



REGIONE PUGLIA  
 PROVINCIA DI BRINDISI  
 COMUNE DI CEGLIE MESSAPICA



Progetto: SPV 39 Impianto Agrivoltaico ubicato nell'agro del Comune di Ceglie Messapica (Br), sui terreni censiti nel N.C.T di Ceglie Messapica come da tabella riportata a destra.

Potenza ai fini della connessione 45 MW.  
 Potenza di Picco della Cen.le Agrivoltaica 50,4 Mw  
 Cod. Rint. da Definire a Cura di Terna S.p.A. 202402966

Piano Particellare Progetto			
ID Foglio Catastale	ID Particella	Nota	Ditta/Proprietà
Foglio 77		3 Parte	Ricci Pasquale
Foglio 77		2 Parte	Ricci Pasquale
Foglio 77		116 Parte	Ricci Pasquale
Foglio 78		6 Completa	Ricci Pasquale
Foglio 78		7 Completa	Ricci Pasquale
Foglio 78		8 Completa	Ricci Pasquale
Foglio 77		1 Completa	Ricci Pasquale
Foglio 78		1 Completa	Ricci Pasquale
Foglio 78		4 Completa	Ricci Pasquale
Foglio 78		5 Completa	Ricci Pasquale
Foglio 77		11 Completa	Ricci Pasquale
Foglio 77		12 Completa	Ricci Pasquale
Foglio 77		208 Completa	Ricci Pasquale
SOMMANO MQ		8084723	

NELLA DISPONIBILITA' DEL PROPONENTE GIUSTO CONTRATTO PRELIMINARE PER LA COSTITUZIONE DI DIRITTO DI SUPERFICIE N. 13648/11327 DEL 11/07/2024 BRINDISI

<b>Codice elaborato</b>	<b>PROGETTO DEFINITIVO</b>	<b>FEBBRAIO 2025</b>
-------------------------	----------------------------	----------------------

<b>CAS.SP39.R18</b>	<b>Pericolosità sismica di base</b>
Scala. Non Applic.	

DATA	MOTIVO REVISIONE	REDATTO	APPROVATO
19/02/2025	//	ING. FRANCESCO CIRACI'	ING. FRANCESCO CIRACI'

**COMMITTENTE: FFK SPV 1 S.R.L.**



VIA DURINI 4  
 20122 - MILANO (MI)  
 P.IVA 13119050964 (IT)

**Relazione Specialistica a cura di:  
 Dott.ssa Rossana BALDASSARRE**



**PROGETTISTA**

**Studio di Ingegneria di Ciraci Francesco**

Sede legale: San Lorenzo n. 2,  
 Ceglie Messapica (Br), 72013,  
 Cell.3382328300

Email: ciracifrancesco@gmail.com



## **SOMMARIO**

PREMESSA .....	3
VITA NOMINALE, CLASSI D’USO E PERIODO DI RIFERIMENTO .....	6
STATI LIMITE, PROBABILITÀ DI SUPERAMENTO E PERIODO DI RITORNO .....	7
DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE.....	9
DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITA’ SISMICA DI SITO.....	10
Coefficienti sismici.....	10
Stabilità dei pendii e fondazioni .....	10
Fronti scavo e rilevati.....	11
Muri di sostegno .....	12
Paratie .....	12
PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE.....	14
Parametri di pericolosità sismica.....	15
PERICOLOSITÀ SISMICA DI SITO .....	17

## **PREMESSA**

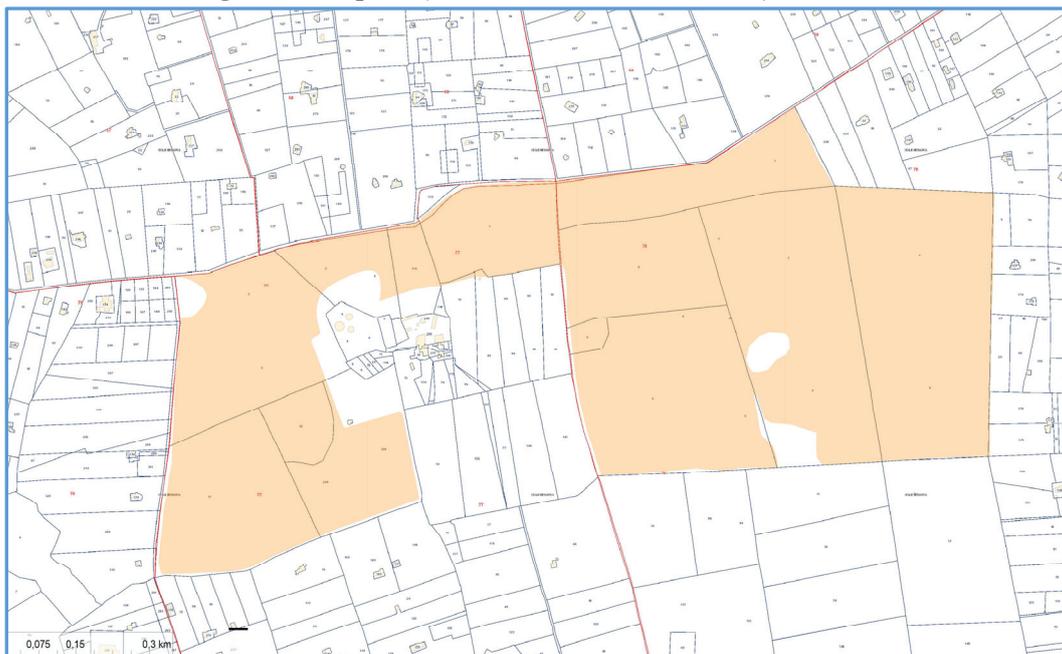
Il presente studio relaziona in merito alla modellazione e caratterizzazione sismica di un'area che si estende nelle campagne a est dell'abitato di Ceglie Messapica in provincia di Brindisi, in adiacenza alla via provinciale per San Michele Salentino.

