

Regione Piemonte

Provincia di Torino

COMUNE DI BARDONECCHIA

*SISTEMAZIONE SPONDALE SUL TORRENTE
DORA DI MELEZET
IN LOCALITÀ CAMPO PRINCIPE*

PROGETTO ESECUTIVO

RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO

COMMITTENTE

RELAZIONE GEOTECNICA E DI
DIMENSIONAMENTO DELLE STRUTTURE

Elaborato	Scala
3	-
CODICE: 16027-E11-0	
REVISIONE	DATA
0	OTT. 2017



PROGETTISTI:

Dott. Ing. Bartolomeo VISCONTI

REGIONE PIEMONTE

CITTA' METROPOLITANA
DI TORINO

COMUNE DI BARDONECCHIA

**SISTEMAZIONE SPONDALE SUL TORRENTE
DORA DI MELEZET IN LOCALITA' CAMPO PRINCIPE**

**RELAZIONE GEOTECNICA E
DI DIMENSIONAMENTO DELLE STRUTTURE**

INDICE:

1. PREMESSA	1
2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO	1
3. CRITERI DI PROGETTO DELLA SCOGLIERA	1
4. COMBINAZIONI DI CARICO	1
5. CARATTERIZZAZIONE SISMICA DEL SITO E INDIVIDUAZIONE DEGLI SPETTRI DI RISPOSTA DELLE STRUTTURE.....	2
6. PROGETTO E VERIFICA DELLA SCOGLIERA	6
7. ANALISI DELLE AZIONI AGENTI SULLA SCOGLIERA.....	6
8. VERIFICHE GEOTECNICHE DELLA SCOGLIERA.....	7

1. PREMESSA

Nel presente documento vengono trattati gli aspetti legati al dimensionamento geotecnico delle opere in progetto ed in particolare della scogliera che viene ad operare come una struttura di sostegno delle terre che funziona per semplice gravità.

2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

- D.M. 14 Gennaio 2008 “Norme tecniche per le costruzioni” – Testo Unico;
- Eurocodice EN 1992 “Progetto delle strutture in cemento armato”;
- Eurocodice EN 1997 “Progettazione geotecnica”;
- Eurocodice EN 1998 “Progetto di strutture resistenti ai terremoti”.

3. CRITERI DI PROGETTO DELLA SCOGLIERA

Il progetto della scogliera viene effettuato da un punto di vista geotecnico, trattandosi di un’opera in massi a gravità, con il metodo agli stati limite. L’analisi delle sollecitazioni e il dimensionamento degli elementi resistenti è stato effettuato con l’ausilio del codice di calcolo automatico descritto successivamente.

4. COMBINAZIONI DI CARICO

Si distinguono diverse combinazioni necessarie per le verifiche a stato limite ultimo (SLU) e stato limite di esercizio (SLE).

Tali combinazioni sono le seguenti:

- Combinazione a stato limite ultimo per verifiche globali a flessione, a taglio e a torsione (là dove trattasi di strutture in acciaio o cemento armato);
- Combinazione caratteristica (rara), frequente e quasi permanente per le verifiche di esercizio concernenti lo stato tensionale limite a flessione, la fessurazione e la deformazione;
- Combinazione sismica allo stato limite ultimo di salvaguardia della vita (SLV) per le verifiche globali a flessione, a taglio e a torsione e in particolare per l’analisi delle sollecitazioni agenti sulle spalle e sugli apparecchi di appoggio;
- Combinazione sismica allo stato limite di danno (SLD) per verifiche di esercizio;
- Combinazione eccezionale per le verifiche locali degli elementi soggetti a possibili azioni accidentali.

Per il manufatto verranno considerate le combinazioni di carico appena descritte ed esplicitate in relazione ai carichi agenti.

5. CARATTERIZZAZIONE SISMICA DEL SITO E INDIVIDUAZIONE DEGLI SPETTRI DI RISPOSTA DELLE STRUTTURE

Secondo la normativa sismica vigente, che fa capo al D.M. 14/01/2008, il Comune di Bardonecchia ricade in zona sismica III.

