

COMMITTENTE:



## COMUNE DI CASTELLAMONTE

OGGETTO:

# Realizzazione canale scolmatore del Rio San Pietro

LOCALITÀ DELL'INTERVENTO:

RIO SAN PIETRO

FASE PROGETTUALE:

## PROGETTO ESECUTIVO

7	.	.	.	.	.
6	.	.	.	.	.
5	.	.	.	.	.
4	.	.	.	.	.
3	.	.	.	.	.
2	.	.	.	.	.
1	.	.	.	.	.
0	Aprile 2022	Progetto Esecutivo	P.C.	M.V.R.	G.N.
REVISIONE	DATA	DESCRIZIONE	REDATTO	VERIFICATO	RIESAMINATO

TITOLO:

# RELAZIONE GEOTECNICA

ARCHIVIO:

4701

FILE N°:

TESTALINI

DATA:

Loranzè, Aprile 2022



**HYDROGEOS**  
STUDIO TECNICO ASSOCIATO

TAVOLA N°

F

SCALA:

**Studio Tecnico Associato**

ing. GABRIELE  
ing. NOASCONO  
ing. ODETTO  
geol. CAMBULI  
ing. VIGNONO  
ing. ZAPPALÀ  
P.IVA 08462870018

**Sede legale**

Via Giosuè Gianavello, n. 2  
10060 Rorà (TO)  
TEL. 0121/93.36.93  
FAX 0121/95.03.78

**Sede operativa**

Strada Provinciale 222, n. 31  
10010 Loranzè (TO)  
TEL. 0125/19.70.499  
FAX 0125/56.40.14  
e-mail: [info.hydrogeos@ilquadrifoglio.to.it](mailto:info.hydrogeos@ilquadrifoglio.to.it)

PROGETTISTA:

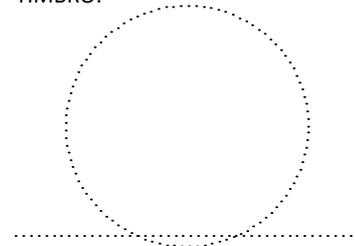
Dott. Ing. Gianluca NOASCONO  
N° 8292 Y ALBO INGEGNERI  
PROVINCIA DI TORINO

TIMBRO:



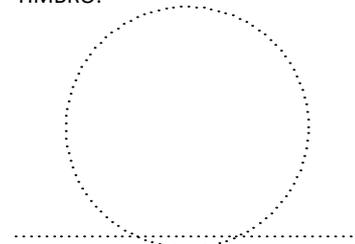
ALTRA FIGURA:

TIMBRO:



ALTRA FIGURA:

TIMBRO:







## INDICE

1	PREMESSA.....	3
2	DESCRIZIONE DELLE OPERE IN PROGETTO E INQUADRAMENTO TOPOGRAFICO.....	4
2.1	DESCRIZIONE DELLE OPERE IN PROGETTO .....	4
3	INQUADRAMENTO GEOLOGICO.....	6
4	CARATTERIZZAZIONE SISMICA .....	8
5	METODO E CODICI DI CALCOLO.....	12
5.1	Muri di sostegno .....	12
6	CARATTERISTICHE E RESISTENZE DI CALCOLO DEI MATERIALI UTILIZZATI.....	16
7	AZIONI .....	16
7.1	Carichi permanenti strutturali .....	16
7.2	Carichi permanenti non strutturali.....	16
7.3	Carichi variabili.....	16
8	CARATTERIZZAZIONE GEOTENCICA.....	17
8.1	S1.....	18
8.2	S2.....	19
8.3	S3.....	20
8.4	S4.....	21
8.5	S5.....	22
8.6	S6.....	23
8.7	S7.....	24
8.8	S8.....	25
8.9	Riassunto e riepilogo.....	26
8.10	Caratterizzazione geotecnica .....	30
9	DIMENSIONAMENTO GEOTECNICO.....	32
9.1	Spinta passiva .....	33
9.2	Resistenza alla infissione dei terreni, calcolo della forza di spinta teorica.....	35
9.3	Coefficiente di sicurezza.....	36



---

10	SCARICO -SEZIONE A-A.....	37
10.1	Geometria di modellazione.....	39
10.2	Sollecitazioni agenti.....	41
10.3	Risultati delle verifiche geotecniche.....	42
11	CONCLUSIONI.....	43

---

## 1 PREMESSA

La presente relazione illustra la caratterizzazione geologico tecnico e stratigrafica del area interessata dalle opere relative all'intervento denominato: "Nuovo canale scolmatore", da realizzarsi nel territorio comunale di Castellamonte (TO).

Il presente studio descrive le caratteristiche geotecniche ed illustra i risultati delle principali verifiche svolte per le opere in progetto.

La relazione è stata redatta secondo la normativa vigente, con particolare riguardo a:

- Decreto Ministeriale 17.01.2018 Testo Unitario –Norme Tecniche per le Costruzioni
- Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici – Pericolosità sismica e Criteri per la classificazione sismica del territorio nazionale. Allegato al voto n.36 del 27.07.2007
- R.D. 3267/23
- D.M. 11 Marzo 1988 "Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle fondazioni".
- Circ. Min. LL.PP. n° 30483 del 24 Settembre 1988 "Istruzioni relative alla norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle fondazioni".
- L.R. 5/12/1977 n° 56 e s.m.i.
- Legge n. 64 del 02/02/1974 – "Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche";
- D.M. del 24/01/1986 – "Norme tecniche relative alle costruzioni sismiche";
- D.M. del 16/01/1996 – "Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche";
- Circolare n. 65 del 10/04/1997 – "Istruzioni per l'applicazione delle Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche di cui al D.M. del 16/01/1996";
- D.M. del 17/01/2018 – "Norme tecniche per le costruzioni";
- Circolare n. 7 del 21/01/2019 – "Istruzioni per l'applicazione dell'«Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni"» di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018".



---

## 2 DESCRIZIONE DELLE OPERE IN PROGETTO E INQUADRAMENTO TOPOGRAFICO

### 2.1 DESCRIZIONE DELLE OPERE IN PROGETTO

L'intervento che si propone consiste nella realizzazione di un canale scolmatore.

Nel precedente progetto preliminare erano state analizzate più soluzioni, giungendo a concludere che la realizzazione di un canale scolmatore a cielo aperto in terra avrebbe avuto i minori costi di realizzazione.

Dopo svariate riunioni, ed a causa di alcune rimostranze di residenti e soprattutto degli agricoltori, l'Amministrazione Comunale ha deciso di procedere alla realizzazione del canale, preferendo la realizzazione di un canale a sezione chiusa, mediante posa di tubazione interrata in c.a. DN2000, a discapito della soluzione ipotizzata in precedenza.

Queste variazioni hanno comportato un aumento dei costi ed alcune piccole modifiche del tracciato, ma un minor impatto sulle attività agricole del loco, che si troveranno ad avere disagi durante la realizzazione dell'opera ma a lavori terminati i campi verranno ripristinati, generando quindi un impatto minimo con le aziende agricole presenti.

Lo scolmatore intercetta il Rio San Pietro a valle della confluenza con il Rio Valgrand, a Sud della Chiesetta di campagna di San Bernardo e convoglia la portata scolmata direttamente nel Torrente Orco in direzione Sud dopo un percorso di circa 1695 metri. Il percorso si svolge tutto in zona agricola, anche se vengono sfiorati gli insediamenti collocati tra il Maglio e la Strada Provinciale n. 58 da Castellamonte a Cuornè.

Il tracciato interseca la sopracitata Strada Provinciale, la Roggia dei Mulini di Castellamonte, il Canale di Caluso con l'affiancato canale della centrale e la Roggia di Agliè, oltre ad alcune strade poderali.

Si prevede quindi di effettuare l'attraversamento della Strada Provinciale, della Roggia dei Mulini di Castellamonte, del Canale di Caluso con l'affiancato canale della centrale utilizzando la tecnica del microtunnelling, con inserimento di tubazione in calcestruzzo, senza quindi prevedere demolizioni e ricostruzione delle opere esistenti.

Come richiesto dal Consorzio Irriguo, a lavori eseguiti verrà realizzata una risuolatura e rivestimento delle sponde di un tratto del Canale di Caluso lungo circa 13 metri (5 metri a monte e 5 metri a valle dell'area oggetto di intervento).

Per quanto riguarda invece la Roggia di Agliè, verrà attraversata più superficialmente con scavi in trincea, mediante installazione di una tubazione ca. DN2000. All'interferenza con la Gora di Agliè si prevede la realizzazione di due scogliere di circa 10 m, ciascuna per il ripristino delle sponde attuali una volta ultimati gli scavi e la risuolatura del tratto di alveo manomesso.

Tutti gli altri attraversamenti, di strade comunali e piccoli fossati verranno realizzati mediante scavi a cielo aperto.

Tutto il canale avrà una pendenza dello 0,3% e sarà interessato da alcuni salti di fondo per seguire l'orografia del terreno e limitare gli scavi e la velocità nella tubazione che non supererà mai i 5 m/s.

L'opera di presa sarà in parte in c.a. ed in parte in massi (retrostantemente annegati in cls), per meglio raccordarsi con i tratti di monte e di valle. Le portate derivate verranno regolate da un apposito stramazzo, opportunamente dimensionato, secondo quanto riportato in relazione idraulica. A favore di sicurezza si è deciso inoltre di inserire nel primo pozzetto, da cui si dirama la tubazione DN2000 in c.a. in progetto, una paratoia che potrà essere gestita in automatico, variando l'apertura per consentire di convogliare nel canale scolmatore la massima portata smaltibile a gravità oppure in manuale in caso di necessità.

Opportuni misuratori di livello verranno installati a monte, ed a valle dell'opera di presa lungo il Rio San Pietro ed in alcuni pozzetti situati lungo il canale scolmatore, per avere sempre sotto controllo i livelli presenti sia sul Rio San Pietro che nel canale scolmatore in progetto. Per collegare i sensori installati lungo il canale scolmatore si prevede di installare apposita fibra ottica per la trasmissione di dati.

L'intera opera sarà protetta da una recinzione "tipo orso grill" alta 2 m sul lato nord e sul lato sud del Rio San Pietro; alle estremità laterali, essendo impossibile recintare alla stessa maniera, saranno installati sulle sponde dei parapetti inamovibili che svolgeranno una funzione di protezione e di sicurezza. Sempre sulle sponde ma lungo il perimetro interno dell'opera di presa saranno installati 2 parapetti amovibili, che consentiranno di poter eseguire le procedure di manutenzione e pulizia del canale garantendo l'accesso ai mezzi necessari per la manutenzione ordinaria, straordinaria e le emergenze.

Il fondo alveo del Rio San Pietro alle estremità dell'opera sarà risuolato con massi, mentre le sponde saranno rivestite da scogliere lunghe 10 m ciascuna in massi (in entrambe i casi il cls di ammorsamento sarà retrostante per consentire un minor impatto visivo).

Per ridurre il trasporto solido del Rio San Pietro nel tratto ubicato nel centro di Castellamonte e per evitare lo stramazzo di materiale grossolano nel canale artificiale, si prevede di realizzare una vasca avente la funzione di dissabbiatore, trattenendo il fine che arriva da monte, mediante abbassamento del fondo alveo di circa metri 1. Tale vasca dovrà essere pulita regolarmente e soprattutto dopo ogni evento meteorologico intenso.

I pozzetti di linea saranno ricavati direttamente sulle tubazioni (prodotti direttamente così in stabilimento), mediante pezzi speciali, mentre a monte ed a valle degli attraversamenti saranno realizzati pozzetti in c.a. gettati in opera aventi dimensioni interne pari a 3,00x3,00 m. Si prevede inoltre di realizzare alcuni pozzetti di salto, aventi dimensioni interne pari a 5,00x3,00 m e di curva aventi dimensione interna pari a 3,00x3,00 m. Sette dei venti pozzetti, distribuiti lungo il tracciato del canale saranno coperti da un grigliato asportabile per permettere di entrare con facilità all'interno del canale ed effettuare la necessaria manutenzione.