In corrispondenza di detta area, la società *FFK SPV 1 S.R.L.* con sede legale in Milano, alla via Durini, intende realizzare un impianto agrivoltaico per la produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile (vedi: “*Stralcio Aerofotogrammetrico*”).



***Stralcio Aerofotogrammetrico – C.T.R. Puglia***

L'impianto occupa una superficie di circa 80,84 Ha, catastalmente inquadrati sui fogli n 77 e 78 del comune di Ceglie Messapica (vedi: “*Stralcio Catastale*”).



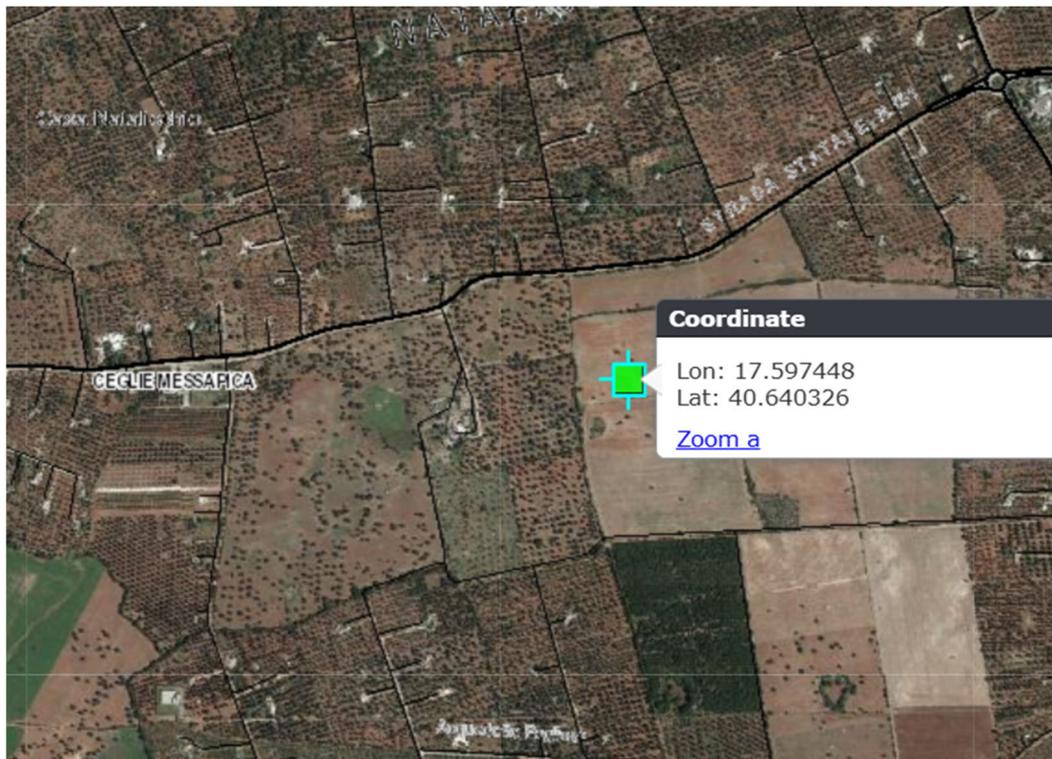
***Stralcio Catastale***

Il progetto prevede la realizzazione di 7 sub-campi, su cui saranno posizionati complessivamente 75264 moduli fotovoltaici di potenza unitaria di picco pari a 670 W (vedi: “Layout di progetto”).



***Layout di Progetto***

In particolare, il presente studio relaziona in merito alla pericolosità sismica di base dell’area che sarà occupata dall’impianto, facendo riferimento alle coordinate UTM che, mediamente, localizzano l’area sul territorio.



L'area di interesse è ubicata in corrispondenza di un territorio sub-pianeggiante, morfologicamente interessato da quote variabili, ma con dolci pendenze, inferiori a 15° e, quindi, riferibile ad una **categoria topografica "T1"** (ai sensi della tab. 3.2.III delle NTC/2018).

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
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media

Per valutare la risposta sismica locale, si è fatto riferimento ad un approccio semplificato basato sull'individuazione della categoria di sottosuolo di riferimento come definite nella tabella 3.2.II delle N.T.C./2018:

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>

Tale classificazione si effettua in base ai valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio  $V_{s,eq}$  entro i primi 30 m di profondità del sottosuolo, riferendosi al piano di imposta delle fondazioni (trattandosi di fondazioni superficiali) o comunque fino al raggiungimento del bedrock ( $V_s > 800$  m/s) qualora intercettabile a profondità  $H < 30$ m.

$$V_{s,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{s,i}}}$$

$h_i$  = spessore dello strato  $i$ -esimo  
 $V_{s,i}$  = velocità delle onde di taglio nell' $i$ -esimo strato  
 $N$  = numero di strati  
 $H$  = profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da  $V_s$  non inferiore a 800 m/sec

Con la tecnica Masw è stato possibile calcolare il parametro  $V_{s,eq}$  e di conseguenza caratterizzare il sito in una delle categorie di suolo di fondazione definite nella nuova normativa sismica. Risultata:

**$V_{s,eq} > 800$  m/s, corrispondente alla categoria di suolo "A" – ai sensi della tab. 3.2.II delle N.T.C./ 2018.**

*"Ammassi rocciosi affiorante 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"*

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:

- in primo luogo la *vita nominale* dell'opera, che congiuntamente alla *classe d'uso*, permette di determinare il *periodo di riferimento*;
- una volta definito il periodo di riferimento e i diversi stati limite da considerare, dopo aver definito le relative *probabilità di superamento* è possibile stabilire il *periodo di ritorno* associato a ciascun stato limite;
- a questo punto è possibile definire la **pericolosità sismica di base** per il sito interessato alla realizzazione dell'opera, facendo riferimento agli studi condotti sul territorio nazionale dal Gruppo di Lavoro 2004 nell'ambito della convenzione-progetto S1 DPC-INGV 2004-2006 e i cui risultati sono stati promulgati mediante l'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri (OPCM) 3519/2006.