Le azioni sismiche di progetto in base alle quali valutare il rispetto dei diversi stati limite considerati vengono definite a partire dalla “pericolosità sismica di base” del sito di costruzione. Essa costituisce l’elemento di conoscenza primario per la determinazione delle azioni sismiche. (§ 3.2 NTC-08).

In primo luogo si definisce la categoria del sottosuolo, che in assenza di specifiche analisi (a partire dal V_{s30}), si può considerare prudenzialmente appartenente alla “categoria E” sulla base di quanto evidenziato nella relazione geologica redatta dal Dott. Geol. M. Castelletto nel progetto definitivo.

Una volta individuata la categoria del sottosuolo è necessario stimare il parametro di riferimento riguardante le condizioni topografiche al fine di valutare l’amplificazione sismica locale (tabella seguente).

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 in esame appartiene alla categoria T2.

E’ necessario inoltre, al fine di valutare gli spettri di risposta per i diversi stati limite, fare alcune considerazioni di carattere generale sulla struttura di futura costruzione.

In primo luogo deve essere definita la vita nominale della struttura V_N . “La vita nominale di un’opera strutturale V_N è intesa come il numero di anni nel quale la struttura, purché soggetta alla manutenzione ordinaria, deve potere essere usata per lo scopo al quale è destinata. La vita nominale dei diversi tipi di opere è quella riportata nella Tab. 2.4.I e deve essere precisata nei documenti di progetto.” (§ 2.4.1 NTC-2008).

Si riporta di seguito la tabella utilizzata per la definizione di V_N .

TIPI DI COSTRUZIONE		Vita Nominale V_N (in anni)
1	Opere provvisorie – Opere provvisionali - Strutture in fase costruttiva ¹	≤ 10
2	Opere ordinarie, ponti, opere infrastrutturali e dighe di dimensioni contenute o di importanza normale	≥ 50
3	Grandi opere, ponti, opere infrastrutturali e dighe di grandi dimensioni o di importanza strategica	≥ 100

L’opera in esame rientra nella seconda categoria e pertanto si considera una vita nominale pari a 50 anni.

Per valutare il periodo di riferimento per l’azione sismica è necessario definire il coefficiente funzione della classe di uso della struttura in progetto (§ 2.4.3 NTC-08).

Le opere in esame ricadono nella classe d'uso II ed il coefficiente d'uso viene identificato sulla base della tabella seguente.

CLASSE D'USO	I	II	III	IV
COEFFICIENTE C_U	0,7	1,0	1,5	2,0

Nel caso in esame $C_u=1$.

In relazione alle considerazioni fino ad ora esplicitate è possibile calcolare gli spettri di risposta partendo dai valori dei seguenti parametri su sito di riferimento rigido orizzontale:

a_g = accelerazione orizzontale massima al sito;

