in 400 giorni naturali e consecutivi ed è così suddivisa:

- Espletamento gara, esecuzione indagini preliminari e Progettazione Esecutiva: 150 giorni naturali e consecutivi;
- Realizzazione degli interventi di stabilizzazione del versante: 280 giorni naturali e consecutivi.

Eventuali ottimizzazioni delle tempistiche potranno essere concordate con l'impresa esecutrice in relazione alle esigenze di cantiere.

Si raccomanda, tuttavia, durante tutte le operazioni di scavo di mantenere aperti fronti di scavo di limitata estensione (dell'ordine massimo dei 20-30 m) per ridurre il rischio di potenziali in stabilizzazioni del versante.

11 CONCLUSIONI E RACCOMANDAZIONI

Nell'ambito della progettazione definitiva della galleria scolmatrice dei Torrenti S.Siro e Magistrato, il presente documento analizza le condizioni di stabilità del versante insistente sulle opere di imbocco. Tale necessità è emersa a fronte dell'aggiornamento della cartografia del Piano di Bacino Stralcio 15 (ultima modifica, con DGP n. 124 del 22/09/2014, entrata in vigore in data 06/10/2014), in cui si perimetra una Deformazione Gravitativa Profonda di Versante (DGPV) in destra idraulica del Torrente S.Siro interessante le opere di imbocco dello scolmatore oggetto di progettazione definitiva.

In fase propedeutica alle analisi di stabilità del versante, sono stati esaminati i dati geologici e geotecnici complessivamente disponibili con particolare riferimento all'area mappata come DGPV, comprensivi della recente indagine geognostica integrativa (Dicembre 2015). Dette informazioni, unitamente al sopralluogo condotto da D'Appolonia in Aprile 2016, consentono di delineare un quadro di sostanziale inattività del fenomeno gravitativo in oggetto.

Sulla base del modello geologico e geotecnico adottati, derivanti dalle informazioni disponibili, sono state condotte le analisi di stabilità del versante. Queste hanno evidenziato potenziali cinematismi alla base del pendio, ovvero nella porzione maggiormente acclive in prossimità dell'alveo fluviale. A fronte di tali criticità potenziali, limitatamente alla zona interessante le opere di imbocco sono state previste opere di stabilizzazione finalizzate alla messa in sicurezza del cantiere dello scolmatore e ad evitare il successivo insorgere di potenziali riattivazioni od inneschi in conseguenti alla realizzazione delle opere di imbocco.

Dal punto di vista della procedura VIA, il progetto di sistemazione della frana ottempera alla seguente prescrizione della Deliberazione VIA 2005 richiamata nel seguito:

"Dovranno essere valutate le ripercussioni della realizzazione dell'opera sulla frana quiescente localizzata in corrispondenza dell'opera di presa sul S.Siro, avvalendosi anche dell'inclinometro già in sito. In particolare si dovrà eseguire un'apposita campagna di monitoraggio articolata nelle fasi pre-intervento, durante l'intervento e post intervento. Nel caso emergano criticità innescate dalla frana in esame, si dovranno attuare opportune misure di mitigazione del rischio".