### 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:

$$V_R = V_N \cdot C_U \quad (2.1)$$

dove:

$V_R$  = periodo di riferimento

$V_N$  = vita nominale

$C_U$  = coefficiente d'uso

La vita nominale di un'opera strutturale  $V_N$ , secondo le NTC 2018, 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 nella Tab. 1. Tali valori possono essere anche impiegati per definire le azioni dipendenti dal tempo.

**Tab. 1** – Valori minimi della Vita nominale  $V_N$  di progetto per i diversi tipi di costruzioni

TIPI DI COSTRUZIONI		Valori minimi di $V_N$ (anni)
1	Costruzioni temporanee e provvisorie	10
2	Costruzioni con livelli di prestazioni	50
3	Costruzioni con livelli di prestazioni elevati	100

Nel caso specifico  $V_N = 50$  anni.

In presenza di azioni sismiche, con riferimento alle conseguenze di una interruzione di operatività o di un eventuale collasso, le costruzioni sono suddivise in classi d'uso. Le NTC

2018 prevedono quattro classi d'uso a ciascuna delle quali è associato un valore del coefficiente d'uso:

**Classe I:** Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli.  $C_U = 0.7$ ;

**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.  $C_U = 1.0$ ;

**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.  $C_U = 1.5$ ;

**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 DM 5/11/2001, 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.  $C_U = 2.0$ ;

Nel caso in esame viene presa in considerazione la **classe d'uso I** cui è associato il coefficiente d'uso  $C_U = 0,7$ .

Ricavati i valori di  $V_N$  e  $C_U$ , è possibile calcolare il periodo di riferimento  $V_R$ , che qui vale:

$$V_R = 50 * 0,7 = 35 \text{ anni.}$$

## STATI LIMITE, PROBABILITÀ DI SUPERAMENTO E PERIODO DI RITORNO

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: due sono *stati limite di esercizio* (SLE) e due sono *stati limite ultimi* (SLU).

Uno stato limite è una condizione superata la quale l'opera non soddisfa più le esigenze per la quale è stata progettata.

Più in particolare le opere e le varie tipologie strutturali devono essere dotate di capacità di garantire le prestazioni previste per le condizioni di esercizio (sicurezza nei confronti di SLE) e di capacità di evitare crolli, perdite di equilibrio e di dissesti gravi, totali o parziali, che possano compromettere l'incolumità delle persone o comportare la perdita di beni, oppure provocare gravi danni ambientali e sociali, oppure mettere fuori servizio l'opera (sicurezza nei confronti di SLU).

Gli stati limite di esercizio 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 rigidità nei confronti delle azioni verticali e orizzontali, mantenendosi immediatamente utilizzabile pur nell'interruzione d'uso di parte delle apparecchiature.

Gli stati limite ultimi 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 rigidità nei confronti delle azioni orizzontali; la costruzione conserva invece una parte della resistenza e rigidità 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 2), ovvero la probabilità che, nel periodo di riferimento  $V_R$ , si verifichi almeno un evento sismico ( $n \geq 1$ ) di  $a_g$  prefissata ( $a_g$  = accelerazione orizzontale massima del suolo) avente frequenza media annua di ricorrenza  $\lambda = 1/T_R$  ( $T_R$  = periodo di ritorno).

**Tabella 2-** Stati limite e rispettive probabilità di superamento, nel periodo di riferimento  $V_R$

Stato limite di esercizio: operatività	SLO	<b>P<sub>VR</sub> = 81%</b>
Stato limite di esercizio: danno	SLD	<b>P<sub>VR</sub> = 63%</b>
Stati limite ultimo: salvaguardia della vita	SLV	<b>P<sub>VR</sub> = 10%</b>
Stati limite ultimo: di prevenzione del collasso	SLC	<b>P<sub>VR</sub> = 5%</b>

Fissati  $V_R$  e  $P_{VR}$  associata ad ogni stato limite, è possibile calcolare il periodo di ritorno dell'azione sismica  $T_R$ , espresso in anni (Tabella- 3), mediante l'espressione:

$$T_R = -\frac{V_R}{\ln(1 - P_{VR})} \quad (3.1)$$

Tale relazione tra  $P_{VR}$  (probabilità) e  $T_R$  (statistica) risulta biunivoca poiché utilizza la distribuzione discreta Poissoniana.

Poiché è  $V_R = 35$  anni, il tempo di ritorno  $T_R$  sarà:

**Tabella 3-** Stati limite e rispettivi tempi di ritorno, nel periodo di riferimento  $V_R$

Stato limite di esercizio: operatività	SLO	$T_R = 30$
Stato limite di esercizio: danno	SLD	$T_R = 35$
Stati limite ultimo: salvaguardia della vita	SLV	$T_R = 332$
Stati limite ultimo: di prevenzione del collasso	SLC	$T_R = 682$

## DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE

La pericolosità sismica di base, cioè le caratteristiche del moto sismico atteso al sito di interesse, nelle NTC 2018, per una determinata probabilità di superamento, si può ritenere definita quando vengono designati un'accelerazione orizzontale massima ( $a_g$ ) ed il corrispondente spettro di risposta elastico in accelerazione, riferiti ad un suolo rigido e ad una superficie topografica orizzontale.

Per poter definire la pericolosità sismica di base le NTC 2018 si rifanno ad una procedura basata sui risultati disponibili anche sul sito web dell'INGV <http://esse1-gis.mi.ingv.it/>, nella sezione "Mappe interattive della pericolosità sismica".

Secondo le NTC 2018 le forme spettrali sono definite per 9 differenti periodi di ritorno  $T_R$  (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, definiti nell'**Allegato A** alle NTC08:

$a_g$  = accelerazione orizzontale massima;

$F_0$  = 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.

