

VARIANTE ALLA S.S. 1 "VIA AURELIA"  
Viabilità di accesso all'hub portuale di La Spezia  
Lavori di costruzione della variante alla S.S. 1 Via Aurelia - 3°Lotto  
2° Stralcio Funzionale B dallo Svincolo di Buon Viaggio allo Svincolo di San Venerio  
**COMPLETAMENTO**

PRECEDENTI LIVELLI DI PROGETTAZIONE DELL'APPALTO INTEGRATO ORIGINALE

PD n°1861 del 09/07/03 aggiornato al 10/12/08 - Delibera CIPE n°60 del 02/04/08

PE n° 103 del 14/07/2011 - D.A. CDG-103321-P del 20/07/11

PVT n°112 del 21/01/16 aggiornata al 28/10/16 - D.A. CDG-92950-P del 21/02/17

Progetto Esecutivo Cantierabile Opere da Completare

**PROGETTO ESECUTIVO**

COD. GE266

**PROGETTAZIONE: ANAS - DIREZIONE PROGETTAZIONE E REALIZZAZIONE LAVORI**

PROGETTISTA:

*Dott. Ing. Antonio Scalamandrè  
Ordine Ing. di Frosinone n. 1063*

IL GEOLOGO

*Dott. Geol. Flavio Capozucca  
Ordine Geol. del Lazio n. 1599*

COORDINATORE DELLA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE

*Geom. Emiliano Paiella*

VISTO IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO

*Dott. Ing. Fabrizio Cardone*

PROTOCOLLO

DATA

**STUDI, INDAGINI E RELAZIONI SPECIALISTICHE  
GEOTECNICA  
INTERVENTO DI PROGETTO - VERSANTE CAROZZO  
GENERALE  
RELAZIONE DESCRITTIVA DEGLI INTERVENTI**

CODICE PROGETTO

NOME FILE

T00OM00GETRE01A.dwg

REVISIONE

SCALA

PROGETTO

LIV. PROG.

DPGE0266 E 20

CODICE  
ELAB.

T00OM00GETRE01

A

-

D

C

B

A

Emissione

Luglio 2020

Ing.

Ing.

Ing.

REV.

DESCRIZIONE

DATA

REDATTO

VERIFICATO

APPROVATO

## VARIANTE ALLA S.S.1 “VIA AURELIA”

Viabilità di accesso all’hub portuale di La Spezia

Lavori di costruzione della variante alla S.S. 1 Via Aurelia – 3°Lotto

2°Stralcio Funzionale B dallo Svincolo di Buon Viaggio allo Svincolo di San Venerio

### COMPLETAMENTO



Studio Geotecnico del versante Carozzo interessato dalla Galleria Felettino I  
RELAZIONE DESCRITTIVA DEGLI INTERVENTI DI STABILIZZAZIONE

-	24.07.2020	AGI	CR
<b>Versione</b>	<b>Data</b>	<b>Redatto</b>	<b>Verificato</b>

**Lombardi Ingegneria S.r.l. – Socio Unico**

Via Giotto 36, IT-20145 Milano

Telefono +39 02 583 03 324, Fax +39 02 583 03 190

milano@lombardi.group, www.lombardi.group

Unità locale Torino

Via R. Montecuccoli 9, IT-10121 Torino, Italy

Telefono: +39 011 192 149 20, Fax: +39 02 583 03 190

torino@lombardi.group, www.lombardi.group

## INDICE

1.	INTRODUZIONE	2
2.	DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO	3
3.	CENNI DI GEOLOGIA DELL'AREA	4
3.1	Inquadramento geomorfologico	4
3.2	Le Unità Litologiche	5
4.	LA CAMPAGNA GEOGNOSTICA 2018 - 2019	6
4.1	Il monitoraggio eseguito durante la campagna geognostica	7
4.2	Il cinematiso di frana	9
4.3	Il profilo stratigrafico del versante e le unità geotecniche	10
5.	GLI INTERVENTI DI CONSOLIDAMENTO DEL VERSANTE	13
5.1	I drenaggi a gravità	15
5.2	I pozzi drenanti ed il sistema di scarico	16

## 1. INTRODUZIONE

Il presente documento, redatto nell'ambito della fase di completamento del Progetto Esecutivo "Variante alla S.S. n. 1 Aurelia (Aurelia bis) - Viabilità di accesso all'hub portuale di La Spezia", si propone di descrivere gli interventi di consolidamento del versante in frana che interferisce con il tracciato della galleria "Felettino I" nel tratto in cui la galleria sarà realizzata in artificiale (dalla pk 2+290 alla pk 2+460 circa), a valle dell'abitato di Carozzo.

Per le verifiche e i dimensionamenti degli interventi si rimanda alla specifica documentazione di progetto (11).

Nel seguito saranno presentati i seguenti temi:

- breve inquadramento geologico e geomorfologico dell'area in frana;
- sintesi dei risultati della campagna geognostica 2018-2019 appositamente programmata e messa in atto da Anas per la ricostruzione del modello di frana del versante di Carozzo;
- caratteristiche del cinematismo di frana e modello geotecnico di progetto;
- descrizione degli interventi di consolidamento del versante per la stabilizzazione degli eventi franosi.

## 2. DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO

1. Relazione geologica illustrativa dei risultati dello studio geologico dell'areale di Carozzo (SP); Maggio 2019.
2. T00GE00GETRE01A – Relazione geotecnica e sismica – Versante di Carozzo.
3. T00GE00GETRE02A – Relazione di analisi del monitoraggio – Versante di Carozzo.
4. Carta Geologica\_2019
5. Carta Geomorfologica
6. T00GE00GETFG01A – Profilo geotecnico – Versante di Carozzo
7. T00GE00GETSG01A Sezioni geotecniche 1/4 – Sezione Geotecnica 1-1'
8. T00GE00GETSG02A Sezioni geotecniche 2/4 – Sezione Geotecnica 2-2'
9. T00GE00GETSG03A Sezioni geotecniche 3/4 – Sezione Geotecnica 3-3' e 4-4'
10. T00GE00GETSG04A Sezioni geotecniche 4/4 – Sezione Geotecnica 5-5'
11. T00OM00GETRE03A Versante di Carozzo - Relazione di calcolo geotecnico
12. T00OM00GETRE02A Versante di Carozzo - Relazione del modello 3D della frana



### 3. CENNI DI GEOLOGIA DELL'AREA

#### 3.1 Inquadramento geomorfologico

Il versante oggetto di indagine è ubicato ad Ovest della dorsale che divide il Golfo di La Spezia dalla bassa Val di Magra, nei pressi dell'abitato di Carozzo, come mostrato nella Figura 1. I territori interessati appartengono ai comuni di La Spezia e di Vezzano Ligure.



