



AIPO

Agenzia Interregionale per il fiume Po



COMUNE DI STAGNO LOMBARDO
Provincia di Cremona

SETTORE POLITICHE ENERGETICHE PATRIMONIO AMBIENTE SERVIZI LAVORI PUBBLICI

Titolo del Progetto

**CR-E-815 Rifacimento chiavica del Fossadone sull'Argine Maestro sinistro del fiume Po
in Comune di Stagno Lombardo (CR) - Cod OPERA 936 - CUP B53H19000290002 - CIG 82186558A7**

Livello di progettazione

PROGETTO DEFINITIVO



©I.S.I. Ingegneria e Ambiente
Ing. Gian Lorenzo Bernini - Ing. Rosaria Ragazzini
Via Martiri della Liberazione, 36 - 43126 Vicofertile (PR)
cod.fisc. e P.I. 02577010347
Tel. 0521 941229 - info@isiingegneriaeambiente.it

Progettazione
Ing. Gian Lorenzo Bernini
Ing. Rosaria Ragazzini

Titolo

Relazione di caratterizzazione sismica del sito

Numero

2020-815-CR-STR1

REVISIONE	DATA	DESCRIZIONE	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO
02	28.08.2020	Aut. Paesaggistica	RR	RR	FA
03	23.12.2020	Progetto Definitivo	RR	RR	FA

Tutti i diritti sono riservati a norma di legge, di questo elaborato è vietata la riproduzione e la cessione a terzi senza esplicita autorizzazione

Sommario

1	PREMESSA	2
2	CARATTERIZZAZIONE SISMICA DEL SITO	2
2.1	Condizioni stratigrafiche	3
2.2	Condizioni topografiche	4
2.3	Localizzazione dell'intervento	4
2.4	Vita nominale	5
2.5	Classe d'uso	5
2.6	Periodo di riferimento per l'azione sismica	5
2.7	Definizione degli spettri elastici di risposta	5
3	AZIONE SISMICA DI CALCOLO	7
3.1	Edificio principale a progetto	7
3.2	Fabbricato di alloggiamento delle paratoie	8
3.3	Fabbricato di alloggiamento dell'impianto di sollevamento	9
3.4	Struttura idraulica esistente	9
3.5	Manufatti secondari	11
3.5.1.	Manufatto di Attraversamento	12
3.5.2.	Manufatti secondari : Manufatto di recapito	12
3.5.3.	Manufatti secondari: Fabbricato di alloggiamento impianti	13
3.6	Muro di sponda	13

1 Premessa

Per la definizione dell'azione sismica è stato fatto riferimento alla relazione geologica-sismica e geotecnica redatta dal Dott. Alberto Trivioli in cui sono contenute le valutazioni inerenti la classificazione sismica del sottosuolo e degli effetti di amplificazione con lo scopo di definire una appropriata Risposta Sismica Locale.

2 Caratterizzazione sismica del sito

La valutazione della risposta sismica locale è stata sviluppata in accordo con quanto previsto dalla D.G.R. 30 novembre 2011 – n. IX/2616 “Aggiornamento dei ‘Criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del piano di governo del territorio, in attuazione dell’art. 57, comma 1, della l.r. 11 marzo 2005, n. 12’, approvati con d.g.r. 22 dicembre 2005, n. 8/1566 e successivamente modificati con D.G.R. 28 maggio 2008, n. 8/7374”, riporta la metodologia per la valutazione dell’amplificazione sismica locale, in adempimento a quanto previsto dal D.M. 17.01.2018. Tale metodologia prevede tre livelli di approfondimento (1° - 2° - 3°) con grado di dettaglio crescente: i primi due sono obbligatori in fase di pianificazione (con le opportune differenze in funzione della zona sismica di appartenenza), mentre il terzo è obbligatorio in fase di progettazione quando richiesto a seconda delle casistiche degli scenari di pericolosità sismica locale (PSL). Di seguito vengono sintetizzati gli adempimenti e le tempistiche in funzione della zona sismica di appartenenza.

Poiché l’opera in progetto ricade in Zona Sismica 4 e rientra nell’elenco degli edifici strategici e rilevanti (ai sensi del d.d.u.o. n. 19904/03), si può concludere che per l’intervento in oggetto sia richiesto un ulteriore approfondimento sismico oltre il 1° livello con l’analisi di 2° livello in fase pianificatoria.

Il 2° livello di approfondimento permette la caratterizzazione semiquantitativa degli effetti di amplificazione sismica attesi e l’individuazione, nell’ambito degli scenari qualitativi suscettibili di amplificazione (zone Z3 e Z4), di aree in cui la normativa nazionale risulta sufficiente o insufficiente a tenere in considerazione gli effetti sismici

Ai fini della definizione dell’azione sismica di progetto è necessaria la classificazione dei terreni compresi tra il piano di imposta delle future fondazioni ed un substrato rigido di riferimento (bedrock) al fine di eseguire l’analisi di risposta sismica locale (RSL), ai sensi del punto 3.2.2. delle NTC-2018, con procedura semplificata: la classificazione può essere basata sulla stima dal piano di posa delle fondazioni dei valori della velocità media delle onde sismiche di taglio V_s

I parametri della V_s sono stati determinati integrando i dati ricavati da due prove di sismica attiva (MASW) eseguite direttamente sull’area.