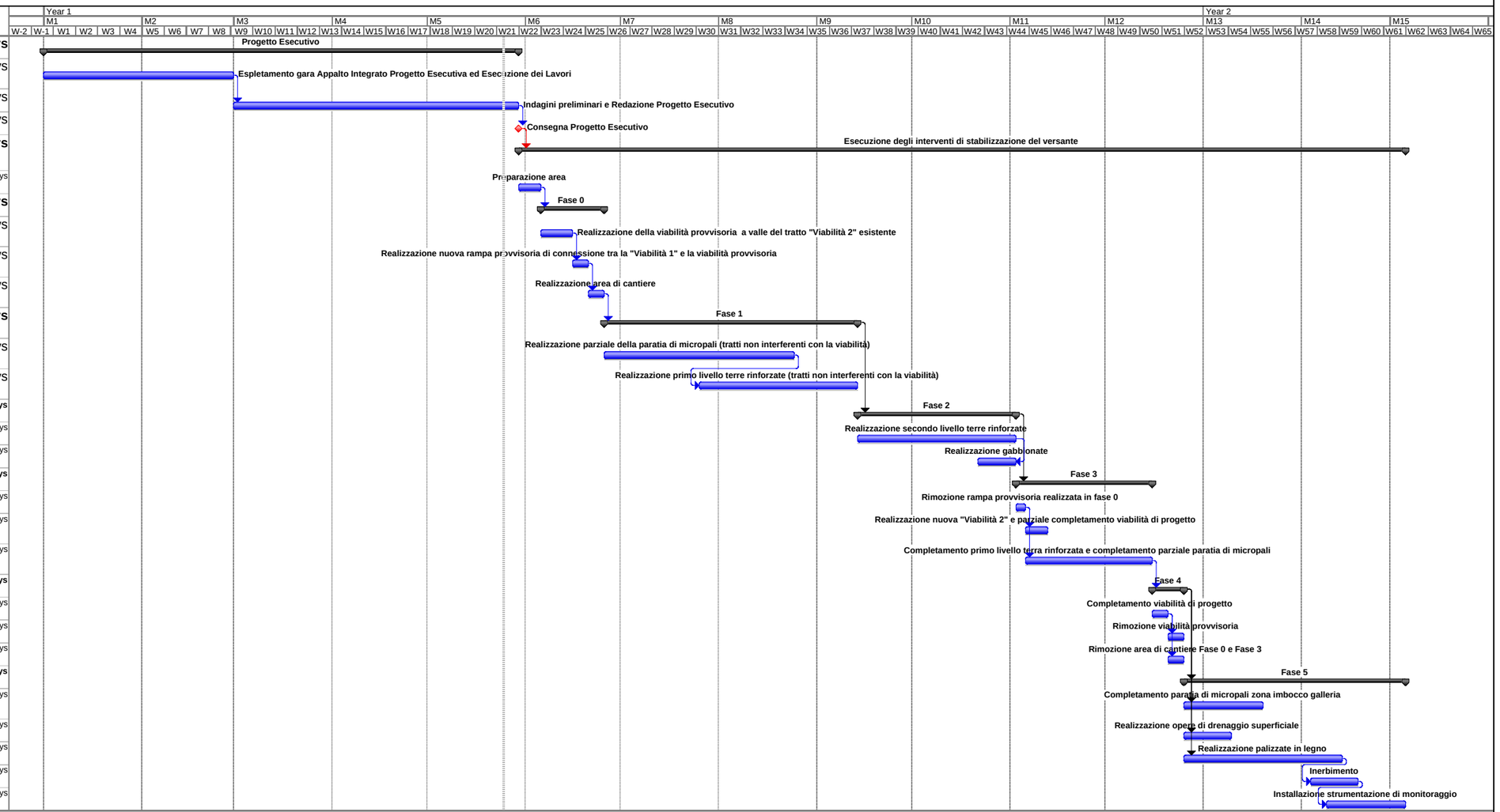
Relativamente alla restante porzione di versante, per la quale non sono previste opere, e ad integrazione degli interventi previsti nell'area oggetto di intervento, si ritiene opportuno verificare l'effettivo stato di attività del versante mediante adeguato monitoraggio degli spostamenti. Il piano di monitoraggio geotecnico prevede l'installazione di inclinometri e piezometri nell'area di versante con acquisizione dei dati in remoto.

Preliminarmente alla redazione del Progetto Esecutivo si raccomanda l'esecuzione di un'ulteriore campagna di indagini geognostiche con prelievo di campioni nella coltre e analisi di laboratorio volte a confermare le caratteristiche di resistenza dello strato in oggetto e l'esecuzione di un rilievo celerimetrico avente lo scopo di confermare l'immutata configurazione attuale dei luoghi.

APPENDICE A
CRONOPROGRAMMA DELLE ATTIVITA'

Progettazione Definitiva Interventi di mitigazione del rischio idrogeologico in prossimità della Galleria Scolmatrice del torrente S.Siro in Comune di Santa Margherita Ligure

ID	Task Name	Duration
1	**Progetto Esecutivo**	**150 days**
2	Espletamento gara Appalto Integrato Progetto Esecutiva ed Esecuzione dei Lavori	60 days
3	Indagini preliminari e Redazione Progetto Esecutivo	90 days
4	Consegna Progetto Esecutivo	0 days
5	**Esecuzione degli interventi di stabilizzazione del versante**	**280 days**
6	Preparazione area	7 days
7	**Fase 0**	**20 days**
8	Realizzazione della viabilità provvisoria a valle del tratto "Viabilità 2" esistente	10 days
9	Realizzazione nuova rampa provvisoria di connessione tra la "Viabilità 1" e la viabilità	5 days
10	Realizzazione area di cantiere	5 days
11	**Fase 1**	**80 days**
12	Realizzazione parziale della paratia di micropali (tratti non interferenti con la viabilità)	60 days
13	Realizzazione primo livello terre rinforzate (tratti non interferenti con la viabilità)	50 days
14	**Fase 2**	**50 days**
15	Realizzazione secondo livello terre rinforzate	50 days
16	Realizzazione gabbionate	12 days
17	**Fase 3**	**43 days**
18	Rimozione rampa provvisoria realizzata in fase 0	3 days
19	Realizzazione nuova "Viabilità 2" e parziale completamento viabilità di progetto	7 days
20	Completamento primo livello terra rinforzata e completamento parziale paratia di micropali	40 days
21	**Fase 4**	**10 days**
22	Completamento viabilità di progetto	5 days
23	Rimozione viabilità provvisoria	5 days
24	Rimozione area di cantiere Fase 0 e Fase 3	5 days
25	**Fase 5**	**70 days**
26	Completamento paratia di micropali zona imbocco galleria	25 days
27	Realizzazione opere di drenaggio superficiale	15 days
28	Realizzazione palizzate in legno	50 days
29	Inerbimento	15 days
30	Installazione strumentazione di monitoraggio	25 days



Task Progress Summary External Tasks Deadline
Split Milestone Project Summary External Milestone