



COMUNE DI PATERNO CALABRO

Provincia di Cosenza

REGIONE



CALABRIA

Lavori di "Realizzazione impianto di depurazione a fanghi attivi in loc. Cimini della potenzialità di 1.000 a.e.. Adeguamento funzionale degli impianti di depurazione di loc. Pugliano (pot. 300 a.e.) e loc. Spadolette (pot. 300 a.e.). Realizzazione rete fognaria di parte del centro urbano e collettamento all'impianto di depurazione di Loc. Cimini" - I° **Stralcio funzionale**.



PROGETTO DEFINITIVO/ESECUTIVO

Progettazione:



Sede Legale e Sede Operativa

Viale della Repubblica, 154 - Cosenza

Tel. 0984/393037

Email: info@progreenambiente.it

PEC: progreenambiente@pec.progreenambiente.it

Codice: **PD/PE**

10.06.

Scala:

1:1000

Titolo:

RELAZIONE GEOTECNICA

Timbri: Direttore Tecnico



Il Responsabile Unico del Procedimento: Geom. Maurizio Piccolo

Data:

Rev.	Data:	Descrizione revisione	Eseguito:	Controllato:	Approvato:
A					
B					
C					

Sommario

1	PREMESSA	2
2	NORMATIVE DI RIFERIMENTO	2
3	INDAGINI IN SITU E DI LABORATORIO DI RIFERIMENTO	3
4	INTERPRETAZIONE DEI PARAMETRI DI RESISTENZA DELLE PROVE DI LABORATORIO	3
5	UBICAZIONE INDAGINI IN SITU E LABORATORIO	4
6	MODELLO GEOTECNICO UTILIZZATO	5
6.1	Definizione categoria di terreno di fondazione	5
6.2	Condizioni topografiche	6
6.3	Presenza di falda	7
6.4	Definizione della stratigrafia	7
7	MODELLO GEOTECNICO GLOBALE ASSUNTO	12

1 PREMESSA

La presente relazione descrive il modello geotecnico derivante dalle campagne geognostiche effettuate nell'area interessata dal Progetto Definitivo/Esecutivo con oggetto: *“Realizzazione impianto di depurazione a fanghi attivi in loc. Cimini della potenzialità di 1.000 a.e.. Adeguamento funzionale degli impianti di depurazione di loc. Pugliano (pot. 300 a.e.) e loc. Spadolette (pot.300 a.e.). Realizzazione rete fognaria di parte del centro urbano e collettamento all'impianto di depurazione di Loc. Cimini” - I° Stralcio funzionale*“. ricadente nel Comune di Paterno Calabro (CS).

Il modello geotecnico scaturisce quindi dall'analisi di dati acquisiti mediante rilevamenti di superficie e campagne geognostiche in sito ed in laboratorio, realizzate nell'ambito della presente progettazione.

Per la stesura della presente Relazione Geotecnica si è fatto riferimento e sono stati elaborati i contenuti derivanti dai seguenti elaborati:

- Relazione Geologica e Geomorfologica (cfr. PE.10.03);
- Indagini geofisiche e geotecniche (cfr. PE.10.04);
- Relazione di pericolosità sismica di base (cfr. PE.10.05);

2 NORMATIVE DI RIFERIMENTO

- Legge nr. 64 del 02/02/1974. Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche.
- D.M. LL.PP. del 11/03/1988. - 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 opere di fondazione.
- D.M. 16 Gennaio 1996. - Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche
- Circolare Ministero LL.PP. 15 Ottobre 1996 N. 252 AA.GG./S.T.C. - Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche di cui al D.M. 9 Gennaio 1996

- Circolare Ministero LL.PP. 10 Aprile 1997 N. 65/AA.GG. - Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche di cui al D.M. 16 Gennaio 1996.
- Norme Tecniche per le Costruzioni 2008 (D.M. 14 Gennaio 2008).
- Circolare 617 del 02/02/2009. - Istruzioni per l'applicazione delle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 14 gennaio 2008.
- Norme Tecniche per le Costruzioni 2018 (D.M. 17 Gennaio 2018).

3 INDAGINI IN SITU E DI LABORATORIO DI RIFERIMENTO

I parametri di resistenza e fisici per la caratterizzazione geotecnica dei terreni e delle rocce relativi al volume significativo delle verifiche effettuate nella presente relazione sono stati interpretati dalle indagini geotecniche dirette e indirette in situ e da prove di laboratorio.

