Comune di Trani

Regione Puglia

OPERE DI CHIUSURA DEFINITIVA DEL I E DEL II LOTTO DI DISCARICA E IMPIANTI CONNESSI IN LOCALITÀ "PURO VECCHIO" TRANI (BAT)

PROGETTO DEFINITIVO

COMMITTENTE:

AMIU S.p.A.

Sede legale e amministrativa alla Strada Provinciale 168

Località Puro Vecchio 76125 Trani (BT)

Codice Fiscale e Partita IVA 04939590727

PEC: amiutranispa@pec.it

PROGETTO:

Studio Romanazzi-Boscia e Associati s.r.l.

via Amendola 172/c, 70100 Bari - tel.: 080.548.21.87 - Fax: 080.5[illegible]

Prof. Ing. Eligio ROMANAZZI

Dott. Ing. Giovanni F. BOSCIA

Dott. Ing. Sebanino GIOTTA

Dott. Ing. Fabio PACCAPELO

Ing. Federico Cangialosi

Ing. Gianluca Intini

Dott. geol. Vito Specchio

ALLEGATO	2. STUDI E INDAGINI	SCALA:
R.2.2.2	2.2 GEOLOGIA E GEOTECNICA **RELAZIONE SISMICA**	... DATA: **GIUGNO 2022**

AGGIORNAMENTO	DATA	DESCRIZIONE
1	10/2022	Riscontro al Verbale di Verifica Preventiva Intermedio del 30/09/2022

SOMMARIO

1 Premessa 2
2 Vita nominale, Classi d'uso e Periodo di riferimento 4
3 Stati limite, Probabilità di Superamento e Periodo di Ritorno 6
4 Pericolosità sismica di sito 11
4.1 Stabilità dei pendii e fondazioni 11
4.2 Fronti di scavo e rilevati 12
4.3 Muri di sostegno 13
4.4 Paratie 13
5 pericolosità sismica di base – sito in esame 15
5.1 Parametri utilizzati 15
5.2 Pericolosità sismica attesa – spettri di risposta 16
5.3 Pericolosità sismica attesa – spettri di progetto 18
5.3.1 Stato limite di operatività (SLO) 18
5.3.2 Stato limite di danneggiamento (SLD) 19
5.3.3 Stato limite di salvaguardia della vita (SLV) 20
5.3.4 Stato limite di collasso (SLC) 20

1 PREMESSA

La presente relazione tecnica è stata redatta al fine di fornire le necessarie indicazioni in merito allo studio sismico condotto per la progettazione in oggetto, indicando le modalità di analisi effettuate ed i risultati ottenuti.

Per valutare se un'opera strutturale è sicura bisogna far riferimento a degli stati limite, che possono verificarsi durante un determinato periodo di riferimento della stessa opera. Quindi per poter stimare l'azione sismica che dovrà essere utilizzata nelle verifiche agli stati limite o nella progettazione, bisognerà stabilire:

1. la vita nominale dell'opera, che congiuntamente alla classe d'uso, permette di determinare il periodo di riferimento;
2. il periodo di ritorno associato a ciascun stato limite;
3. la pericolosità sismica di base per il sito interessato alla realizzazione dell'opera.

Si precisa che, la presente relazione sismica e la relazione geologica (R.2.2.1), individuano una categoria di sottosuolo che differisce da quella indicata nella relazione (R.2.2.3 - Verifica stabilità pareti rocciose – lotto III) poiché facenti riferimento ad un piano di indagini eseguito, nell'ambito della progettazione di fattibilità tecnico-economica di chiusura definitiva dei Lotti I e II della discarica, in una zona differente da quella del fronte roccioso.
Pertanto, quanto ottenuto da quest'ultima campagna di indagine e riportato nella relazione di cui si riferisce è stato utilizzato per sola la caratterizzazione sismica dell'area della discarica interessata dagli interventi di chiusura definitiva. Questo anche in considerazione del posizionamento dei sondaggi (cfr. relazioni: R.2.2.1 e R.2.2.3).
La scelta di differenziare l'area in due categorie di sottosuolo appare perfettamente coerente con la variabilità tipologica dei materiali presenti in situ (terreni, roccia; RSU). Infatti, utilizzare una categoria di tipo "A" per il fronte roccioso significherebbe non considerare a pieno lo stato di fratturazione esistente e di fatto effettuare delle verifiche a svantaggio di sicurezza.
Per quanto concerne la categoria topografica utilizzata, questa differisce da quella impiegata per la verifica di stabilità del fronte roccioso (T4), come anche riportato in relazione R2.2.3, in considerazione dalla differente pendenza dei punti di verifica, rispettivamente maggiore di 30° per i fronti rocciosi e compresa tra 15° e 30° per i versanti della discarica.

DI seguito si riporta una descrizione sintetica degli interventi:

1. **Chiusura definitiva lotti di discarica:**
   - **Chiusura definitiva lotti I e II**.
2. **Valorizzazione energetica biogas:**
   a. **Realizzazione impianto di valorizzazione del biogas**, mediante installazione di motore della potenzialità di 1048 kWe per una portata massima di combustione di biogas di **400 m^3/h**, pari alla combustione di circa **9.984 kg/giorno** attese per l'anno di massima produzione, inferiore quindi a 10 ton/giorno.
   b. L'impianto è altresì dotato di **torcia di emergenza**.
3. **Stoccaggio percolato:**

a. Realizzazione di una sezione di stoccaggio del percolato estratto dalla discarica, costituita da **n.8 serbatoi da 30 m^3 ciascuno**, per una capacità complessiva di stoccaggio di **240 m^3**, così come già realizzato nell'ambito degli interventi di MISE.

4. <u>GESTIONE ACQUE METEORICHE (in regime provvisorio e definitivo):</u>

a. Raccolta, trattamento e smaltimento delle acque meteoriche incidenti sul capping in vasca disperdente dotata di n.20 pozzi disperdenti secondo quanto già realizzato nell'ambito degli interventi di MISE.

2 VITA NOMINALE, CLASSI D'USO E PERIODO DI RIFERIMENTO

Nel DM 17 gennaio 2018 "Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni" il periodo di riferimento, che non può essere inferiore a 35 anni, è dato dalla seguente relazione:

$$V_R = V_N * C_U \qquad (2.1)$$

dove:

V_R = periodo di riferimento

V_N = vita nominale

CU = coefficiente d'uso

La vita nominale di un'opera strutturale "V_N", è definita 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 e viene definita attraverso tre diversi valori, a seconda dell'importanza dell'opera e perciò delle esigenze di durabilità. I valori minimi di "V_N" da adottare per i diversi tipi di costruzione sono riportati in tabella 2.4.I della NTC18 (Tab. 1)

	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

Tab. 1 – Valori minimi della Vita nominale VN

Il coefficiente d'uso si un'opera, è un valore associato al tipo di costruzione e si considera e sono suddivise, secondo le NTC18, in classi d'uso così definite:

Classe I: Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli.

Classe II: Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso III o in Classe d'uso IV, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti.