I terreni verranno ripristinati alle condizioni antecedenti i lavori. La strada di accesso all'opera di presa lato sud, sarà bitumata. In corrispondenza dell'opera di presa verrà installato un cancello a completamento della recinzione.



---

Lo scarico nel torrente Orco avverrà in un ramo secondario. Per prevenire l'insabbiamento dello scarico, si prevede di realizzare l'ultimo tratto a cielo aperto e per rinforzare la sponda che sarà manomessa con i lavori in oggetto verrà realizzata una scogliera ed una risuolatura del fondo alveo antistante.

Le piene del Rio San Pietro e del Torrente Orco sono caratterizzate da colmi differiti nel tempo e avranno ordini di grandezza ben differenti per cui non è previsto un incremento di portate delle piene del T. Orco.

Questo consente al canale scolmatore di scaricare le portate derivate durante le piene del Rio San Pietro. Per garantire però che in caso di piena del Torrente Orco non si verifichi una risalita di portata lungo il canale scolmatore si prevede di installare sullo scarico una Valvola a Clapet.

Lo scolmatore in progetto è descritto sulle tavole di progetto, nelle quali si riportano planimetria, profili e sezioni.

Tutti i materiali provenienti dagli scavi verranno riutilizzati per i rinterri, i volumi in eccesso verranno spalmati sull'intera superficie interessata dal prescavo, prevenendo locali rimodellamenti dei terreni.

Le tubazioni in progetto saranno di diametro DN2000 in c.a. Tali dimensioni consentono un'ottima ispezionabilità della condotta.

### 3 INQUADRAMENTO GEOLOGICO

L'area di interesse per il progetto è ubicata all'interno della piana alluvionale del Torrente Orco dove sono presenti depositi alluvionali detritici costituiti prevalentemente da: ciottoli, ghiaie e massi con un grado di arrotondamento medio-alto e sfericità medio bassa, immersi in un'abbondante matrice sabbiosa e sabbiosa-limosa. Tali depositi sono caratterizzati da un grado di addensamento mediamente elevato.

Nello specifico, l'unità litologica - giacimentologica è definita come *"Alluvioni ghiaiose talora sabbiose e limose, antiche e terrazzate"*, come riportato dalla Carta Geolitologica reperita sul sito dell'Ispra.

L'opera in progetto interessa la parte superficiale di un area fortemente urbanizzata dove sono presenti terreni di riporto, sottofondi stradali e per gli scavi più profondi, depositi alluvionali costituiti prevalentemente da ghiaie con ciottoli in matrice sabbiosa e sabbiosa-limosa. **Tali depositi sono caratterizzati da ottimi parametri geotecnici per l'edificazione di eventuali strutture.**

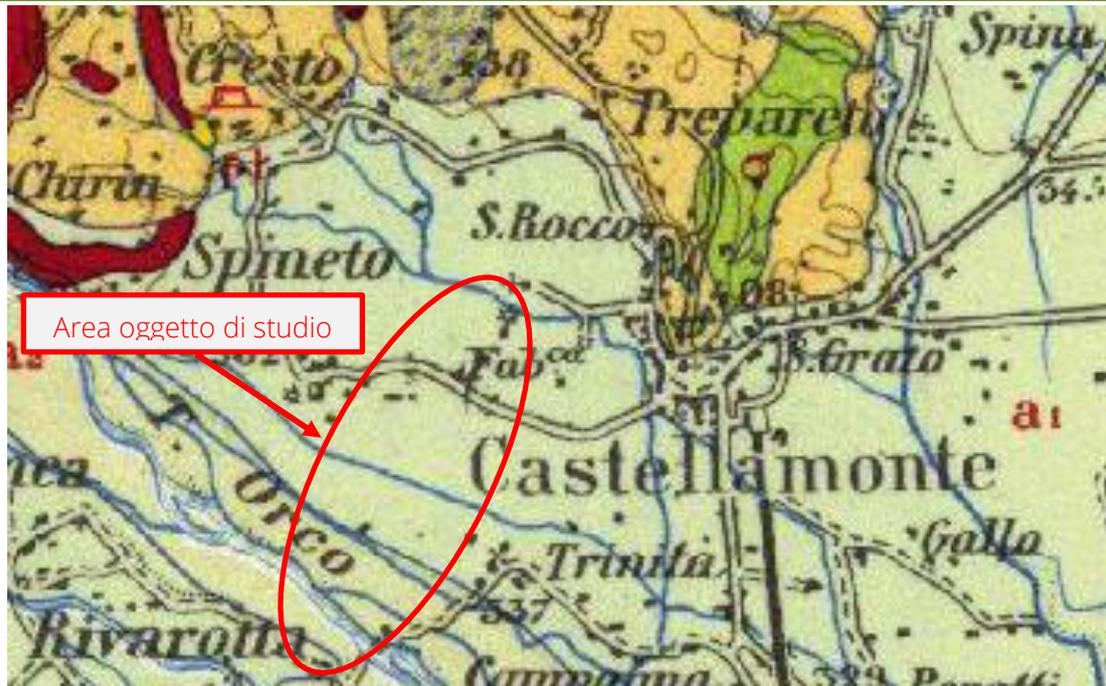
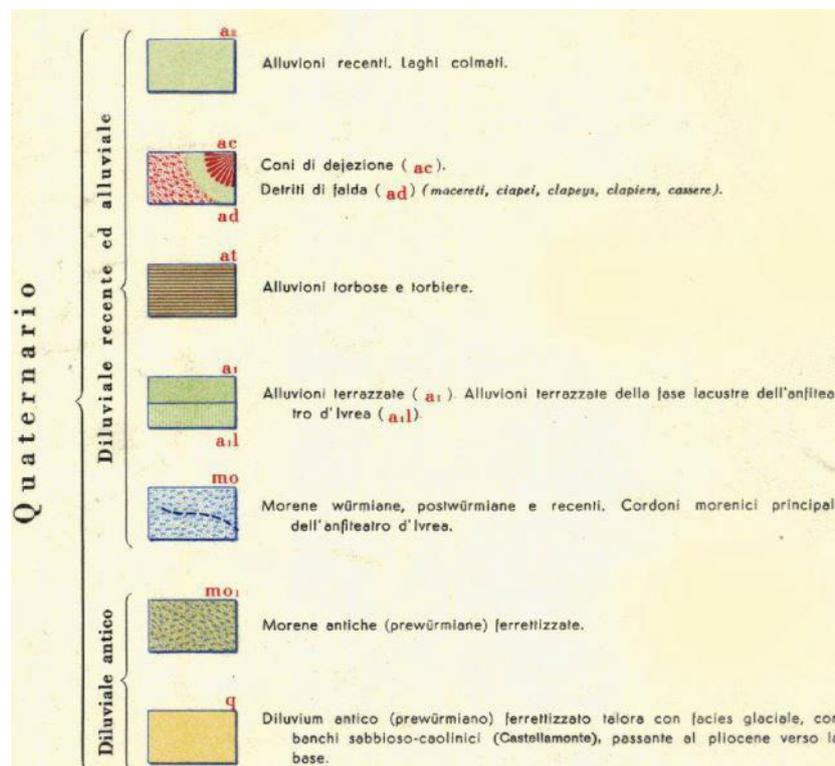
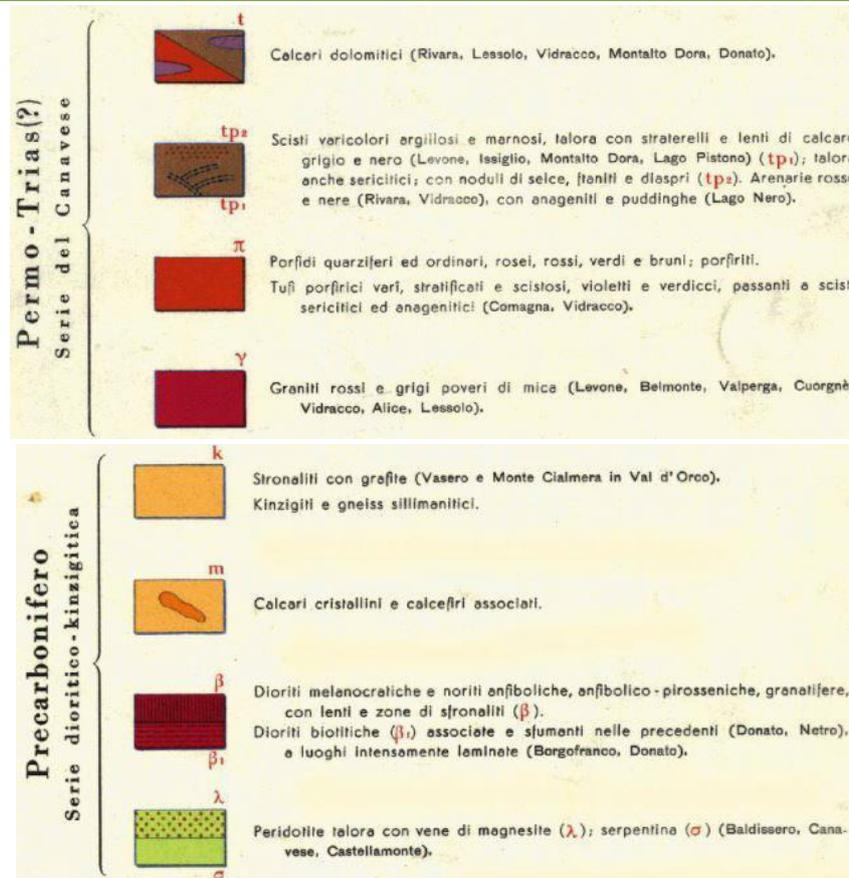


Figura 11: Estratto Carta Geologica d'Italia 1:100000, Foglio 4





Il substrato, parzialmente affiorante a Nord-Est dell'area in oggetto, è definito come "Peridotite talora con vene di serpentinite".

## 4 CARATTERIZZAZIONE SISMICA

La classificazione sismica del territorio nazionale ha introdotto normative tecniche specifiche per le costruzioni di edifici, ponti ed altre opere in aree geografiche caratterizzate dal medesimo rischio sismico.

Si riporta di seguito la mappatura del Piemonte che riporta la classificazione sismica del territorio regionale, redatta ai sensi dell' Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274/2003 - "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica", aggiornata con la Delibera della Giunta Regionale del Piemonte n. 11-13058 del 19.01.2010, entrata in vigore con la D.G.R. n. 4-3084 del 12.12.2011 ed in seguito modificate con la D.G.R. n. 65-7656 del 21 maggio 2014 ed in seguito aggiornata nuovamente con l'entrata in vigore della Deliberazione della Giunta Regionale 30 dicembre 2019, n. 6-887 OPCM 3519/2006. Presa d'atto e approvazione dell'aggiornamento della classificazione sismica del territorio della Regione Piemonte, di cui alla D.G.R. del 21 maggio 2014, n. 65-7656.

