



Coordinamento Territoriale Nord Est

Area Compartimentale Veneto

Via E. Millosevich, 49 - 30173 Venezia Mestre T [+39] 041 2911411 - F [+39] 041 5317321  
Pec anas.veneto@postacert.stradeanas.it - www.stradeanas.it

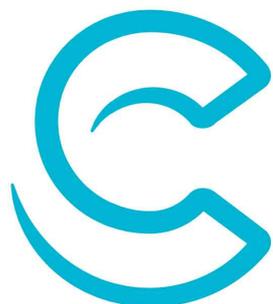
Anas S.p.A. - Società con Socio Unico

Sede Legale

Via Monzambano, 10 - 00185 Roma T [+39] 06 44461 - F [+39] 06 4456224

Pec anas@postacert.stradeanas.it

Cap. Soc. Euro 2.269.892.000,00 Iscr. R.E.A. 1024951 P.IVA 02133681003 - C.F. 80208450587



cortina  
2021

## S.S. n° 51 "di Alemagna" Provincia di Belluno

### Piano straordinario per l'accessibilità a Cortina 2021

Attraversamento dell'abitato di  
Tai di Cadore

#### PROGETTO DEFINITIVO

PROGETTAZIONE ANAS S.p.A.

Coordinamento Territoriale Nord Est - Area Compartimentale Veneto

IL PROGETTISTA:

*Ing. Pietro Leonardo CARLUCCI*

IL GEOLOGO:

*Geol. Emanuela AMICI*

IL GRUPPO DI PROGETTAZIONE:

*Dott. Marco FORMENTELLO*

*Arch. Lisa ZANNONER*

ASSISTENZA ALLA PROGETTAZIONE:



ART Ambiente Risorse Territorio srl

strada Pietro Del Prato 15/A 43121 Parma

tel. +39 0521 090911 fax +39 0521 090999

www.artambiente.org info@artambiente.org

DIRETTORE TECNICO: *Dott. Ing. Ivo Fresia*

visto: IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO

*Ing. Gabriella MANGINELLI*

PROTOCOLLO:

DATA:

N. ELABORATO:

**GEOTECNICA**  
Relazione geotecnica

CODICE PROGETTO

PROGETTO LIV. PROG. N. PROG.

MSVE14 D 1709

NOME FILE

T00\_GE00\_GET\_RE01\_B-RelGeotecnica.docx

REVISIONE

SCALA:

CODICE ELAB. T00GE00GETRE01

B

-

D

C

B

A

REV.

SONDAGGI E PROVE LABORATORIO

GENNAIO 2018

R. MALCOTTI

R. MALCOTTI

I. FRESIA

EMISSIONE

LUGLIO 2017

R. MALCOTTI

R. MALCOTTI

I. FRESIA

DESCRIZIONE

DATA

REDATTO

VERIFICATO

APPROVATO

## Indice

1	Premessa .....	1
2	Azione sismica .....	3
2.1	Spettro di risposta elastico.....	7
3	Unità geotecniche.....	9

ISO 9001	elaborato	verificato	approvato	commessa	attività	prodotto	elaborato	revisione
ART	PM	RM	FR	709	04	92	001R	01

# 1 Premessa

La presente relazione ha lo scopo di inquadrare dal punto di vista geotecnico l'area interessata dagli interventi in progetto, esaminando le unità geotecniche al fine di individuare le soluzioni progettuali più idonee.

Si rimanda alla relazione geologica per un inquadramento generale dal punto di vista geomorfologico, geologico e idrogeologico.

La Variante di Tai di Cadore della S.S. 51 ricade interamente nel Comune di Pieve di Cadore; parte da località Manzago e si sviluppa con un tracciato di circa 1,1 km, in gran parte in galleria naturale, attraversando le pendici del Col Vacher-M. Zucco, per poi sboccare in località Pra de Tai in direzione Cortina d'Ampezzo **Fig. 1**.