Classe III: Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d'uso IV. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso.

Classe IV: Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità. Industrie con attività particolarmente pericolose per l'ambiente. Reti viarie di tipo A o B, di cui al D.M. 5 novembre 2001, n. 6792, "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade", e di tipo C quando appartenenti ad itinerari di

collegamento tra capoluoghi di provincia non altresì serviti da strade di tipo A o B. Ponti e reti ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente dopo un evento sismico. Dighe connesse al funzionamento di acquedotti e a impianti di produzione di energia elettrica.

I valori del coefficiente d'uso, come stabilito in tabella 2.4.II (NTC18), sono di seguito riportati (Tab. 2)

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

Tab. 2 – Valori del coefficiente d'uso Cu

Ricavati i valori di "V_N" e "C_U", è possibile calcolare il periodo di riferimento "V_R".

3 STATI LIMITE, PROBABILITÀ DI SUPERAMENTO E PERIODO DI RITORNO

Uno stato limite è una condizione superata la quale l'opera non soddisfa più le esigenze per la quale è stata progettata. Le NTC 2018 prendono in considerazione 4 possibili stati limite (SL) individuati facendo riferimento alle prestazioni della costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali e gli impianti. Essi sono divisi in due gruppi: due sono stati limite di esercizio (SLE) e due sono stati limite ultimi (SLU).

Gli stati limite di esercizio (SLE) sono:

- Stato Limite di Operatività (SLO): a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali, le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, non deve subire danni ed interruzioni d'uso significativi;
- Stato Limite di Danno (SLD): a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali, le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, subisce danni tali da non mettere a rischio gli utenti e da non compromettere significativamente la capacità di resistenza e di rigidezza nei confronti delle azioni verticali e orizzontali, mantenendosi immediatamente utilizzabile pur nell'interruzione d'uso di parte delle apparecchiature.

Gli stati limite ultimi (SLU) sono:

- Stato Limite di salvaguardia della Vita (SLV): a seguito del terremoto la costruzione subisce rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e significativi danni dei componenti strutturali cui si associa una perdita significativa di rigidezza nei confronti delle azioni orizzontali; la costruzione conserva invece una parte della resistenza e rigidezza per azioni verticali e un margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni sismiche orizzontali;
- Stato Limite di prevenzione del Collasso (SLC): a seguito del terremoto la costruzione subisce gravi rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e danni molto gravi dei componenti strutturali; la costruzione conserva ancora un margine di sicurezza per azioni verticali ed un esiguo margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni orizzontali.

Ad ogni stato limite è associata una probabilità di superamento "P_{VR}" (Tabella 3.1.I, NTC2018), ovvero la probabilità che, nel periodo di riferimento "V_R", si verifichi almeno un evento sismico di "ag" prefissata (ag = accelerazione orizzontale massima del suolo) avente frequenza media annua di ricorrenza f.= $1/T_R$ (T_R = periodo di ritorno).

Tabella 3.2.I – *Probabilità di superamento* P_{V_R} *al variare dello stato limite considerato*

Stati Limite		P_{V_R} : **Probabilità di superamento nel periodo di riferimento** V_R
Stati limite di esercizio	SLO	81%
	SLD	63%
Stati limite ultimi	SLV	10%
	SLC	5%

Tab. 3 - Stati limite e rispettive probabilità di superamento, nel periodo di riferimento VR

Fissati V_R e P_{VR} associata ogni stato limite, è possibile calcolare il periodo di ritorno dell'azione sismica T_R, espresso in anni, mediante l'espressione:

$$T_R = -\frac{VR}{\ln(1-PVR)}$$

Le azioni sismiche di progetto, in base alle quali valutare il rispetto dei diversi stati limite considerati, si definiscono a partire dalla "pericolosità sismica di base" del sito. La pericolosità sismica è, come noto, definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa "ag" 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 Se(T). Secondo le NTC 2018 le forme spettrali sono definite per 9 differenti periodi di ritorno TR (30, 50, 72, 101, 140, 201, 475, 975 e 2475 anni) a partire dai valori dei seguenti parametri riferiti a terreno rigido orizzontale, cioè valutati in condizioni ideali di sito:

- Fo = valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- TC* = periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale;
- ag = accelerazione orizzontale massima.

I tre parametri si ricavano per il 50° percentile ed attribuendo a:

- ag, il valore previsto dalla pericolosità sismica S1
- Fo e TC* i valori ottenuti imponendo che le forme spettrali in accelerazione, velocità e spostamento scartino al minimo dalle corrispondenti forme spettrali previste dalla pericolosità sismica S1 (il minimo è ottenuto ai minimi quadrati, su valori normalizzati).

I valori di questi parametri vengono forniti per i 10751 punti di un reticolo di riferimento in cui è suddiviso il territorio nazionale, identificati dalle coordinate geografiche longitudine e latitudine.

Qualora la pericolosità sismica del sito sul reticolo di riferimento non consideri il periodo di ritorno "T_R" corrispondente alla "V_R" e "P_{VR}" fissate, il valore del generico parametro "p" ad esso corrispondente potrà essere ricavato per interpolazione a partire dai dati relativi ai tempi di ritorno previsti nella pericolosità di base, utilizzando la seguente espressione:

$$\log(p) = \log(p_1) + \log\left(\frac{p_2}{p_1}\right) \cdot \log\left(\frac{p_2}{p_1}\right) \cdot \left[\log\left(\frac{T_{R2}}{T_{R1}}\right)\right]^{-1}$$

Nella quale "p" è il valore del parametro di interesse (ag, Fo, TC*) corrispondente al periodo di ritorno "T_R" desiderato, mentre "$p_{1,2}$" è il valore di tale parametro corrispondente al periodo di ritorno "$T_{R1,2}$".

Per un qualunque punto del territorio non ricadente nei nodi del reticolo di riferimento, i valori dei parametri "p" possono essere calcolati come media pesata dei valori assunti da tali parametri nei quattro vertici della maglia elementare del reticolo di riferimento contenente il punto in esame, utilizzando la seguente espressione:

$$p = \frac{\sum_{i=1}^{4} \frac{p_i}{d_i}}{\sum_{i=1}^{4} \frac{1}{d_i}}$$

nella quale "p" è il valore del parametro di interesse (ag, Fo, TG*) corrispondente al punto considerato, "pi" è il valore di tale parametro nell'i-esimo vertice della maglia elementare contenente il punto in esame e di è la distanza del punto in esame dall'i-esimo vertice della suddetta maglia.

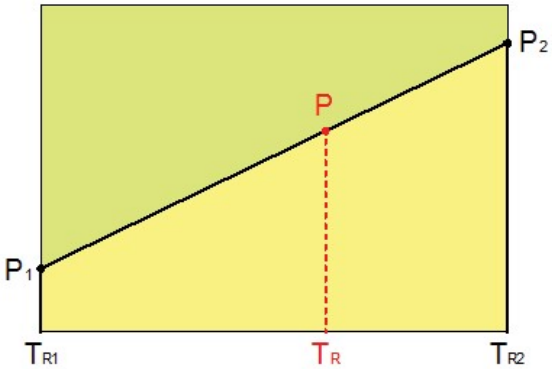


Fig. 1 - Interpolazione dei periodi di ritorno, per ottenere i parametri di pericolosità sismica

La procedura per interpolare le coordinate geografiche è schematizzata nella Figura 2.