La campagna geognostica è consistita in:

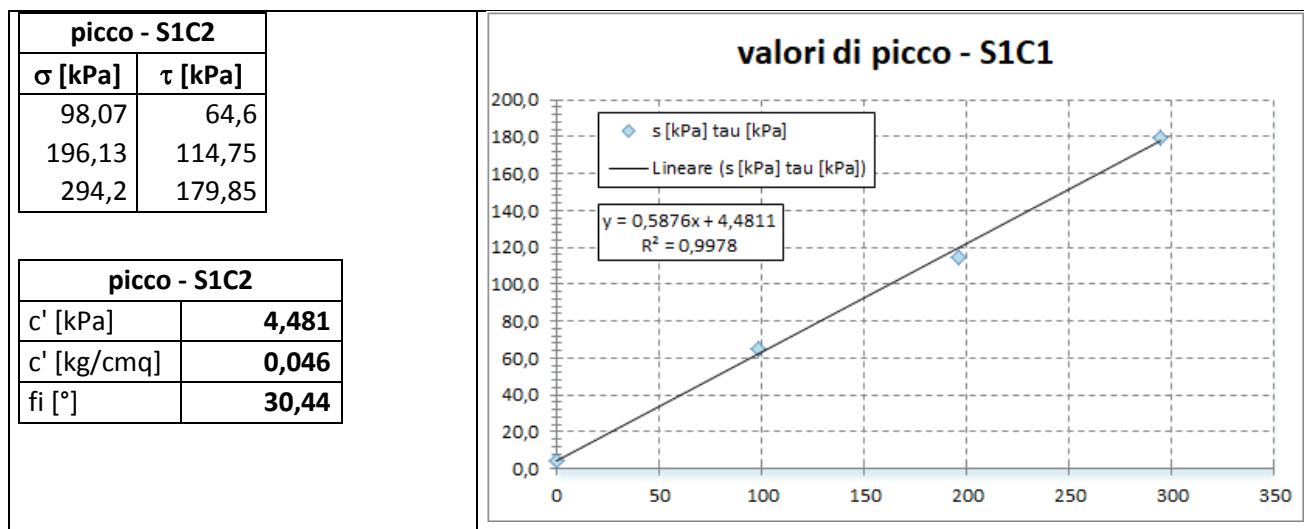
- n. 3 prove penetrometriche dinamiche continue tipo DPSH (denominate da DPSH1 a DPSH3);
- n. 1 prova di laboratorio per la determinazione dei parametri di resistenza (denominata S1C1);
- n. 2 indagini sismiche a rifrazione (denominate SIS1 e SIS2);
- n. 1 indagini sismiche a rifrazione eseguite con metodologia MASW sul tracciato SIS1 (denominata MASW1);

4 INTERPRETAZIONE DEI PARAMETRI DI RESISTENZA DELLE PROVE DI LABORATORIO

Durante le fasi di carotaggio è stato prelevati n° 1 campioni Indisturbati rispettivamente alle seguenti profondità:

- S1C1 da 1.00 a 1.40 mt dal p.c.;

Le analisi sono state commissionate al laboratorio I.P.G. snc – Istituto Prove Geotecniche. Di seguito i risultati delle interpretazioni.



