

COMMITTENTE:



ALTA
SORVEGLIANZA:



GENERAL CONTRACTOR:



**INFRASTRUTTURE FERROVIARIE STRATEGICHE DEFINITE DALLA LEGGE
OBIETTIVO N. 443/01
LINEA AV/AC TORINO – VENEZIA Tratta VERONA – PADOVA
Lotto funzionale Verona – Bivio Vicenza
PROGETTO ESECUTIVO
FABBRICATI
FA07 - FABBRICATO PT AL KM 19+128,13
STRUTTURE
RELAZIONE SISMICA**

GENERAL CONTRACTOR		DIRETTORE LAVORI		SCALA -
IL PROGETTISTA INTEGRATORE	Consorzio Iricav Due			
 Ing. Giovanni MALAVENDA iscritto all'ordine degli ingegneri di Venezia n. 4289 Data:	Ing. Paolo CARMONA Data:			

COMMESSA LOTTO FASE ENTE TIPO DOC. OPERA/DISCIPLINA PROGR. REV. FOGLIO

I	N	1	7	1	2	E	I	2	R	H	F	A	0	7	0	0	0	0	3	A	0	0	1	P	0	0	1
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

	VISTO CONSORZIO IRICAV DUE	
	Firma	Data
	Luca RANDOLFI 	

Progettazione:

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	IL PROGETTISTA
A	EMISSIONE	MBI 	01/09/2021	MPA 	01/09/2021	GSA 	01/09/2021	 Data: 01/09/2021

CIG. 8377957CD1	CUP: J41E91000000009	File: IN1712EI2RHFA0700003A
		Cod. origine:



Progetto cofinanziato
dalla Unione Europea

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 		
Pag 2 di 35	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RHFA0700003	A

INDICE

1	ELABORATI DI RIFERIMENTO	3
2	PREMESSA	5
3	NORMATIVA DI RIFERIMENTO.....	5
4	DEFINIZIONE DELL'AZIONE SISMICA DI PROGETTO	6
4.1	INTRODUZIONE	6
4.2	VITA NOMINALE E CLASSE D'USO DELL'OPERA.....	7
4.3	STATI LIMITE E RELATIVE PROBABILITÀ DI SUPERAMENTO.....	8
4.4	ACCELERAZIONE DI RIFERIMENTO SU SUOLO RIGIDO a_g	11
4.5	RISPOSTA SISMICA LOCALE	15
4.6	SPETTRI ELASTICI.....	17
4.7	SPETTRI DI PROGETTO	22
5	LIQUEFAZIONE	30
6	ANALISI MODALE E MODI DI VIBRARE.....	32

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Pag 3 di 35</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RHFA0700003</p>	<p>A</p>