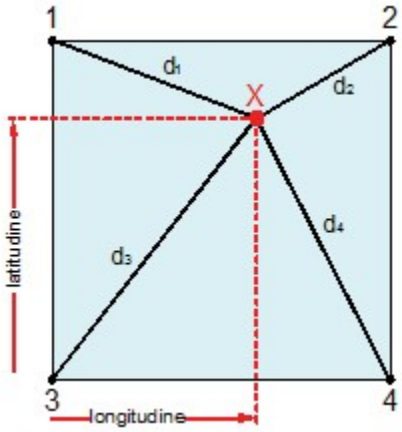


Fig. 2 - Interpolazione delle coordinate geografiche, per ottenere i parametri di pericolosità sismica

Pertanto per poter procedere all'interpolazione delle coordinate geografiche, bisogna calcolare le distanze che intercorrono tra i 4 punti del reticolo e il punto di interesse. Questo calcolo può essere eseguito approssimativamente utilizzando le formule della trigonometria sferica, che danno la distanza geodetica tra due punti, di cui siano note le coordinate geografiche. Utilizzando quindi il teorema di Eulero, la distanza d tra due punti, di cui siano note latitudine e longitudine, espresse però in radianti, si ottiene dall'espressione seguente:

$$d = R \cdot \arccos\left[\sin(lat\beta) \cdot \sin(lat\alpha) + \cos(lat\beta) \cdot \cos(lat\alpha) \cdot \cos(lon\alpha - lon\beta)\right]$$

dove R = 6371 è il raggio medio terrestre in km, mentre latα, lonβ, latα e lonβ sono la latitudine e la longitudine, espresse in radianti, di due punti A e B di cui si vuole calcolare la distanza.

La formula di interpolazione sopra proposta, semplice da usare, presenta però l'inconveniente di condurre a valori di pericolosità lievemente diversi per punti affacciati ma appartenenti a maglie contigue. La modestia delle differenze (scostamenti in termini di PGA dell'ordine di ±0.01g) a fronte della semplicità d'uso, rende tale stato di cose assolutamente accettabile.

Qualora si vogliano rappresentazioni continue della funzione interpolata, si dovrà ricorrere a metodi di interpolazione più complessi, ad esempio i polinomi di Lagrange.

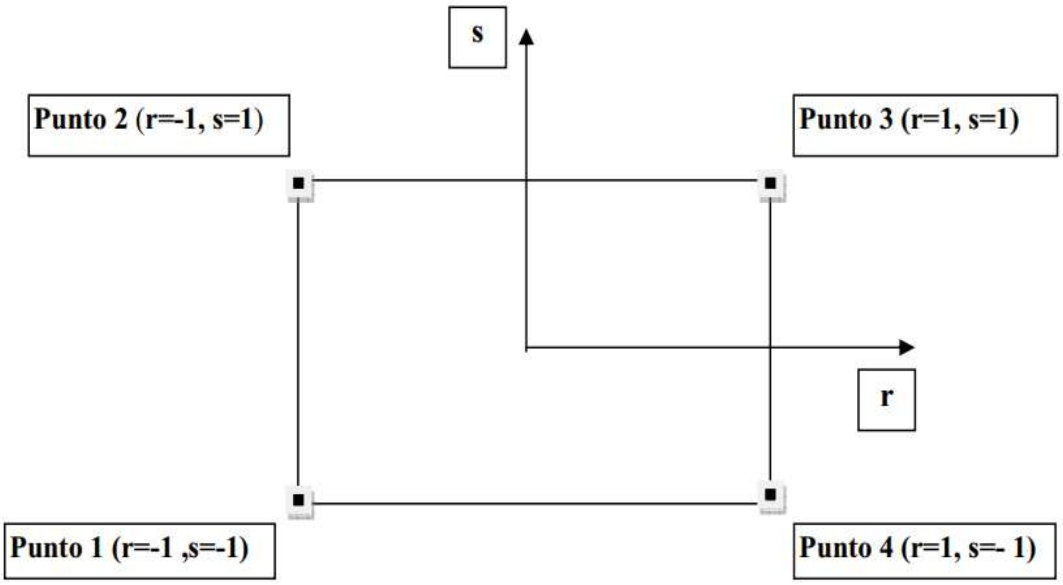


Fig. 3 - Applicazione dell'interpolazione bilineare

Definiti i 4 vertici di una generica maglia i polinomi di Lagrange sono così determinati:

$$h_1 = (1-r)\cdot(1-s)/4$$

$$h_2 = (1-r)\cdot(1+s)/4$$

$$h_3 = (1+r)\cdot(1+s)/4$$

$$h_4 = (1+r)\cdot(1-s)/4$$

Tra le coordinate x, y di un punto generico e le coordinate r, s dello stesso punto valgono le seguenti relazioni:

$$4x = \sum_{i=1}^{4} h_i \cdot x_i = [(1-r)\cdot(1-s)\cdot x_1 + (1-r)\cdot(1+s)\cdot x_2 + (1+r)\cdot(1+s)\cdot x_3 + (1+r)\cdot(1-s)\cdot x_4]$$

$$4y = \sum_{i=1}^{4} h_i \cdot y_i = [(1-r)\cdot(1-s)\cdot y_1 + (1-r)\cdot(1+s)\cdot y_2 + (1+r)\cdot(1+s)\cdot y_3 + (1+r)\cdot(1-s)\cdot y_4]$$

La soluzione del sistema di equazioni non lineari è ottenuta iterativamente e, tramite i valori di r ed s, si determinano i parametri ag, Fo, TC* dall'equazione:

$$4p = \sum_{i=1}^{4} h_i \cdot p_i = \left[(1-r)\cdot(1-s)\cdot p_1 + (1-r)\cdot(1+s)\cdot p_2 + (1+r)\cdot(1+s)\cdot p_3 + (1+r)\cdot(1-s)\cdot p_4\right]$$

dove "p" rappresenta il parametro cercato.

4 PERICOLOSITÀ SISMICA DI SITO

Il moto generato da un terremoto in un sito dipende dalle particolari condizioni locali, cioè dalle caratteristiche topografiche e stratigrafiche dei depositi di terreno e degli ammassi rocciosi e dalle proprietà fisiche e meccaniche dei materiali che li costituiscono. Per la singola opera o per il singolo sistema geotecnico la risposta sismica locale consente di definire le modifiche che un segnale sismico subisce, a causa dei fattori anzidetti, rispetto a quello di un sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale (sottosuolo di categoria A).