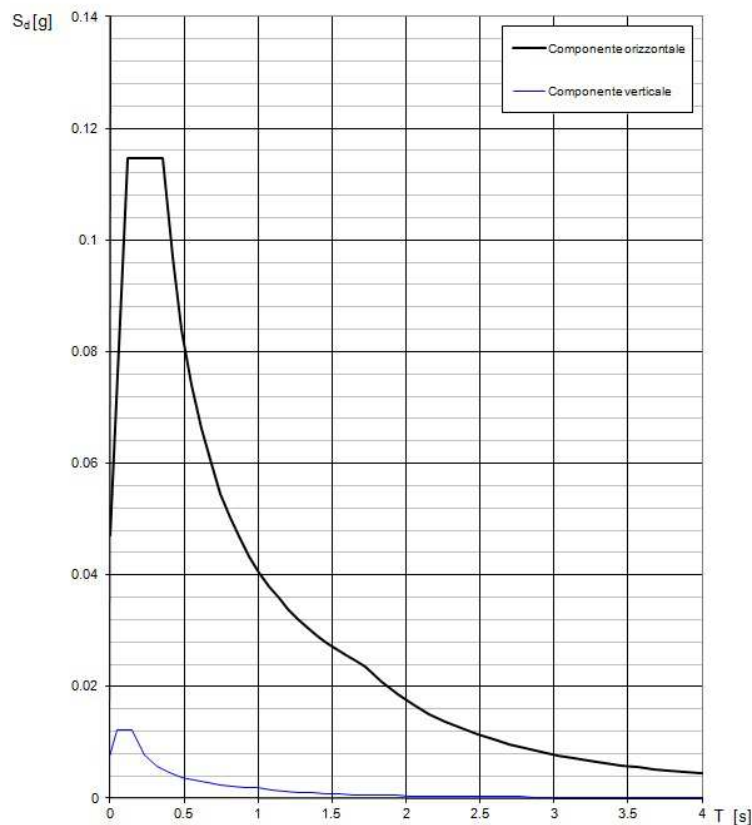
F_0 = valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;

T_c = periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

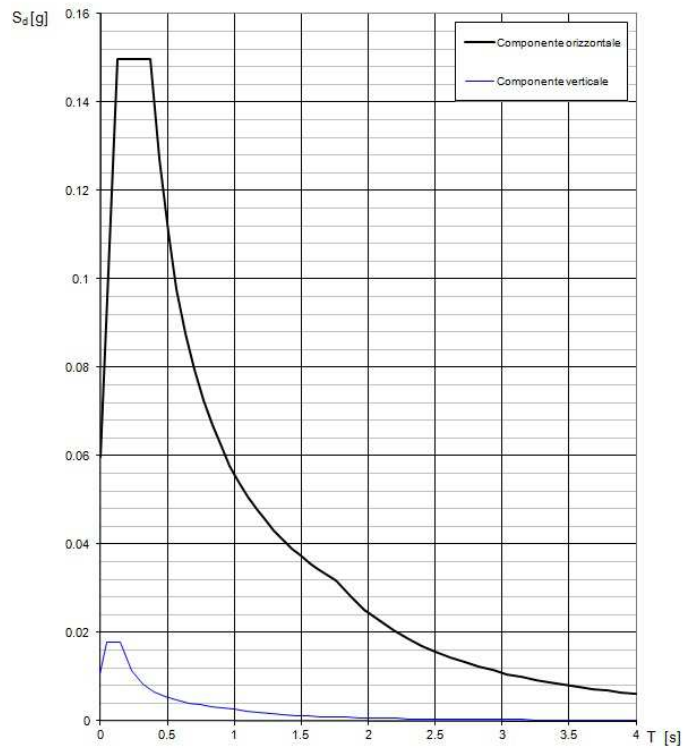
Tali parametri sono forniti per una serie di punti sul territorio, e possono essere opportunamente interpolati. A tal proposito il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici fornisce un utile supporto informatico denominato "Spettri-NTC" che permette un calcolo agevole dei parametri a_g , F_0 , T_c e degli stessi spettri di risposta.

Gli spettri di risposta per i diversi stati limite sono calcolati ovviamente sulla base delle indicazioni fornite dalla normativa (§ 3.2.3 NTC-08).