1 ELABORATI DI RIFERIMENTO



CODIFICA	TITOLO ELABORATO
IN1712EI2EEFA0700001A	ELENCO ELABORATI
IN1712EI2RGFA0700001A	RELAZIONE GENERALE DI CONFRONTO PD-PE
IN1712EI2RHFA0700001A	RELAZIONE TECNICA DESCRITTIVA
IN1712EI2RIFA0700001A	RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA
IN1712EI2RBFA0700001A	RELAZIONE GEOTECNICA
IN1712EI2RHFA0700002A	RELAZIONE ILLUSTRATIVA DEI MATERIALI
IN1712EI2CLFA0700001A	RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURALE
IN1712EI2CLFA0700002A	RELAZIONE DI CALCOLO MURI DI SOSTEGNO
IN1712EI2RHFA0700003A	RELAZIONE SISMICA
IN1712EI2CMFA0700001A	COMPUTO METRICO
IN1712EI2CEFA0700001A	COMPUTO METRICO ESTIMATIVO
IN1712EI2RHFA0700004A	ELENCO PREZZI UNITARI
IN1712EI2APFA0700001A	ANALISI NUOVI PREZZI
IN1712EI2RHFA0700005A	PIANO DI MANUTENZIONE
IN1712EI2P7FA0700001A	PLANIMETRIA DI INQUADRAMENTO
IN1712EI2P9FA0700001A	PLANIMETRIA GENERALE STATO DI FATTO-RILIEVO TOPOGRAFICO
IN1712EI2P9FA0700002A	PLANIMETRIA GENERALE STATO DI PROGETTO
IN1712EI2P9FA0700003A	PIAZZALE-STATO DI PROGETTO E ANDAMENTO ALTIMETRICO
IN1712EI2P9FA0700004A	PIAZZALE-COSTRUZIONI E DEMOLIZIONI
IN1712EI2PZFA0700001A	PIAZZALE-TRATTAMENTO SUPERFICI
IN1712EI2BZFA0700001A	PIAZZALE - PARTICOLARI COSTRUTTIVI - SEZIONE TIPO
IN1712EI2PZFA0700002A	STRADA DI ACCESSO - SEGNALETICA VERTICALE E ORIZZONTALE
IN1712EI2BZFA0700002A	PIAZZALE - PROFILO E SEZIONI STRADA DI ACCESSO
IN1712EI2BZFA0700003A	PIAZZALE - PROFILO E SEZIONI TRASVERSALI 1 DI 2
IN1712EI2BZFA0700004A	PIAZZALE - PROFILO E SEZIONI TRASVERSALI 2 DI 2
IN1712EI2P9FA0700005A	PIAZZALE - PLANIMETRIA DEI SOTTOSERVIZI DI PROGETTO
IN1712EI2P9FA0700006A	PIAZZALE - PLANIMETRIA RETE ACQUE METEORICHE DI PROGETTO
IN1712EI2FZFA0700001A	PIAZZALE - PROFILI OPERE IDRAULICHE
IN1712EI2BZFA0700005A	PIAZZALE - PARTICOLARI COSTRUTTIVI OPERE IDRAULICHE
IN1712EI2PZFA0700003A	PIAZZALE E FABBRICATO - PLANIMETRIA RETE ACQUE REFLUE DI PROGETTO E PARTICOLARI COSTRUTTIVI
IN1712EI2PZFA0700004A	PIAZZALE - PLANIMETRIA RETE IDRICA DI PROGETTO
IN1712EI2PZFA0700005A	PIAZZALE - PLANIMETRIA OPERE ELETTROMECCANICHE INTERRATE
IN1712EI2BZFA0700006A	MURO DI SOSTEGNO - PLANIMETRIA, PROSPETTI E SEZIONI
IN1712EI2BZFA0700007A	FONDAZIONI MURO DI SOSTEGNO - ARMATURE
IN1712EI2BZFA0700008A	MURO DI SOSTEGNO - ARMATURE 1 DI 2
IN1712EI2BZFA0700009A	MURO DI SOSTEGNO - ARMATURE 2 DI 2

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 		
Pag 4 di 35	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RHFA0700003	A