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

$a_g$ , il valore previsto dalla pericolosità sismica S1

$F_0$  e  $T_C^*$  i valori ottenuti imponendo che le forme spettrali in accelerazione, velocità e spostamento previste dalle NTC08 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 in tabella (Tabella 4), contenuta nell'**Allegato B** delle NTC08 (a cui le NTC 2018 fanno riferimento), per i 10751 punti di un reticolo di riferimento in cui è suddiviso il territorio nazionale, identificati dalle coordinate geografiche longitudine e latitudine.

**Tabella 4-** Stralcio della tabella contenuta nell'Allegato B delle NTC08, che fornisce i 3 parametri di pericolosità sismica, per diversi periodi di ritorno e per ogni nodo del reticolo che viene identificato da un ID e dalle coordinate geografiche.

ID	LON	LAT	T <sub>R</sub> = 30			T <sub>R</sub> = 50			T <sub>R</sub> = 72			T <sub>R</sub> = 101		
			a <sub>g</sub>	F <sub>0</sub>	T* <sub>c</sub>	a <sub>g</sub>	F <sub>0</sub>	T* <sub>c</sub>	a <sub>g</sub>	F <sub>0</sub>	T* <sub>c</sub>	a <sub>g</sub>	F <sub>0</sub>	T* <sub>c</sub>
13111	6.5448	45.1340	0.263	2.500	0.180	0.340	2.510	0.210	0.394	2.550	0.220	0.469	2.490	0.240
13333	6.5506	45.0850	0.264	2.490	0.180	0.341	2.510	0.210	0.395	2.550	0.220	0.469	2.490	0.240
13555	6.5564	45.0350	0.264	2.500	0.180	0.340	2.510	0.200	0.393	2.550	0.220	0.466	2.500	0.240
13777	6.5621	44.9850	0.263	2.500	0.180	0.338	2.520	0.200	0.391	2.550	0.220	0.462	2.510	0.240
12890	6.6096	45.1880	0.284	2.460	0.190	0.364	2.510	0.210	0.431	2.500	0.220	0.509	2.480	0.240
13112	6.6153	45.1390	0.286	2.460	0.190	0.366	2.510	0.210	0.433	2.500	0.220	0.511	2.480	0.240
13334	6.6210	45.0890	0.288	2.460	0.190	0.367	2.510	0.210	0.434	2.500	0.220	0.511	2.490	0.240
13556	6.6268	45.0390	0.288	2.460	0.190	0.367	2.510	0.210	0.433	2.510	0.220	0.510	2.490	0.240

### DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITA' 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, definito al § 3.2.2).

#### Coefficienti sismici

I coefficienti sismici orizzontale  $k_h$  e verticale  $k_v$  dipendono del punto in cui si trova il sito oggetto di analisi e del tipo di opera da calcolare. Il parametro di entrata per il calcolo è il tempo di ritorno ( $T_R$ ) dell'evento sismico che è valutato come segue:

$$T_R = -\frac{V_R}{\ln(1 - P_{VR})} \quad (5.1)$$

Con  $V_R$  vita di riferimento della costruzione e  $P_{VR}$  probabilità di superamento, nella vita di riferimento, associata allo stato limite considerato. La vita di riferimento dipende dalla vita nominale della costruzione e dalla classe d'uso della costruzione (in linea con quanto previsto al punto 2.4.3 delle NTC). In ogni caso  $V_R$  non può essere inferiore a 35 anni.

#### Stabilità dei pendii e fondazioni

Nel caso di stabilità dei pendii i coefficienti  $k_h$  e  $k_v$  sono così determinati:

$$k_h = \beta_s \cdot \left( \frac{a_{\max}}{g} \right) \quad (5.2)$$

$$k_v = \pm 0.5 \cdot k_h \quad (5.3)$$

Con

$\beta_s$  coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito;  
 $a_{max}$  accelerazione orizzontale massima attesa al sito;  
 $g$  accelerazione di gravità.  
 I valori di  $\beta_s$  sono riportati nella Tabella 5.

**Tabella 5-** Coefficienti di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito.

	Categoria di sottosuolo	
	A	B, C, D, E
	$\beta_s$	$\beta_s$
$0.2 < a_g(g) \leq 0.4$	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

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

$$a_{max} = S_S \cdot S_T \cdot a_g \quad (5.4)$$

$S_S$  (effetto di amplificazione stratigrafica) ( $0.90 \leq S_S \leq 1.80$ ) è funzione di  $F_0$  (Fattore massimo di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale) e della categoria di suolo (A, B, C, D, E). e del rapporto  $a_g/g$ .  $S_T$  (effetto di amplificazione topografica), varia con il variare delle quattro categorie topografiche:

$$\mathbf{T1: } S_T = 1.0; \mathbf{T2: } S_T = 1.20; \mathbf{T3: } S_T = 1.20; \mathbf{T4: } S_T = 1.40.$$

### **Fronti 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

$$F_h = k_h \cdot W \text{ ed } F_v = k_v \cdot W$$

con  $k_h$  e  $k_v$  rispettivamente pari ai coefficienti sismici orizzontale e verticale definiti nel § 7.11.3.5.2 e adottando i seguenti valori del coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito:

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

Nelle verifiche di sicurezza si deve controllare che la resistenza del sistema sia maggiore delle azioni (condizione [6.2.1]) impiegando lo stesso approccio di cui al § 6.8.2 per le opere di materiali sciolti e fronti di scavo, ponendo pari all'unità i coefficienti parziali sulle azioni e sui parametri geotecnici (§ 7.11.1) e impiegando le resistenze di progetto calcolate con un coefficiente parziale pari a  $\gamma_R = 1.2$ .

Si deve inoltre tener conto della presenza di manufatti interagenti con l'opera.