Figura 1 - Ubicazione dell'area di studio e foto area (2016)

L'area di studio si sviluppa a quote comprese tra circa 30 e 210 m s.l.m. su di un versante esposto a SO, la cui porzione superiore risulta fortemente antropizzata in corrispondenza del sopracitato abitato, mentre la porzione sottostante, pur essendo meno antropizzata è interessata da rimodellamento antropico sottoforma di terrazzamenti agricoli, attualmente in uso.

Nelle cartografie ufficiali la zona viene considerata in frana, anche se con perimetrazioni diverse.

La documentazione testimonia di eventi morfologici e gravitativi in continua evoluzione, con episodi di innesco di porzioni di versante circoscritte o più estese, e che si evolvono nel tempo. Un contesto geologico di tale natura merita dunque una attenzione particolare alla luce della realizzazione della galleria "Felettino I", il cui tracciato lambisce il piede del versante.

### **3.2 Le Unità Litologiche**

Sul settore di versante oggetto di studio è possibile distinguere due unità tettoniche principali, denominate Unità Canetolo e Unità Bratica s.l..

L'Unità Canetolo è composta dalle Argille e Calcari di Canetolo (parte bassa della stratigrafia locale), al cui tetto si trova una lente abbastanza circoscritta di Calcari di Groppo del Vescovo. Le Argille e Calcari di Canetolo affiorano nell'area di studio prevalentemente sottoforma di argilliti foliate molto deformate in cui sono immersi sporadici livelli lentiformi di calcilutiti.

I Calcari di Groppo del Vescovo affiorano a Ovest di Villa Castagnola, e sono geometricamente posti al di sopra delle Argille e Calcari di Canetolo; gli affioramenti si presentano come calcari e calcari marnosi in cui si intercalano livelli più o meno spessi di argilliti.

L'Unità Bratica s.l. nell'area di studio (parte alta della stratigrafia locale) è suddivisibile in tre sub-unità, denominate uB1, uB2 e uB3, separate da contatti tettonizzati, nel dettaglio:

- L'unità uB1 è quella geometricamente più bassa e poggia direttamente sulla sottostante Unità Canetolo. Essa è rappresentata prevalentemente da calcari marnosi, marne siltose e argilliti, spesso micacee.
- L'unità sovrastante uB2 si presenta invece sottoforma di argilliti e siltiti subordinate, con intercalazioni più carbonatiche sottoforma di strati calcarei.
- L'unità più alta, uB3, rispecchia una facies prevalentemente silicoclastica sottoforma di siltiti, argilliti e arenarie fini, raramente anche a granulometria medio-grossolana, in strati da centimetrici a decimetrici.

Dal punto di vista geologico-strutturale, nell'area di studio, l'Unità Bratica s.l. è coinvolta da contatti tettonici riconducibili ai sistemi di faglie a basso angolo che interessano l'entroterra della Spezia. Il contatto basale Arenarie di Bratica - Calcari di Canetolo, ne rappresenta localmente l'espressione di primo ordine, elidendo progressivamente verso nord-est la sub-unità basale uB1 e portando uB2 direttamente a contatto con l'Unità Canetolo. L'elisione tettonica si manifesta attraverso zone di taglio, di spessore pari a diversi metri, in cui il protolite originario viene profondamente deformato e disarticolato, producendo delle rocce di faglia maggiormente esposte all'alterazione chimico-fisica, già di per sé molto spinta nei litotipi presenti nella zona.

Nell'Unità Bratica s.l. si riconosce, inoltre, una strutturazione in treni di pieghe asimmetriche mediamente vergenti verso NE con assi a direzione appenninica.

All'unità Bratica appartengono i terreni coinvolti nei movimenti gravitativi che interessano il versante.



## 4. LA CAMPAGNA GEOGNOSTICA 2018 - 2019

Tra la fine dell'anno 2018 e l'inizio del 2019, con il fine di aggiornare e integrare il Modello Geologico e Geotecnico del versante a valle dell'abitato di Carozzo, ANAS S.p.a. ha commissionato alla società SOCOTEC ITALIA Srl l'esecuzione di una nuova campagna d'indagini dirette e indirette.

In effetti, le precedenti campagne geognostiche, condotte nella fase della progettazione Definitiva ed Esecutiva, risultavano focalizzate sulle formazioni più profonde che sarebbero state interessate dallo scavo della galleria naturale "Felettino I", e dunque, la caratterizzazione dei terreni del versante, soprattutto delle coltri più superficiali soggette ai fenomeni gravitativi, rimaneva lacunosa.

Le nuove indagini geognostiche e geofisiche appartenenti all'ultima campagna sono state eseguite sia in prossimità dell'imbocco Sud della galleria "Felettino I", sia sulla restante parte del versante a valle di Carozzo.

Le nuove indagini hanno previsto:

- 7 sondaggi a carotaggio continuo;
- 3 sondaggi a distruzione di nucleo;
- Installazione di 4 colonne inclino-piezometriche automatiche di tipo DMS;
- Installazione di 4 colonne inclino-piezometriche automatiche di tipo MUMS;
- Installazione di 1 tubo inclinometrico per la lettura con sonda manuale;
- Installazione di 1 piezometro a tubo aperto;
- 5 stendimenti di sismica a rifrazione (SRT, onde P ed Sh);
- 1 stendimento di sismica a riflessione;
- 5 indagini tomografiche di resistività elettrica (ERT);

Nei fori di sondaggio sono state eseguite una serie di prove in situ (prove SPT, prove pressiometriche, prove Lugeon, prove dilatometriche) e sui campioni di terreno e roccia prelevati nel corso delle perforazioni sono state eseguite prove di laboratorio geotecnico.

Per il dettaglio delle indagini, delle risultanze dei carotaggi e delle prove di sito e di laboratorio si rimanda agli specifici elaborati (doc. 2).



Figura 2 - Planimetria con ubicazione delle postazioni sulla verticale eseguite nella campagna 2018-2019

#### 4.1 Il monitoraggio eseguito durante la campagna geognostica

Nella campagna geognostica 2018-2019 è stata installata la seguente strumentazione geotecnica:

- 4 catene inclinometriche automatiche tipo MUMS (*Modular Underground Monitoring System*), provviste di sensori piezometrici automatici per la misura della falda;
- 4 catene inclinometriche automatiche di tipo DMS (*Differential Monitoring of Stability*), provviste di sensori piezometrici automatici per la misura della falda;
- 1 tubo inclinometrico tradizionale, nel quale è prevista la misura per mezzo della sonda inclinometrica manuale;
- 1 piezometro a tubo aperto.

La strumentazione automatica, sia del tipo MUMS sia del tipo DMS, consente la misura in continuo degli spostamenti e delle variazioni della falda; per informazioni di dettaglio sulla tecnologia e gli strumenti si rimanda alla documentazione specifica.