IN1712EI2BZFA0700010A	MURO DI SOSTEGNO - ARMATURE PALI
IN1712EI2PBFA0700001A	FABBRICATO: PIANTE
IN1712EI2WBFA0700001A	FABBRICATO: SEZIONI
IN1712EI2PBFA0700002A	FABBRICATO: PROSPETTI
IN1712EI2BZFA0700011A	FABBRICATO: PARTICOLARI 1/2
IN1712EI2BZFA0700012A	FABBRICATO: PARTICOLARI 2/2
IN1712EI2BCFA0700001A	FABBRICATO: ABACO SERRAMENTI
IN1712EI2BKFA0700001A	FABBRICATO: ABACO PACCHETTI TECNOLOGICI
IN1712EI2PBFA0700003A	FABBRICATO - Carpenterie : PIANTE FONDAZIONI
IN1712EI2PBFA0700004A	FABBRICATO - Carpenterie : PIANTE COPERTURA
IN1712EI2WBFA0700002A	FABBRICATO - Carpenterie : SEZIONI
IN1712EI2BZFA0700013A	FABBRICATO - ARMATURE FONDAZIONI 1 DI 2
IN1712EI2BZFA0700014A	FABBRICATO - ARMATURE FONDAZIONI 2 DI 2
IN1712EI2BZFA0700015A	FABBRICATO - ARMATURE PILASTRI E SOLETTA CONTROTERRA
IN1712EI2BZFA0700016A	FABBRICATO - ARMATURE TRAVI
IN1712EI2PBFA0700005A	FABBRICATO CABINA ENEL : PIANTE , SEZIONI, PROSPETTI
IN1712EI2BZFA0700017A	FABBRICATO CABINA ENEL: PARTICOLARI
IN1712EI2BCFA0700002A	FABBRICATO CABINA ENEL: ABACO SERRAMENTI
IN1712EI2BKFA0700002A	FABBRICATO CABINA ENEL: ABACO PACCHETTI TECNOLOGICI
IN1712EI2BBFA0700001A	FABBRICATO - CABINA ENEL - PIANTE E SEZIONI
IN1712EI2BZFA0700018A	FABBRICATO - CABINA ENEL - ARMATURE FONDAZIONI E SOLETTA CONTROTERRA
IN1712EI2BZFA0700019A	FABBRICATO - CABINA ENEL - ARMATURE TRAVI E PILASTRI

Elaborati di riferimento del Progetto Esecutivo:

- [1] IN1710EI2RHGE0000001A Relazione geologica, caratterizzazione e modellazione geologica del sito 1/2 (da 0+000 a 21+990)
- [2] IN1710EI2RHGE0000003A Relazione idrogeologica 1/2 (da 0+000 a 21+990)
- [3] IN1710EI2RBGE0000002A Relazione geotecnica (da 10+050 a 21+990)
- [4] IN1710EI2LZGE0000016A Planimetria con ubicazione indagini e profilo geotecnico 5 di 11
- [5] IN1710EI2RHGE0000005A Relazione sulla modellazione sismica del sito e pericolosità sismica di base 1/2 (da 0+000 a 21+990)
- [6] IN1710EI2P5GE0000005A Planimetrie con classificazione sismica del territorio 5 di 11
- [7] IN1710EI2LZGE0000027A Carta idrogeologica e profilo idrogeologico 5 di 11

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 		
Pag 5 di 35	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RHFA0700003	A

2 PREMESSA



La presente relazione è relativa al progetto esecutivo delle opere strutturali del fabbricato FA07 – PT e cabina Enel al km 19+128,13 della nuova linea ferroviaria AV/AC Verona – Padova, 1° sublotto: Verona – Montebello Vicentino, in Comune di Montebello Vicentino, in Comune di San Bonifacio (VR).

In particolare la relazione illustra le modalità ed i parametri impiegati per la definizione dell’azione sismica di progetto per l’opera in oggetto.

3 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Il dimensionamento, le analisi e le verifiche delle strutture sono stati condotti in accordo con le seguenti disposizioni normative:

- Legge n° 64 del 02/2/1974
“Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche
- Ordinanza del 20/3/2003 n. 3274 e s.m.i.
“Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica”.
- D.C.R. Regione Veneto 03/12/2003 n. 67
Allegato 1 – Elenco dei comuni classificati in zona sismica.
- Decreto Ministeriale 14/1/2008
“Norme tecniche per le costruzioni”
- Circolare 02/2/2009, n°617
“Istruzioni per l’applicazione delle “Nuove norme tecniche per le costruzioni” di cui al D.M. 14/1/2008”
- Manuale di progettazione RFI – Prescrizioni Tecniche per la progettazione dell’Infrastruttura” 2018

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 		
Pag 6 di 35	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica E12RHFA0700003	A