La procedura, D.G.R. 30 novembre 2011 – n. IX/2616 consiste quindi in un approccio semiquantitativo e fornisce la stima della risposta sismica dei terreni in termini di valore di Fattore di amplificazione (F_a).

Gli studi sono condotti con metodi quantitativi semplificati, validi per la valutazione delle amplificazioni litologiche e morfologiche e sono utilizzati per zonare l’area di studio in funzione del valore di F_a .

Il valore di F_a si riferisce agli intervalli di periodo tra 0.1-0.5 s e 0.5-1.5 s: i due intervalli di periodo nei quali viene calcolato il valore di F_a sono stati scelti in funzione del periodo proprio delle tipologie edilizie presenti più frequentemente nel territorio regionale; in particolare l’intervallo tra 0.1-0.5 s si riferisce a strutture relativamente basse, regolari e piuttosto rigide, mentre l’intervallo tra 0.5-1.5 s si riferisce a strutture più alte e più flessibili.

Nel caso in oggetto viene considerato lo scenario per gli effetti litologici non essendovi per l'area oggetto d'intervento amplificazioni sismiche per effetti morfologici.

Come riscontrabile dall'elaborato 2020-815-CR_GEO1 "Relazione geologica" i valori di F_a per i due periodi tipici 0,1-0,5 s (strutture relativamente basse, regolari e piuttosto rigide) e 0,5-1,5 s (strutture più alte e più flessibili) sono risultati inferiori ai valori di soglia calcolati dalla Regione (soglie_lomb.xls) per il Comune di Stagno Lombardo per la zone caratterizzate da terreni di tipo C.

Nel caso in oggetto, essendo prevista la realizzazione di strutture edificatorie basse rientranti nel periodo proprio compreso nell'intervallo tra 0,1-0,5 sec, poiché il valore di F_a calcolato è risultato inferiore al valore di soglia corrispondente non si dovrà effettuare un'analisi più approfondita (3° livello) e utilizzare lo spettro di norma caratteristico della categoria di suolo "C" essendo:

$$F_{a0,1-0,5} 1,15 < Soglia_{0,1-0,5} 1,8 \text{ (suolo "C")} \text{ Verificato!}$$

La valutazione della amplificazione locale della accelerazione sismica indotta dalle condizioni litostratigrafiche e morfologiche si è conclusa con una analisi di 2° livello.

2.1 Condizioni stratigrafiche

Dalle elaborazioni e dalle risultanze delle indagini sismiche il Geologo ha individuato valori di velocità $V_{s,eq}$ pari a circa 198 e 201 m/s. Secondo le NTC2018 per valutare l'effetto della risposta sismica locale si può fare riferimento ad un approccio semplificato che si basa sull'individuazione di categorie di sottosuolo classificate all'interno della Tab. 3.2.II del D.M. 17/01/2018 (NTC2018). I valori di $V_{s,eq}$ ricavati inquadrano il **sottosuolo nella categoria 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 della proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s". **L'approfondimento delle analisi al 2° livello**, contenuto sempre all'interno della relazione geologica, ha permesso di fornire una stima della risposta sismica dei terreni in termini di valore di Fattore di amplificazione (F_a).

Il valore di F_a si riferisce agli intervalli di periodo tra 0.1-0.5 s e 0.5-1.5 s: i due intervalli di periodo nei quali viene calcolato il valore di F_a sono stati scelti in funzione del periodo proprio delle tipologie edilizie presenti più frequentemente nel territorio regionale; in particolare l'intervallo tra 0.1-0.5 s si riferisce a strutture relativamente basse, regolari e piuttosto rigide, mentre l'intervallo tra 0.5-1.5 s si riferisce a strutture più alte e più flessibili.

Nel caso in esame sono stati ottenuti i seguenti valori di F_a per i due periodi tipici.

	Fa	Fa
Periodo	0,1-0,5 s	0,5-1,5 s
Fattore calcolato	1,15	1,98

Figura 1: Valori di amplificazione F_a

Il parametro di F_a calcolato per ciascun comune della Regione Lombardia rappresenta il valore di soglia oltre il quale lo spettro proposto dalla normativa risulta insufficiente a tenere in considerazione la reale amplificazione presente nel sito.

COMUNE	Periodo	Valori soglia			
		B	C	D	E
STAGNO LOMBARDO	0.1 - 0.5s	1,4	1,8	2,1	1,9
STAGNO LOMBARDO	0.5 - 1.5s	1,7	2,4	4,0	3,0

Figura 2:: Valori di amplificazione F_a soglia calcolati dalla Regione Lombardia per il Comune di Stagno Lombardo

Considerando che per l'area in oggetto la categoria di suolo è la C, ne deriva che il valore di F_a 0,1-0,5 calcolato è risultato pari a 1,15 ed è inferiore valore di Soglia 0,1-0,5 pari a 1,8 determinato dalla Regione Lombardia; anche il valore di F_a 0,5-1,5, che è risultato pari a 1,98, è inferiore al valore di Soglia 0,5-1,5 pari a 2,4.