Il dettaglio dei dati rilevati in sito durante il monitoraggio dell'ultima campagna indagini è riportato nella relazione "Relazione sul modello della frana e analisi del monitoraggio eseguito" (doc. 3); in questa sede verranno solo richiamati gli elementi più significativi scaturiti dal monitoraggio, che hanno

costituito la base per l'interpretazione del fenomeno gravitativo che affligge il versante. Per ulteriori dettagli si rimanda alla relazione succitata.

Il monitoraggio inclinometrico nel periodo da febbraio 2018 al giugno 2019 ha evidenziato le seguenti profondità di movimento:

- **SF DMS** movimenti tra i **-4 e -6 m da p.c.**
- **SF MUMS** movimenti tra **-3 e -5 m da p.c.**
- **SG MUMS** movimenti tra **-6 e -8 m da p.c.**
- **SE DMS** movimenti tra **-7 e -9 m da p.c.**
- **SC MUMS** movimenti tra **-6 e -10 m da p.c.**
- **SD DMS** movimenti tra **-13 e -15 m da p.c.**
- **SA DMS** nessun movimento registrato
- **SB INCL** nessun movimento registrato

L'entità degli spostamenti cumulati alla testa degli strumenti raggiunge il valore massimo nel sondaggio SF DMS (circa 18 mm), a monte del versante, e si riduce progressivamente procedendo verso valle.

L'azimut dei movimenti tende a convergere per tutte le verticali nella direzione di massima pendenza del versante (N-O); l'unica eccezione si riscontra nel sondaggio SF MUMS, su cui persistono dubbi di affidabilità. Ciò induce a pensare che il movimento gravitativo interessi l'intera porzione del versante, limitata lateralmente dalle due incisioni presenti, e in basso dalla zona compresa tra l'inclinometro SA DMS e SB INCL, che non hanno registrato movimenti nel periodo di osservazione.

Per quanto riguarda le misure piezometriche, i dati provenienti dai sensori installati nei sondaggi eseguiti, evidenziano le seguenti variazioni della posizione della falda freatica nel periodo di monitoraggio:

- **SF DMS** variazione della falda tra -0,85 e -1,2 m da p.c.
- **SF MUMS** la falda risulta a piano campagna.
- **SG MUMS** variazione della falda tra -7 e -8 m da p.c.
- **SE DMS** variazione della falda SENSORE 1 (10 m) a -3,85 m da p.c. con delta di 1,55 m; SENSORE 2 (20 m) con variazioni minori (non indicato) con delta di 0,25 m.
- **SC MUMS** variazione della falda tra -5 e -6 m da p.c.
- **SD DMS** variazione della falda SENSORE 1 (10 m) a -4,84 m da p.c.; SENSORE 2 (25 m) a -9,5 m da p.c., con delta di variazione per entrambi i sensori di <0,2 m.
- **SA MUMS** variazione della falda tra i -4,5 e -5 m da p.c.
- **SA DMS** variazione della falda SENSORE 1 (12 m) tra i -9,15 e -9,9 m da p.c. con delta massimi di 2m ca; SENSORE 2 (40 m), le variazioni sono decisamente minori (0,5 m) con un trend medio crescente nel periodo.
- **SB PZ** variazione della falda tra -9,3 e -10,15 m da p.c.

L'escursione della falda è di circa 1-2 m; nei piezometri ubicati a monte del pendio, la falda è molto superficiale, prossima al piano campagna; a valle invece il livello freatico si approfondisce

gradualmente, restando comunque sempre al di sopra della superficie di scorrimento rilevata dagli inclinometri.

## 4.2 Il cinematiso di frana

Le registrazioni dei movimenti con gli inclinometri insieme alle letture piezometriche nelle stesse verticali hanno reso possibile la ricostruzione dell'andamento plano-altimetrico della superficie di scivolamento basale e la comprensione dei meccanismi d'innescò dei cinematismi osservati durante l'ultima campagna indagini.

Ciò che si deduce dalle osservazioni di sito è che il fenomeno franoso si estende verosimilmente dalla porzione medio-alta del versante, all'incirca da quota 140 m s.l.m, in corrispondenza dell'abitato di Carozzo, fino alla parte medio-bassa del versante, a circa quota 70 m s.l.m.. Non si esclude inoltre, sebbene con maggior incertezza, che la superficie di scivolamento possa anche estendersi fino a circa quota 60 m s.l.m.. In effetti sebbene l'inclinometro SA DMS, posto al piede del pendio, non abbia rilevato spostamenti nel periodo di osservazione, le precedenti campagne d'indagine, e nello specifico quella condotta nel periodo 2014-2016, aveva nella stessa area rilevato spostamenti alla profondità di 9 m.

Dal punto di vista areale, il settore di versante in frana dovrebbe essere compreso tra le due principali incisioni presenti a valle dell'abitato di Carozzo.

Il confronto dei moduli di spostamento con le registrazioni del livello della falda ha evidenziato, in numerosi casi, un chiaro legame tra l'attivazione dei movimenti e i principali episodi meteorici avvenuti nel periodo di monitoraggio, responsabili, questi ultimi, del rialzo del livello della falda freatica. A titolo di esempio, la Figura 3 riporta la sovrapposizione degli spostamenti e delle quote piezometriche del sondaggio SE con i dati pluviometrici della stazione meteo vicina al versante (Monte Beverone).

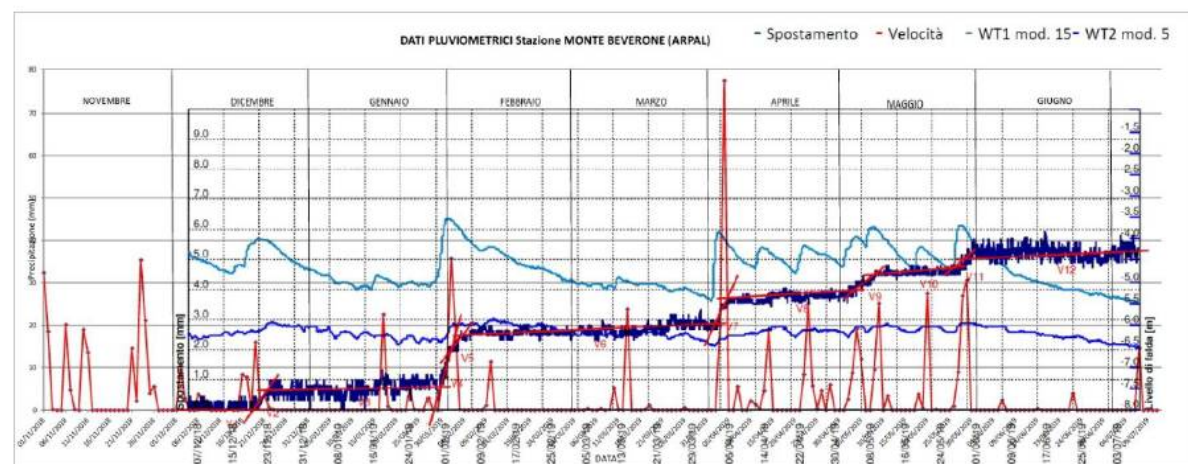


Figura 3 - Sovrapposizione grafico modulo di spostamento – monitoraggio piezometrico sondaggio SE con le precipitazioni cumulate nel periodo Novembre 2018-Maggio 2019 registrate dalla stazione pluviometrica di Monte Beverone.