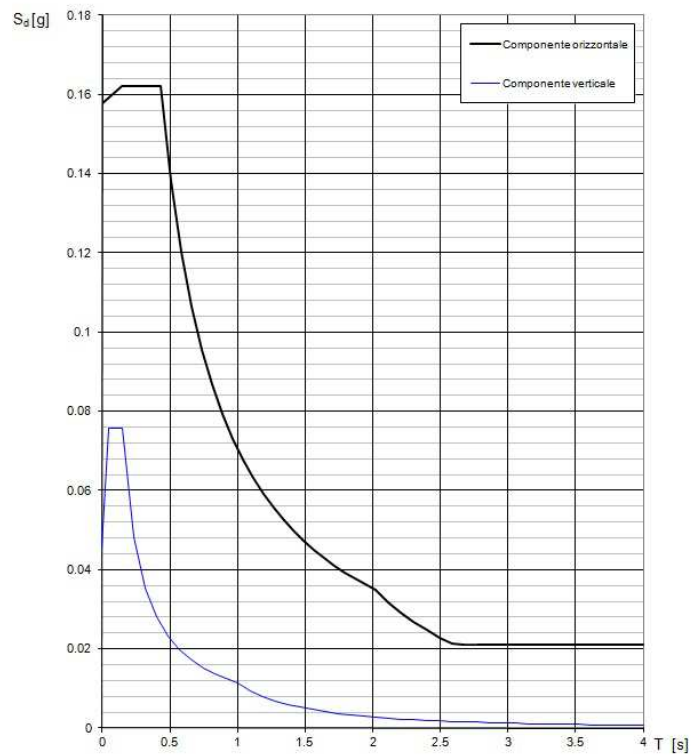
Spettri di risposta (componenti orizz. e vert.) per lo stato limite: SLO



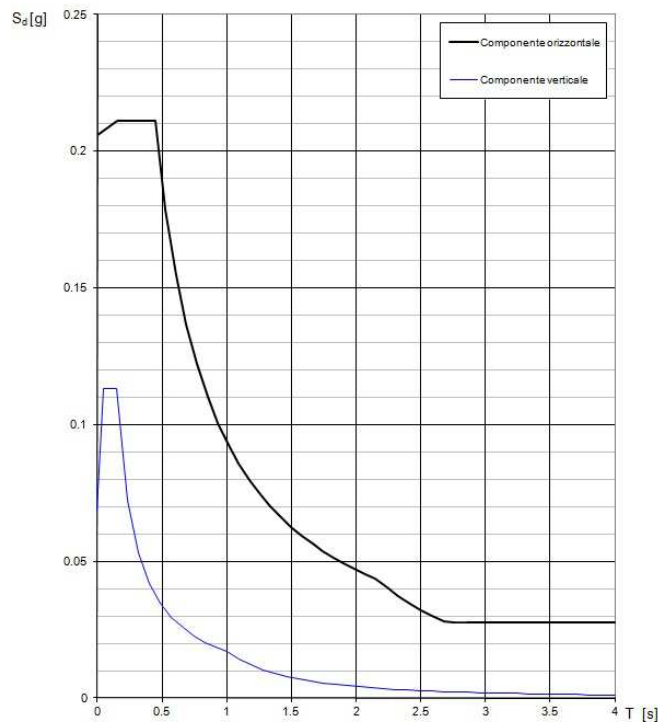
Spettri di risposta (componenti orizz. e vert.) per lo stato limite: SLD



Spettri di risposta (componenti orizz. e vert.) per lo stato limite: SLV



Spettri di risposta (componenti orizz. e vert.) per lo stato limite: SLC



Gli spettri di risposta permettono il calcolo dell'azione sismica corrispondente che verrà combinata con le restanti azioni agenti su ogni singolo elemento strutturale.

La pericolosità sismica, con riferimento al D.M. 14/01/2008, è definita in base ai valori dei seguenti parametri su sito di riferimento orizzontale:

- a_g = accelerazione orizzontale massima al sito;
- F_o = 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.

Nella tabella seguente sono riassunti i parametri per la definizione dell'azione sismica per i diversi stati limite.

Stato limite	T_r [anni]	a_g	F_o	T_c
SLO	30	0.030	2.441	0.197
SLD	50	0.038	2.513	0.211
SLV	475	0.103	2.459	0.268
SLC	975	0.136	2.451	0.277

In ambito geotecnico, i parametri sopra esplicitati si utilizzano per il calcolo del coefficiente sismico (k_h) il quale a sua volta rientra nella definizione dei coefficienti correttivi per calcolo della capacità portante.