La pericolosità simica di base cambia, in accordo con quanto stabilito dalle norme tecniche (NTC18), a seconda del tipo di opera da realizzare. Per ognuna di tali opere, l'obbiettivo dell'analisi è quello di valutare i coefficienti di amplificazione sismica orizzontale "kh" e verticale "kv". Le diverse opere considerate dalle norme tecniche sono:

- Stabilità dei pendii e fondazioni;
- Fronti di scavo e rilevati;
- Muri di sostegno;
- Paratie.

I parametri di entrata per il calcolo di tali coefficienti sono: il tempo di ritorno "T_R" dell'evento sismico e il periodo di riferimento (dipende a sua volta dalla vita nominale della costruzione e dalla classe d'uso della costruzione), con quest'ultimo, in ogni caso, non inferiore a 35 anni.

4.1 STABILITÀ DEI PENDII E FONDAZIONI

Nel caso di stabilità dei pendii i coefficienti kh e kv sono così determinati:

$$k_h = \beta_s \cdot \left(\frac{a_{max}}{g}\right)$$

$$k_v = \pm 0.5 \cdot k_h$$

- βs coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito;
- a_{max} accelerazione orizzontale massima attesa al sito;
- g accelerazione di gravità.

I valori di βs sono riportati in tabella 7.11.I delle NTC18, di seguito riportata.

	Categoria di sottosuolo	
	A	B, C, D, E
	βs	βs
$0,2 < a_g (g) \leq 0,4$	0,30	0,28
$0,1 < a_g (g) \leq 0,2$	0,27	0,24
$a_g (g) \leq 0,1$	0,20	0,20

Tab. 4 – Valori di βs al variare della categoria di suolo (Ss) e dell'accelerazione (ag)

Tutti i fattori presenti nelle precedenti formule dipendono dall'accelerazione massima attesa al sito di riferimento rigido e dalle caratteristiche geomorfologiche del territorio.

$$a_{max} = S_S * S_T * a_g$$

Ss (effetto di amplificazione stratigrafica) è funzione di Fo (Fattore massimo di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale) e della categoria di suolo (A, B, C, D, E). e del rapporto ag/g (tab. 3.2.IV – NTC18):

Categoria sottosuolo	S_S	C_C
A	1,00	1,00
B	$1{,}00 \le 1{,}40 - 0{,}40 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \le 1{,}20$	$1{,}10 \cdot (T_C^*)^{-0{,}20}$
C	$1{,}00 \le 1{,}70 - 0{,}60 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \le 1{,}50$	$1{,}05 \cdot (T_C^*)^{-0{,}33}$
D	$0{,}90 \le 2{,}40 - 1{,}50 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \le 1{,}80$	$1{,}25 \cdot (T_C^*)^{-0{,}50}$
E	$1{,}00 \le 2{,}00 - 1{,}10 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \le 1{,}60$	$1{,}15 \cdot (T_C^*)^{-0{,}40}$

*Tab. 5 – Formule per la valutazione del fattore di amplificazione stratigrafica (Ss) e del coefficiente (Cc) al variare della categoria di sottosuolo e dei parametri (Fo, ag, T*c)*

S_T (effetto di amplificazione topografica), varia con il variare delle quattro categorie topografiche (tab. 3.2.V – NTC18):

Categoria topografica	Ubicazione dell'opera o dell'intervento	S_T
T1	-	1,0
T2	In corrispondenza della sommità del pendio	1,2
T3	In corrispondenza della cresta di un rilievo con pendenza media minore o uguale a 30°	1,2
T4	In corrispondenza della cresta di un rilievo con pendenza media maggiore di 30°	1,4

Tab. 6 – Coefficiente di amplificazione topografica (St)

4.2 FRONTI DI SCAVO E RILEVATI

Il comportamento in condizioni sismiche dei fronti di scavo e dei rilevati può essere analizzato con gli stessi metodi impiegati per i pendii naturali; specificamente mediante metodi pseudostatici, metodi degli spostamenti e metodi avanzati di analisi dinamica.

Nei metodi pseudostatici l'azione sismica è rappresentata da un'azione statica equivalente, costante nello spazio e nel tempo, proporzionale al peso W del volume di terreno potenzialmente instabile. Le componenti orizzontale e verticale di tale forza devono essere ricavate in funzione delle proprietà del moto atteso nel volume di terreno potenzialmente instabile e della capacità di tale volume di subire spostamenti senza significative riduzioni di resistenza.

In mancanza di studi specifici, le componenti orizzontale e verticale della forza statica equivalente possono

esprimersi come:

$$F_h = k_h \cdot W \quad \text{ed} \quad F_V = k_V \cdot W$$

con kh e kv rispettivamente pari ai coefficienti sismici orizzontale e verticale definiti nel paragrafo 4.1 ed adottando i seguenti valori del coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito:

- βs = 0.38 nelle verifiche dello stato limite ultimo (SLV)
- βs = 0.47 nelle verifiche dello stato limite di esercizio (SLD).

4.3 MURI DI SOSTEGNO

Per i muri di sostegno in pendii i coefficienti kh e kv sono così determinati:

$$k_h = \beta_s \cdot \left(\frac{a_{max}}{g} \right)$$

$$k_v = \pm 0.5 \cdot k_h$$

- βs coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito, per i muri che non siano in grado di subire spostamenti relativi rispetto al terreno assume valore unitario altrimenti assume i valori riportati di seguito.
    - βs = 0.38 nelle verifiche allo stato limite ultimo (SLV)
    - βs = 0.47 nelle verifiche allo stato limite di esercizio (SLD).

  I valori del coefficiente βm possono essere incrementati in ragione di particolari caratteristiche prestazionali del muro, prendendo a riferimento il diagramma di in Figura 5.
- amax accelerazione orizzontale massima attesa al sito;
- g accelerazione di gravità.

Tutti i fattori presenti nelle precedenti formule dipendono dall'accelerazione massima attesa sul sito di riferimento rigido e dalle caratteristiche geomorfologiche del territorio, quest'ultime considerate mediante l'utilizzo del coefficiente "S", a sua volta comprendente l'effetto di amplificazione stratigrafica "Ss" e di amplificazione topografica "ST".

4.4 PARATIE

In mancanza di studi specifici, ah (accelerazione orizzontale) può essere legata all'accelerazione di picco amax attesa nel volume di terreno significativo per l'opera mediante la relazione:

$$a_h = k_h * g = \alpha * \beta * a_{max}$$

dove:

- g è l'accelerazione di gravità;
- kh è il coefficiente sismico in direzione orizzontale;
- a < 1 è un coefficiente che tiene conto della deformabilità dei terreni interagenti con l'opera. Può essere ricavato a partire dall'altezza complessiva H della paratia e dalla categoria di sottosuolo mediante il

diagramma in Figura 4.