Il monitoraggio ha permesso di evidenziare che nei periodi scarsamente piovosi o in generale privi di fenomeni meteorici intensi, non si registrano movimenti significativi. Questo fatto avvalorava il presupposto del legame diretto tra l'apporto meteorico fornito dalle precipitazioni, registrato con le variazioni della falda freatica, e l'attivazione dei movimenti. L'assenza di movimenti nei periodi asciutti presuppone, probabilmente, l'assenza di fenomeni viscosi o in generale di scivolamenti lenti e continui. Più verosimilmente, il fenomeno è caratterizzato da movimenti puntuali, con tempi d'innescio repentini alternati a periodi di generale arresto.

Dal punto di vista della profondità, i dati acquisiti confermano il carattere superficiale del fenomeno franoso, che assume spessore massimo di circa 15 m in corrispondenza del sondaggio SD-DMS. I movimenti riconosciuti come certi sono perciò localizzati esclusivamente all'interno dei depositi incoerenti di natura eluvio-colluviale e nella porzione superiore del substrato roccioso, intensamente alterato e in taluni casi da parzialmente destrutturato ad inconsistente ed argillificato.

#### **4.3 Il profilo stratigrafico del versante e le unità geotecniche**

In base a quanto osservato nell'ultima campagna indagini è stato definito il modello litostratigrafico del pendio e, in particolare, sono state individuate e riconosciute 3 principali Unità Geotecniche in grado di descrivere il comportamento geotecnico medio del sottosuolo indagato.

Nel dettaglio:

- Unità UG1: è l'unità più superficiale, inglobante sia i depositi eluvio-colluviali che la porzione superiore del substrato roccioso che si presenta alterata e fortemente destrutturata per effetto dei processi gravitativi che si sono succeduti negli anni. Si caratterizza, nelle zone più superficiali, per un colore che va dal giallastro al marrone bruno, con frequenti e diffuse tracce di ossidazione; nelle porzioni più profonde invece, i terreni assumono un colore grigiastro e si presentano con un grado maggiore di consistenza/addensamento. A sua volta questa unità si suddivide in 2 sub – unità: UG1b, costituita dalle porzioni di unità UG1 interessate dai fenomeni gravitativi, e UG1a, che rappresenta invece la sub unità al di sotto della superficie basale ricostruita dalle indagini e non interessata, dunque, dai cinatismi di frana;
- Unità UG2: orizzonte intermedio, costituito dal substrato roccioso indifferenziato, con ammasso roccioso generalmente di aspetto litoide, di debole resistenza, costituito da argilliti, calcari, calcari marnosi, marne siltose e siltiti, da fratturato a molto fratturato, con porzioni da poco consistenti a inconsistenti.
- Unità UG3, è costituita da ammasso roccioso in maggioranza tettonizzato, da molto disturbato a parzialmente destrutturato-brecciato.

La Figura 4 riporta il profilo stratigrafico del versante nella sezione di massima pendenza:



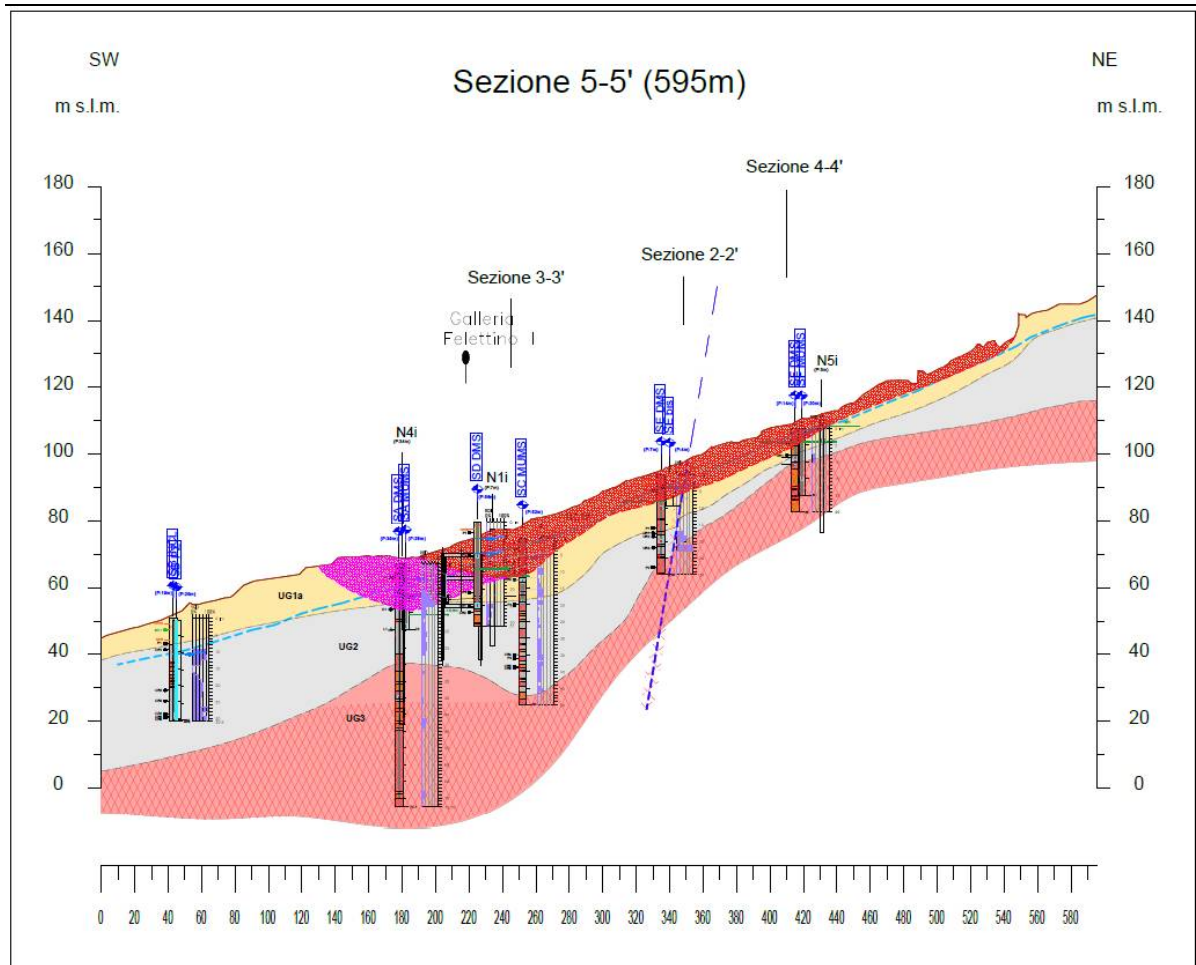


Figura 4 - Sezione geotecnica 5-5', ricostruita lungo la massima pendenza del versante nel settore identificato in frana. Con la campitura puntinata rossa è indicata l'area in frana riconosciuta come certa, con la campitura puntinata magenta l'area in frana riconosciuta come incerta, entrambe ricadenti nell'unità UG1b, in giallo l'unità UG1a (non in frana), in grigio l'unità UG2 e in rosso l'unità UG3