6. PROGETTO E VERIFICA DELLA SCOGLIERA

Nei seguenti paragrafi si illustrano i procedimenti di calcolo e le analisi condotte per il dimensionamento e la verifica della difesa spondale in oggetto.

La scogliera è a doppio strato consistente in un primo paramento realizzato con massi di cava nuovi di grandi dimensioni saturati con calcestruzzo a formare un'opera di sostegno del tipo a gravità completata con massi sciolti, di grosse dimensioni, sul paramento esterno, muniti di idonea fondazione, anch'essa in massi sciolti, a garantire le necessarie condizioni di stabilità della struttura. Il paramento della scogliera ha un'altezza variabile tra 5.00 e 5.70 m, in testa ha uno spessore di 1.50 m mentre la fondazione ha una sezione di 3.00 x 1.50 m.

La scogliera, che si estende in pianta per una lunghezza di circa 58 m, è ulteriormente stabilizzata da speroni realizzati con il prolungamento della fondazione della scogliera, per tratti di spessore 1.50 m, disposti trasversalmente alla corrente, fino ad incontrare la roccia nella sponda opposta del torrente. La funzione di questi speroni è quella di contrastare il regime di spinte agente sull'opera e garantire il necessario fattore di sicurezza nei confronti dello scivolamento.

Per ulteriori informazioni in merito alla geometria della soluzione adottata, si rimanda agli elaborati grafici di riferimento.

7. ANALISI DELLE AZIONI AGENTI SULLA SCOGLIERA

Oltre alle azioni sismiche e alle spinte del terreno, i carichi coinvolti nell'analisi sono il peso proprio degli elementi strutturali ed un carico permanente non strutturale $q=10 \text{ kN/m}^2$ a monte del muro di sostegno per tenere conto del traffico viario e degli eventuali accumuli di neve nella stagione invernale (peraltro la ristrettezza della sede stradale è tale per cui la neve spazzata viene immediatamente ribaltata in alveo).

Nello schema scelto per il modello di calcolo, si è deciso di porre un vincolo di traslazione orizzontale in corrispondenza della fondazione della scogliera, per meglio schematizzare il contributo stabilizzante derivante dallo sperone sopra citato.

Tenendo conto dei parametri sismici $K_a E=0.87$ Coefficiente di spinta attiva calcolato con l'espressione indicata da Mononobe e Okabe.

La sollecitazione sismica E è valutata nei confronti di un'azione caratterizzata da una probabilità pari al 10% di accadimento in un periodo di riferimento pari a 100 anni.

Allo stato limite sismico di danno (SLD) la combinazione dei carichi non varia, l'unica differenza si ripercuote sull'azione sismica E che in questo caso è valutata nei confronti di un'azione che ha la probabilità di verificarsi pari al 63% durante il periodo di riferimento di 100 anni.

Secondo le NTC per i muri di sostegno devono essere effettuate le verifiche con riferimento almeno ai seguenti stati limite:

- SLU di tipo geotecnico (GEO) e di equilibrio di corpo rigido (EQU)
- SLU di tipo strutturale (STR)

Di seguito verranno illustrate le verifiche svolte ai sensi del D.M. 14/01/2008, in condizioni sismiche.

I calcoli sono stati eseguiti con l'ausilio del software IS Muri, modulo di geotecnica per il calcolo dei muri di sostegno di Dolmen Win 13.