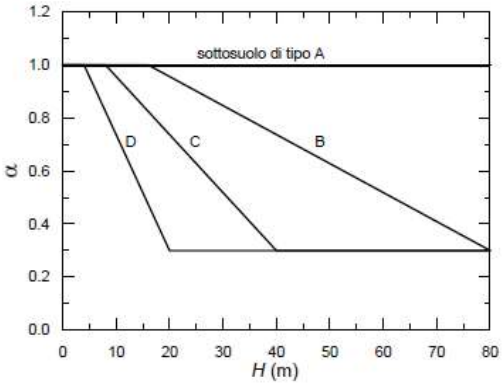


Fig. 4 – Diagramma per la valutazione del coefficiente di deformabilità

Per il sottosuolo di categoria E si utilizzano le curve dei sottosuoli C o D in dipendenza dei valori assunti dalla velocità equivalente "Vs,eq". Per la valutazione della spinta nelle condizioni di equilibrio limite passivo deve porsi α = 1.

Il valore del coefficiente β può essere ricavato dal diagramma riportato in Figura 5, in funzione del massimo spostamento "us" che l'opera può tollerare senza riduzioni di resistenza.

- Per us = 0 si ha β = 1; us = 0.005 * H
- Se α * β <= 0.2 deve assumersi kh = 0.2 * amax/g

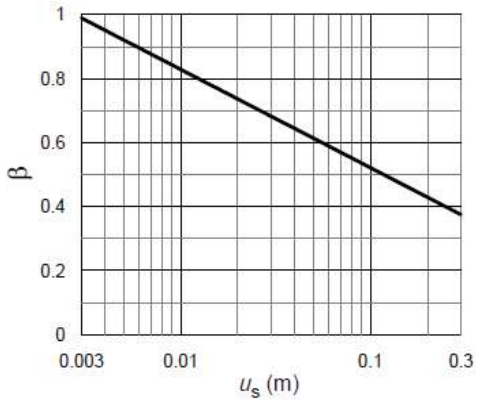


Fig. 4 – Diagramma per la valutazione del coefficiente di spostamento

L'accelerazione di picco amax è valutata mediante un'analisi di risposta sismica locale, ovvero come

$$a_{max} = S_S * S_T * a_g$$

dove:

- "S" è il coefficiente che comprende l'effetto dell'amplificazione stratigrafica (S_S) e dell'amplificazione topografica (S_T) (rif. Tab. 5 – 6);
- "ag" è l'accelerazione orizzontale massima attesa su sito di riferimento rigido.

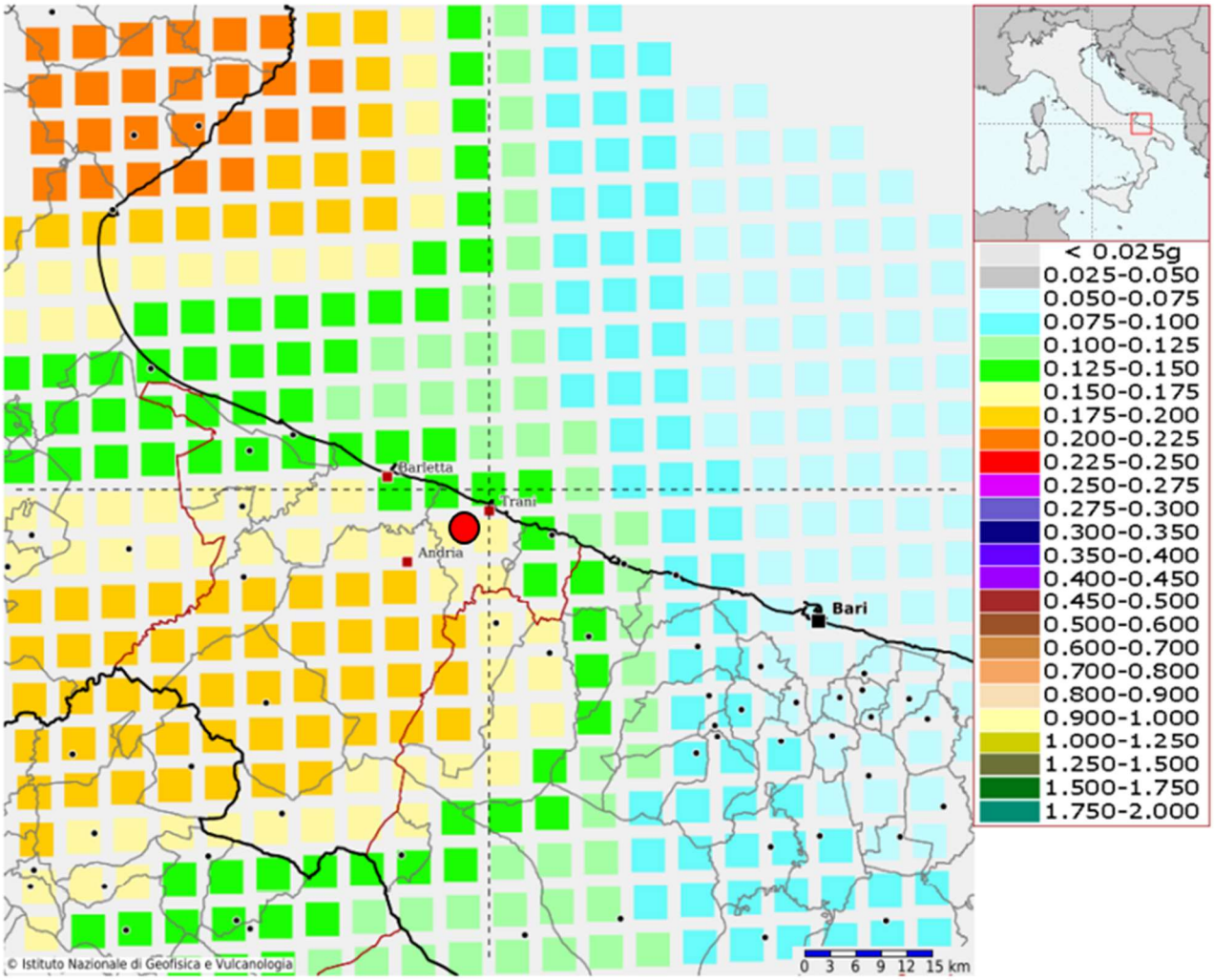
5 PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE – SITO IN ESAME

L'area in esame, è localizzata nel territorio del Comune di Trani in Località "Puro Vecchio"; le coordinate del sito (WGS84) sono:

Longitudine 16°36'06,15''

Latitudine 41°25'45,41''

La figura seguente, riporta l'andamento dei valori di accelerazione sismica del territorio entro cui si situa la cava e delle aree limitrofe, con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni. L'accelerazione attesa in sito è compresa tra 0.150g e 0.175g.



Il calcolo dei parametri di pericolosità sismica viene eseguito in base alle Norme Tecniche del 2018 utilizzando il programma disponibile sul sito *GeoSTRU.*

L'analisi di pericolosità sismica redatta, fa riferimento ai sondaggi realizzati per la definizione del progetto di fattibilità tecnico-economica e attiene alla definizione dei coefficienti di amplificazione relativi ai lotti I e II.

5.1 PARAMETRI UTILIZZATI

- Classe d'uso: III. Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose

per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d'uso IV. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso.