4 DEFINIZIONE DELL'AZIONE SISMICA DI PROGETTO

4.1 INTRODUZIONE

La definizione dell'azione sismica di progetto è stata condotta secondo quanto disposto dalle Norme Tecniche in vigore assunte alla base della progettazione (DM 14 gennaio 2008. Norme tecniche per le costruzioni. Gazzetta Ufficiale n. 29 del 04.02.2008 – Supplemento Ordinario n. 159). In particolare, l'azione sismica in base alla quale va valutato il rispetto dei diversi stati limite per le strutture in progetto deve essere definita a partire dalla “pericolosità sismica di base” del sito di costruzione, a sua volta espressa in termini di accelerazione orizzontale massima attesa a_g in condizioni di campo libero su suolo rigido, con superficie topografica orizzontale. La definizione dell'azione sismica di progetto comprende la determinazione delle ordinate dello spettro di risposta elastica in accelerazione $S_e(T)$ “ancorato” al valore di a_g , facendo riferimento a prefissate probabilità di eccedenza P_{VR} nel periodo di riferimento V_R per la vita utile della struttura. Data la probabilità di superamento nel periodo di riferimento considerato, funzione dello Stato Limite considerato per la verifica, la forma spettrale è definita a partire dai valori dei seguenti parametri relativi ad un sito di riferimento rigido e orizzontale:

- a_g accelerazione orizzontale massima su sito rigido e superficie topografica orizzontale;
- 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.

Nei paragrafi seguenti verrà dapprima stabilito il periodo di riferimento per l'azione sismica, sulla base della classificazione delle opere in progetto. Successivamente, saranno definiti gli stati limite di interesse per la verifica strutturale, arrivando a definire i periodi di ritorno corrispondenti dell'azione sismica da considerare per suolo rigido. Verrà poi illustrata la determinazione della categoria di suolo (e topografica) di riferimento attraverso l'interpretazione delle indagini geotecniche. In conclusione verrà definita l'azione sismica di verifica per i diversi Stati Limite.

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 		
Pag 7 di 35	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RHFA0700003	A

4.2 VITA NOMINALE E CLASSE D'USO DELL'OPERA

Con riferimento alla destinazione d'uso e alle conseguenze di un'eventuale interruzione di operatività o collasso del fabbricato, sono stati definiti i parametri di base della progettazione strutturale, con particolare riguardo all'azione sismica (punto 2.4 NTC08).

La Vita Nominale V_N di un'opera, intesa come il numero di anni in cui essa possa essere usata per lo scopo al quale è destinata, purché soggetta alla manutenzione ordinaria, è così definita dalle NTC08:

$V_N \leq 10$ anni, per opere provvisorie e provvisionali.

$V_N \geq 50$ anni, per opere ordinarie, ponti, opere infrastrutturali e dighe di dimensioni contenute o di importanza normale;



$V_N \geq 100$ anni, per grandi opere, ponti, opere infrastrutturali e dighe di importanza strategica.

Nel caso in oggetto (opera infrastrutturale di elevata importanza), ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto per l'asse principale e tutte le opere con esso direttamente interferenti in caso di collasso, è stato assunto in sede progettuale:

- vita nominale $V_N = 100$ anni

Con riferimento alle conseguenze di un'interruzione di operatività o di un eventuale collasso in presenza di azioni sismiche, le opere sono suddivise dalle NTC08 in classi d'uso, la cui appartenenza è stabilita sulla base dell'importanza dell'opera rispetto alle esigenze di operatività a valle di un evento sismico. In particolare, le classi d'uso sono così definite:

- Classe I ($C_U=0.7$): Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli.
- Classe II ($C_U=1.0$): 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 ($C_U=1.5$): 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.

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 		
Pag 8 di 35	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RHFA0700003	A

- Classe IV ($C_U=2.0$): 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.