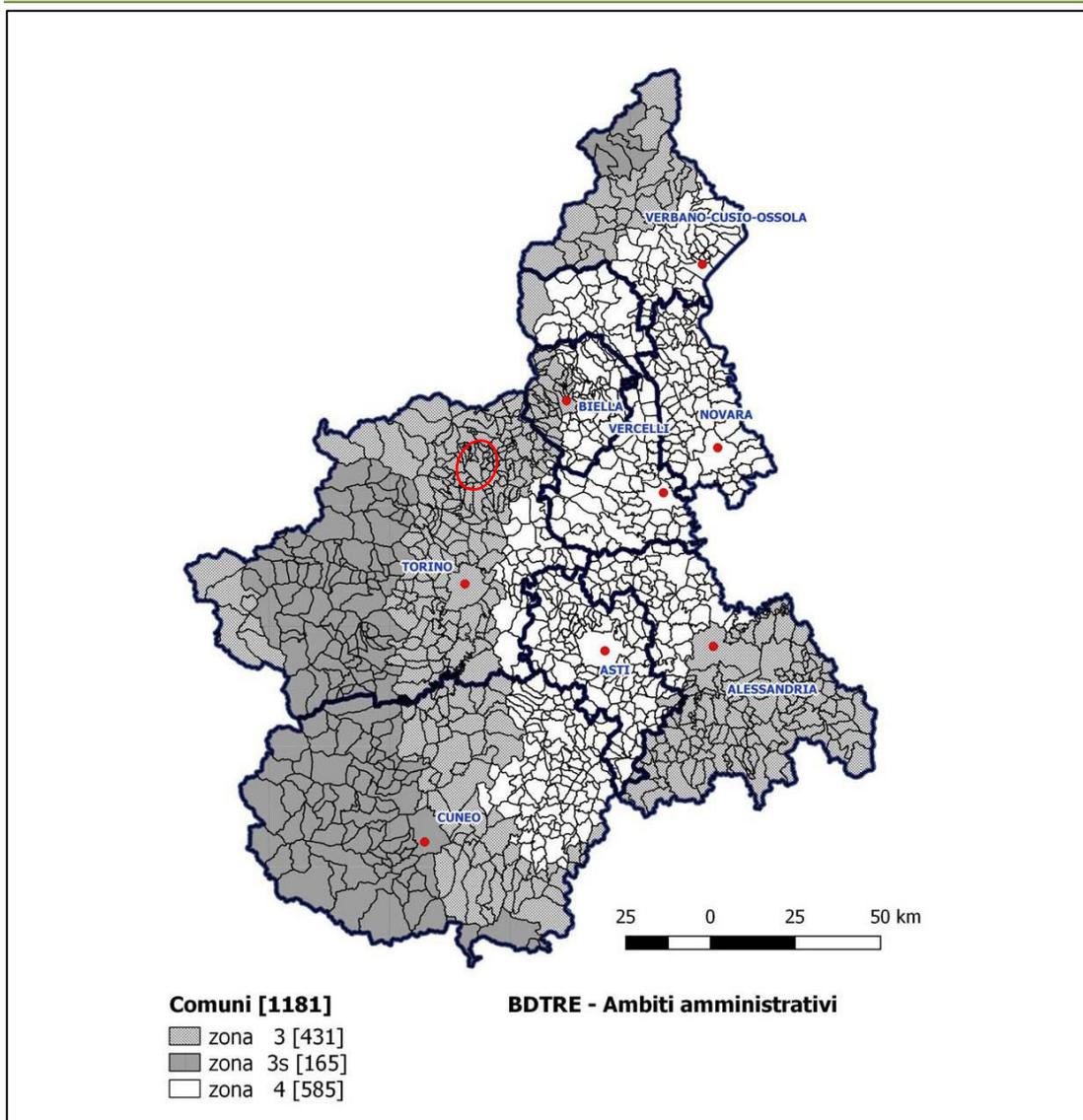


Figura 13: Mappatura delle aree sismiche in Piemonte

Il territorio comunale di Castellamonte ricade tra le aree classificate in **Zona 3: Zona con pericolosità sismica bassa**.



Regione		PIEMONTE
Provincia		TORINO
Comune		Castellamonte
Coordinate Geografiche del cantiere	Latitudine	45°38'15.40N
	Longitudine	7°70'15.71E
Altitudine		335-350 m s.l.m.
Zona sismica		ZONA 3
Tipo di opera	TAB. 2.4.I D.M. 17/01/2018	ORDINARIA
Vita nominale $V_N$	P.to 2.4.1 D.M. 17/01/2018	50 ANNI
Classe d'uso	P.to 2.4.2 D.M. 17/01/2018	II
Coefficiente d'uso $C_U$	P.to 2.4.3 D.M. 17/01/2018	1
Periodo di riferimento per azione sismica $V_R$	P.to 2.4.3 D.M. 17/01/2018	50 ANNI

Tabella 1 – Dati della struttura e zona sismica

Per tenere conto delle condizioni topografiche e in assenza di specifiche analisi di risposta sismica locale è necessario individuare il valore del coefficiente topografico  $S_T$ , dipendente dalle categorie topografiche illustrate nella seguente tabella:

Tab. 3.2.III – Categorie topografiche

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$

Tabella 2 - Categorie topografiche - Tabella 3.2.III D.M. 17/01/2018

Il caso in studio appartiene alla categoria topografica T1, alla quale corrisponde un coefficiente di amplificazione topografica  $S_T = 1.0$  (tabella 3.2.V D.M. 17/01/2018)

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto si rende necessario inoltre valutare l'effetto della risposta sismica locale mediante specifiche analisi. In assenza di tali analisi, per la definizione dell'azione sismica si può fare riferimento ad un approccio semplificato, che si basa sull'individuazione di categorie di sottosuolo di riferimento illustrate nella seguente tabella:

Tab. 3.2.II – *Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato.*

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.</i>
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.</i>
C	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.</i>
D	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.</i>
E	<i>Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.</i>

Tabella 3 - Categorie di sottosuolo da Tabella 3.2.II D.M. 17/01/2018

La categoria di sottosuolo del sito in esame è assimilabile alla C, a cui corrisponde un coefficiente di amplificazione stratigrafica pari a  $S_s = 1.50$ .



---

## 5 METODO E CODICI DI CALCOLO

### 5.1 Muri di sostegno

I calcoli per il dimensionamento strutturale delle opere sono stati condotti adottando il metodo semiprobabilistico agli stati limite, verificandone i requisiti di sicurezza allo stato limite ultimo (anche sotto l'azione sismica) e allo stato limite di esercizio. L'analisi delle azioni sismiche ha comportato inoltre la valutazione delle relative deformazioni.

La schematizzazione della procedura progettuale adottata può essere sinteticamente così riassunta:

- Individuazione della classe d'uso dell'opera e della sua vita utile;
- Definizione delle azioni agenti in condizioni statiche e dinamiche attraverso l'individuazione delle condizioni di carico;
- Predisposizione delle combinazioni di carico, con i relativi coefficienti di combinazione allo SLU, SLE, SLV, SLD;
- Analisi dell'involuppo delle azioni agenti;
- Dimensionamento degli elementi strutturali e verifica della funzionalità delle strutture progettate.

La sicurezza e le prestazioni sono state garantite verificando gli stati limite sopra definiti in funzione dell'utilizzo della struttura, della sua vita nominale e di quanto stabilito dalle norme.

L'analisi strutturale condotta è stata del tipo: **SISMICA STATICA EQUIVALENTE**.

Ai sensi del par. 6.4.2.1 delle NTC/2018 le verifiche sulle opere di fondazione superficiale vanno effettuate nei confronti dei seguenti stati limite:

- SLU di tipo geotecnico (GEO);
  - o Collasso per carico limite dell'insieme fondazione – terreno;
  - o Collasso per scorrimento sul piano di posa;
  - o Stabilità globale.
  
- SLU di tipo strutturale (STR);
  - o Raggiungimento della resistenza negli elementi strutturali.

La verifica di stabilità globale è stata effettuata secondo l'Approccio 1:

- Combinazione 2: (A2 + M2 + R2)

Tenendo conto dei coefficienti parziali riportati nelle Tabelle 6.2.I e 6.2.II per le azioni e i parametri geotecnici e nella Tab. 6.8.I per le resistenze globali.

Le rimanenti verifiche vanno effettuate applicando la combinazione (A1+M1+R3) di coefficienti parziali previsti all'Approccio 2, tenendo conto dei valori dei coefficienti parziali riportati nelle Tabelle 6.2.I, 6.2.II e 6.4.I delle NTC/2018.

Ai sensi del par. 6.5.3.1.1 delle NTC/2018, la verifica del muro di sostegno è stata effettuata con riferimento ai seguenti stati limite, accertando che la condizione [6.2.1] della norma sia soddisfatta per ogni stato limite considerato:

- *SLU di tipo geotecnico (GEO)*
  - o scorrimento sul piano di posa;
  - o collasso per carico limite del complesso fondazione-terreno;
  - o ribaltamento;
  - o stabilità globale del complesso opera di sostegno-terreno;
- *SLU di tipo strutturale (STR)*
  - o raggiungimento della resistenza negli elementi strutturali.

La verifica di stabilità globale del complesso opera di sostegno-terreno deve essere effettuata, analogamente a quanto previsto al § 6.8, secondo l'Approccio 1, con la Combinazione 2 (A2+M2+R2), tenendo conto dei coefficienti parziali riportati nelle Tabelle 6.2.I e 6.2.II per le azioni e i parametri geotecnici e nella Tab. 6.8.I per le verifiche di sicurezza di opere di materiali sciolti e fronti di scavo.

Le rimanenti verifiche devono essere effettuate secondo l'Approccio 2, con la combinazione (A1+M1+R3), tenendo conto dei valori dei coefficienti parziali riportati nelle Tabelle 6.2.I, 6.2.II e 6.5.I.

Nella verifica a ribaltamento i coefficienti R3 della Tab. 6.5.I si applicano agli effetti delle azioni stabilizzanti.

**Tab. 6.5.I - Coefficienti parziali  $\gamma_R$  per le verifiche agli stati limite ultimi di muri di sostegno**

Verifica	Coefficiente parziale (R3)
Capacità portante della fondazione	$\gamma_R = 1,4$
Scorrimento	$\gamma_R = 1,1$
Ribaltamento	$\gamma_R = 1,15$
Resistenza del terreno a valle	$\gamma_R = 1,4$



---

La modellazione della struttura e la rielaborazione dei risultati del calcolo sono stati effettuati con il programma di modellazione Max 15, prodotto da Aztec Utility.

Il software MAX è dedicato all'analisi e al calcolo dei muri di sostegno. I tipi di muro che è possibile analizzare con il programma Max sono:

- Muri a gravità;
- Muri a semigravità;
- Muri in calcestruzzo armato.

Possono essere inoltre considerati, in funzione del tipo di muro e del materiale che lo costituisce, muri con:

- Contrafforti;
- Mensole di contrappeso e di marciapiede;
- Pali di fondazione;
- Tiranti di ancoraggio.

L'analisi strutturale e le verifiche sono condotte con l'ausilio di un codice di calcolo automatico. La verifica della sicurezza degli elementi strutturali è stata valutata con i metodi della scienza delle costruzioni.

Il calcolo dei muri di sostegno viene eseguito secondo le seguenti fasi:

- Calcolo della spinta del terreno
- Verifica a ribaltamento
- Verifica a scorrimento del muro sul piano di posa
- Verifica della stabilità complesso fondazione terreno (carico limite)
- Verifica della stabilità globale
- Verifica a sifonamento
- Verifica a sollevamento
- Calcolo delle sollecitazioni sia del muro che della fondazione, progetto delle armature e relative verifiche dei materiali.

L'analisi strutturale sotto le azioni sismiche è condotta con il metodo dell'analisi statica equivalente secondo le disposizioni del capitolo 7 del DM 17/01/2018.

---

La verifica delle sezioni degli elementi strutturali è eseguita con il metodo degli Stati Limite. Le combinazioni di carico adottate sono esaustive relativamente agli scenari di carico più gravosi cui l'opera sarà soggetta.

Un attento esame preliminare della documentazione a corredo del software ha consentito di valutarne l'affidabilità. La documentazione fornita dal produttore del software contiene un'esauriente descrizione delle basi teoriche, degli algoritmi impiegati e l'individuazione dei campi d'impiego. La società produttrice Aztec Informatica srl ha verificato l'affidabilità e la robustezza del codice di calcolo attraverso un numero significativo di casi prova in cui i risultati dell'analisi numerica sono stati confrontati con soluzioni teoriche.