La **Tabella 1** riporta le caratteristiche meccaniche ed idrauliche delle differenti unità geotecniche individuate:

Unità Geotecnica	$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	$\phi$ (°)	$c'$ (kPa)	E (MPa)	k (m/s)
UG1b	20,0	19,0	5,0	15,0	1,00E-05
UG1a	20,0	22,0	10,0	50,0	1,00E-06
UG2	24,0	--	--	600,0	1,00E-07
UG3	24,0	--	--	100,0	1,00E-06

**Tabella 1:** Parametri meccanici delle unità geotecniche del Versante di Carozzo

È importante sottolineare che la caratterizzazione meccanica e idraulica dei terreni del corpo di frana del versante Carozzo è stato oggetto di specifiche retro-analisi che, partendo dai dati

inclinometrici e piezometrici monitorati nel corso dell'ultima campagna geognostica, hanno permesso la creazione di un complesso e strutturato modello 3D per la simulazione dei movimenti del versante (doc. 12).

Analogamente, per la conferma dei valori di permeabilità dei diversi terreni tipo, è stata svolta una modellazione idrogeologica del versante, a partire dai dati piezometrici ed idrologici. Scopo dello studio è stata la definizione delle conducibilità idrauliche rappresentative delle differenti unità geotecniche, in termini di valori di ammasso piuttosto che puntuali, tramite la correlazione dei dati raccolti e dal loro adattamento alle evidenze misurate in termini di apporti meteorici e livelli piezometrici.

I risultati delle simulazioni per la caratterizzazione meccanica sono parte integrante del modello geotecnico utilizzato e sono riassunti in **Tabella 1**.



## 5. GLI INTERVENTI DI CONSOLIDAMENTO DEL VERSANTE

A valle dello studio di retro-analisi sul pendio (doc. 12) e delle analisi geotecniche (doc. 11), sono stati individuati e progettati gli interventi di consolidamento del versante in frana. Essi consistono nella realizzazione di drenaggi a gravità in corrispondenza del piede del versante (proprio a tergo del paramento di monte della tratta in artificiale della galleria "Felettino I") e del suo coronamento e in una batteria di pozzi drenanti nella zona centrale del versante.

Le figure riportate in basso illustrano la distribuzione degli interventi sul versante.

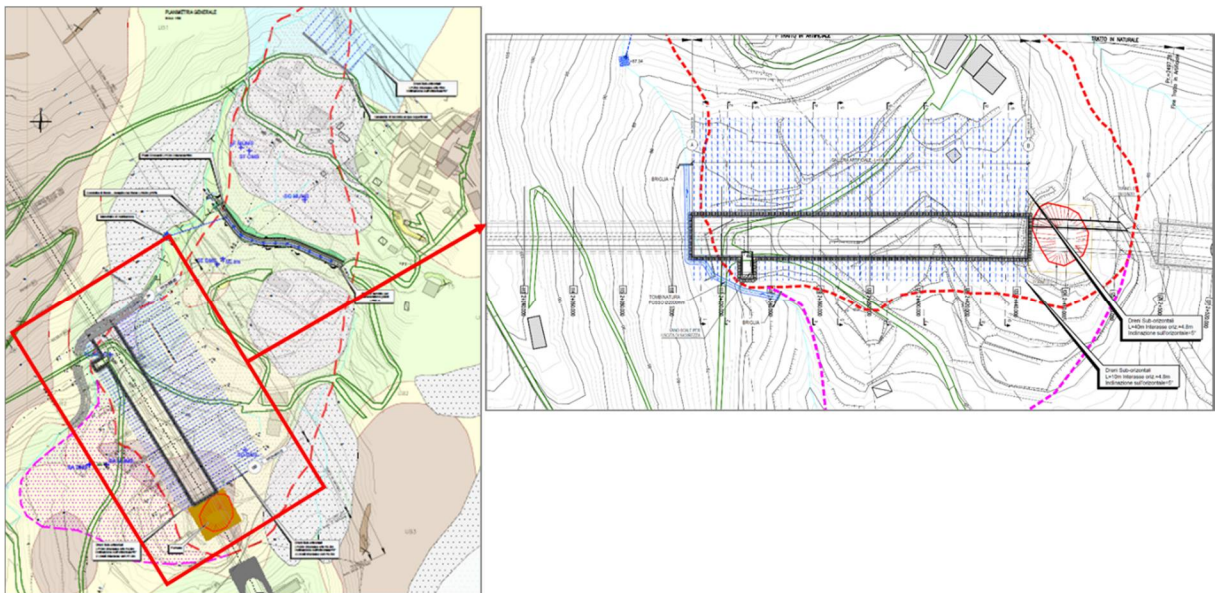


Figura 5 - Interventi di consolidamento sul Versante di Carozzo: drenaggi a gravità galleria artificiale Felettino I