**Fig. 1** Tracciato della Variante della S.S. 51 di Tai di Cadore, Fase D - Studio di fattibilità

Gli interventi strutturali prevedono la realizzazione di opere di sostegno, di ancoraggio e opere in sotterraneo (scavi in galleria artificiale e galleria naturale in roccia secondo metodologia tradizionale).

In particolare la galleria si svilupperà ad una profondità massima di circa 67 m dal p.c. secondo la sezione rappresentata di seguito:

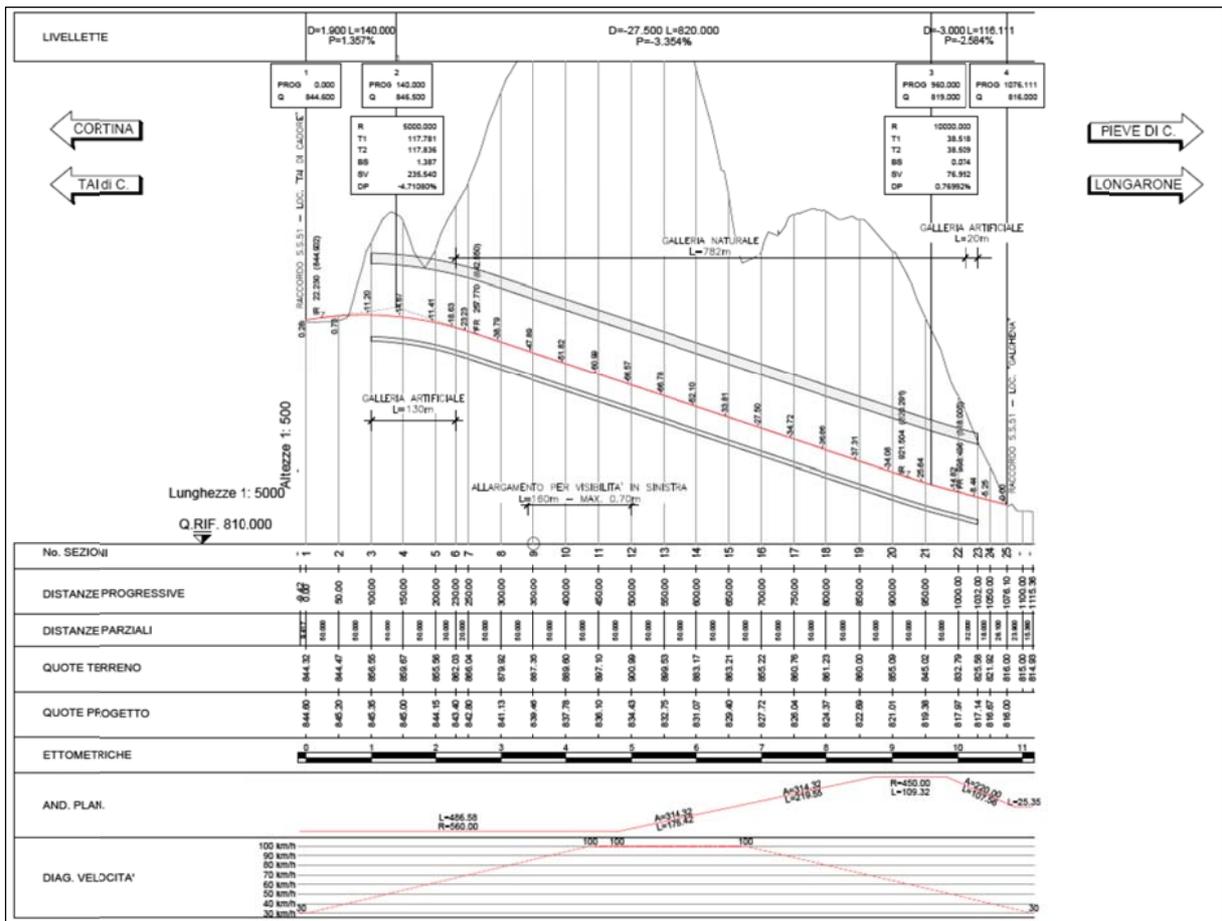


Fig. 2 Profilo altimetrico del tratto in galleria naturale della Variante S.S. 51 di Tai di Cadore – Fase D

## 2 Azione sismica

Le azioni sismiche di progetto, in base alle quali valutare il rispetto dei diversi stati limite considerati dalle NTC 2008, si definiscono a partire dalla “pericolosità sismica di base” del sito di costruzione. Essa costituisce l’elemento di conoscenza primario per la determinazione delle azioni sismiche.