Per l'opera in oggetto è stata definita la seguente classe d'uso:

- Classe d'uso III, con coefficiente d'uso $C_U = 1.5$

Alla luce di quanto sopra, per l'opera in oggetto il periodo di riferimento per l'azione sismica risulta:

$$V_R = V_N \times C_U = 150 \text{ anni.}$$

4.3 STATI LIMITE E RELATIVE PROBABILITÀ DI SUPERAMENTO

L'azione sismica di progetto deve essere determinata in funzione degli Stati Limite relativi all'opera da verificare ed alle corrispondenti probabilità P_{VR} di realizzarsi nel periodo di riferimento V_R .

Gli Stati Limite di riferimento per verifiche in presenza di sisma, così come definiti nelle NTC08 al par. 3.2.1 risultano:

- Stati Limite Ultimi (SLU):
 - Stato Limite di Salvaguardia della Vita umana, SLV, definito come lo stato limite in cui la struttura subisce una significativa perdita della rigidità nei confronti dei carichi orizzontali ma non nei confronti dei carichi verticali. Permane un margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni sismiche orizzontali.
 - Stato Limite di Prevenzione del Collasso, SLC, stato limite nel quale la struttura subisce gravi danni strutturali, mantenendo comunque un margine di sicurezza per azioni verticali ed un esiguo margine di sicurezza a collasso per carichi orizzontali.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Pag 9 di 35	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RHFA0700003	A

- Stati limite di Esercizio (SLE):

- Stato Limite di immediata Operatività SLO per le strutture ed apparecchiature che debbono restare operative a seguito dell’evento sismico.
- Stato Limite di Danno SLD definito come lo stato limite da rispettare per garantire la sostanziale integrità dell’opera ed il suo immediato utilizzo.

Le verifiche di sicurezza da effettuare sono riepilogate in funzione della Classe d’uso nella Tab. C7.1.I della Circolare NTC08, di seguito riportata:

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 		
Pag 10 di 35	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica E12RHFA0700003	A

Tabella C7.1.I - Verifiche di sicurezza in funzione della Classe d'uso.

SL	Descrizione della prestazione	Riferimento Norme	Classe d'uso			
			I	II	III	IV
SLO	Contenimento del danno degli elementi non strutturali	§ 7.3.7.2			x	x
	Funzionalità degli impianti	§ 7.3.7.3			x	x
SLD	Resistenza degli elementi strutturali	§ 7.3.7.1			x	x
	Contenimento del danno degli elementi non strutturali	§ 7.3.7.2	x	x		
	Contenimento delle deformazioni del sistema fondazione-terreno	§ 7.11.5.3	x	x	x	x
	Contenimento degli spostamenti permanenti dei muri di sostegno	§ 7.11.6.2.2	x	x	x	x
SLV	Assenza di martellamento tra strutture contigue	§ 7.2.2	x	x	x	x
	Resistenza delle strutture	§ 7.3.6.1	x	x	x	x
	Duttilità delle strutture	§ 7.3.6.2	x	x	x	x
	Assenza di collasso fragile ed espulsione di elementi non strutturali	§ 7.3.6.3	x	x	x	x
	Resistenza dei sostegni e collegamenti degli impianti	§ 7.3.6.3	x	x	x	x
	Stabilità del sito	§ 7.11.3	x	x	x	x
	Stabilità dei fronti di scavo e dei rilevati	§ 7.11.4	x	x	x	x
	Resistenza del sistema fondazione-terreno	§ 7.11.5.3	x	x	x	x
	Stabilità dei muri di sostegno	§ 7.11.6.2.2	x	x	x	x
	Stabilità delle paratie	§ 7.11.6.3.2	x	x	x	x
Resistenza e stabilità dei sistemi di contrasto e degli ancoraggi	§ 7.11.6.4.2	x	x	x	x	
SLC	Resistenza dei dispositivi di vincolo temporaneo tra costruzioni isolate	§ 7.2.1	x	x	x	x
	Capacità di spostamento degli isolatori	§ 7.10.6.2.2	x	x	x	x