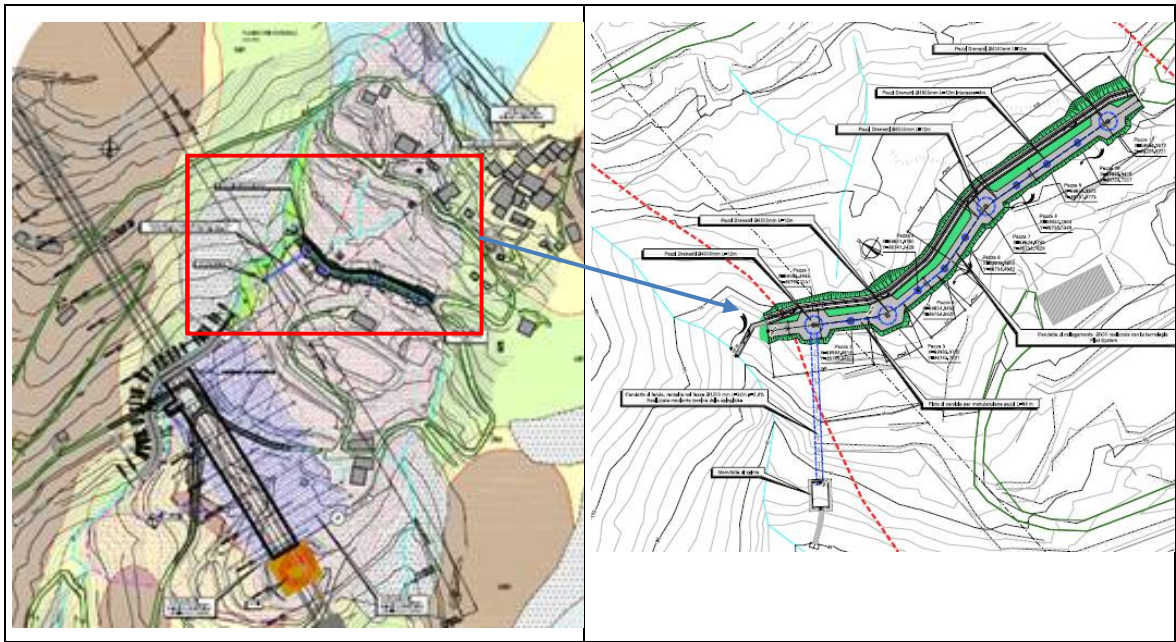


Figura 6 - Interventi di consolidamento sul Versante di Carozzo: Pozzi drenanti a metà pendio

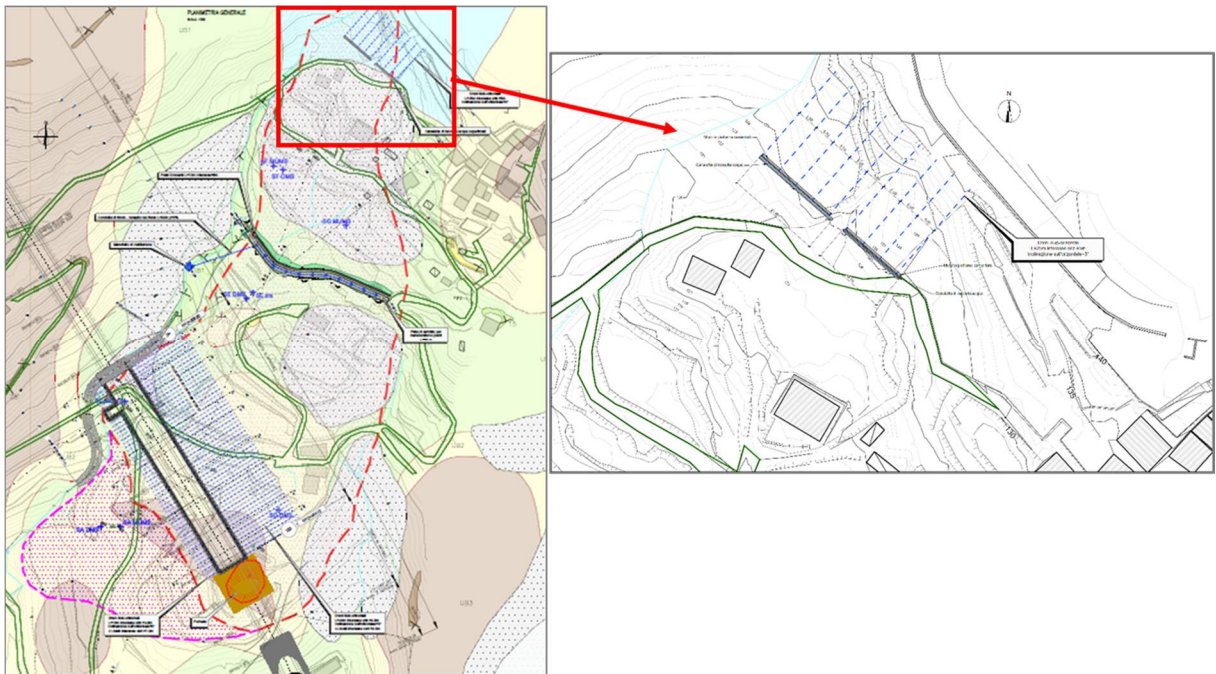


Figura 7 - Interventi di consolidamento sul Versante di Carozzo: Drenaggi sub-orizzontali a monte del versante

### 5.1 I drenaggi a gravità

Il sistema drenante in corrispondenza del paramento di monte della GA è costituito da quattro livelli di dreni sub-orizzontali di lunghezza pari a 40 m, interasse orizzontale di 4,8 m e interasse verticale di circa 4 m. L'intervento, al massimo dell'efficienza, consente di abbattere il livello di falda al di sotto della superficie di scorrimento, garantendo la stabilizzazione del versante nella zona del piede. Le acque intercettate dai dreni scaricano direttamente all'interno della galleria, vengono raccolte in apposita canaletta sagomata in corrispondenza del solettone di base della struttura e, infine, sono smaltite nel corpo recettore.

Al fine di garantire la stabilità anche del corpo del versante a valle della GA, sono previsti due livelli di drenaggi anche sul paramento di valle della galleria; in questo caso di lunghezza pari a 10 m.

La figura in basso riporta una sezione della galleria artificiale con la rappresentazione degli interventi di drenaggio:

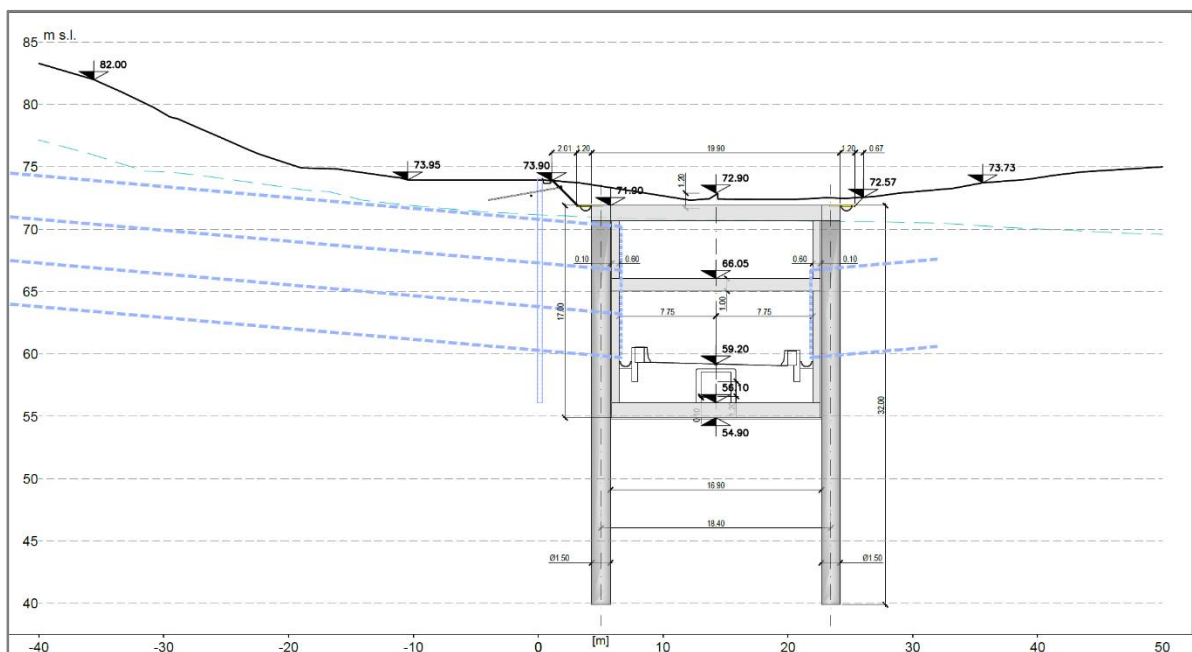


Figura 8 - Interventi di consolidamento del versante Carozzo in corrispondenza della GA 'Felettino I': drenaggi a gravità