Tipo di Suolo "C"	Fa	Fa
Periodo	0,1-0,5 s	0,5-1,5 s
Fattore calcolato	1,15	1,98
Fattore soglia comunale	1,8	2,4

Figura 3: Confronto tra i valori di F_a calcolati ed i valori soglia

Considerato che i valori di F_a calcolati nel sito in esame risultano essere sempre inferiori ai valori soglia è possibile utilizzare l'approccio semplificato e lo spettro di norma caratteristico della categoria C.

2.2 Condizioni topografiche

Dal punto di vista topografico al sito di intervento è assegnabile la **Categoria T1** "Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$ " (Tab. 3.2.III NTC2018).

2.3 Localizzazione dell'intervento

Località:	STAGNO LOMBARDO
Comune:	STAGNO LOMBARDO
Provincia:	CREMONA
Regione:	LOMBARDIA
Zona sismica	= 3
Coordinate GPS:	
Latitudine:	45,0554
Longitudine:	10,0630

2.4 Vita nominale

La vita nominale VN, assunta alla base del progetto, è quella relativa alle **costruzioni di Tipo 3**, “Costruzioni con livelli di prestazioni elevati”:

Vita Nominale $VN \geq 100$ anni

2.5 Classe d'uso

Alla costruzione è stata assegnata la seguente classe d'uso:

Classe IV, “Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti...”. (Par. 2.4.2 NTC2018)

2.6 Periodo di riferimento per l'azione sismica

Il periodo di riferimento VR si ricava moltiplicando la vita nominale VN per il coefficiente d'uso CU. Per le strutture in Classe d'uso IV si ha $CU = 2,0$ (Tab. 2.4.II NTC2018). Il conseguente periodo di riferimento per l'azione sismica VR risulta:

$$VR = VN \cdot CU = 100 \times 2,0 = 200 \text{ anni}$$

2.7 Definizione degli spettri elastici di risposta

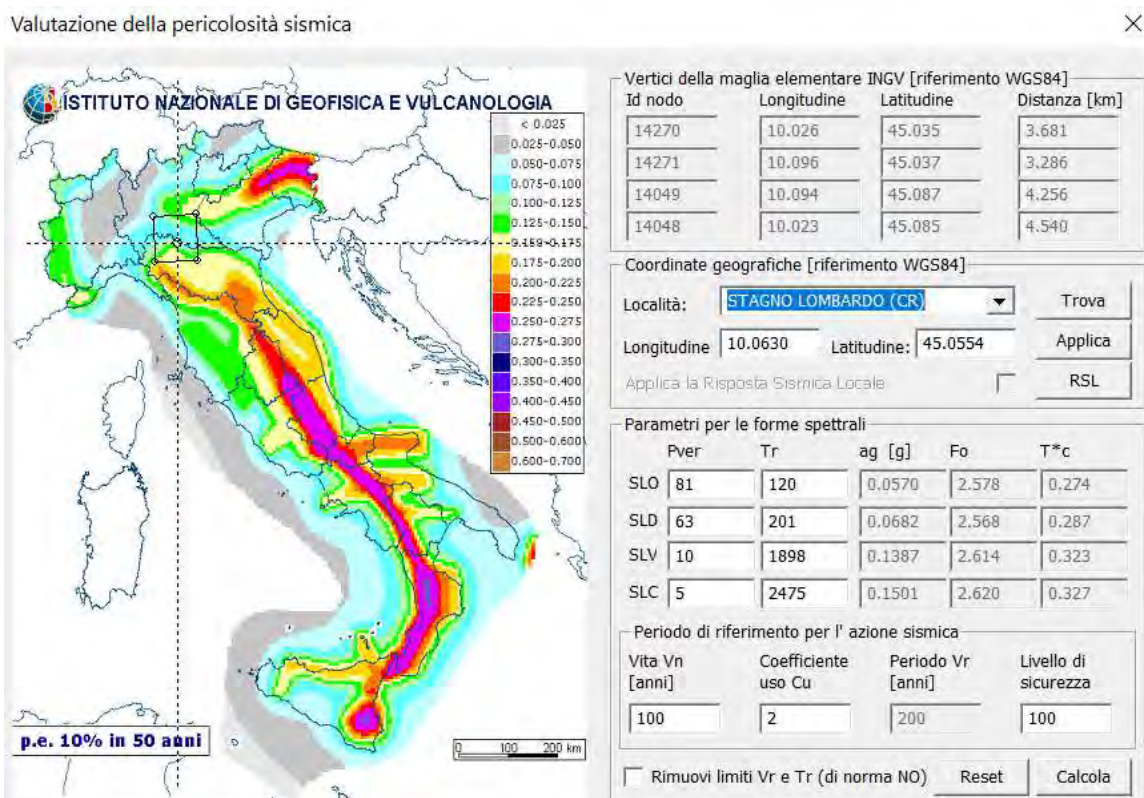
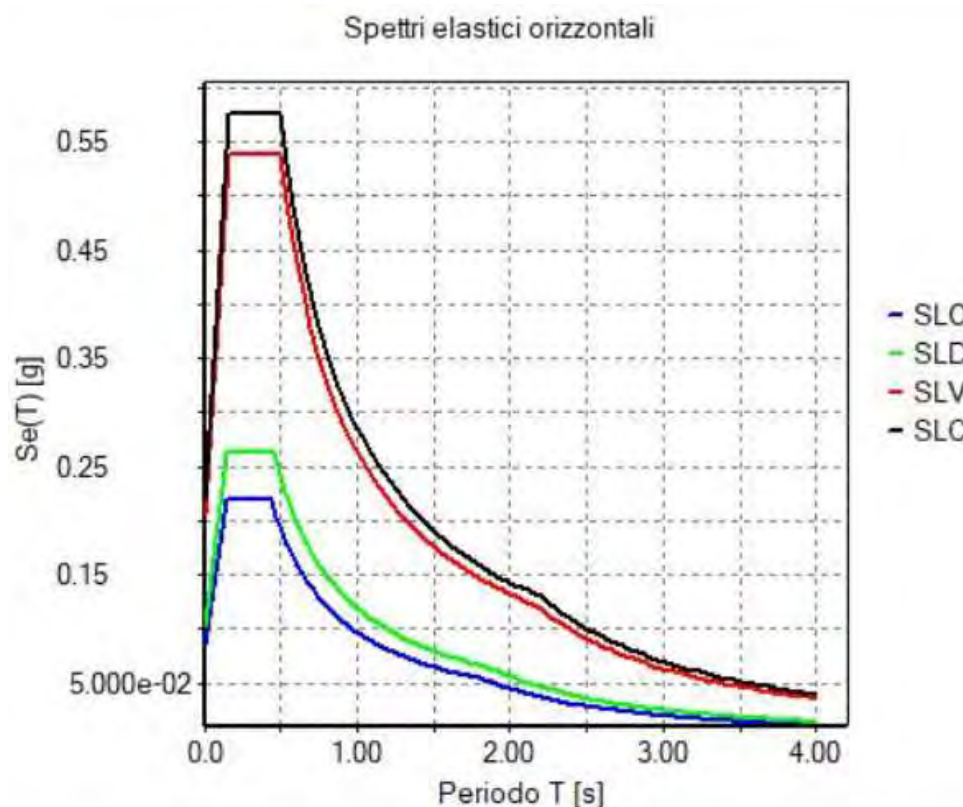