## 6 CARATTERISTICHE E RESISTENZE DI CALCOLO DEI MATERIALI UTILIZZATI

**Massi di cava e posati a secco:** materiale litoide proveniente da disalveo o da cava, non friabile né gelivo, ad elevato peso specifico. Le caratteristiche meccaniche vengono riportate nella seguente tabella:

Resistenza a compressione	(kPa)	30000
Angolo di attrito interno	(°)	45
Resistenza a taglio	(kg/cm <sup>2</sup> )	5
Peso di volume	(kg/m <sup>3</sup> )	2300

Tabella 4 – Parametri pietrame

## 7 AZIONI

In accordo con la normativa citata al capitolo 2 della presente relazione, in linea generale vanno considerati nei calcoli le seguenti azioni:

- Carichi permanenti strutturali;
- Carichi permanenti non strutturali;
- Carichi variabili.

### 7.1 Carichi permanenti strutturali

I carichi permanenti strutturali sono dati dai pesi propri delle strutture e vengono calcolati automaticamente dal software di calcolo. Si considera la massa volumica dei massi di cava posati a secco pari a 2300 kg/m<sup>3</sup>.

### 7.2 Carichi permanenti non strutturali

Sulle scogliere in progetto non insistono carichi permanenti non strutturali, se non la spinta attiva del terreno stesso di cui sono stati riportati i parametri geotecnici al capitolo 9.

### 7.3 Carichi variabili

Non sono presenti carichi variabili

## 8 CARATTERIZZAZIONE GEOTENICA

La caratterizzazione geotecnica è stata effettuata utilizzando sia informazioni bibliografiche reperite, sia sulla base dei sopralluoghi effettuati, e basandosi sui risultati dei sondaggi eseguiti per la caratterizzazione delle terre e rocce da scavo.

Sono stati eseguiti n°8 sondaggi geognostici per il canale scolmatore che attraversa la piana alluvionale del Torrente Orco dove sono presenti formazioni di depositi alluvionali terrazzate.

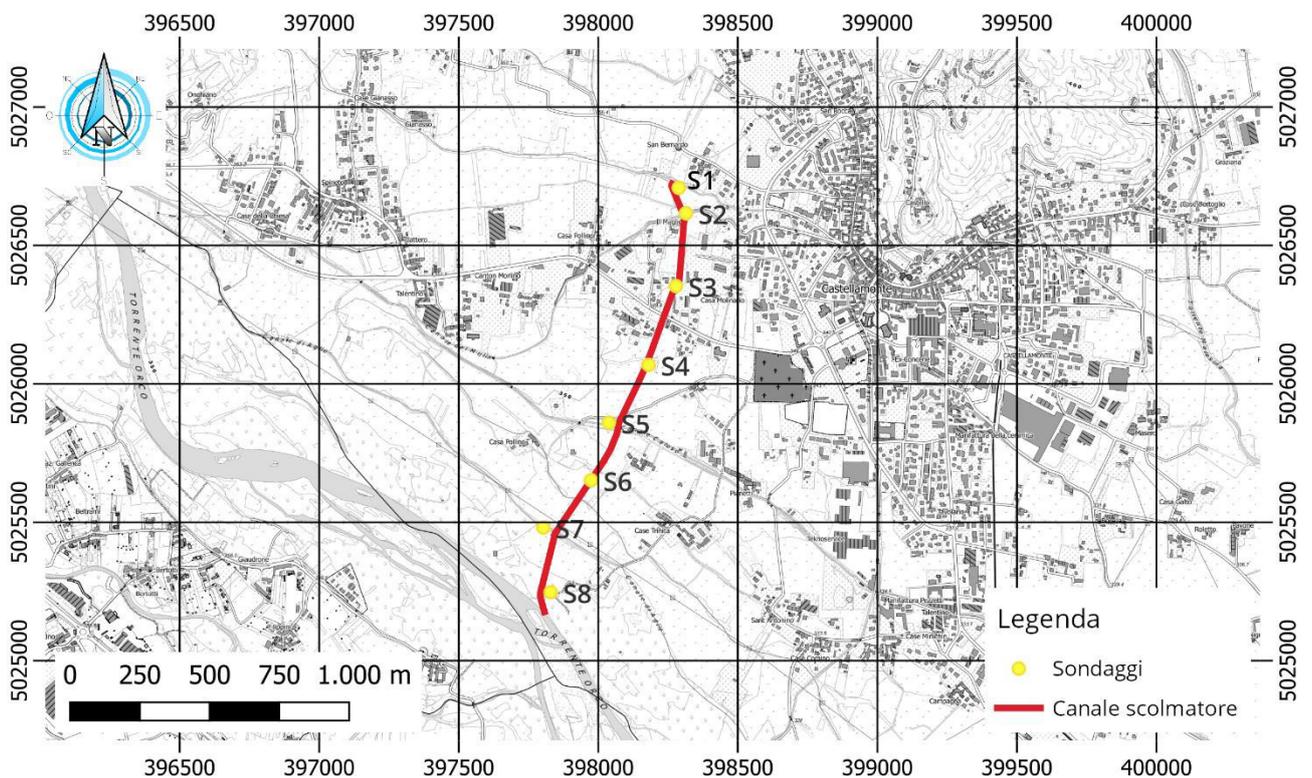


Figura 1. Ubicazione sondaggi

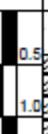
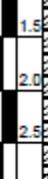
Tabella 5. Profondità sondaggi.

Sondaggi	Profondità [m]
S1	5.00
S2	5.00
S3	5.00
S4	5.00
S5	5.00
S6	5.00
S7	5.00
S8	5.00



## 8.1 S1

	Committente	Comune di Castellamonte	SONDAGGIO	FOGLIO
	Cantiere	Canale scolmatore del Rio San Pietro	<b>S1</b>	<b>1/1</b>
	Località	Strada dei Sospiri - Castellamonte (TO)		
	Data inizio	14/10/21	Data Fine	14/10/21

Profondità*	Potenza	Scala 1:50	Stratigrafia	Descrizione	Falda	Perforazione	Rivestimento	% Carotaggio	ROD	Piezometro	Inclinometro	Prove S.P.T.	Campioni
0.40	0.40	0.5		Colture vegetale ed agraria.		127	127						
	2.40	1.0		Limo e limo argilloso con passate di limo sabbioso inglobanti sporadici piccoli clasti millimetrico centimetrici; colore bruno rossiccio.				90				1.60 3-3-4 p.a.	<b>C1</b>
2.80		2.5		Ghiala eterometrica con ciottoli e piccoli blocchi di natura metamorfica, a tratti debolmente alterati, in matrice sabbiosa e sabbioso limosa; colore bruno scuro.								3.10	
	1.70	3.0			101							27-24-21 p.c.	<b>C2</b>
4.50		3.5											<b>C3</b>
5.00	0.50	5.0		Ghiala eterometrica in abbondante matrice sabbiosa e sabbioso limosa, addensata; colore bruno.									

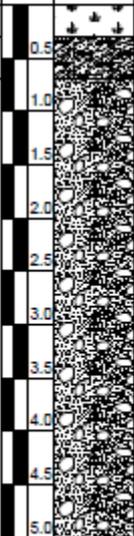
## 8.2 S2

	Committente	Comune di Castellamonte	SONDAGGIO	FOGLIO
	Cantiere	Canale scolmatore del Rio San Pietro	S2	1/1
	Località	Strada dei Sospiri - Castellamonte (TO)	Quota (p.c.)	
	Data inizio	15/10/2021	Data Fine	15/10/2021

Profondità	Potenza	Scala 1:50	Stratigrafia	Descrizione	Falda	Perforazione	Rivestimento	% Carotaggio	ROD	Piezometro	Inclinometro	Prove S.P.T.	Campioni
0.20	0.20			Coltre vegetale ed agraria.									
	0.90	0.5		Limo, limo sabbioso e sabbia fine limosa; colore bruno rossiccio.		127	127						<b>C1</b>
1.10	0.60	1.0		Limo argilloso ed argilla limosa; colore bruno rossiccio.								1.50	
1.70	0.90	1.5		Ghiala eterometrica in matrice limoso argillosa, abbondante; colore bruno rossiccio.								6 - 16 - 30 p.a.	
2.60	0.60	2.0		Sabbia eterometrica, sciolta, con sporadica ghiala; colore bruno rossiccio.				90					<b>C2</b>
3.20	0.60	2.5		Ghiala eterometrica con sporadici ciottoli (diam. max 8-10 cm) in matrice sabbiosa e sabbioso limosa, abbondante; colore bruno chiaro.								2.90	
	1.80	3.0				101						6 - 4 - 26 p.c.	
5.00		3.5											<b>C3</b>
		4.0											
		4.5											
		5.0											



## 8.3 S3

				Committente <u>Comune di Castellamonte</u> Cantiere <u>Canale scolmatore del Rio San Pietro</u> Località <u>Strada Cuorgnè - Castellamonte (TO)</u> Data inizio <u>18/10/2021</u> Data Fine <u>19/10/2021</u>		SONDAGGIO	FOGLIO							
						<b>S3</b>	<b>1/1</b>							
						Quota (p.c.)								
Profondità	Potenza	Scala 1:50	Stratigrafia	Descrizione	Falda	Perforazione	Rivestimento	% Carotaggio	ROD	Piezometro	Inclinometro	Prove S.P.T.	Campioni	
0.30	0.30	0.5		Colture vegetale ed agraria.										
0.70	0.40	1.0		Terreno parzialmente rimaneggiato limoso sabbioso argilloso con sporadica ghiala e ciottoli; colore bruno scuro.		127							<b>C1</b>	
		1.5		Ghiala eterometrica con abbondanti ciottoli e piccoli blocchi di natura metamorfica (diam. max 30 cm) in matrice sabbiosa e sabbioso limosa, a tratti abbondante; colore bruno chiaro.		127								
		2.0												
		2.5							90					<b>C2</b>
		3.0												
		3.5												
		4.0												
		4.5												
5.00	4.30	5.0					101							<b>C3</b>

## 8.4 S4

				Committente <u>Comune di Castellamonte</u> Cantiere <u>Canale scolmatore del Rio San Pietro</u> Località <u>Strada Ponterosso - Castellamonte (TO)</u> Data inizio <u>12/10/21</u> Data Fine <u>12/10/21</u>		SONDAGGIO	FOGLIO						
						<b>S4</b>	<b>1/1</b>						
						Quota (p.c.)							
Profondità	Potenza	Scala 1:50	Stratigrafia	Descrizione	Falda	Perforazione	Rivestimento	% Carotaggio	ROD	Piezometro	Inclinometro	Prove S.P.T.	Campioni
0.40	0.40	0.5		Colture vegetale ed agraria.									
	0.80	1.0		Limo e limo sabbioso; colore bruno scuro rossiccio.		127	127						<b>C1</b>
1.20	0.40	1.5		Ghiala debolmente alterata in abbondante matrice limoso sabbiosa; colore bruno rossiccio.								1.50	
1.60		2.0		Ghiala eterometrica con frequenti ciottoli e piccoli blocchi di natura metamorfica (diam. max 25-30 cm) in matrice sabbiosa e sabbioso limosa, a tratti abbondante; colore bruno chiaro.				90				30-40-R p.c.	<b>C2</b>
	3.40	2.5											
		3.0											
		3.5											
		4.0				101							
		4.5											
5.00		5.0											<b>C3</b>



## 8.5 S5

	Committente	Comune di Castellamonte	SONDAGGIO	FOGLIO
	Cantiere	Canale scolmatore del Rio San Pietro	<b>S5</b>	<b>1/1</b>
	Località	Strada Ponterosso - Castellamonte (TO)		
	Data inizio	13/10/21	Data Fine	13/10/21