A monte del versante, in corrispondenza del coronamento di frana, sarà realizzata una fila di dreni sub-orizzontali di lunghezza  $L=25$  m, interasse orizzontale pari a 5 m ed inclinazione sull'orizzontale di  $3^\circ$ . La piccola incisione sul versante per la realizzazione dell'intervento sarà sostenuta da un muretto a gravità in pietrame cementato di altezza 1,2 m alla cui base sarà sagomata una cunetta di raccolta delle acque scolate dai dreni che provvederà a indirizzare le acque verso il corpo recettore.

La figura in basso riporta la sezione tipologica dell'intervento:



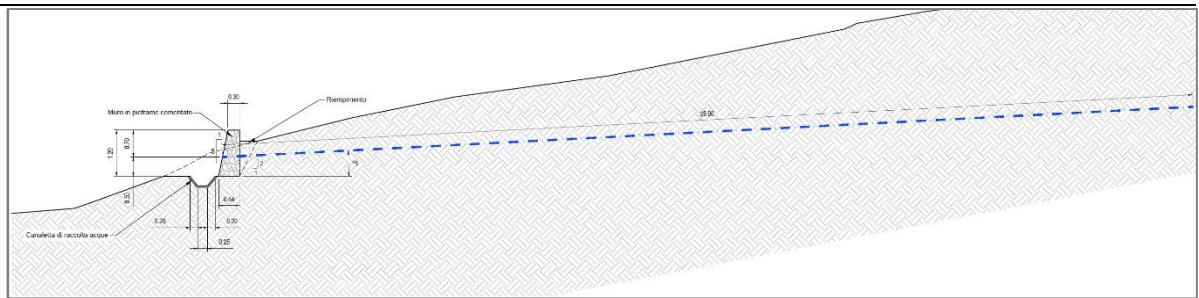


Figura 9 - Interventi di consolidamento del versante Carozzo nella zona del coronamento: drenaggi a gravità

L'intervento di consolidamento mediante drenaggi a gravità consiste nella riduzione delle pressioni interstiziali del versante instabile, attraverso una serie di tubi drenanti microfessurati in fori pre-scavati (diam. fori 50 – 100 mm) ad andamento sub-orizzontale. Poiché la tecnica di realizzazione di questo tipo di intervento non consente la messa in posto di una massa filtrante intorno alla fessurazione dei dreni, essa sarà protetta dall'intasamento da parte dei sedimenti a granulometria fine tramite rivestimento con geosintetici.

Le dimensioni delle fenestrature dei tubi sono funzione del tipo di terreno da stabilizzare; nel caso in esame, del Versante di Carozzo, le indagini eseguite per la caratterizzazione delle coltri interessate dai fenomeni gravitativi hanno messo in evidenza la presenza di materiali con varietà di dimensioni dei grani dal limo fino alla sabbia limosa; in questo caso, dunque si possono applicare tubi con fessure di spessore pari a 0,2 – 0,4 mm.

Per evitare che il sistema perda nel tempo la sua efficacia, per colmamento, incrostrazioni o deterioramenti vari, è importante eseguire una costante manutenzione. Il controllo dell'efficienza del sistema drenante può essere effettuato tramite il censimento periodico dei dreni secchi e la sorveglianza della portata totale dello scarico, in relazione alle fluttuazioni stagionali della falda.

## 5.2 I pozzi drenanti ed il sistema di scarico

La batteria di pozzi drenanti si sviluppa su una lunghezza di circa 100 m, ad una quota di 99 m s.l.m.m, nella zona centrale del versante. Essa è costituita da 7 pozzi di linea di diametro  $\Phi=1500$  mm e da 4 pozzi di manovra, anch'essi drenanti, di diametro  $\Phi=4000$  mm necessari per il montaggio in sicurezza dell'attrezzatura per la perforazione delle tubazioni di collegamento; tutti i pozzi hanno profondità pari a 12 m.

I pozzi di linea, realizzati con la tecnica di esecuzione dei pali trivellati, sono rivestiti lungo la superficie esterna da una colonna forata in lamiera ondulata zincata di acciaio di spessore 2,5 mm. Uno spessore di materiale inerte drenante di circa 20 mm è interposto tra il rivestimento interno e quello esterno, costituito da un lamierino drenante forato protetto con geosintetico di separazione. La lunghezza filtrante del pozzo è di circa 9,5 m; il fondo del pozzo è cieco e anche il primo tratto di 1 m a partire dal basso è impermeabile e realizzato in calcestruzzo. I pozzi di manovra, eseguiti mediante

infissione di elementi prefabbricati cilindrici in c.a., sono resi drenanti mediante la realizzazione di giunti aperti fra elemento ed elemento.

I pozzi sono collegati da una tubazione  $\varnothing=300$  mm che corre a quote prossime a quelle del fondo dei pozzi e che consente di raccogliere le acque filtrate nei pozzi e di smaltirle al recapito finale individuato nel vallone che lambisce ad Ovest il corpo del versante. Tale tubazione viene eseguita con la tecnica della perforazione guidata ("*pilot system*") da un pozzo di manovra al successivo e successivamente intercettata dalla perforazione dei pali di linea.

Lo scarico finale del sistema drenante avviene per mezzo di una tubazione posta in opera mediante la tecnica dello spingitubo. La tubazione viene costruita per conci in c.a. prefabbricati di diametro interno pari a 1200 mm (spessore 15 cm) e viene fatta avanzare per spinta nel terreno per mezzo di un telaio di spinta, a partire da una camera di imbocco posta a valle, fino ad intercettare il pozzo di manovra terminale della serie.