- Vita nominale: 50 [anni]
- Tipo di interpolazione: Media ponderata
- Tipo di elaborazione: Stabilità dei pendii
- Periodo di riferimento: 75 anni
- Coefficiente cu: 1,5

RETICOLO				
	ID	Latitudine [°]	Longitudine [°]	Distanza [m]
Sito 1	31234	41,249080	16,390020	1190,10
Sito 2	31235	41,247390	16,416460	4698,20
Sito 3	31013	41,297370	16,418690	6676,00
Sito 4	31012	41,299060	16,352220	4894,00

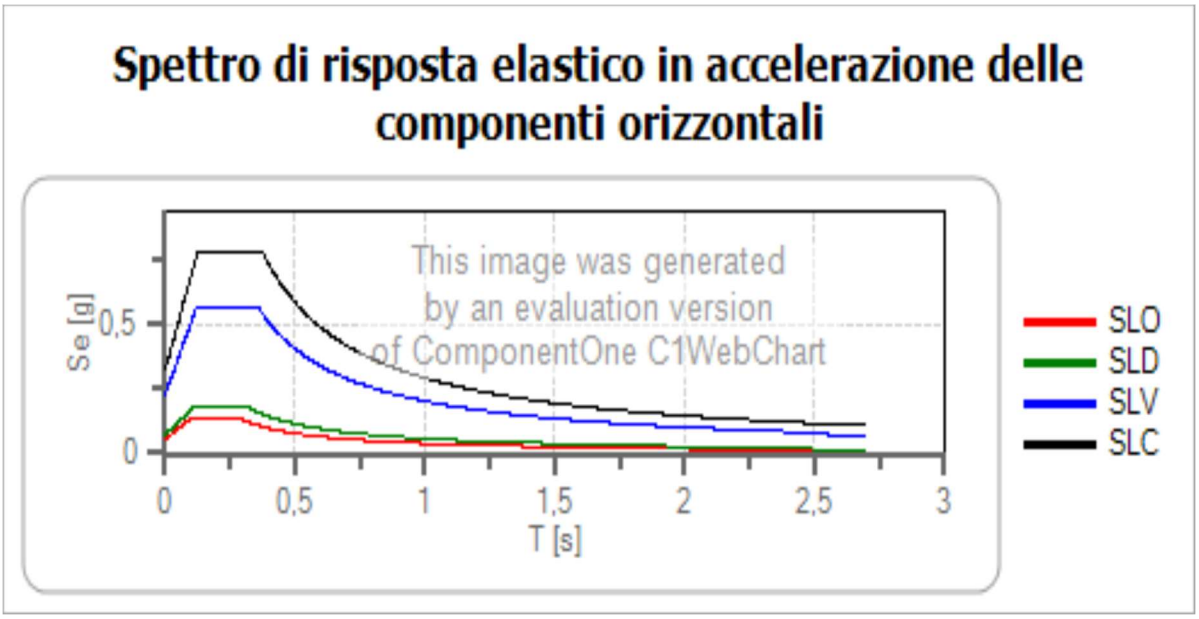
Stati limite	Prob. superamento [%]	Tr [anni]	ag [g]	Fo [-]	Tc* [s]
Operatività (SLO)	81	45	0,045	2,543	0,287
Danno (SLD)	63	75	0,060	2,481	0,322
Salvaguardia della vita (SLV)	10	712	0,191	2,476	0,358
Prevenzione dal collasso (SLC)	5	1462	0,273	2,392	0,373

5.2 PERICOLOSITÀ SISMICA ATTESA – SPETTRI DI RISPOSTA

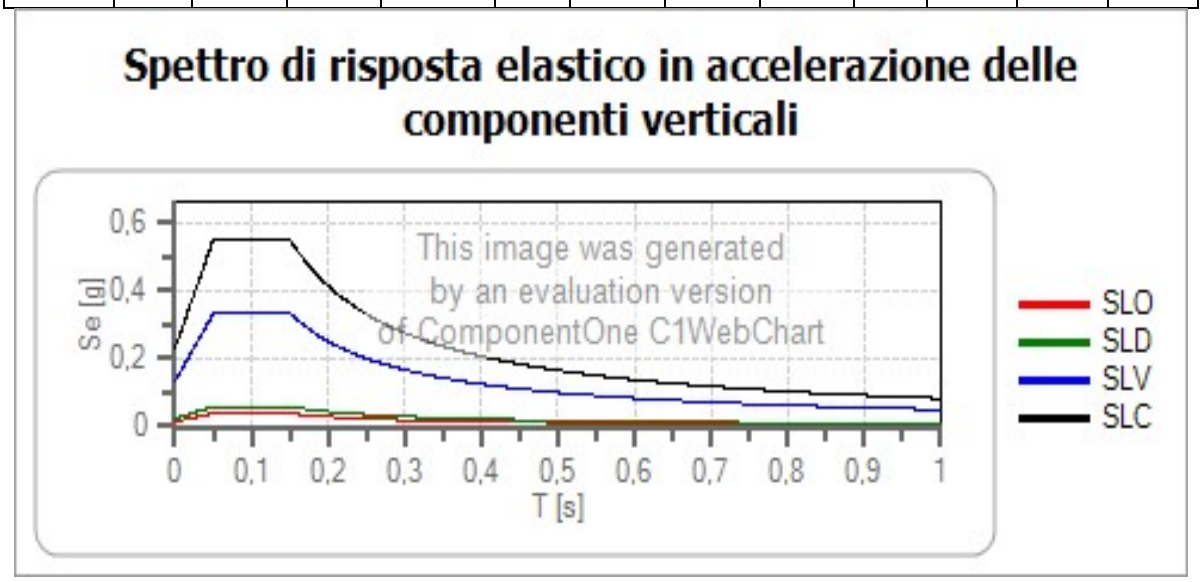
- Coefficiente di smorzamento viscoso = 5 %
- Fattore che altera lo spettro elastico = 1,000
- Categoria sottosuolo: A
- Categoria topografica: T3

	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	Kh [-]	Kv [-]	Amax [m/s²]	Beta [-]
SLO	1,000	1,000	1,200	0,011	0,005	0,524	0,200
SLD	1,000	1,000	1,200	0,014	0,007	0,704	0,200
SLV	1,000	1,000	1,200	0,062	0,031	2,247	0,270

SLC	1,000	1,000	1,200	0,098	0,049	3,213	0,300



	Cu	ag [g]	Fo [-]	Tc* [s]	Ss[-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	η [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]
SLO	1,5	0,045	2,543	0,287	1,000	1,000	1,200	1,200	1,000	0,096	0,287	1,778
SLD	1,5	0,060	2,481	0,322	1,000	1,000	1,200	1,200	1,000	0,107	0,322	1,839
SLV	1,5	0,191	2,476	0,358	1,000	1,000	1,200	1,200	1,000	0,119	0,358	2,364
SLC	1,5	0,273	2,392	0,373	1,000	1,000	1,200	1,200	1,000	0,124	0,373	2,692