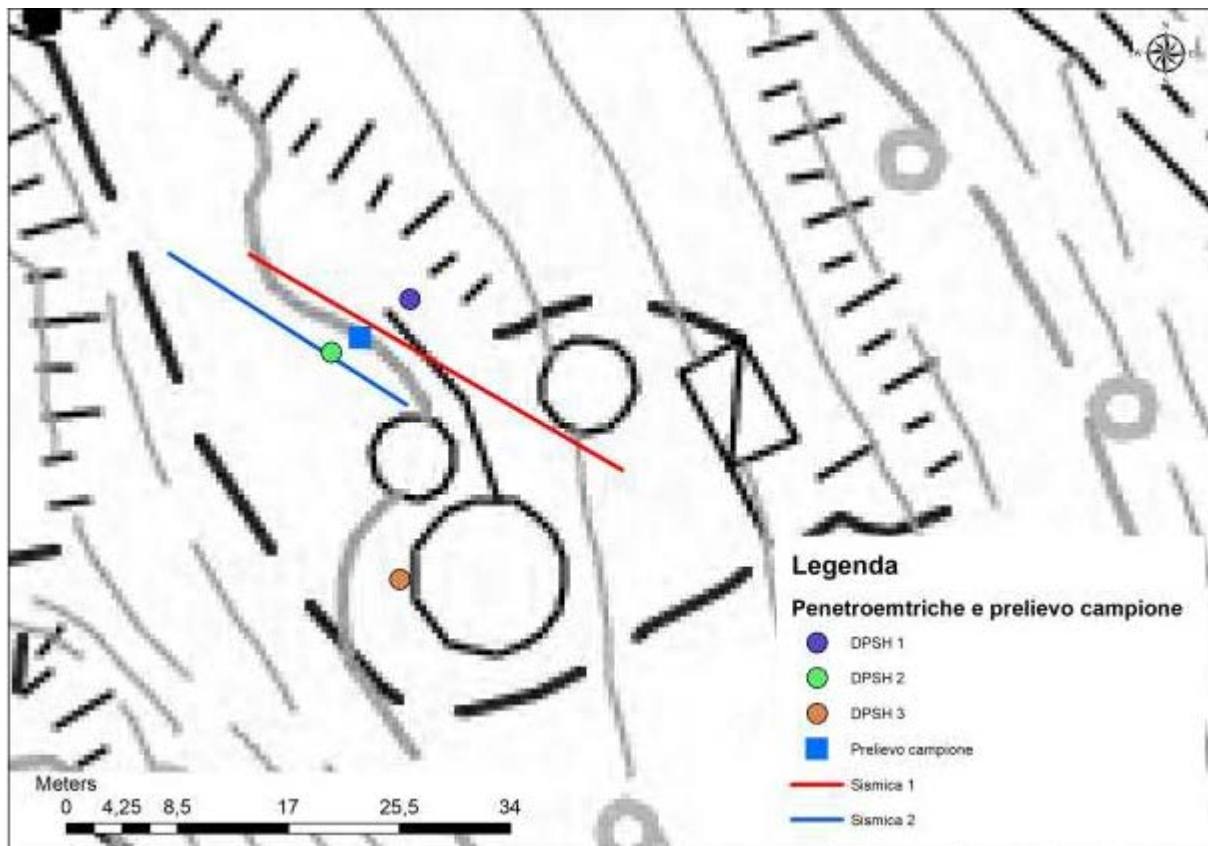
Si riporta di seguito, per comodità di lettura, la sintesi dei valori ottenuti dei parametri di resistenza oltre che ai principali parametri fisici:

Sondaggio*	Campione*	Profondità (q.p.c) [m]	Contenuto d'acqua w [%]	Peso dell'unità di volume naturale γ_{nat} [kN/m³]	Peso specifico dei grani γ_s [kN/mc]
S1	C1	1,00 - 1,40	17,47	19,906	26,427

Sondaggio*	Campione*	Profondità (q.p.c) [m]	Analisi granulometrica	Parametri di resistenza taglio	
				c' [kg/cmq]	ϕ p' [°]
S1	C1	1,00 - 1,40	Sabbia limosa ghiaiosa argillosa	0,046	30,44

5 UBICAZIONE INDAGINI IN SITU E LABORATORIO

Si riporta di seguito stralcio della planimetria di ubicazione delle indagini geognostiche eseguite di cui sopra.



6 MODELLO GEOTECNICO UTILIZZATO

Di seguito saranno riportati in sintesi i risultati delle prove in situ e di laboratorio sopracitate e descritta l'interpretazione geologico-tecnica dei dati sismici ottenuti in campagna al fine di ricostruire un modello geotecnico di calcolo del situ in esame.

6.1 Definizione categoria di terreno di fondazione

Le condizioni stratigrafiche e le proprietà dei terreni, nel caso oggetto di studio, si possono chiaramente ricondurre alle categorie definite nella Tab. 3.2. II delle NTC 2018 di cui al DM 17 gennaio 2018, quindi si può fare riferimento ad un approccio semplificato che si basa sulla classificazione del sottosuolo in funzione dei valori della velocità di propagazione delle onde di taglio, V_s .

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

Categoria	Descrizione
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>

Dalla prospezione sismica con metodologia M.A.S.W e dall'elaborazione dei dati modello medio, tipo di analisi: onde di Rayleigh si ottengono i seguenti valori di V_{s30} :

quota p.c	Vs (m/s)	Categoria sottosuolo
-0,00	245,90	C
-1,00	272,72	C
-2,00	303,03	C
-3,00	340,90	C

Categoria di suolo: **C** - 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.