8. VERIFICHE GEOTECNICHE DELLA SCOGLIERA

La valutazione della capacità portante è condotta sulla base della usuale formula di Brinch – Hansen che viene qui di seguito richiamata:

$$q_{lim} = 0.5 \gamma_c B' N_\gamma s_\gamma i_\gamma b_\gamma g_\gamma z_\gamma + c' N_c s_c d_c i_c b_c g_c z_c + q' N_q s_q d_q i_q b_q g_q z_q$$

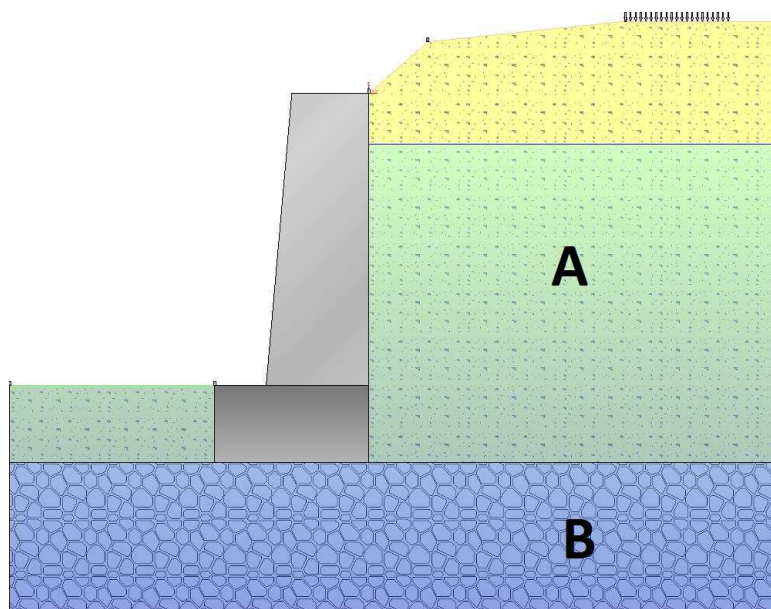
nella quale appaiono i coefficienti correttivi per tener conto della forma della fondazione, dell'approfondimento, della presenza dell'azione orizzontale, dall'inclinazione del piano di posa, e della presenza del sisma.

I parametri geotecnici utilizzati nel calcolo, sulla base di quanto evidenziato nella relazione geologica redatta dal Dott. Geol. M. Castelletto nel progetto definitivo, sono quelli relativi al terreno di fondazione che vengono qui di seguito riassunti:

UNITA' GEOTECNICHE	LITOLOGIA	PESO SPECIFICO γ [kN/m ³]	ANGOLO DI RESISTENZA AL TAGLIO [°]	COESIONE C' [kPa]
A	Depositi fluviali	19	32	0
B	Substrato roccioso	26	42	40

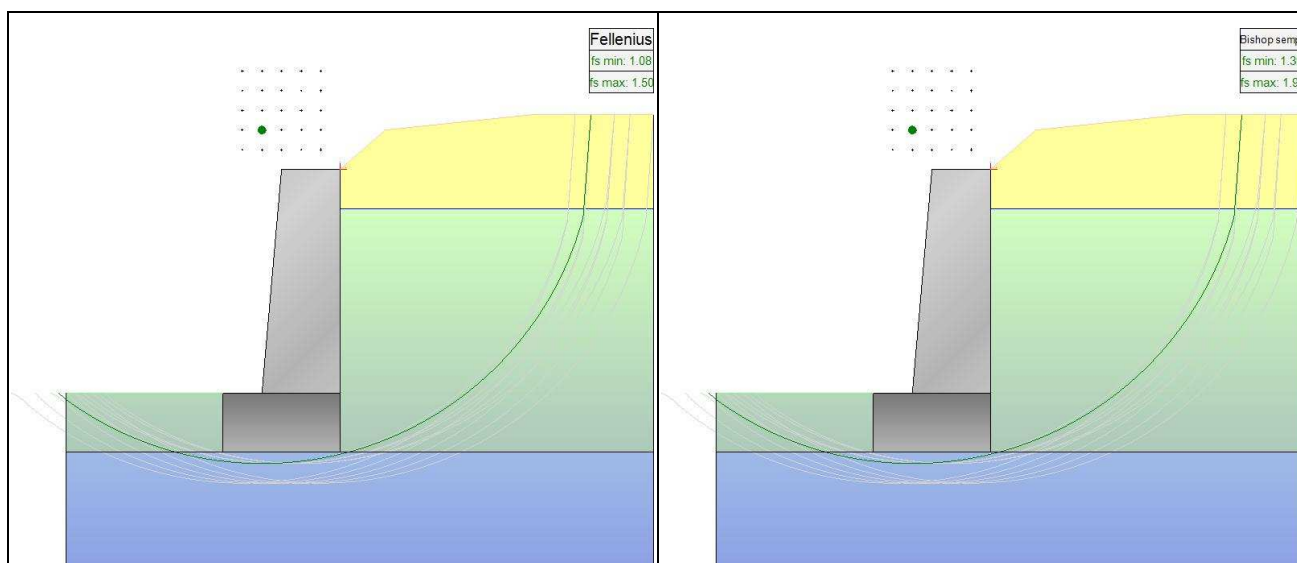
Si considera che il piano di fondazione della scogliera poggi sul substrato roccioso (unità B).