Profondità	Potenza	Scala 1:50	Stratigrafia	Descrizione	Falda	Perforazione	Rivestimento	% Carotaggio	ROD	Piezometro	Inclinometro	Prove S.P.T.	Campioni
0.30	0.30	0.5		Coltre vegetale ed agraria con ciottoli e blocchi. Sabbia limosa e limo sabbioso con ghiala e ciottoli (parzialmente rimaneggiata da lavori agricoli); colore bruno scuro.		127							<b>C1</b>
1.60	0.25	2.0		Blocco di natura metamorfica.		127						1.50 7-13-R p.c.	
1.85	1.05	2.5		Ghiala media con frequenti ciottoli e piccoli blocchi di natura metamorfica (diam. max 15-20 cm) in matrice sabbiosa e sabbioso limosa, a tratti abbondante; colore bruno rossiccio.				90					<b>C2</b>
2.90	2.10	3.0		Sabbia e sabbia limosa con ghiala media e piccoli ciottoli (diam. max 8-10 cm); colore bruno chiaro.		101							<b>C3</b>
5.00		5.0											

## 8.6 S6

				Committente <u>Comune di Castellamonte</u>		SONDAGGIO		FOGLIO					
				Cantiere <u>Canale scolmatore del Rio San Pietro</u>		<b>S6</b>		<b>1/1</b>					
Località <u>Via Rivarotta - Castellamonte (TO)</u>		Data Inizio <u>12/10/21</u>		Data Fine <u>12/10/21</u>		Quota (p.c.)							
Profondità	Potenza	Scala 1:50	Stratigrafia	Descrizione	Falda	Perforazione	Rivestimento	% Carotaggio	RQD	Piezometro	Inclinometro	Prove S.P.T.	Campioni
0.30	0.30	0.5		Colture vegetale ed agraria.									
1.30	1.30	1.0		Limo e limo sabbioso; colore bruno scuro rossiccio.		127							<b>C1</b>
1.60	0.40	2.0		Ghiala medio fine debolmente alterata in abbondante matrice sabbiosa e sabbioso limosa; colore bruno rossiccio.								1.50	
2.00	0.50	2.5		Successione di blocchi pluridecimetri di natura metamorfica.			127					8-18-33 p.a.	
2.50	2.50	3.0		Ghiala eterometrica con frequenti ciottoli e piccoli blocchi di natura metamorfica in matrice sabbiosa e sabbioso limosa, a tratti abbondante; colore variabile da bruno chiaro grigiastro a bruno chiaro.		101		90					<b>C2</b>
5.00		5.0											<b>C3</b>



## 8.7 S7

Sondeco				Committente <u>Comune di Castellamonte</u>		SONDAGGIO	FOGLIO							
				Cantiere <u>Canale scolmatore del Rio San Pietro</u>		<b>S7</b>	<b>1/1</b>							
				Località <u>Via Rivarotta - Castellamonte (TO)</u>										
				Data inizio <u>11/10/21</u>	Data Fine <u>11/10/21</u>	Quota (p.c.)								
Profondità	Potenza	Scala 1:50	Stratigrafia	Descrizione	Falda	Perforazione	Rivestimento	% Carotaggio	ROD	Piezometro	Inclinometro	Prove S.P.T.	Campioni	
0.20	0.20	0.5		Coltre vegetale limosa sabbiosa con ghiaia.									0.00	
	2.70	1.0		Ghiala eterometrica con abbondanti ciottoli e piccoli blocchi (diam. max 30 cm) in scarsa matrice sabbiosa e sabbioso limosa, addensata, colore bruno chiaro con passate bruno rossicce.		127	127						1.50 R p.c.	<b>C1</b> 1.00
		1.50							90					<b>C2</b> 2.00
2.90		3.0		Ghiala eterometrica con ciottoli (diam. max 10-15 cm) in subordinata matrice sabbiosa grossolana, colore bruno grigiastro.	3.05								3.00 43-R p.c.	3.00
	1.50	3.5												<b>C3</b> 4.00
4.40		4.0			101									
	0.60	4.5		Ghiala medio fine con sporadici piccoli ciottoli (diam. max 5-8 cm) in abbondante matrice limosa e limoso sabbiosa, colore bruno.								4.60 35-47-R p.c.	4.60	
5.00		5.0											5.00	

## 8.8 S8

				Committente <u>Comune di Castellamonte</u>		SONDAGGIO		FOGLIO					
				Cantiere <u>Canale scolmatore del Rio San Pietro</u>		S8		1/1					
Località <u>Via Rivarotta - Castellamonte (TO)</u>		Data Inizio <u>08/10/21</u> Data Fine <u>11/10/21</u>		Quota (p.c.)									
Profondità	Potenza	Scala 1:50	Stratigrafia	Descrizione	Falda	Perforazione	Rivestimento	% Carotaggio	RQD	Piezometro	Inclinometro	Prove S.P.T.	Campioni
0.40	0.40	0.5		Terreno di riporto sabbioso ghiaioso ciottoloso.	3.00	127		90				1.50 R p.c.	C1
1.20	0.80	1.0		Limo e limo sabbioso con sporadica ghiaia; colore bruno rossiccio.									1.00
3.00	1.80	1.5		Ghiaia ciottolosa con piccoli blocchi (diam. max 25-30 cm) in subordinata matrice sabbiosa e sabbioso limosa; colore bruno chiaro.	3.00	127		90			3.00 35-R p.c.	C2	
4.00	1.00	2.0		Sabbia medio grossolana con ghiaia e ciottoli (diam. max 8-10 cm); colore bruno grigiastro.								3.00	
4.50	0.50	4.0		Orizzonte di prevalenti ciottoli e piccoli blocchi (diam. max 20-25 cm) in scarsa matrice sabbiosa con ghiaia; colore bruno chiaro.	101						4.50 R p.c.	C3	
5.00	0.50	4.5		Ghiaia eterometrica con piccoli ciottoli (diam. max 6-8 cm) in abbondante matrice limosa e limoso sabbiosa; colore bruno.								4.00	
5.00	0.50	5.0											5.00



## 8.9 Riassunto e riepilogo

Comune di Castellamonte - Sondaggio S1 (Coordinate WGS/84 45.386450°,7.700650°)		
Da [m]	A [m]	Descrizione litostratigrafica
0.00	0.40	Coltre vegetale ed agraria.
0.40	2.80	Limo e limo argilloso con passate di limo sabbioso
2.80	5.00	Ghiaia eterometrica in matrice sabbiosa

Comune di Castellamonte - Sondaggio S2 (Coordinate WGS/84 45.385600°,7.701000°)		
Da [m]	A [m]	Descrizione litostratigrafica
0.00	0.20	Coltre vegetale ed agraria.
0.40	1.70	Limo e limo argilloso con passate di limo sabbioso
1.70	5.00	Ghiaia eterometrica in matrice sabbiosa con eventuali lenti di sabbia eterometrica

Comune di Castellamonte - Sondaggio S3 (Coordinate WGS/84 45.383250°,7.700600°)		
Da [m]	A [m]	Descrizione litostratigrafica
0.00	0.70	Coltre vegetale ed agraria con terreno rimaneggiato limo sabbioso
0.40	5.00	Ghiaia eterometrica in matrice sabbiosa

Comune di Castellamonte - Sondaggio S4 (Coordinate WGS/84 45.380650°,7.699400°)		
Da [m]	A [m]	Descrizione litostratigrafica
0.00	0.40	Coltre vegetale ed agraria con terreno rimaneggiato limo sabbioso

0.40	1.20	Limo e limo sabbioso
1.20	5.00	Ghiaia eterometrica in matrice sabbiosa limosa

Comune di Castellamonte - Sondaggio S5 (Coordinate WGS/84 45.338800°,7.698000°)		
Da [m]	A [m]	Descrizione litostratigrafica
0.00	0.30	Coltre vegetale ed agraria
0.40	1.60	Sabbia limosa e limo sabbioso
1.60	2.90	Ghiaia eterometrica in matrice limo sabbiosa
2.90	5.00	Sabbia e sabbia limosa

Comune di Castellamonte - Sondaggio S6 (Coordinate WGS/84 45.376900°,7.696850°)		
Da [m]	A [m]	Descrizione litostratigrafica
0.00	0.30	Coltre vegetale ed agraria
0.40	1.60	Limo e limo sabbioso
1.60	2.90	Ghiaia eterometrica in matrice sabbiosa limosa

Comune di Castellamonte - Sondaggio S7 (Coordinate WGS/84 45.375350°,7.695050°)		
Da [m]	A [m]	Descrizione litostratigrafica
0.00	0.20	Coltre vegetale ed agraria
0.40	5.00	Ghiaia eterometrica in matrice sabbiosa limosa



Comune di Castellamonte - Sondaggio S8 (Coordinate WGS/84 45.373250°,7.695050°)		
Da [m]	A [m]	Descrizione litostratigrafica
0.00	0.40	Terreno di riporto sabbioso
0.40	1.20	Limo e limo sabbioso
1.20	3.00	Ghiaia eterometrica in matrice sabbiosa limosa, con eventuali lenti di sabbia grossolana

Per il percorso dello scolmatore è possibile ipotizzare la seguente stratigrafia.