Al fine di raggiungere le quote di scavo di progetto dello spingitubo e consentire l'avanzamento per spinta della tubazione è prevista la realizzazione di un manufatto che, in fase di esecuzione delle opere, consente di operare l'infissione dei conci della tubazione e, in fase definitiva, costituisce il recapito finale del sistema di drenaggio. Tale manufatto è costituito da un insieme di opere di sostegno e strutture (solette e pareti), avente un ingombro planimetrico pari a circa 30 m<sup>2</sup>.

Le opere di sostegno provvisoriale sono costituite da paratie di micropali di diametro pari a 240 mm, disposti ad interasse pari a 0,3 m e di lunghezza variabile, collegati in testa da un cordolo in calcestruzzo armato di 40 cm x 40 cm da demolire in fase definitiva. Le opere strutturali sono costituite dalla soletta di fondazione, di spessore pari a 40 cm, e dalle pareti di spessore pari a 30 cm, in maniera tale da formare una struttura scatolare. Oltre al cordolo delle paratie di micropali, in fase definitiva vengono demolite parzialmente le pareti della struttura (in particolare quella di spinta, verso il fosso), in modo da rendere del tutto non emergente da piano campagna la struttura definitiva di scarico.

Le figure in basso riportano gli schemi dell'intervento con pozzi drenanti sul versante.

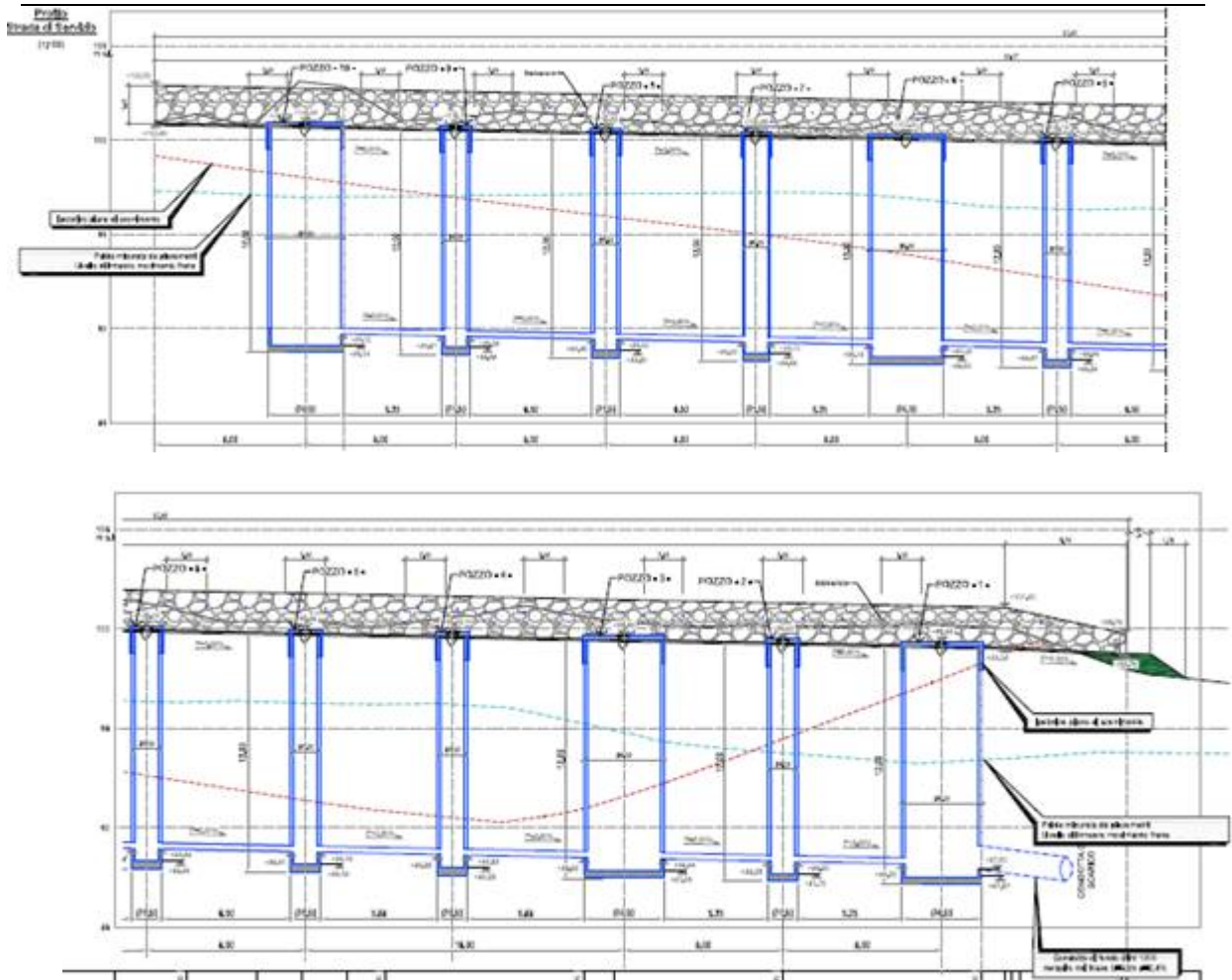


Figura 10 - Sviluppata della batteria di pozzi drenanti

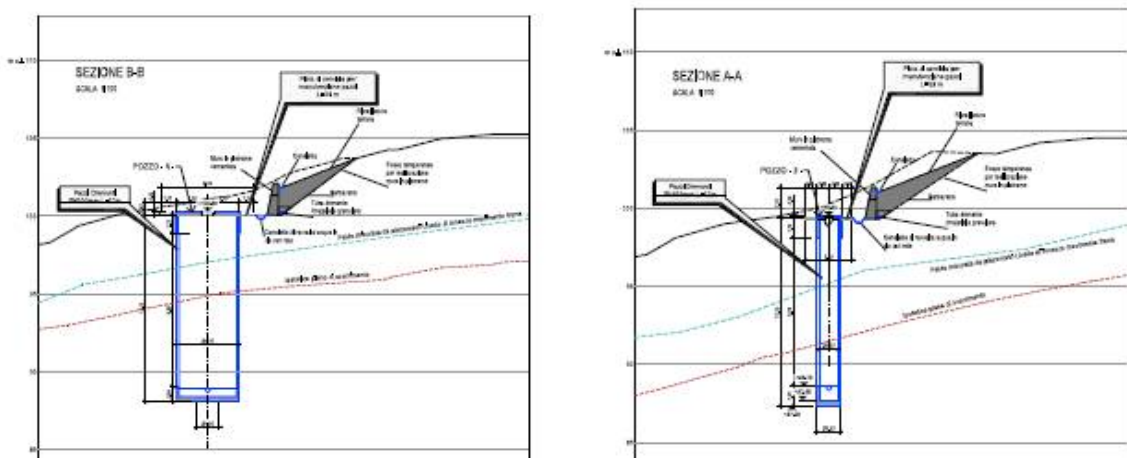


Figura 11 - Pozzi drenanti – Dettaglio della pista di servizio e sezioni tipologiche