Figura 4: Coordinate geografiche e parametri di riferimento per l'azione sismica

Parametri e fattori spettrali							
S.L.	ag	S	Fo	Fv	TB	TC	TD
SLO	0.057	1.500	2.578	0.831	0.147	0.441	1.828
SLD	0.068	1.500	2.568	0.905	0.152	0.455	1.873
SLV	0.139	1.482	2.614	1.314	0.164	0.492	2.155
SLC	0.150	1.464	2.620	1.370	0.166	0.497	2.200
Verticale per tutti:		1.000			0.050	0.150	1.000

Figura 5: Parametri e fattori spettrali

In figura seguente vengono riportati gli spettri elastici di risposta che utilizzati nella definizione dell'azione sismica da contemplare nella progettazione delle strutture principali e secondarie appartenenti alla Chiavica Fossadone.


Figura 6: Spettri di risposta elastici SLO, SLD, SLV, SLC

3 Azione sismica di calcolo

L'azione sismica sulle costruzioni è valutata a partire dalla "pericolosità sismica di base", in condizioni ideali di sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale. Allo stato attuale, la pericolosità sismica su reticolo di riferimento nell'intervallo di riferimento è fornita dai dati pubblicati sul sito <http://esse1.mi.ingv.it/>. Per punti non coincidenti con il reticolo di riferimento e periodi di ritorno non contemplati direttamente si opera come indicato nell'allegato alle NTC (rispettivamente media pesata e interpolazione). L'azione sismica viene definita in relazione ad un periodo di riferimento V_r che si ricava, per ciascun tipo di costruzione, moltiplicandone la vita nominale per il coefficiente d'uso (vedi tabella Parametri della struttura). Fissato il periodo di riferimento V_r e la probabilità di superamento P_{ver} associata a ciascuno degli stati limite considerati, si ottiene il periodo di ritorno T_r e i relativi parametri di pericolosità sismica (vedi tabella successiva):

ag: accelerazione orizzontale massima del terreno;

Fo: 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;

Individuati su reticolo di riferimento i parametri di pericolosità sismica si valutano i parametri spettrali riportati in tabella:

S è il coefficiente che tiene conto della categoria di sottosuolo e delle condizioni topografiche mediante la relazione seguente $S = S_s \cdot S_t$ (3.2.5)

Fo è il fattore che quantifica l'amplificazione spettrale massima, su sito di riferimento rigido orizzontale

Fv è il fattore che quantifica l'amplificazione spettrale massima verticale, in termini di accelerazione orizzontale massima del terreno ag su sito di riferimento rigido orizzontale

Tb è il periodo corrispondente all'inizio del tratto dello spettro ad accelerazione costante.

Tc è il periodo corrispondente all'inizio del tratto dello spettro a velocità costante.

Td è il periodo corrispondente all'inizio del tratto dello spettro a spostamento costante.