6.2 Condizioni topografiche

Per configurazioni topografiche superficiali semplici si può adottare la seguente classificazione (Tab. 3.2.III - delle NTC 2018 di cui al DM 17 gennaio 2018):

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 $i > 30^\circ$

Il sito oggetto di intervento, con inclinazione di pendio maggiore di 15 ricade quindi nella categoria topografica T2.

6.3 Presenza di falda

Dalle prove in situ, effettuati nella campagna di indagini non si evince la presenza di falda.

6.4 Definizione della stratigrafia

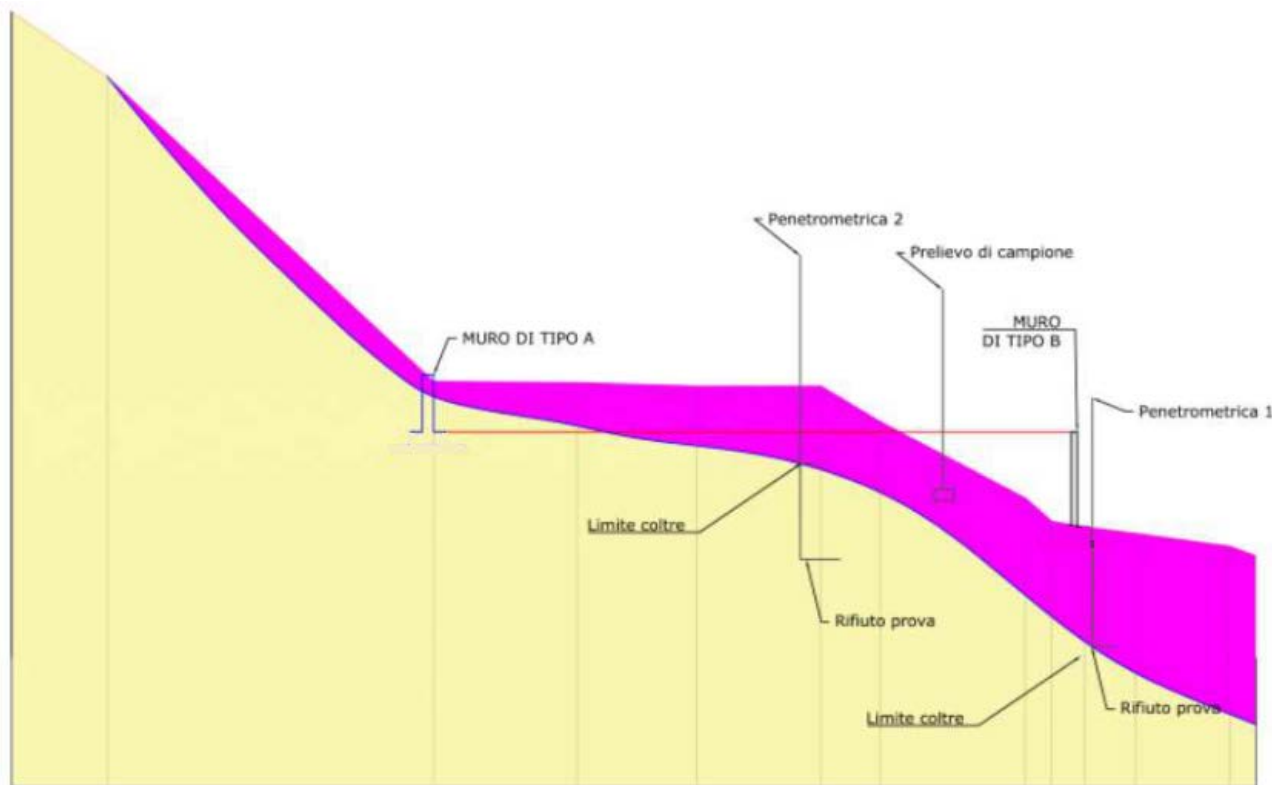
La caratterizzazione litostratigrafica di massima del sottosuolo è stata raggiunta basandosi principalmente sulla consistenza dei litotipi investigati e sui parametri geotecnici che ne definiscono il relativo comportamento fisico-meccanico.

L'indicativa inclinazione degli strati è stata desunta sia attraverso correlazioni stratigrafiche di massima tra un punto di sondaggio e l'altro, sia mediante osservazione delle restituzioni grafiche relative alle tomografie sismiche effettuate; pertanto, gli strati sono stati considerati inclinati dell'ordine di $10^{\circ} \div 20^{\circ}$ massimo sull'orizzontale.