### ***Muri di sostegno***

Per i muri di sostegno pendii i coefficienti  $k_h$  e  $k_v$  sono così determinati:

$$k_h = \beta_m \cdot \left( \frac{a_{\max}}{g} \right) \quad (5.5)$$

$$k_v = \pm 0.5 \cdot k_h \quad (5.6)$$

Con:

$\beta_m$  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.

$\beta_m = 0.38$  nelle verifiche allo stato limite ultimo (SLV)

$\beta_m = 0.47$  nelle verifiche allo stato limite di esercizio (SLD).

I valori del coefficiente  $\beta_m$  possono essere incrementati in ragione di particolari caratteristiche prestazionali del muro, prendendo a riferimento il diagramma di in Figura 5.2.

$a_{\max}$  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.

$$a_{\max} = S_S \cdot S_T \cdot a_g \quad (5.7)$$

$S$  è il coefficiente comprendente l'effetto di amplificazione stratigrafica  $S_S$  e di amplificazione topografica  $S_T$ .

$a_g$  accelerazione orizzontale massima attesa su sito di riferimento rigido.

### ***Paratie***

In mancanza di studi specifici,  $a_h$  (accelerazione orizzontale) può essere legata all'accelerazione di picco  $a_{\max}$  attesa nel volume di terreno significativo per l'opera mediante la relazione:  $a_h = k_h \cdot g = \alpha \cdot \beta \cdot a_{\max}$  (5.8)

dove:

$g$  è l'accelerazione di gravità;

$k_h$  è il coefficiente sismico in direzione orizzontale;

$\alpha \leq 1$  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 1:

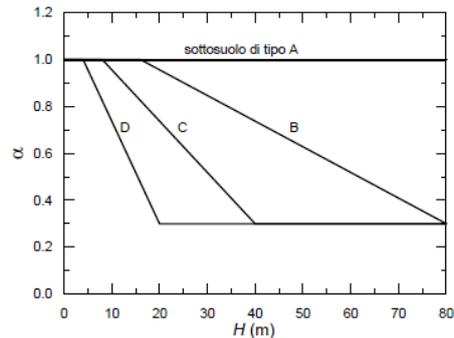


Figura 1 - Diagramma per la valutazione del coefficiente di deformabilità  $\alpha$ .

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

Il valore del coefficiente  $\beta$  può essere ricavato dal diagramma riportato in Figura 2, in funzione del

massimo spostamento  $u_s$  che l'opera può tollerare senza riduzioni di resistenza.

Per  $u_s = 0$  si ha  $\beta = 1$ ;  $u_s \leq 0.005 \cdot H$

Se  $\alpha \cdot \beta \leq 0.2$  deve assumersi  $k_h = 0.2 \cdot a_{\max}/g$

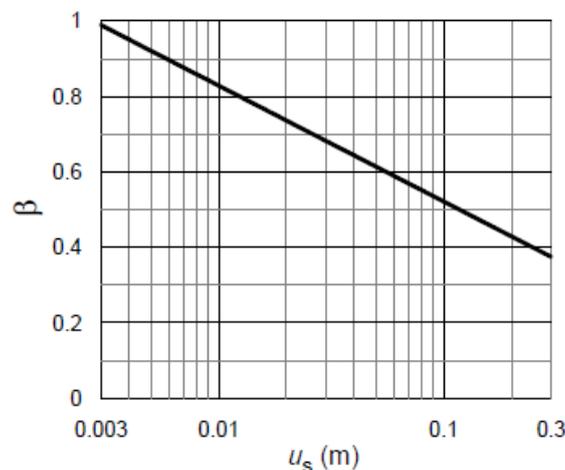


Figura 2 - Diagramma per la valutazione del coefficiente di spostamento  $\beta$ .

L'accelerazione di picco  $a_{\max}$  è valutata mediante un'analisi di risposta sismica locale, ovvero come

$$a_{\max} = S_S \cdot S_T \cdot a_g \quad (5.9)$$

dove:

$S$  è il coefficiente che comprende l'effetto dell'amplificazione stratigrafica ( $S_S$ ) e dell'amplificazione topografica ( $S_T$ ), di cui al § 3.2.3.2;

$a_g$  è l'accelerazione orizzontale massima attesa su sito di riferimento rigido.

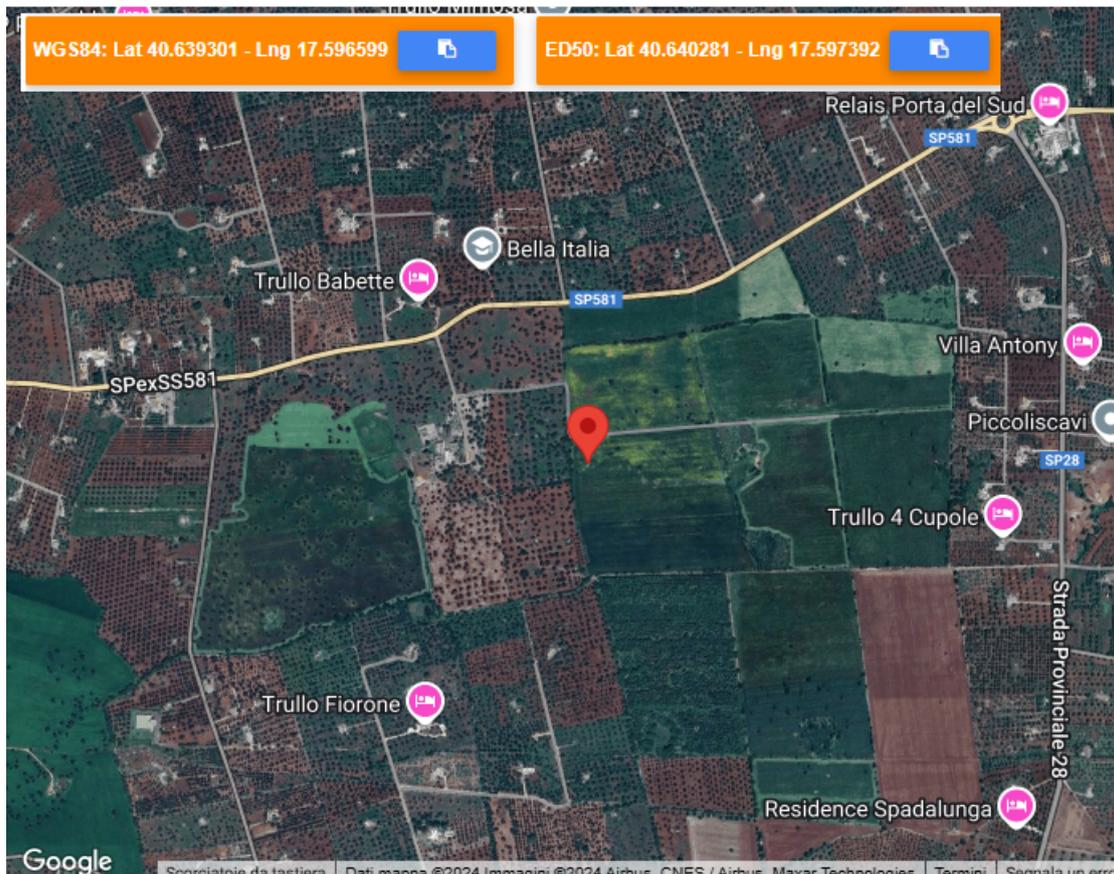
## PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE

La stima dei parametri spettrali necessari per la definizione dell'azione sismica di progetto viene effettuata, quindi, calcolandoli direttamente per il sito in esame utilizzando appositi software (Geostru).

L'area di interesse è individuata dalle seguenti coordinate:

Coordinate geografiche del punto

Latitudine (WGS84): 40,6393013 [°]  
 Longitudine (WGS84): 17,5965996 [°]  
 Latitudine (ED50): 40,6402779 [°]  
 Longitudine (ED50): 17,5973930 [°]



Descrizione: Strutture edili

Committente: FFKR SPV 1 srl - Località: Ceglie Messapica (Br)

Coordinate dei punti della maglia elementare del reticolo di riferimento che contiene il sito e valori della distanza rispetto al punto in esame

Punto	ID	Latitudine (ED50) [°]	Longitudine (ED50) [°]	Distanza [m]
1	33695	40,660890	17,576920	2869,75
2	33696	40,658490	17,642720	4327,01
3	33918	40,608540	17,639550	5011,40
4	33917	40,610940	17,573800	3822,04

Definendo le caratteristiche della struttura di progetto, classe, vita nominale, coefficiente d'uso e il periodo di riferimento, nota la categoria di suolo e la categoria topografica, è possibile definire, per ciascuno stato limite, i valori di progetto dei parametri e dei coefficienti sismici in funzione dei vari periodi di ritorno  $T_r$  e pervenire ai relativi spettri di risposta elastici determinando l'azione di progetto.

Data: 25/11/2024

Vita nominale ( $V_n$ ): 50 [anni]  
 Classe d'uso: I  
 Coefficiente d'uso ( $C_u$ ): 0,7  
 Periodo di riferimento ( $V_r$ ): 35 [anni]

Periodo di ritorno ( $T_r$ ) SLO: 30 [anni]  
 Periodo di ritorno ( $T_r$ ) SLD: 35 [anni]  
 Periodo di ritorno ( $T_r$ ) SLV: 332 [anni]  
 Periodo di ritorno ( $T_r$ ) SLC: 682 [anni]

Tipo di interpolazione: Media ponderata

### Parametri di pericolosità sismica

Parametri di pericolosità sismica per TR diversi da quelli previsti nelle NTC, per i nodi della maglia elementare del reticolo di riferimento

#### Punto 1

Stato limite	$T_r$ [anni]	$a_g$ [g]	$F_0$ [-]	$T_c^*$ [s]
SLO	30	0,018	2,388	0,190
SLD	35	0,020	2,379	0,205
	50	0,024	2,359	0,247
	72	0,029	2,334	0,311
	101	0,033	2,415	0,332
	140	0,037	2,490	0,350
	201	0,041	2,552	0,372
SLV	332	0,047	2,636	0,403
	475	0,051	2,699	0,427
SLC	682	0,055	2,778	0,437
	975	0,060	2,858	0,448
	2475	0,071	3,067	0,510

#### Punto 2

Stato limite	$T_r$ [anni]	$a_g$ [g]	$F_0$ [-]	$T_c^*$ [s]
SLO	30	0,017	2,383	0,160
SLD	35	0,019	2,378	0,181
	50	0,023	2,368	0,240
	72	0,027	2,321	0,308
	101	0,031	2,387	0,331

*Pericolosità Sismica di Base*

	140	0,035	2,461	0,351
	201	0,039	2,525	0,372
SLV	332	0,045	2,604	0,407
	475	0,049	2,663	0,433
SLC	682	0,053	2,744	0,443
	975	0,058	2,827	0,452
	2475	0,069	3,039	0,515

**Punto 3**

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0,017	2,382	0,188
SLD	35	0,019	2,376	0,204
	50	0,023	2,363	0,245
	72	0,028	2,329	0,310
	101	0,032	2,405	0,332
	140	0,036	2,480	0,351
	201	0,040	2,545	0,373
SLV	332	0,045	2,628	0,407
	475	0,050	2,689	0,433
SLC	682	0,054	2,772	0,443
	975	0,058	2,856	0,453
	2475	0,070	3,073	0,512

**Punto 4**

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0,018	2,392	0,191
SLD	35	0,020	2,382	0,207
	50	0,025	2,359	0,249
	72	0,029	2,346	0,312
	101	0,033	2,432	0,333
	140	0,037	2,507	0,349
	201	0,041	2,569	0,372
SLV	332	0,047	2,658	0,403
	475	0,052	2,724	0,426
SLC	682	0,056	2,804	0,436
	975	0,060	2,885	0,447
	2475	0,072	3,092	0,508

**Punto d'indagine**

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0,018	2,387	0,183
SLD	35	0,019	2,379	0,200
SLV	332	0,046	2,633	0,405
SLC	682	0,055	2,776	0,439

## PERICOLOSITÀ SISMICA DI SITO

Coefficiente di smorzamento viscoso  $\xi$ : 5 %  
 Fattore di alterazione dello spettro elastico  $\eta=[10/(5+\xi)]^{(1/2)}$ : 1,000

### Categoria sottosuolo: A

“Ammassi rocciosi affiorante 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”.