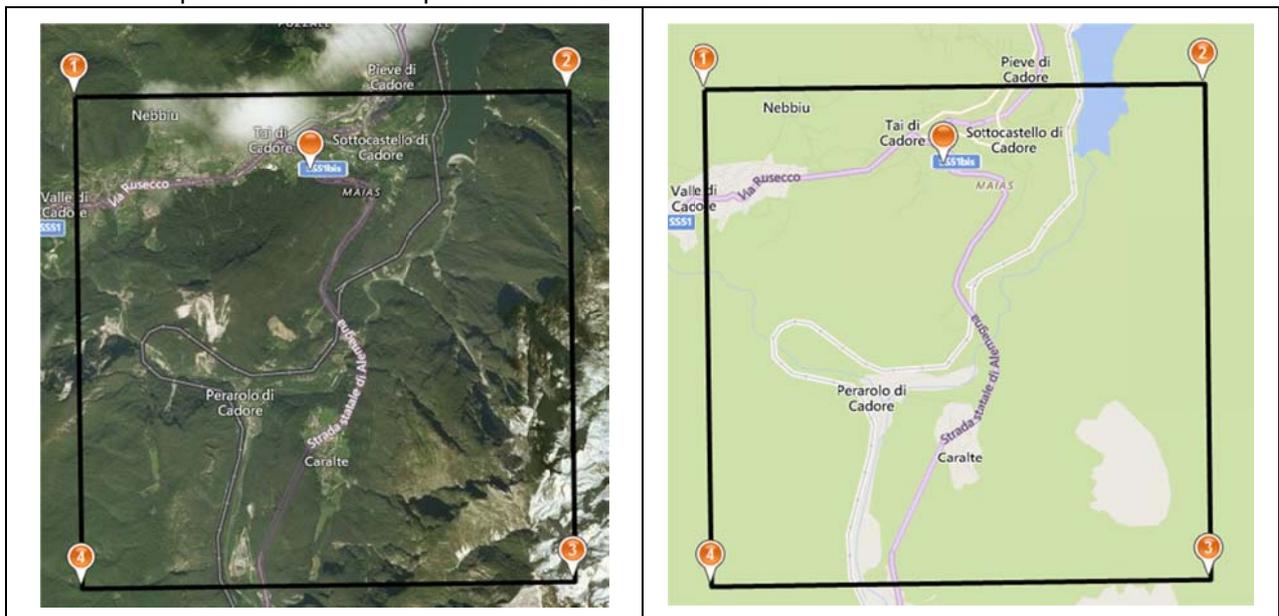
La pericolosità sismica è definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa  $a_g$  in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale (di categoria A), nonché di ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente  $S_e(T)$ , con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza PVR, nel periodo di riferimento VR. In alternativa è ammesso l’uso di accelerogrammi, purché correttamente commisurati alla pericolosità sismica del sito.

Le NTC 2008 stabiliscono che le forme spettrali sono definite, per ciascuna delle probabilità di superamento nel periodo di riferimento PVR, a partire dai valori dei seguenti parametri su sito di riferimento rigido orizzontale:

- $a_g$ : accelerazione orizzontale massima al sito;
- $F_0$ : valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- $T^*c$ : periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

In allegato alla norma, per tutti i siti considerati, sono forniti i valori di  $a_g$ ,  $F_0$  e  $T^*c$  necessari per la determinazione delle azioni sismiche.

L’area di studio è individuata dalle coordinate (ED50) Lat: 46,4214900° Long: 12,3666500° e ricade pertanto all’interno del reticolo di riferimento tra i 4 vertici indicati nella Fig. 3 per i quali le NTC definiscono i parametri necessari per definire l’azione sismica.