Nei paragrafi seguenti verranno riepilogati i parametri di definizione della azione sismica adottati per le strutture oggetto di dimensionamento e verifica, con le elaborazioni esposte nei documenti 2020-815-CR-STR3/4/5 a cui si rimanda.

3.1 Edificio principale a progetto

Parametri della struttura					
Classe d'uso	Vita V_n [anni]	Coeff. Uso	Periodo V_r [anni]	Tipo di suolo	Categoria topografica
IV	100.0	2.0	200.0	C	T1

Id nodo	Longitudine	Latitudine	Distanza km
Loc.	10.063	45.055	
14270	10.026	45.035	3.681
14271	10.096	45.037	3.286
14049	10.094	45.087	4.256
14048	10.023	45.085	4.540

SL	P_{ver}	T_r	ag	Fo	T*c
		Anni	g		sec
SLO	81.0	120.0	0.057	2.578	0.274
SLD	63.0	201.0	0.068	2.568	0.287
SLV	10.0	1898.0	0.139	2.614	0.323
SLC	5.0	2475.0	0.150	2.620	0.327

SL	ag	S	Fo	Fv	Tb	Tc	Td
	g				sec	sec	sec
SLO	0.057	1.500	2.578	0.831	0.147	0.441	1.828
SLD	0.068	1.500	2.568	0.905	0.152	0.455	1.873
SLV	0.139	1.482	2.614	1.314	0.164	0.492	2.155
SLC	0.150	1.464	2.620	1.370	0.166	0.497	2.200

Per la costruzione è stato considerato un **comportamento strutturale non dissipativo** e pertanto viene utilizzato un **fattore di comportamento $q = 1,0$ agli SLV**. Anche agli SLD viene adottato un fattore di comportamento unitario $q = 1,0$.

3.2 Fabbricato di alloggiamento delle paratoie

Parametri della struttura					
Classe d'uso	Vita Vn [anni]	Coeff. Uso	Periodo Vr [anni]	Tipo di suolo	Categoria topografica
IV	100.0	2.0	200.0	C	T1

Id nodo	Longitudine	Latitudine	Distanza
			Km
Loc.	10.063	45.055	
14270	10.026	45.035	3.681
14271	10.096	45.037	3.286
14049	10.094	45.087	4.256
14048	10.023	45.085	4.540

SL	Pver	Tr	ag	Fo	T*c
		Anni	g		sec
SLO	81.0	120.0	0.057	2.578	0.274
SLD	63.0	201.0	0.068	2.568	0.287
SLV	10.0	1898.0	0.139	2.614	0.323
SLC	5.0	2475.0	0.150	2.620	0.327

SL	ag	S	Fo	Fv	Tb	Tc	Td
	g				sec	sec	sec
SLO	0.057	1.500	2.578	0.831	0.147	0.441	1.828
SLD	0.068	1.500	2.568	0.905	0.152	0.455	1.873
SLV	0.139	1.482	2.614	1.314	0.164	0.492	2.155
SLC	0.150	1.464	2.620	1.370	0.166	0.497	2.200

La costruzione, è caratterizzata da regolarità sia in pianta sia in altezza ed è progettata in classe di duttilità media (CD"B").

Parametri fattore in direzione x e y

Sistema costruttivo: calcestruzzo
 Tipologia strutturale: altre tipologie
 Valore base fattore $q_0 = 3.000$
 Fattore di regolarità $K_R = 1.0$
 Fattore dissipativo $q_D = q_0 \cdot K_R = 3.000$

Fattori di comportamento utilizzati

Dissipativi
 q SLU x 3.000
 q SLU y 3.000
 q SLU z 1.500.

3.3 Fabbricato di alloggiamento dell'impianto di sollevamento

Parametri della struttura					
Classe d'uso	Vita Vn [anni]	Coeff. Uso	Periodo Vr [anni]	Tipo di suolo	Categoria topografica
IV	100.0	2.0	200.0	C	T1

SL	Pver	Tr	ag	Fo	T*c
		Anni	g		sec
SLO	81.0	120.0	0.057	2.578	0.274
SLD	63.0	201.0	0.068	2.568	0.287
SLV	10.0	1898.0	0.139	2.614	0.323
SLC	5.0	2475.0	0.150	2.620	0.327

SL	ag	S	Fo	Fv	Tb	Tc	Td
	g				sec	sec	sec
SLO	0.057	1.500	2.578	0.831	0.147	0.441	1.828
SLD	0.068	1.500	2.568	0.905	0.152	0.455	1.873
SLV	0.139	1.482	2.614	1.314	0.164	0.492	2.155
SLC	0.150	1.464	2.620	1.370	0.166	0.497	2.200

La costruzione, nuova, è caratterizzata da regolarità sia in pianta sia in altezza ed è progettata in classe di duttilità media (CD"B").