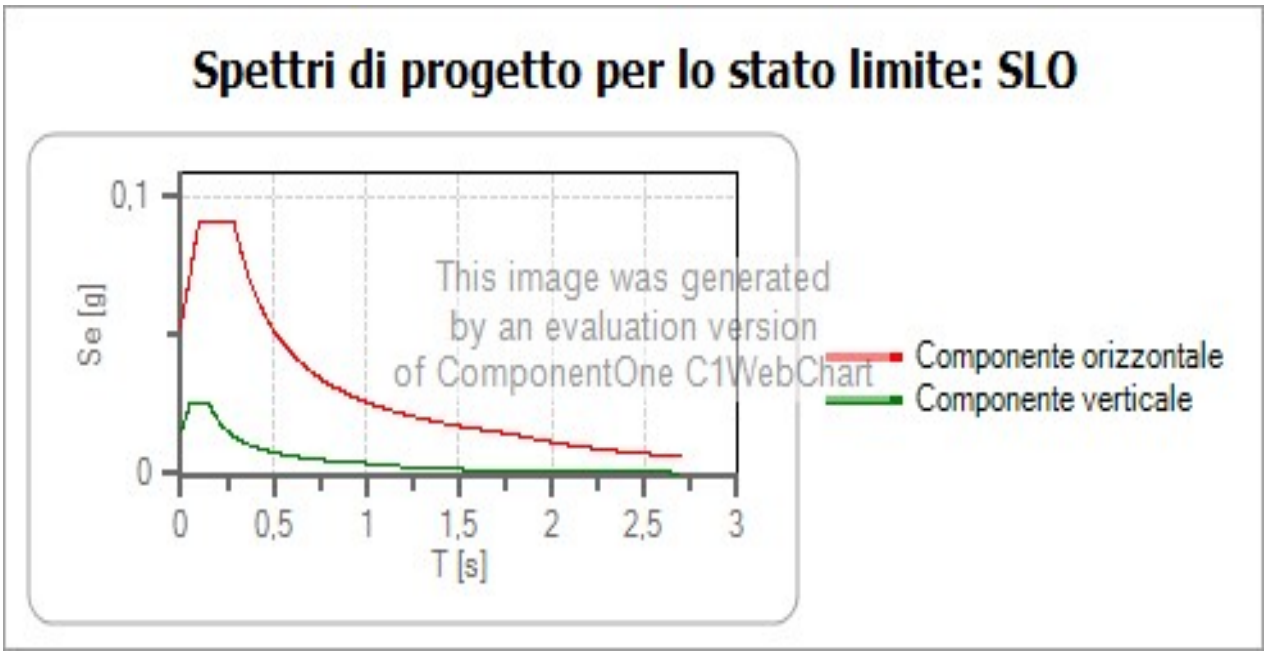


	Cu	ag [g]	Fo [-]	Tc* [s]	Ss[-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	η [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]
SLO	1,5	0,045	2,543	0,287	1,000	1,000	1,200	1,200	1,000	0,050	0,150	1,000
SLD	1,5	0,060	2,481	0,322	1,000	1,000	1,200	1,200	1,000	0,050	0,150	1,000
SLV	1,5	0,191	2,476	0,358	1,000	1,000	1,200	1,200	1,000	0,050	0,150	1,000
SLC	1,5	0,273	2,392	0,373	1,000	1,000	1,200	1,200	1,000	0,050	0,150	1,000

5.3 PERICOLOSITÀ SISMICA ATTESA – SPETTRI DI PROGETTO

Stato limite di operatività (SLO)

- Coefficiente di struttura q per lo spettro orizzontale = 1.5
- per lo spettro orizzontale = 0,667
- Coefficiente di struttura q per lo spettro verticale = 1.5
- per lo spettro verticale = 0,667
- Periodo = 1 [sec]

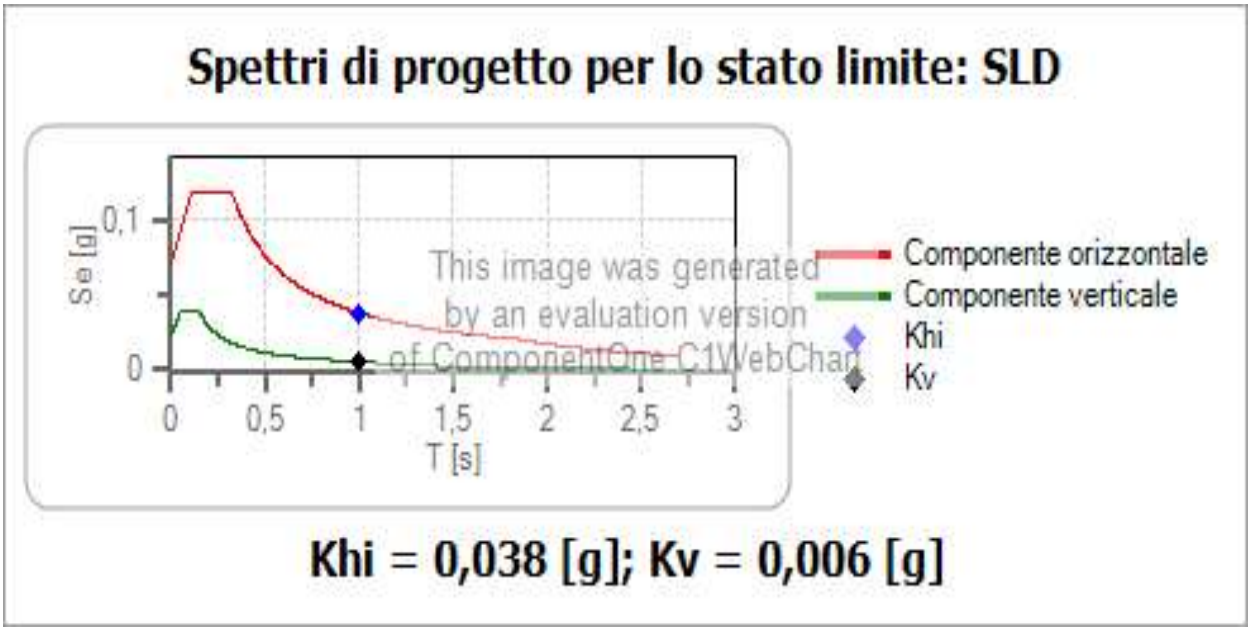


	Cu	ag [g]	Fo [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	Q [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]

SLO Orizzontale	1,5	0,045	2,543	0,287	1,000	1,000	1,200	1,200	1,500	0,096	0,287	1,778
SLO verticale	1,5	0,045	2,543	0,287	1,000	1,000	1,200	1,200	1,500	0,050	0,150	1,000

Stato limite di danneggiamento (SLD)

- Coefficiente di struttura q per lo spettro orizzontale = 1.5
- per lo spettro orizzontale = 0,667
- Coefficiente di struttura q per lo spettro verticale = 1.5
- per lo spettro verticale = 0,667
- Periodo = 1 [sec]