**Fig. 3** Rappresentazione dei punti della maglia del reticolo di riferimento riportati nella Tab.1 allegata alle NTC 2008

La seguente Tab. 1 riporta i parametri sismici relativi all'area di intervento, così come definiti dalle NTC 2008:

**Tab. 1 Parametri sismici dell'area di intervento (Tabella 1 allegata alle NTC 2008)**

Stato limite	Tr [anni]	Ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	241	0,107	2,478	0,327
SLD	402	0,133	2,482	0,341
SLV	2475	0,257	2,603	0,373
SLC	2475	0,257	2,603	0,373

Per quanto riguarda inoltre la definizione dei coefficienti sismici sono state operate a livello preliminare le seguenti classificazioni tipologiche sia per quanto concerne l'opera in progetto, sia per quanto riguarda la stratigrafia del sito di edificazione.

In primo luogo è stata definita a livello preliminare la classe prevalente delle opere, facendo riferimento alla **IV Classe**, così come definita dalle NTC 2008 (Tab. 2).

**Tab. 2 Classi degli edifici secondo le NTC 2008**

Classe	Descrizione
I.	Presenza occasionale di persone, edifici agricoli
II.	Affollamento normale. Assenza di funz. pubbliche e sociali
III.	Affollamento significativo
IV.	Funzioni pubbliche o strategiche importanti

E' stata quindi definita la "Vita nominale" dell'opera, facendo riferimento al valore di **200 anni**, così come definito dalle dalle NTC 2008 (Tab. 3).

**Tab. 3 Vita nominale delle opere secondo le NTC 2008**

Tipo opera	Vita Nominale
Opere provvisorie	<=10,
Opere ordinarie	>=50,
Grandi opere	>=100

E' stata inoltre definita, sempre con riferimento ai criteri classificativi introdotti dalle NTC 2008, e alle caratteristiche stratigrafiche individuate, la categoria di sottosuolo del sito di edificazione, facendo riferimento alla **Categoria C**, così come definita dalle NTC 2008 (Tab. 4).

**Tab. 4 Categorie di sottosuolo secondo le NTC 2008**

Categoria	Descrizione
A	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.
B	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $NSPT_{,30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina).
C	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < NSPT_{,30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_{u,30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).
D	Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 180 m/s (ovvero $NSPT_{,30} < 15$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} < 70$ kPa nei terreni a grana fina).
E	Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con $V_s > 800$ m/s).
S1	Depositi di terreni caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 100 m/s (ovvero $10 < c_{u,30} < 20$ kPa), che includono uno strato di almeno 8 m di terreni a grana fina di bassa consistenza, oppure che includono almeno 3 m di torba o di argille altamente organiche
S2	Depositi di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensitive o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti.

Per quanto riguarda infine la definizione della categoria topografica dell'area in esame è stato fatto riferimento alla categoria **T1** in ragione della morfologia dell'area e così come definita dalle NTC 2008 (Tab. 5).

**Tab. 5 Categorie topografiche secondo le NTC 2008**

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 $i > 30^\circ$

Sulla base delle classificazioni sopra riportate è stato possibile calcolare i coefficienti sismici che permetteranno di definire gli spettri di accelerazione sia orizzontali che verticali, così come definiti dalle relazioni riportate nel paragrafo 3.2.3.2 delle NTC.

La seguente Tab. 6 riporta i coefficienti sismici necessari per la definizione dello spettro relativo all'area di intervento.