### Categoria topografica: T1

“Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media minore o uguale a 15°”

### Muri di sostegno NTC 2018

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	--	0,009	0,018	--
kv	--	0,005	0,009	--
amax [m/s <sup>2</sup> ]	0,175	0,191	0,452	0,537
Beta	--	0,470	0,380	--

### Stabilità di pendii e fondazioni

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0,004	0,004	0,009	0,011
kv	0,002	0,002	0,005	0,005
amax [m/s <sup>2</sup> ]	0,175	0,191	0,452	0,537
Beta	0,200	0,200	0,200	0,200

### Fronti di scavo e rilevati

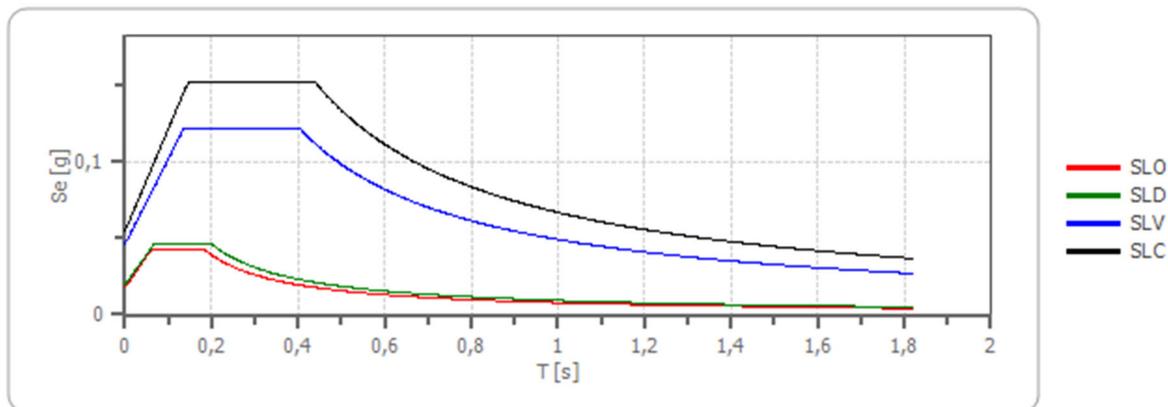
Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	--	0,009	0,018	--
kv	--	0,005	0,009	--
amax [m/s <sup>2</sup> ]	0,175	0,191	0,452	0,537
Beta	--	0,470	0,380	--

### Paratie NTC 2018

Altezza paratia (H): 3,0 [m]  
 Spostamento ammissibile us: 0,015 [m]

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0,014	0,015	0,036	0,042
kv	--	--	--	--
amax [m/s <sup>2</sup> ]	0,175	0,191	0,452	0,537
Beta	0,776	0,776	0,776	0,776

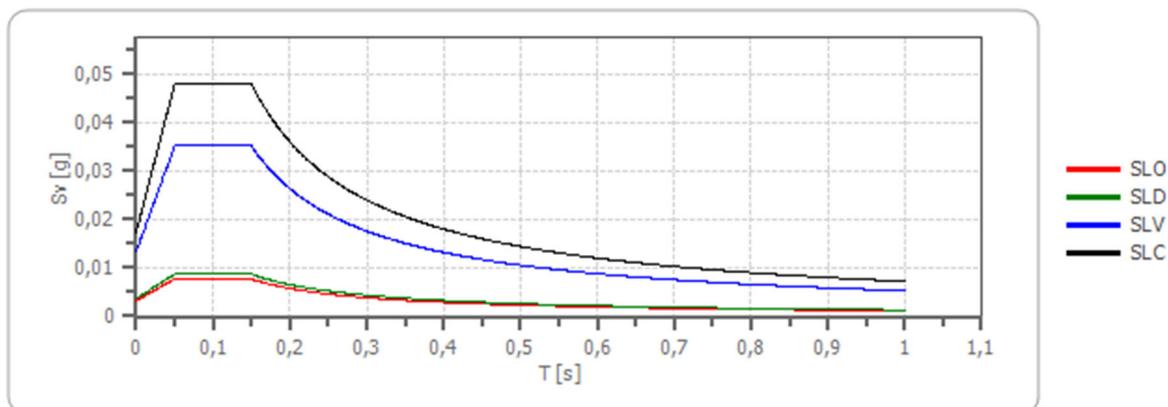
**Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali**



	cu	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	η [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(TB) [g]
SLO	0,7	0,018	2,387	0,183	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,061	0,183	1,671	0,018	0,043
SLD	0,7	0,019	2,379	0,200	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,067	0,200	1,678	0,019	0,046
SLV	0,7	0,046	2,633	0,405	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,135	0,405	1,784	0,046	0,121
SLC	0,7	0,055	2,776	0,439	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,146	0,439	1,819	0,055	0,152

Coefficiente di smorzamento viscoso  $\xi$ : 5 %  
 Fattore di alterazione dello spettro elastico  $\eta = [10 / (5 + \xi)]^{(1/2)}$ : 1,000