Parametri fattore in direzione x e y

Sistema costruttivo: calcestruzzo
 Tipologia strutturale: strutture a pendolo inverso intelaiate monopiano
 Valore base fattore $q_0 = 2.500$
 Fattore di regolarità $K_R = 1.0$
 Fattore dissipativo $q_D = q_0 \cdot K_R = 2.500$

Fattori di comportamento utilizzati

Dissipativi
 $q_{SLU\ x} = 2.500$
 $q_{SLU\ y} = 2.500$
 $q_{SLU\ z} = 1.500$

3.4 Struttura idraulica esistente

Parametri della struttura					
Classe d'uso	Vita Vn [anni]	Coeff. Uso	Periodo Vr [anni]	Tipo di suolo	Categoria topografica
II	50.0	1.0	50.0	C	T1

Id nodo	Longitudine	Latitudine	Distanza
			Km
Loc.	10.063	45.055	
14270	10.026	45.035	3.675
14271	10.096	45.037	3.292
14049	10.094	45.087	4.261
14048	10.023	45.085	4.535

SL	Pver	Tr	ag	Fo	T*c
		Anni	g		sec
SLO	81.0	30.0	0.034	2.547	0.210
SLD	81.0	30.0	0.034	2.547	0.210
SLV	38.0	104.0	0.054	2.573	0.269
SLC	22.0	201.0	0.068	2.568	0.287

SL	ag	S	Fo	Fv	Tb	Tc	Td
	g				sec	sec	sec
SLO	0.034	1.500	2.547	0.636	0.123	0.369	1.737
SLD	0.034	1.500	2.547	0.636	0.123	0.369	1.737
SLV	0.054	1.500	2.573	0.809	0.145	0.436	1.817
SLC	0.068	1.500	2.568	0.905	0.152	0.455	1.873

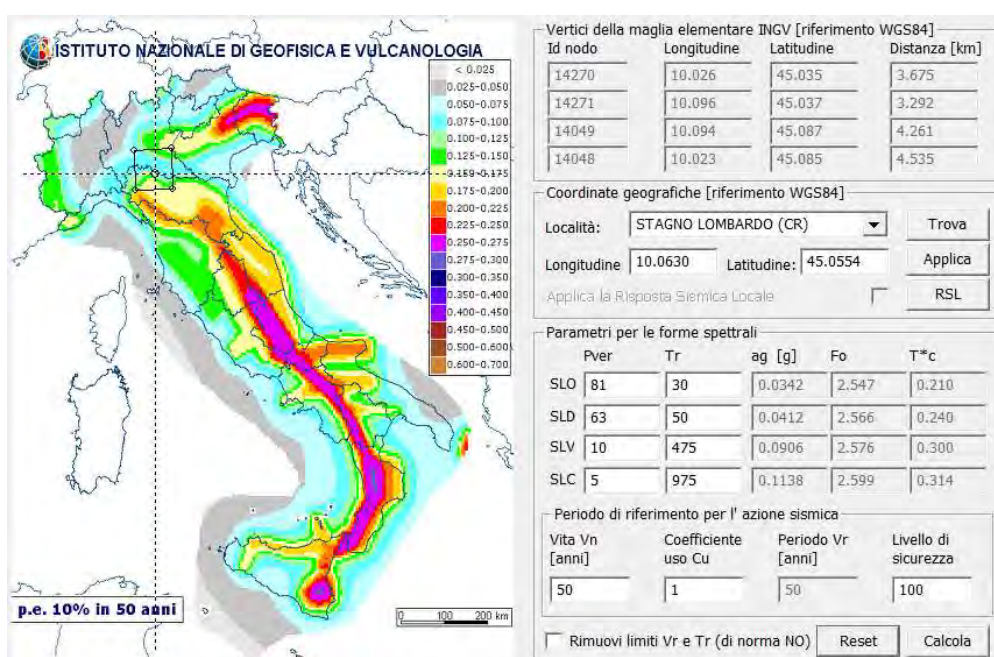


Figura 7: Coordinate geografiche e parametri di riferimento per l'azione sismica

Parametri e fattori spettrali							
S.L	ag	S	Fo	Fv	TB	TC	TD
SLO	0.034	1.500	2.547	0.636	0.123	0.369	1.737
SLD	0.041	1.500	2.566	0.703	0.135	0.404	1.765
SLV	0.091	1.500	2.576	1.047	0.156	0.469	1.962
SLC	0.114	1.500	2.599	1.184	0.161	0.483	2.055
Verticale per tutti:		1.000			0.050	0.150	1.000

Figura 8: Parametri e fattori spettrali

Per le verifiche della struttura esistente è stata effettuata una analisi dinamica lineare con fattore di comportamento. Nel caso in esame è stato considerato fattore di comportamento $\eta = 1.50$ agli SLV sia per le verifiche dei meccanismi duttili (a favore di sicurezza) che per le verifiche dei meccanismi fragili.