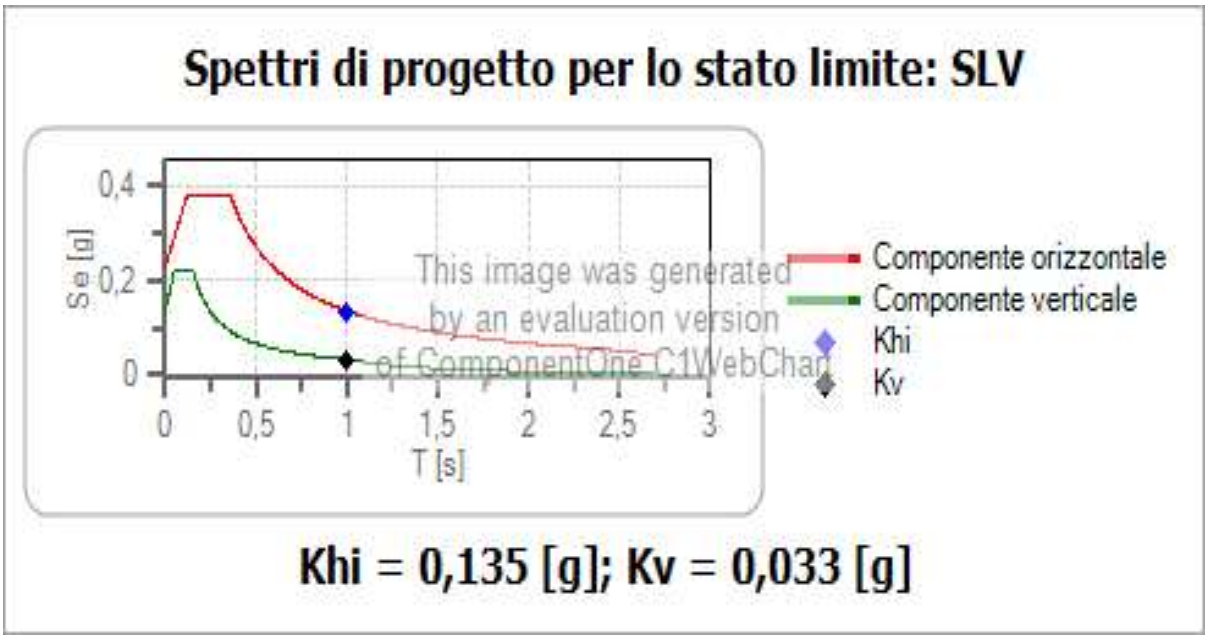


	Cu	ag [g]	Fo [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	Q [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]
SLO Orizzontale	1,5	0,060	2,481	0,322	1,000	1,000	1,200	1,200	1,500	0,107	0,322	1,839

SLO verticale	1,5	0,060	2,481	0,322	1,000	1,000	1,200	1,200	1,500	0,050	0,150	1,000

Stato limite di salvaguardia della vita (SLV)

- Coefficiente di struttura q per lo spettro orizzontale = 1.5
- per lo spettro orizzontale = 0,667
- Coefficiente di struttura q per lo spettro verticale = 1.5
- per lo spettro verticale = 0,667
- Periodo = 1 [sec]

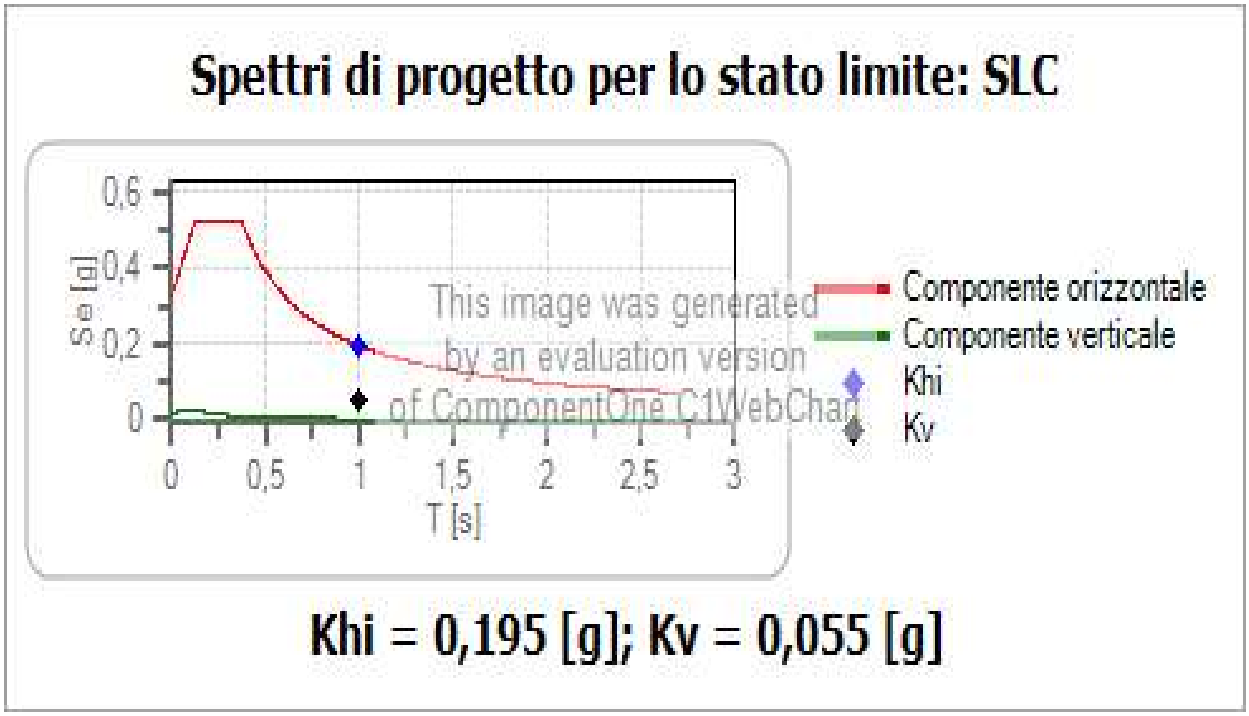


	Cu	ag [g]	Fo [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	Q [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]
SLO Orizzontale	1,5	0,191	2,476	0,358	1,000	1,000	1,200	1,200	1,500	0,119	0,358	2,364
SLO verticale	1,5	0,191	2,476	0,358	1,000	1,000	1,200	1,200	1,500	0,050	0,150	1,000

Stato limite di collasso (SLC)

- Coefficiente di struttura q per lo spettro orizzontale = 1.5

- per lo spettro orizzontale = 0,667
- Coefficiente di struttura q per lo spettro verticale = 1.5
- per lo spettro verticale = 0,667
- Periodo = 1 [sec]



	Cu	ag [g]	Fo [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	Q [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]
SLO Orizzontale	1,5	0,273	2,392	0,373	1,000	1,000	1,200	1,200	1,500	0,124	0,373	2,692
SLO verticale	1,5	0,273	2,392	0,373	1,000	1,000	1,200	1,200	1,500	0,050	0,150	1,000