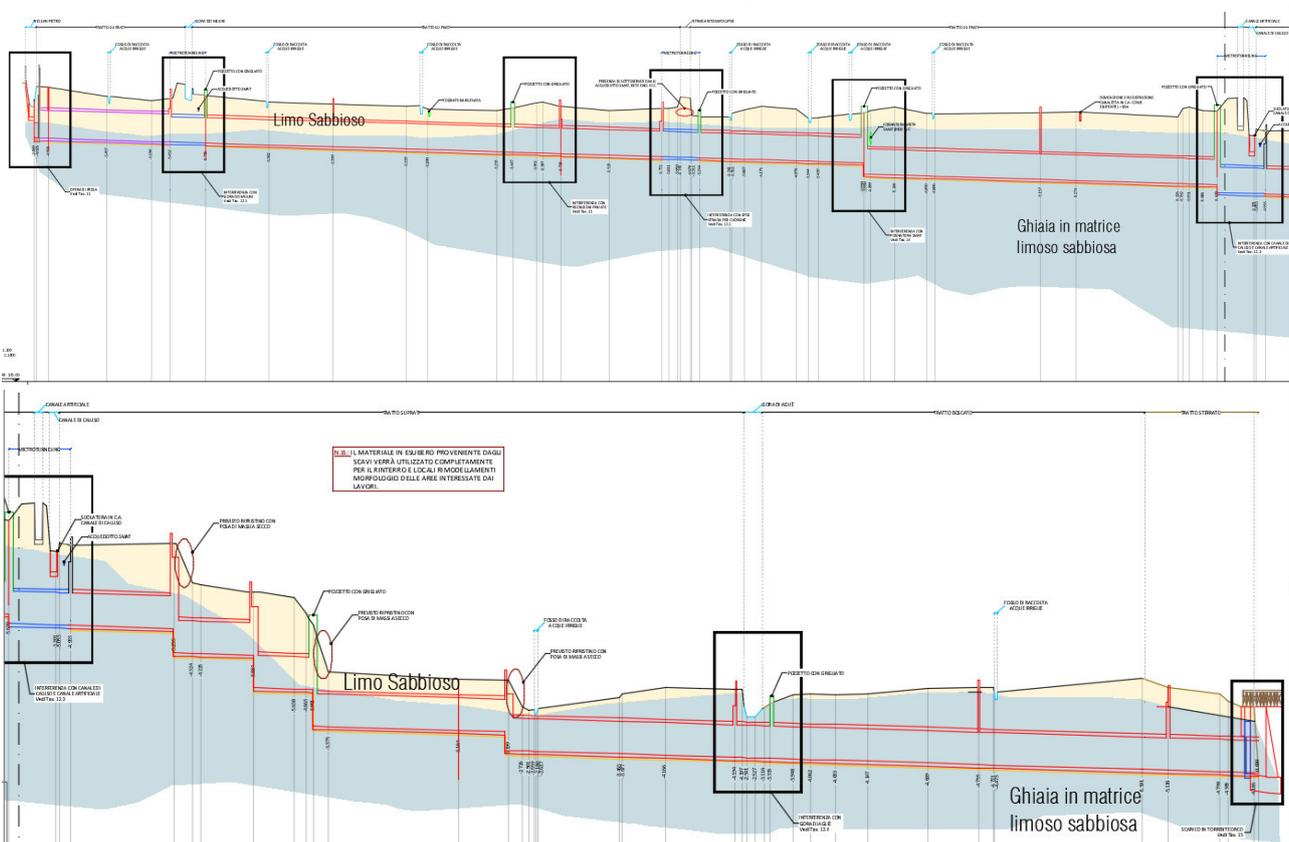
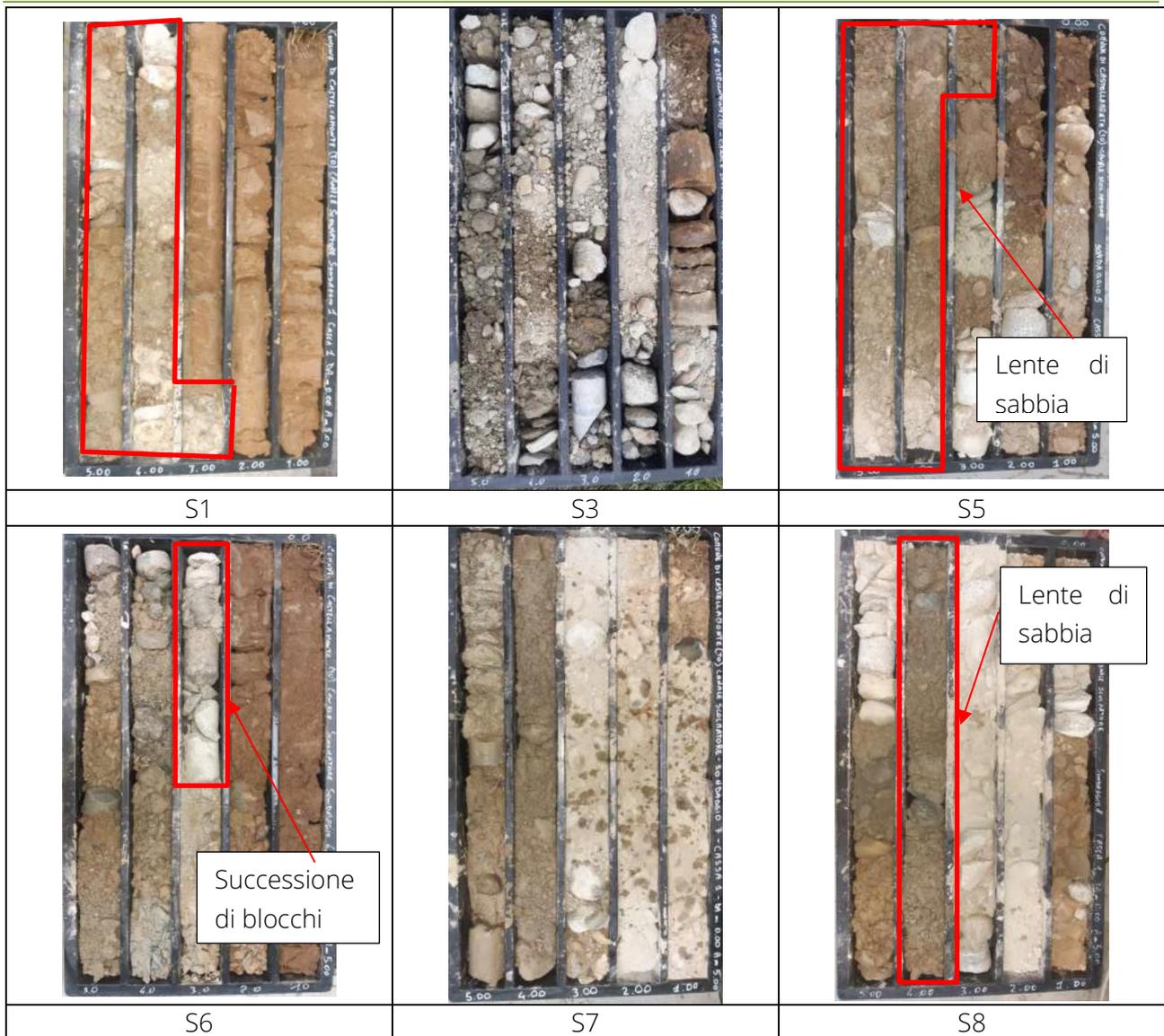


Figura 2. Stratigrafia percorso dello scolmatore.

Lo strato superficiale associate ai depositi alluvionali terrazzate, corrispondono a terreni fini maggiormente composti da limo e limo argilloso nei posti più vicini alla opera di presa, avvicinandosi al torrente orco lo strato superficiale presenta limi sabbiosi e sabbie limosa.

		
S1 - 1.00 m -2.00 m	S2 - 1.10 m - 1.70 m	S4 - 1.00 m -1.20 m
		
S5 - 0.30 m- 1.60 m	S6 - 0.30 m - 1.60 m	S8 - 0.40 m - 0.80 m

Con la profondità i depositi di alluviali terrazzati presentano una composizione grossolana di ghiaia eterometrica con ciottoli di natura metamorfica in matrice sabbiosa e sabbioso limosa, con occasionali lenti di sabbia e sabbia limosa, se sono trovati successioni di blocchi pluridecimetrici di natura metamorfica con spessori di circa 0.50 m. Delle prove S.P.T.



## 8.10 Caratterizzazione geotecnica

In ogni sondaggio sono state eseguite da 2 a 3 prove spt in foro, i valori di spt riscontrati sono compresi tra  $N_{spt}$  tra 7 e 51 colpi. In totale sono state eseguite n° 13 prove SPT di cui 8 di 13 sono andate a rifiuto. In merito l'analisi delle prove non andate a rifiuto per la ricostruzione dei parametri geotecnici risulta abbastanza aleatoria, sia per l'esiguità del numero di prove, sia per il fatto che le 5 utilizzabili sono riferite ad entrambe le formazioni detritiche individuate.

Si ritiene ragionevole e **cautelativo**, ipotizzare parametri geotecnici sulla base dell'esperienza degli scriventi, sulla base dell'analisi macroscopica dei sondaggi, sulla base delle osservazioni effettuate durante i numerosi sopralluoghi.

Dall'analisi dei dati di bibliografia, delle prove SPT e delle conoscenze pregresse su depositi alluvionali terrazzati, è possibile ipotizzare cautelativamente la seguente stratigrafia semplificata con le rispettive caratteristiche geotecniche.

Profondità	Descrizione	Peso unità di volume secco [kg/m <sup>3</sup> ]	Peso unità di volume saturo [kg/m <sup>3</sup> ]	Angolo d'Attrito [°]	Coesione [kPa]
0-1.50	Limo sabbioso	1700	1900	28	0
>1.50 m	Ghiaia con ciottoli in matrice limo sabbiosa	1900	2100	34	0



## 9 DIMENSIONAMENTO GEOTECNICO.

La posa di tubazione a spinta mediante perforazioni orizzontali del tipo spingitubo, comprende la progettazione della camera di spinta, della quale è necessario definire la larghezza, tenendo conto della spinta passiva del terreno e della forza necessaria a spingere il tubo.

È quindi importante definire i terreni coinvolti nella progettazione; a tergo della camera di spinta si prevede un riempimento con materiale proveniente degli scavi, il tubo sarà spinto all'interno dei depositi alluvionali di terrazzo composti da ghiaia con ciottoli in matrice limo sabbiosa.

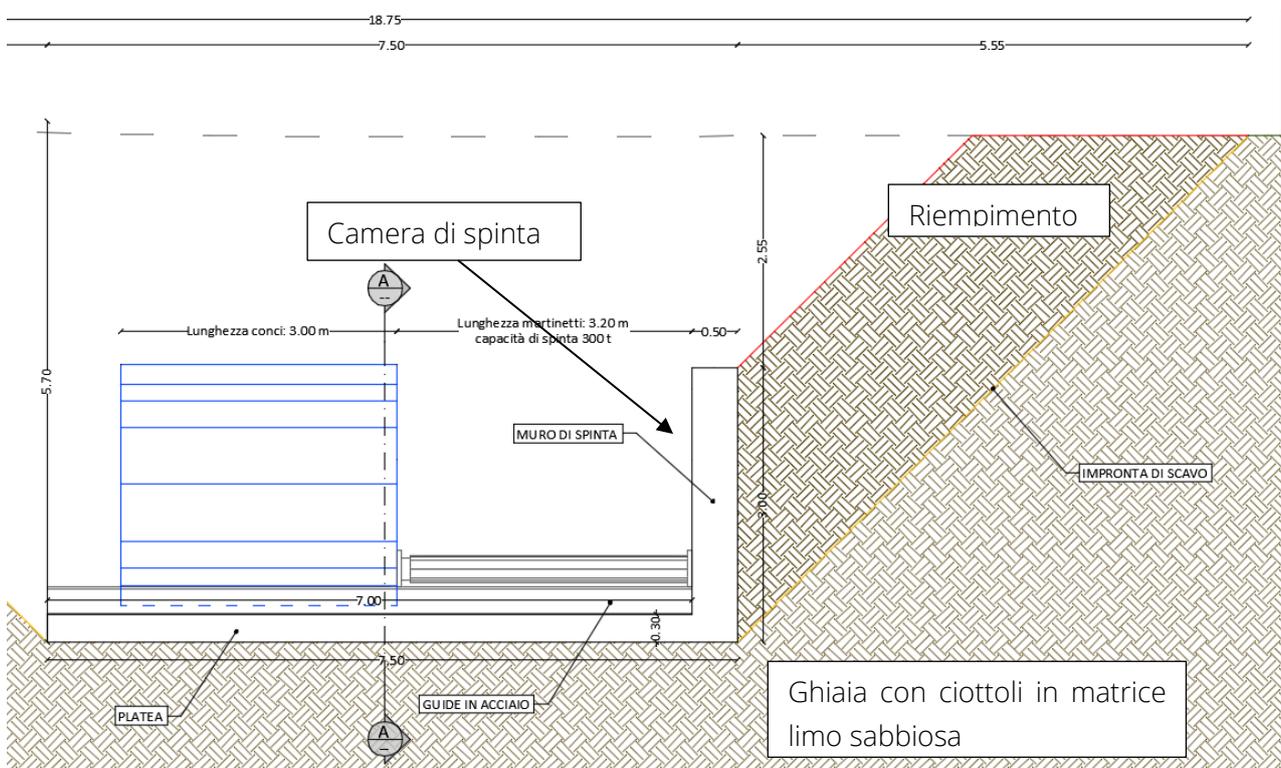


Figura 3. Schema Spingitubo e terreni coinvolti

Tenendo conto la caratterizzazione geotecnica i terreni coinvolti nella opera avranno le seguenti caratteristiche geotecniche.

Profondità	Descrizione	Peso unità di volume secco [kg/m <sup>3</sup> ]	Peso unità di volume saturo [kg/m <sup>3</sup> ]	Angolo d'Attrito [°]	Coesione [kPa]	Ka Culomb (1779)
0-1.50	Limo sabbioso	1700	1900	28	0	-
>1.50 m	Ghiaia con ciottoli in matrice limo sabbiosa	1900	2100	34	0	0.254
-	Riempimento	1900	2000	32	0	0.275

## 9.1 Spinta passiva

La determinazione della spinta esercitata dal terreno contro un'opera di sostegno viene affrontato utilizzando il principio delle tensioni efficaci della teoria di Coulomb (1776), la quale assume una superficie di scorrimento piana.

Le azioni riferite alle pressioni laterali vengono comunemente individuate in tre tipologie:

- Spinta laterale a riposo: condizione naturale del terreno in assenza di espansione o compressione laterale.
- Spinta attiva: Terreno in stato di espansione o decompressione laterale, tale da raggiungere il limite inferiore della tensione principale minima.
- Spinta passiva: il terreno è sottoposto a una compressione laterale tale da raggiungere il valore limite superiore della tensione principale massima.