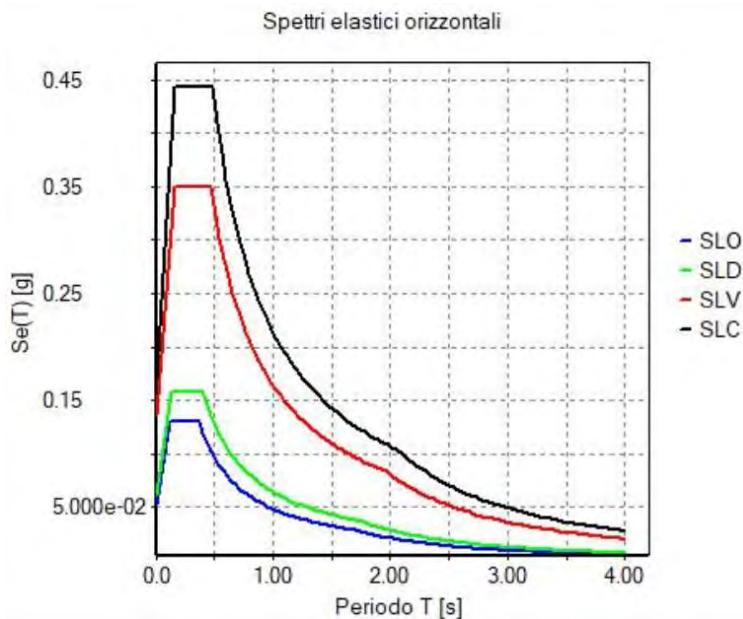


Figura 9: Spettri di risposta elastici SLO, SLD, SLV, SLC

3.5 Manufatti secondari

Per i manufatti secondari di :

- alloggiamento degli impianti e gruppo elettrogeno;
- attraversamento delle tubazioni di mandata dell'impianto di sollevamento
- recapito delle tubazioni di mandata dell'impianto di sollevamento

Calcolati in classe d'uso IV, sono stati utilizzati i seguenti parametri sismici:

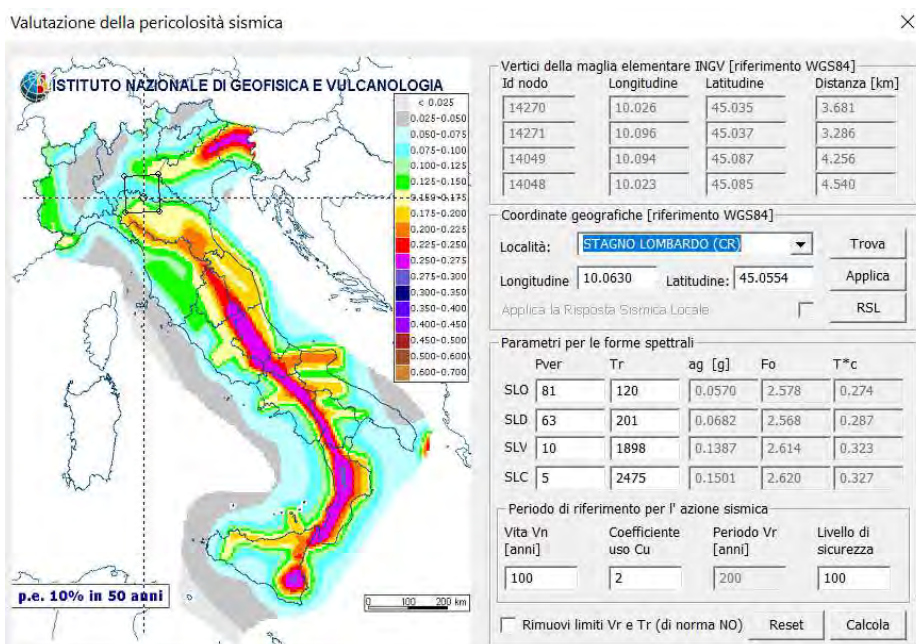
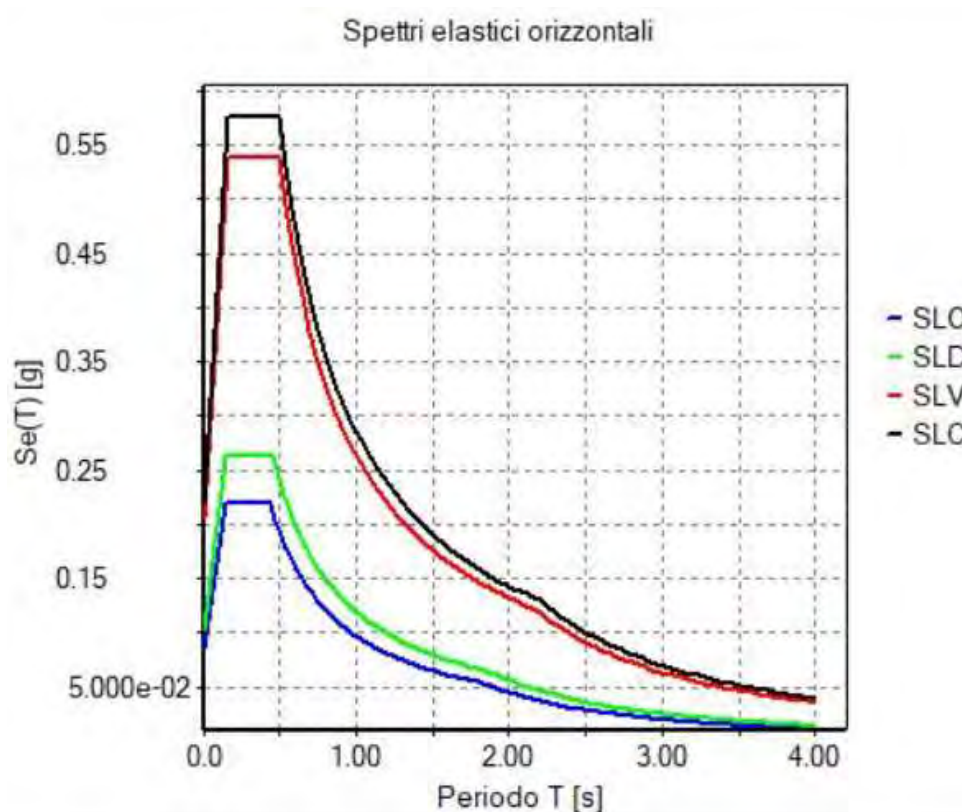