Il modello geotecnico utilizzato per effettuare le verifiche delle opere di sostegno in progetto e delle vasche, dedotto dalle prove in situ e di laboratorio opportunamente elaborate, interessa sostanzialmente due stratigrafie:

- **Strato 1** - coltre di alterazione;
- **Strato 2** – substrato di materiale litoide fratturato.

Di seguito la rappresentazione della ricostruzione stratigrafica lungo una sezione rappresentativa per le progettazioni/verifiche strutturali e geotecniche, per come meglio evidenziate nell'elaborato - sezioni geologico-geotecniche.



Per la determinazione dei parametri di resistenza c' e ϕ equivalenti del litotipo a matrice rocciosa si fa riferimento al criterio di rottura di HOEK-BROWN riportato di seguito.

Criterio di rottura di HOEK-BROWN (ammassi rocciosi).

Riportiamo di seguito le relazioni esistenti tra GSI, m_b , s , D , σ_{ci} ed a . Tali relazioni vengono legate ai parametri del criterio di rottura di Mohor-Coulomb tramite le seguenti espressioni:

$$\sigma'_1 = \sigma'_3 + \sigma_{ci} \left(m_b \sigma'_3 / \sigma_{ci} + s \right)^a$$

$$m_b = m_i \exp(GSI - 100 / 28 - 14D)$$

$$s = \exp(GSI - 100 / 9 - 3D)$$

$$a = \frac{1}{2} + \frac{1}{6} \left(e^{-GSI/15} - e^{-20/3} \right)$$

$$E_m(GPa) = \left(1 - \frac{D}{2} \right) \sqrt{\frac{\sigma_{ci}}{100}} \cdot 10^{((GSI-10)/40)}$$

$$\phi' = \sin^{-1} \left[\frac{6am_b (s + m_b \sigma'_{3n})^{a-1}}{2(1+a)(2+a) + 6am_b (s + m_b \sigma'_{3n})^{a-1}} \right]$$

$$c' = \frac{\sigma_{ci} \left\{ (1+2a)s + (1-a)m_b \sigma'_{3n} \right\} (s + m_b \sigma'_{3n})^{a-1}}{(1+a)(2+a) \sqrt{1 + \left\{ 6am_b (s + m_b \sigma'_{3n})^{a-1} \right\} / ((1+a)(2+a))}}$$

dove per i tunnel abbiamo

$$\frac{\sigma'_{3max}}{\sigma'_{cm}} = 0.47 \left(\frac{\sigma'_{cm}}{\gamma H} \right)^{-0.94} \quad H: \text{profondità del tunnel}$$

for slopes

$$\frac{\sigma'_{3max}}{\sigma'_{cm}} = 0.72 \left(\frac{\sigma'_{cm}}{\gamma H} \right)^{-0.91} \quad H: \text{altezza del pendio}$$

γ è il peso dell'unità di volume dell'ammasso roccioso

Riportiamo di seguito i parametri che definiscono il criterio di rottura di Hoek-Brown:

Dati Hoek-Brown:

σ_c : Resistenza a compressione monoassiale della roccia intatta;

m_i : Coefficiente materiale roccia intatta ($4 \div 40$);

GSI: Qualità ammasso roccioso ($5 \div 100$);

D: Fattore di disturbo ammasso roccioso ($0 \div 1$);

σ_n : Tensione verticale alla quale si vogliono conoscere i parametri istantanei di Mohr-Coulomb.

Riportiamo di seguito i risultati dei parametri di Morh-Coulomb.

c: Coesione dell'ammasso roccioso;

φ : Angolo di attrito dell'ammasso roccioso;

σ_t : Resistenza a trazione roccia intatta;

a: Parametro ammasso roccioso;

s: Parametro ammasso roccioso;

mb: Parametro ammasso roccioso.

Riportiamo di seguito i parametri necessari per la caratterizzazione della roccia **GSI**, **mb**, **s**, **D**, σ_{ci} ed **a**. Tali quantità vengono legate ai parametri del criterio di rottura di Mohor-Coulomb tramite espressioni note in letteratura.