La spinta passiva è definita come la pressione esercitata dalla camera di spinta verso il cuneo di terreno il quale tende a sollevarsi lungo la superficie di rottura.

Tenendo conto che il coefficiente di spinta passiva è inverso al coefficiente di spinta attiva si comincia per calcolare il coefficiente spinta attiva con la teoria di Coulomb (1776).

$$k_a = \frac{\text{sen}^2(\beta + \varphi)}{\text{sen}^2\beta \cdot \text{sen}(\beta - \varphi_1) \cdot \left[ 1 + \sqrt{\frac{\text{sen}(\varphi + \varphi_1) \cdot \text{sen}(\varphi - \varepsilon)}{\text{sen}(\beta - \varphi_1) \cdot \text{sen}(\beta - \varepsilon)}} \right]^2}$$

Dove seguendo lo schema per la spinta attiva da Coulomb per la camera di spinta sono stati definiti i seguenti valori.

$$\beta = 90^\circ$$

$$\varphi = 32^\circ \text{ angolo d'attrito riempimento.}$$

$$\varphi_1 = \varphi \cdot \frac{2}{3} = 21.33^\circ$$



$$\varepsilon = 0^\circ$$

$$H = 5 \text{ m}$$

$$\gamma t = 19 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}$$

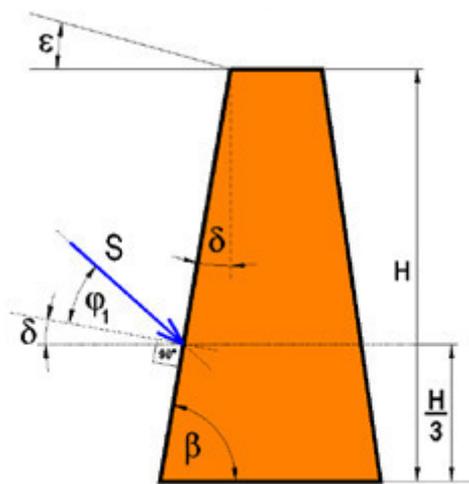


Figura 4. Schema per la spinta attiva secondo la teoria di Coulomb

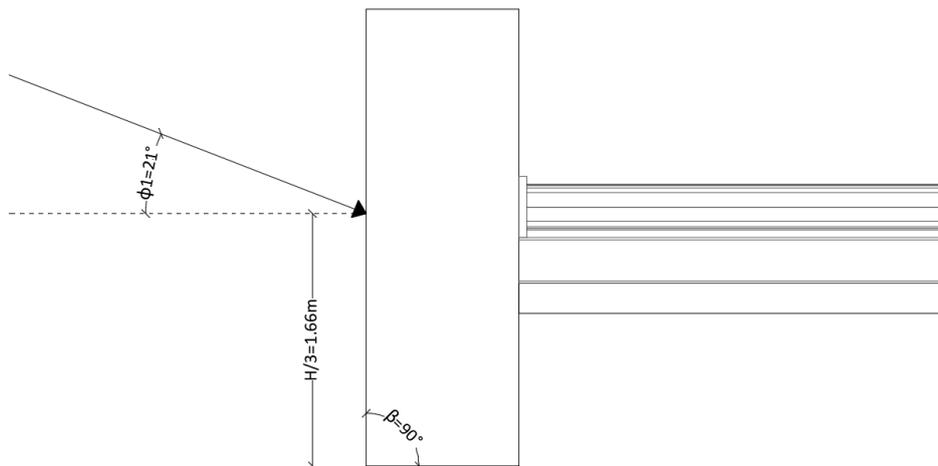


Figura 5. Schema per la spinta attiva – Camera spinta.

$$k_a = \frac{\text{sen}^2(90 + 32)}{\text{sen}^2 90 \cdot \text{sen}(90 - 21.33) \cdot \left[ 1 + \sqrt{\frac{\text{sen}(32 + 21.33) \cdot \text{sen}(32 - 0)}{\text{sen}(90 - 21.33) \cdot \text{sen}(90 - 0)}} \right]}$$

$$k_a = 0.275$$

La spinta attiva e definita come

$$S = \frac{\gamma t}{2} \cdot H^2 \cdot K_a$$

$$S = \frac{19}{2} \cdot 5^2 \cdot 0.275$$

$$S = 65.32 \frac{kN}{m}$$

Il coefficiente di spinta passiva è descritto come la inversa del coefficiente di spinta attiva

$$k_p = \frac{1}{k_a} = \frac{1}{0.275}$$

$$k_p = 3.6361$$

La resistenza alla spinta passiva di un metro di parete in terra alta 5 m, se definisce come:

$$S_p = \frac{\gamma t}{2} \cdot H^2 \cdot Kp$$

$$S_p = \frac{19}{2} \cdot 5^2 \cdot 3.6361$$

$$S_p = 863.57 \frac{kN}{m}$$

## 9.2 Resistenza alla infissione dei terreni, calcolo della forza di spinta teorica

La forza necessaria ad infiggere una tubazione può essere valutata con riferimento alle tensioni efficaci secondo la seguente relazione

$$F = \pi \cdot D \cdot L \cdot Ka \cdot \sigma z \cdot \tan(\delta)$$

Dove

$D = 2700 \text{ mm}$  Diametro esterno della tubazione da posare

$L = 34 \text{ m}$  Lunghezza totale del tratto

$\gamma t = 19.00 \frac{kN}{m^3}$  Peso dell'unità di volume del terreno - Deposito alluvionali ghiaia.

$Z = 5 \text{ m}$  Profondità di posa della tubazione

$\sigma z = \gamma t \cdot Z = 19 \cdot 5 = 95 \text{ kPa}$  Tensione verticale efficace

$\varphi = 34^\circ$  Angolo d'attrito del terreno in sito - Deposito alluvionali ghiaia.

$\delta = 34 \cdot \frac{2}{3} = 22.66^\circ$  Angolo d'attrito tra tubo e terreno.

$Ka = 0.2543$  coefficiente spinta attiva - deposito alluvionali.

$$F = \pi \cdot 2.7 \cdot 34 \cdot 0.2543 \cdot 95 \cdot \tan(22.66)$$

$$F = 2909.258 \text{ kN}$$

Ipotizzando per la camera di spinta una larghezza di 4.00 m la forza di spinta per metro è uguale a 727.32 kN/m



---

$$Fm = \frac{F}{Larghezza} = \frac{2909.258 \text{ kN}}{4 \text{ m}}$$

$$Fm = 727.32 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

### 9.3 Coefficiente di sicurezza

Il coefficiente di sicurezza è definito come il rapporto tra le forze resistenti e le forze attuanti, in questo caso le forze resistenti corrispondono alla resistenza alla spinta passiva del terreno di riporto, mentre le forze agenti vengono definite dalla forza di attrito tra il spingi tubo e il terreno.

$$Fs = \frac{S_p}{F_m} = \frac{\text{Resistenza alla spinta}}{\text{Forza di attrito tubo - terreno}}$$

$$Fs = \frac{863.57 \text{ kN/m}}{727.32 \text{ kN/m}} = 1.18$$

Per un fattore di sicurezza superiore a 1.5, la larghezza della camera di spinta dovrà essere aumentata di almeno 2.00 m

$$Larghezza = larghezza\ iniziale\ (4.00\ m) + 2.00\ m = 6.00\ m$$

$$Larghezza = 6.00\ m$$

Ricalcolando la forza d'attrito tubo - terreno per metro

$$Fm = \frac{F}{Larghezza} = \frac{2909.258 \text{ kN}}{6 \text{ m}}$$

$$Fm = 484.88 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Fattore di sicurezza

$$Fs = \frac{484.88 \text{ kN/m}}{727.32 \text{ kN/m}} = 1.78$$

$$Fs = 1.78$$

---

## 10SCARICO -SEZIONE A-A

Per la verifica della scogliera per lo scarico è stato utilizzato il software MAX. A favore della sicurezza non è stata considerata la azione degli interventi di drenaggio, è stata imposta una condizione di falda a 3.00 m della testa della scogliera. A seguire si riportano i risultati ottenuti, per la sezione più critica quella con altezza massima.