Figura 10: Coordinate geografiche e parametri di riferimento per l'azione sismica

Parametri e fattori spettrali							
S.L.	ag	S	Fo	Fv	TB	TC	TD
SLO	0.057	1.500	2.578	0.831	0.147	0.441	1.828
SLD	0.068	1.500	2.568	0.905	0.152	0.455	1.873
SLV	0.139	1.482	2.614	1.314	0.164	0.492	2.155
SLC	0.150	1.464	2.620	1.370	0.166	0.497	2.200
Verticale per tutti:		1.000			0.050	0.150	1.000

Figura 11: Parametri e fattori spettrali

Figura 12: Spettri di risposta elastici SLO, SLD, SLV, SLC

Parametri della struttura					
Classe d'uso	Vita V_n [anni]	Coeff. Uso	Periodo V_r [anni]	Tipo di suolo	Categoria topografica
IV	100.0	2.0	200.0	C	T1

3.5.1. Manufatto di Attraversamento

E' stato considerato un comportamento strutturale non dissipativo e pertanto viene utilizzato un fattore di comportamento $q = 1.0$ agli SLV. Anche agli SLD viene adottato un fattore di comportamento unitario $q = 1.0$.

3.5.2. Manufatti secondari : Manufatto di recapito

Per la costruzione in esame è stato considerato un comportamento strutturale non dissipativo e pertanto viene utilizzato un fattore di comportamento $q = 1.0$ agli SLV. Agli SLD viene adottato un fattore di comportamento unitario $q = 1.0$.

3.5.3. Manufatti secondari: Fabbricato di alloggiamento impianti

La struttura risulta essere deformabile torsionalmente in quanto non viene rispettata la condizione $r^2/l_s^2 \geq 1,0$. (Par. 7.4.3.1 NTC2018). Di tale situazione quindi viene tenuto conto nella determinazione del fattore di comportamento di seguito esplicitata.

Sistema costruttivo:	calcestruzzo
Tipologia strutturale:	strutture deformabili torsionalmente
Valore base fattore	$q_0 = 2.000$
Fattore pareti	$k_w = 1.000$
Fattore di regolarità	$K_R = 1.0$
Fattore dissipativo	$q_D = q_0 \cdot k_w \cdot K_R = 2.000$
Fattore non dissipativo	$q_{ND} = 2/3 \cdot q_D = 1.333 (\leq 1.5)$

Per la costruzione in esame è stato considerato quindi un fattore di comportamento **$q = 1.33$** agli SLV.

Agli SLD viene adottato un fattore di comportamento unitario $q = 1,0$.

3.6 Muro di sponda

Il muro in c.a. a mensola di contenimento spondale sx a monte del nuovo manufatto chiavicale è stato dimensionato considerando i seguenti parametri sismici.

Località:	STAGNO LOMBARDO (CR)
Vita nominale	$V_N = 50$ anni
Tipo di costruzione	tipo = 2
Classe d'uso	$Cl_U = II$
Coefficiente d'uso	$C_U = 1.0$
Periodo di riferimento	$V_R = 50$ anni
Probabilità di superamento	$P_{vr} = 10\%$
Periodo di ritorno	$T_R = 475$ anni
Accelerazione orizzontale massima	$a_g = 0.0906$ g
Lo spettro di risposta utilizzato è stato ottenuto tramite studi di Microzonazione Sismica di livello 2.	
Accelerazione orizzontale massima	$a_g = 0.0906$ g
Categoria di sottosuolo	suolo = C
Coefficiente di amplificazione stratigrafica	$S_s = 1.00000$
Categoria topografica	$C_T = T1$
Coefficiente di amplificazione topografica	$S_T = 1.00000$
Coefficienti di riduzione dell'accelerazione orizzontale massima	
verifica a scorrimento, carico limite e di resistenza	$\beta_{m1} = 0.38000$
verifica a ribaltamento	$\beta_{m2} = 0.57000$
verifica di stabilità globale	$\beta_s = 0.20000$
Coefficienti sismici per la verifica a scorrimento, carico limite e di resistenza	
orizzontale	$k_{h1} = 0.03443$
verticale	$k_{v1} = 0.01721$
Coefficienti sismici per la verifica a ribaltamento	
orizzontale	$k_{h2} = 0.05164$
verticale	$k_{v2} = 0.02582$
Coefficienti sismici per le verifiche di stabilità globale	
orizzontale	$k_h = 0.01812$
verticale	$k_v = 0.00906$

Caratteristiche strutturali: il muro è libero di traslare o di ruotare intorno al piede.