Poiché non si dispone di prove di laboratorio per la determinazione della resistenza a compressione monoassiale, vista la difficoltà operativa di prelevare dei campioni di roccia intatta, si utilizzano i valori di letteratura più cautelativi ed a vantaggio della sicurezza.

descrizione strato profondo	resistenza a compressione monoassiale		
	σ_c [Mpa]	σ_c (min –max) [Mpa]	σ_c [kg/cmq]
Calcareniti	18	2÷30	180

descrizione strato profondo	Coefficiente materiale roccia intatta	
	mi [media]	mi [scarto]
Calcare spiritico	10	± 5

descrizione strato profondo	Fattore di disturbo	
	descrizione	D
Calcareniti	Taglio di scarpate per opere di ingegneria civile (strade, imposte di dighe, etc.).	0.7

descrizione strato profondo	Geological Strenght Index GSI	
	descrizione	GSI

Calcareniti

Struttura della roccia: FRATTURATA Ammasso roccioso non disturbato.

Condizioni delle discontinuità MEDIOCRI. giunti lisci, superficie moderatamente alterata

50

Si prendono in considerazione come dati ed a vantaggio di sicurezza i valori relativi alla calcarenite alterata ed in particolare si fa riferimento ai valori cautelativi come di seguito.

Parametri ammasso roccioso (Hoek-Brown)

σ_{ci} : resistenza compressione monoassiale. [kg/cmq]	180,00
GSI : qualità ammasso roccioso.	50,00
m_i : coefficiente materiale roccia intatta.	10,00
D : fattore di disturbo ammasso roccioso.	0,70
σ_n : tensione verticale. [kg/cmq]	5,0000
Tipo problema da analizzare	criterio pendio
γ : peso di volume ammasso roccioso [kg/mc]	2200,00
H : altezza pendio o profondità tunnel [m]	50,00

Dall'elaborazione di tali quantità in input, scaturiscono i valori medi di coesione efficace e di attrito interno da utilizzare per caratterizzare il substrato roccioso in questione.

Coesione media ammasso roccioso = 2,1851 kg/cmq
Angolo Attrito medio ammasso roccioso = 36,2946 [°]

Con i seguenti ulteriori valori di risultati derivante dalla modellazione adottata.

Risultati Hoek-Brown (ammasso roccioso)

Parametro ammasso roccioso m_b = 0,6410
 Parametro ammasso roccioso s = 0,0007
 Parametro ammasso roccioso a = 0,5057
 Parametro ammasso roccioso sc = 4,6100 kg/cmq
 Parametro ammasso roccioso st = -0,2001 kg/cmq
 Parametro ammasso roccioso scm = 18,9789 kg/cmq

Coesione media ammasso roccioso = 2,1851 kg/cmq
 Angolo Attrito medio ammasso roccioso = 36,2946 [°]

Coesione istantanea ammasso roccioso = 2,0091 kg/cmq
 Angolo Attrito istantaneo ammasso roccioso = 39,48 [°]

7 MODELLO GEOTECNICO GLOBALE ASSUNTO

Alla luce delle campagne di indagine condotte e delle conseguenti caratterizzazioni geologiche, geotecniche e stratigrafiche derivanti, per il terreno in studio viene assunto il seguente modello geotecnico globale che indica per ciascuno degli strati omogenei individuati le principali caratteristiche fisiche e geotecniche.

Da tutto quanto sopra riportato si estrapolano le caratteristiche degli strati, ottenuti come valori cautelativi, caratterizzati con criterio di rottura proprio dei terreni e degli ammassi rocciosi. In particolare

- per il litotipo_1 vengono utilizzati i risultati della prova di laboratorio I.P.G. snc su prelievo indisturbato (S1C1) per i parametri di resistenza (prova di taglio) e per l'analisi per il peso dell'unità di volume;
- per il litotipo_2 visti i valori poco cautelativi ottenuti del criterio di rottura di HOEK-BROWN per gli ammassi rocciosi, si è ritenuto utilizzare ed assumere per il modello geotecnico quali valori di angolo di attrito e peso di volume naturale quelli ottenuti dalle prove penetrometriche mentre per la coesione un valore ottenuto da back-analysis su geometrie di stabilità di versanti.

Di seguito il modello geotecnico utilizzato per il dimensionamento statico-sismico delle opere strutturali del progetto in questione ovvero la vasche ed i muri di contenimento in c.a. e per le verifiche di stabilità di versante.

nome	c' [kg/cmq]	ϕ_p' [°]	γ_{nat} [kg/mc]
Litotipo_1	0,046	30,44	1.990
Litotipo_2	0,500	34,36	2.080