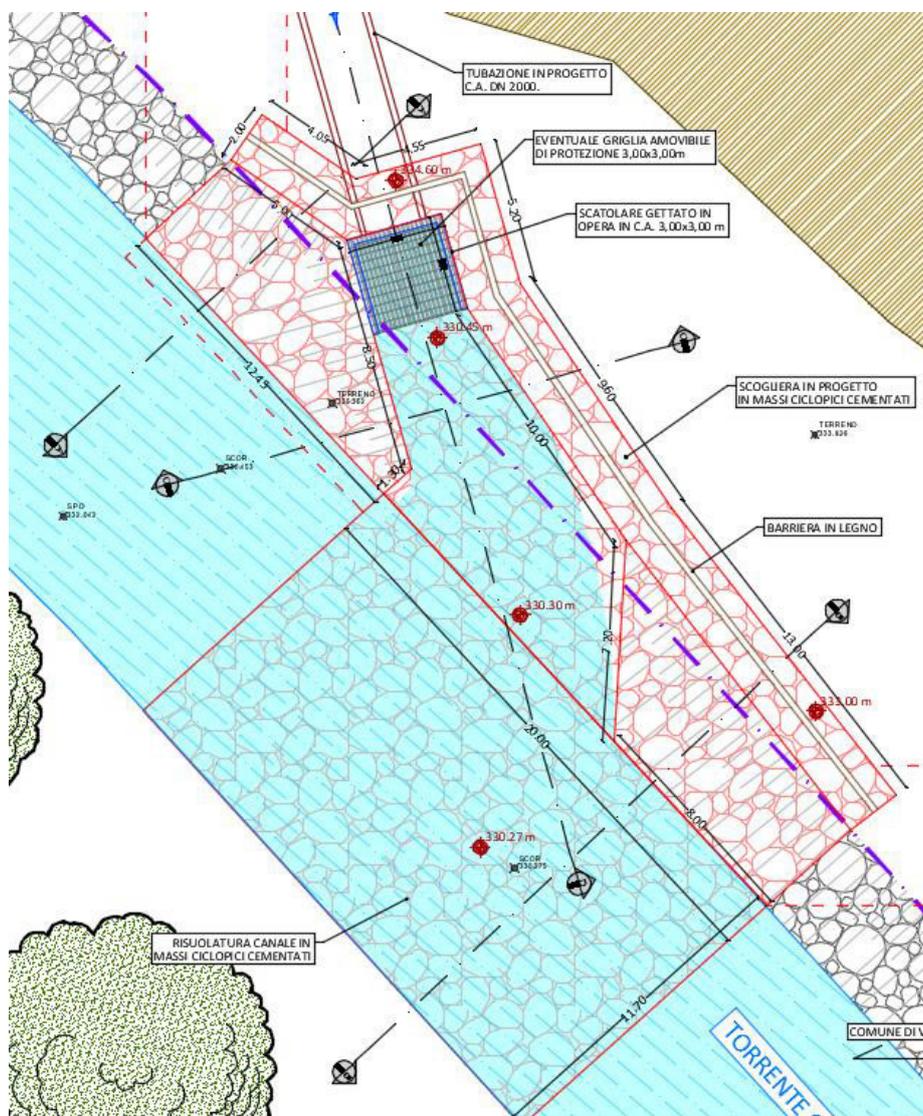


Figura 6. Tav.15\_Planimetria di progetto

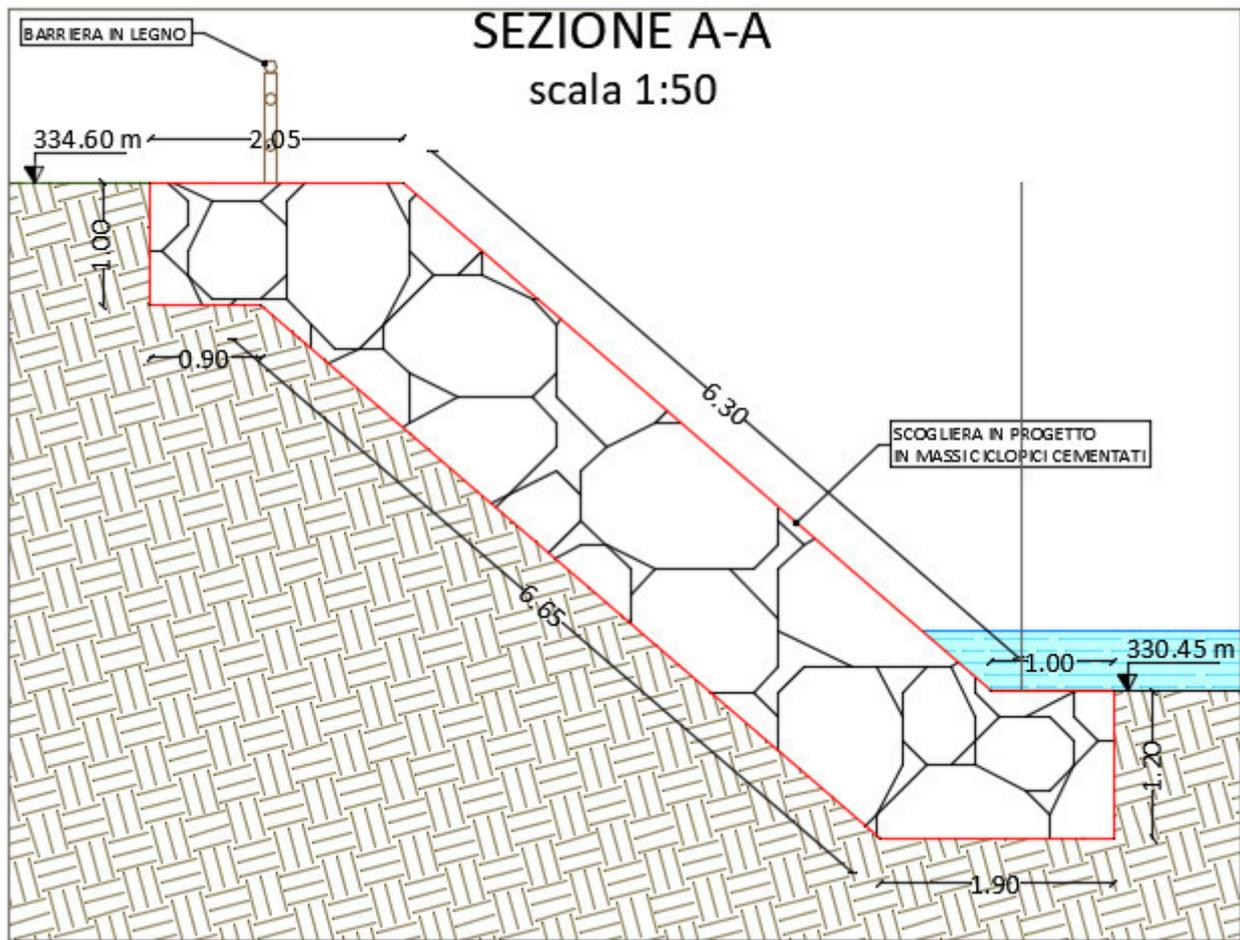


Figura 7: Confronto con la sezione di progetto



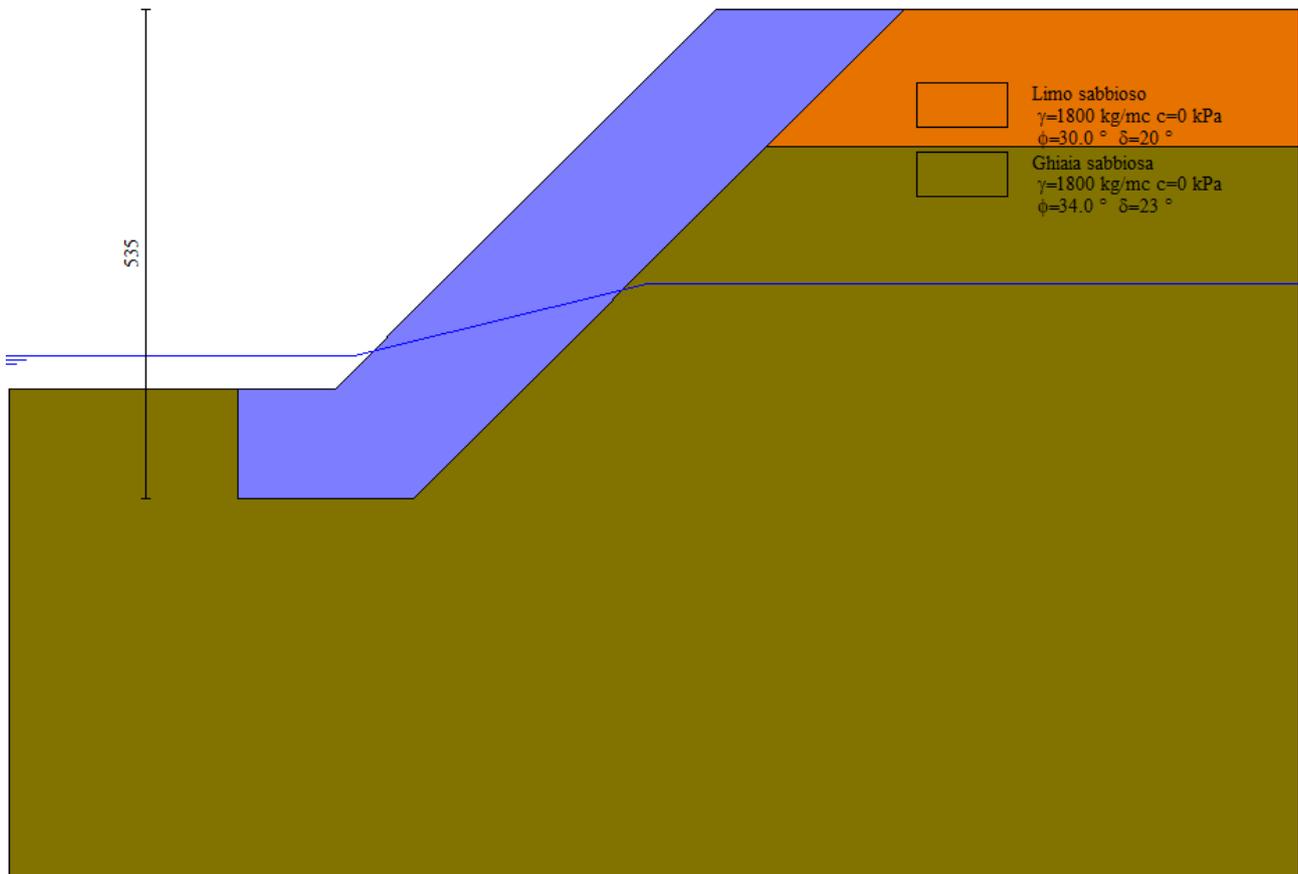


Figura 9. Estratto dal software di calcolo - Max 16.0 - Sezione di verifica

## 10.2 Sollecitazioni agenti.

Di seguito l'involuppo delle sollecitazioni agenti sull'opera di sostegno.

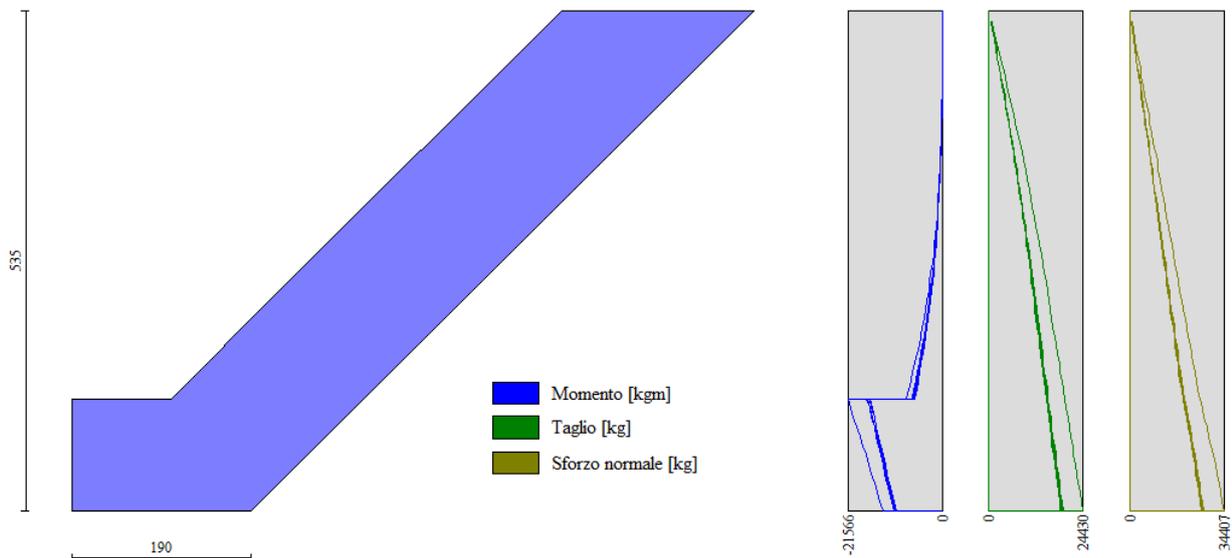


Figura 10. Involuppo momento, taglio e sforzo normale sul paramento e fondazione.



---

## 10.3 Risultati delle verifiche geotecniche.

Nella tabella seguente si riportano i minimi coefficienti di sicurezza delle verifiche geotecniche tenendo conto di tutte le combinazioni risultanti dal calcolo.

Tipo di verifica	Fattori di sicurezza minimi
Verifica al ribaltamento	6.17 (12)
Verifica allo scorrimento	2.15 (1)
Verifica al carico limite	2.92 (4)
Verifica alla stabilità globale	1.50 (7)

Tabella 6 - Risultati delle verifiche geotecniche

I valori minimi dei fattori di sicurezza risultano maggiori di quelli prescritti dalla normativa per muri di sostegno (NTC 2018).

- Ribaltamento:  $FS_{RIB} > FS_{NORM}$  (=1.15)
- Scorrimento:  $FS_{SCO} > FS_{NORM}$  (=1.10)
- Carico limite:  $FS_{CL} > FS_{NORM}$  (=1.40)
- Stabilità globale:  $FS_{SG} > FS_{NORM}$  (=1.20)

## 11 CONCLUSIONI

L'intervento previsto, alla luce della modesta entità delle opere in progetto, delle modeste profondità degli scavi, non modifica l'attuale assetto idraulico e geomorfologico dell'area, non interferendo con l'attuale deflusso delle acque superficiali ed essendo perfettamente compatibile con l'attuale assetto idraulico e geomorfologico, non peggiorandone le condizioni di pericolosità.

Per quanto concerne il dimensionamento delle opere geotecniche, è stata verificata la larghezza della camera di spinta tale da consentire un contrasto sufficiente per l'infissione della tubazione nelle condizioni peggiori, per le quali a fronte di una resistenza alla infissione di 485 kN/m, per una camera di spinta di larghezza pari a 6.00 m altezza di 3.00 m risulta un fattore di sicurezza pari a 1.78.

Si consiglia per il rinterro a tergo delle opere di sostegno, di utilizzare il materiale proveniente dagli scavi, opportunamente vagliato con benna vagliante al fine di eliminare la frazione fine, sabbioso limosa.

Per quanto concerne le verifiche geotecniche, effettuate sui muri, tutte le verifiche hanno dato esito positivo, confermando che la corretta esecuzione dell'opera garantirà la stabilità delle stesse.

Le verifiche hanno fatto riferimento all'attuale normativa vigente, il DM 17/01/2018.

Dai risultati ottenuti risulta che tutte le verifiche effettuate risultano **soddisfatte**.

Loranzè li Aprile 2022

Dott. Geol. Paolo Cambuli