**Tab. 6 Calcolo dei coefficienti sismici**

Coefficienti sismici stabilità di pendii e fondazioni

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0,039	0,048	0,094	0,094
kv	0,019	0,024	0,047	0,047
amax [m/s <sup>2</sup> ]	1,575	1,950	3,277	3,277
Beta	0,240	0,240	0,280	0,280

Coefficienti sismici per muri di sostegno

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0,039	0,048	0,104	0,104
kv	0,019	0,024	0,052	0,052
amax [m/s <sup>2</sup> ]	1,575	1,950	3,277	3,277
Beta	0,240	0,240	0,310	0,310

Coefficienti sismici per muri di sostegno che no sono in grado di subire spostamenti

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0,161	0,199	0,334	0,334
kv	0,080	0,099	0,167	0,167
amax [m/s <sup>2</sup> ]	1,575	1,950	3,277	3,277
Beta	1,000	1,000	1,000	1,000

Coefficienti sismici per paratie

Altezza paratia 3 m

Spostamento ammissibile 0,015 m

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0,104	0,129	0,217	0,217
kv	--	--	--	--
amax [m/s <sup>2</sup> ]	1,575	1,950	3,277	3,277
Beta	0,650	0,650	0,650	0,650

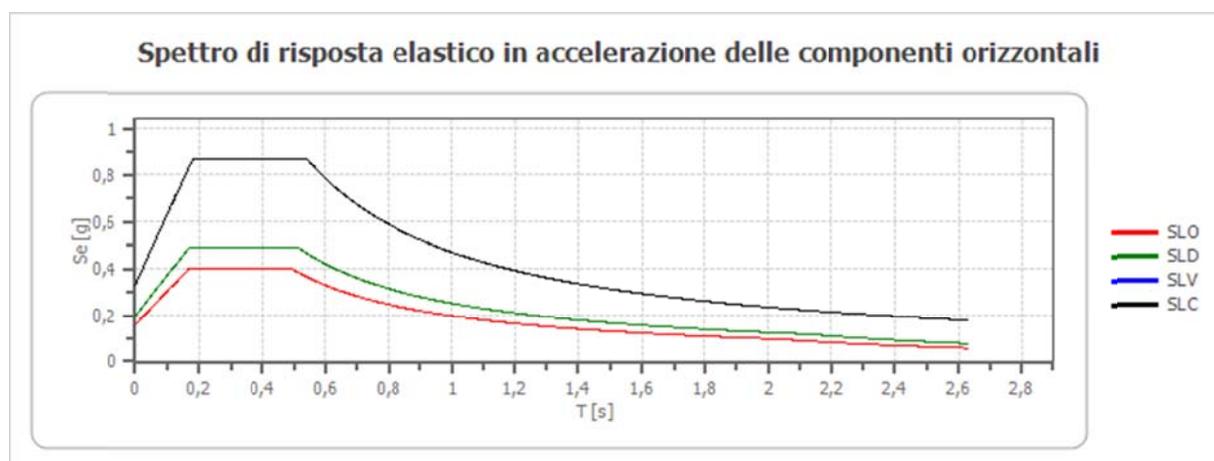
## 2.1 Spettro di risposta elastico

Sono stati definiti gli spettri relativi alle componenti orizzontale e verticale, con riferimento agli stati limite contemplati dalle NTC-08 ed in particolare:

SLE Stati limite di esercizio	SLO	Stato limite di operatività
	SLD	Stato limite di danno
SLU Stati limite ultimi	SLV	Stato limite di salvaguardia della vita
	SLC	Stato limite di prevenzione del collasso

I grafici riportati nelle seguenti figure rappresentano i valori di accelerazione spettrali attesi ( $S_d$  [g]) rispetto ad un di periodo di oscillazione di riferimento ( $T$  [s]). Nel corso della progettazione strutturale esecutiva degli interventi tali considerazioni dovranno essere verificate e puntualizzate in funzione delle caratteristiche strutturali e dimensionali degli edifici stessi.

### Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali



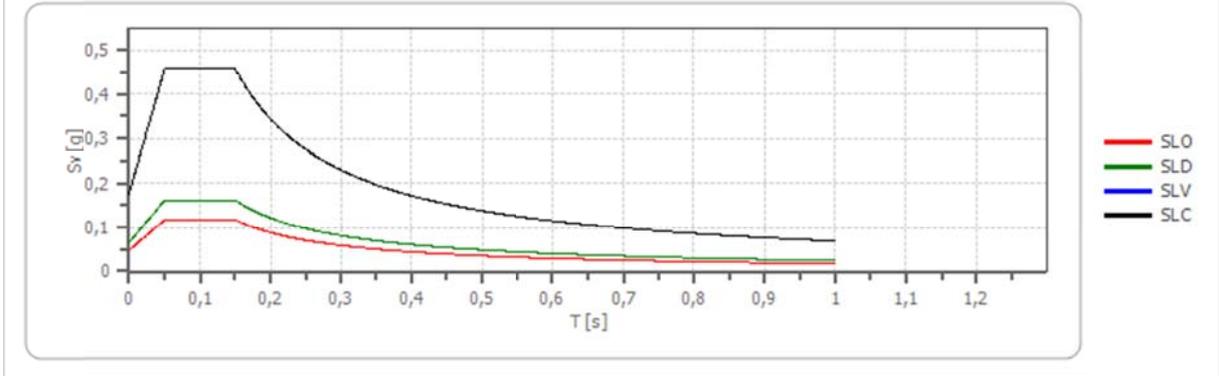
	cu	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	$\eta$ [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(TB) [g]
SLO	2,0	0,107	2,478	0,327	1,500	1,520	1,000	1,500	1,000	0,166	0,497	2,028	0,161	0,398
SLD	2,0	0,133	2,482	0,341	1,500	1,500	1,000	1,500	1,000	0,170	0,511	2,130	0,199	0,494
SLV	2,0	0,257	2,603	0,373	1,300	1,450	1,000	1,300	1,000	0,180	0,541	2,628	0,334	0,870
SLC	2,0	0,257	2,603	0,373	1,300	1,450	1,000	1,300	1,000	0,180	0,541	2,628	0,334	0,870

### Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti verticali

Coefficiente di smorzamento viscoso  $\xi$ : 5 %

Fattore di alterazione dello spettro elastico  $\eta = [10/(5+\xi)]^{(1/2)}$ : 1

### Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti verticali



	cu	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	η [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(TB) [g]
SLO	2,0	0,107	2,478	0,327	1	1,520	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000	0,047	0,117
SLD	2,0	0,133	2,482	0,341	1	1,500	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000	0,065	0,162
SLV	2,0	0,257	2,603	0,373	1	1,450	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000	0,176	0,458
SLC	2,0	0,257	2,603	0,373	1	1,450	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000	0,176	0,458

### **3 Unità geotecniche**

Il panorama delle indagini eseguite e delle prove di laboratorio alla data di Dicembre 2017 hanno fornito un primo inquadramento generale della situazione litostratigrafica dei terreni interessati dal tracciato di progetto e delle loro caratteristiche meccaniche.

I sondaggi, le prove in sito e di laboratorio hanno permesso di suddividere i terreni incontrati lungo il tracciato dell'opera in differenti unità geotecniche.

Nella seguente tabella si riporta un primo quadro riassuntivo dei parametri caratteristici individuati per le diverse unità geotecniche.

			Peso volume	coesione efficace	Angolo di attrito	coesione non drenata	Modulo edometrico	Coefficiente di consolidazione	Limite liquido	Limite plastico	Indice plastico	Indice dei vuoti	Permeabilità
Litotipo	Sondaggio	Prove	$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	c' (kPa)	$\varphi'$	Cu (kPa)	Eed MPa	Cv cm <sup>2</sup> /s	Wl %	Wp %	Ip %	e	K m/s
LIMI ARGILLOSI CON MATERIA ORGANICA	-	DPSH01	16-18	-	22-23	18	-	-	-	-	-	-	-
LIMI ARGILLOSI	T01	SPT	19-21	-	26-27	-	-	-	-	-	-	-	-
GHIAIE IN MATRICE ARGILLOSA	T05 T04	SPT	20-22	-	40-42	-	-	-	-	-	-	-	-
ARGILLE SABBIOSE CON GHIAIA	T01 T02 T03 T04 T05	EDO TD TXCD TXCU TXUU RIG	20-22	11	25-27	90	18,5	0.0007	26	13	13	0,379	1,22e-06