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



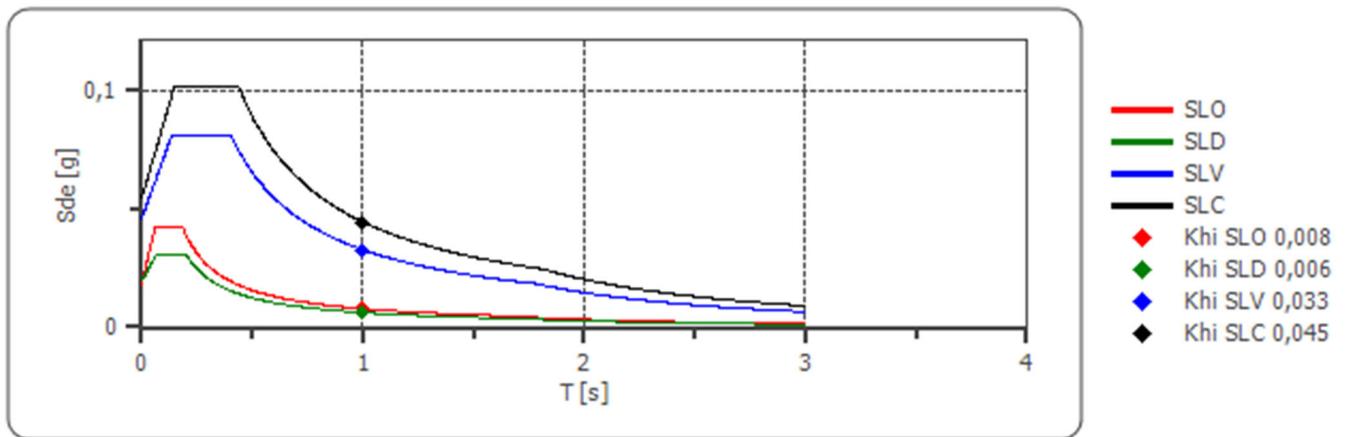
	cu	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	η [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(TB) [g]
SLO	0,7	0,018	2,387	0,183	1	1,000	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000	0,003	0,008
SLD	0,7	0,019	2,379	0,200	1	1,000	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000	0,004	0,009
SLV	0,7	0,046	2,633	0,405	1	1,000	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000	0,013	0,035
SLC	0,7	0,055	2,776	0,439	1	1,000	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000	0,017	0,048

### Spettro di progetto

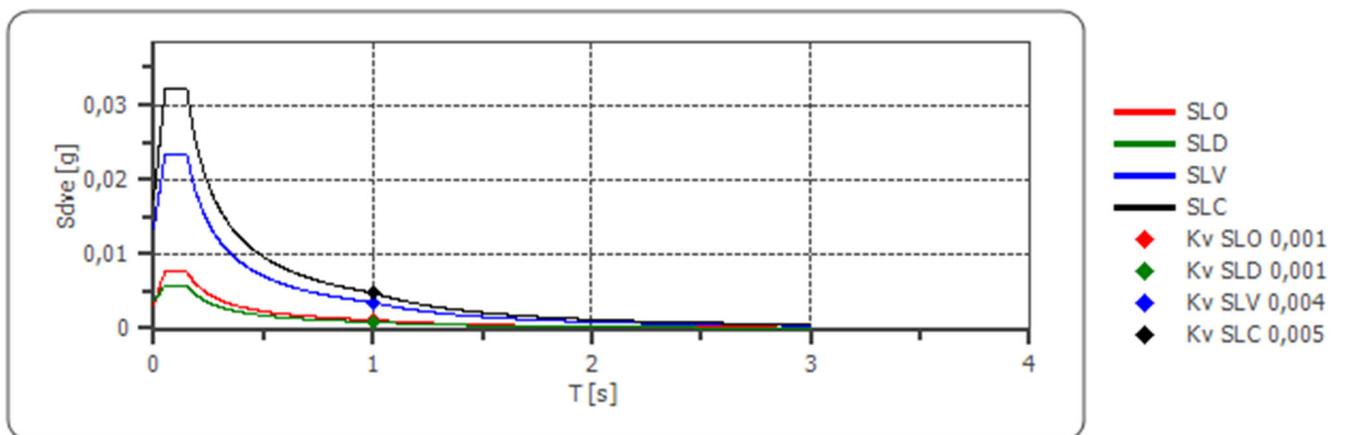
Fattore di struttura spettro orizzontale  $q$ : 1,50  
 Fattore di struttura spettro verticale  $q$ : 1,50  
 Periodo fondamentale  $T$ : 1,00 [s]

	SLO	SLD	SLV	SLC
$k_{hi} = S_{de}(T)$ Orizzontale [g]	0,008	0,006	0,033	0,045
$k_{v} = S_{dve}(T)$ Verticale [g]	0,001	0,001	0,004	0,005

### Spettro di progetto delle componenti orizzontali



### Spettro di progetto delle componenti verticali



*Pericolosità Sismica di Base*

	cu	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	q [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Sd(0) [g]	Sd(TB) [g]
SLO orizzontale	0,7	0,018	2,387	0,183	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,061	0,183	1,671	0,018	0,043
SLO verticale	0,7	0,018	2,387	0,183	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000	0,003	0,008
SLD orizzontale	0,7	0,019	2,379	0,200	1,000	1,000	1,000	1,000	1,500	0,067	0,200	1,678	0,019	0,031
SLD verticale	0,7	0,019	2,379	0,200	1,000	1,000	1,000	1,000	1,500	0,050	0,150	1,000	0,004	0,006
SLV orizzontale	0,7	0,046	2,633	0,405	1,000	1,000	1,000	1,000	1,500	0,135	0,405	1,784	0,046	0,081
SLV verticale	0,7	0,046	2,633	0,405	1,000	1,000	1,000	1,000	1,500	0,050	0,150	1,000	0,013	0,023
SLC orizzontale	0,7	0,055	2,776	0,439	1,000	1,000	1,000	1,000	1,500	0,146	0,439	1,819	0,055	0,101
SLC verticale	0,7	0,055	2,776	0,439	1,000	1,000	1,000	1,000	1,500	0,050	0,150	1,000	0,017	0,032

Geologo  
Dott.ssa Baldassarre Rossana

Ingegnere  
Dott. Ciraci Francesco