Per la verifica geotecnica è prevista una completa saturazione d'acqua dei terreni di imposta delle opere in progetto, con livello di falda a monte a quota -1 m rispetto alla sommità della scogliera.



Le verifiche sono condotte in condizioni drenate. Nella seguente tabella si riportano le verifiche geotecniche eseguite automaticamente dal programma per le diverse combinazioni di carico previste da normativa.

CASO DI CARICO	CAPACITÀ PORTANTE	EQUILIBRIO
1 - STR (SLU)	- Drenata - q applicata = 5.17 daN/cm ² q ammissibile = 59.59 daN/cm ² --> fs = 11.52 [Verificato] - Non Drenata - verifica non prevista	- Ribaltamento - verifica non prevista - Stab. globale - verifica non prevista
2 - GEO (SLU_GEO)	- Drenata - verifica non prevista - Non Drenata - verifica non prevista	- Ribaltamento - verifica non prevista - Stab. globale - --> fs = 1.09 [Verificato]
3 - EQU (SLU_EQU)	- Drenata - verifica non prevista - Non Drenata - verifica non prevista	- Ribaltamento - Stabile [Verificato] - Stab. globale - verifica non prevista
4 - STR_SISMA_SU (SLU)	- Drenata - q applicata = 5.68 daN/cm ² q ammissibile = 56.87 daN/cm ² --> fs = 10.01 [Verificato] - Non Drenata - verifica non prevista	- Ribaltamento - verifica non prevista - Stab. globale - verifica non prevista
5 - GEO_SISMA_SU (SLU_GEO)	- Drenata - verifica non prevista - Non Drenata - verifica non prevista	- Ribaltamento - verifica non prevista - Stab. globale - --> fs = 1.08 [Verificato]
6 - EQU_SISMA_SU (SLU_EQU)	- Drenata - verifica non prevista - Non Drenata - verifica non prevista	- Ribaltamento - Stabile [Verificato] - Stab. globale - verifica non prevista
7 - STR_SISMA_GIU (SLU)	- Drenata - q applicata = 5.6 daN/cm ² q ammissibile = 57.08 daN/cm ² --> fs = 10.2 [Verificato] - Non Drenata - verifica non prevista	- Ribaltamento - verifica non prevista - Stab. globale - verifica non prevista
8 - GEO_SISMA_GIU (SLU_GEO)	- Drenata - verifica non prevista - Non Drenata - verifica non prevista	- Ribaltamento - verifica non prevista - Stab. globale - --> fs = 1.08 [Verificato]
9 - EQU_SISMA_GIU (SLU_EQU)	- Drenata - verifica non prevista - Non Drenata - verifica non prevista	- Ribaltamento - Stabile [Verificato] - Stab. globale - verifica non prevista



Dalla tabella sovrastante la scogliera in esame risulta geotecnicamente verificata. La verifica a scorrimento non è necessaria in quanto la presenza degli speroni in fondazione blocca lo scivolamento verso la parte opposta dell'alveo.