Tabella 1 Verifiche di sicurezza da effettuare per la Classe d'Uso considerata (Circ. NTC08)

Le probabilità di superamento cui riferirsi per individuare l'azione sismica agente per ciascuno degli stati limite considerati sono riportate in Tab 3.2.I NTC2008:

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 		
Pag 11 di 35	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RHFA0700003	A

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

Tabella 2 Probabilità di superamento P_{VR} al variare dello stato limite considerato

Il tempo di ritorno T_R dell'azione sismica di verifica è legato al periodo di riferimento V_R ed alla probabilità di superamento P_{VR} dalla relazione: $T_R = V_R / \ln(1-P_{VR})$

Nel caso specifico con $V_R = 150$ anni si hanno i periodi di ritorno riportati nell'immagine seguente:

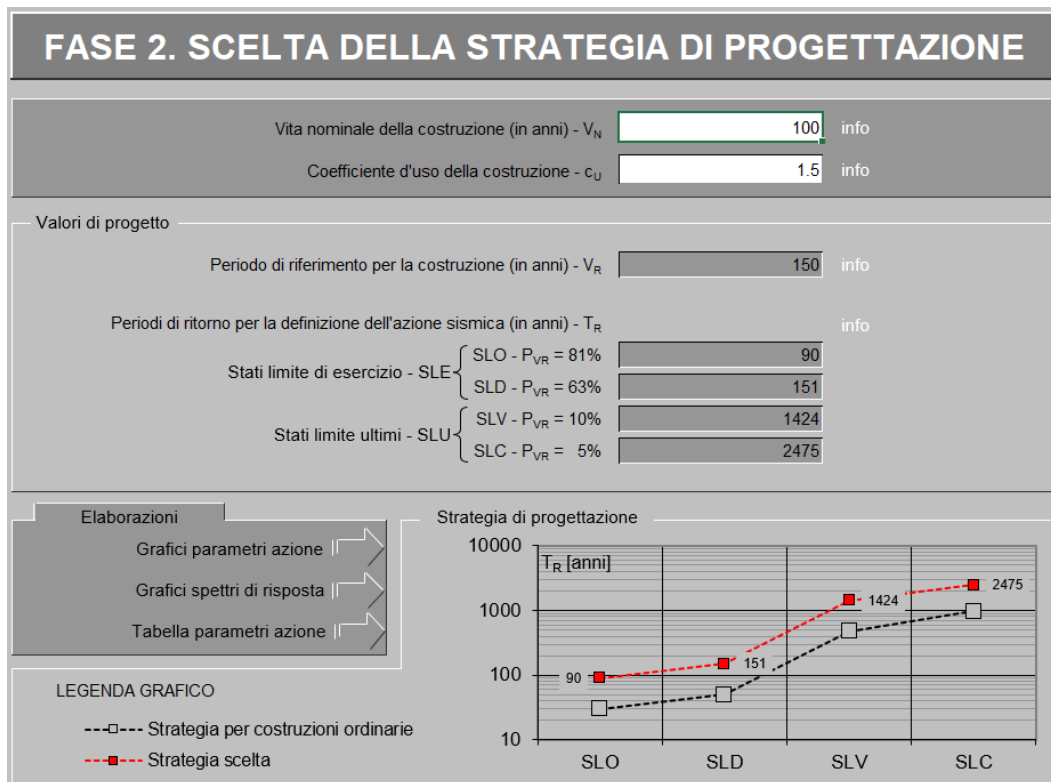


Figura 1 Periodi di ritorno per le diverse probabilità di superamento nel periodo V_R .

4.4 ACCELERAZIONE DI RIFERIMENTO SU SUOLO RIGIDO a_g

Le NTC08 definiscono i valori a_g (accelerazione orizzontale massima su sito rigido e superficie topografica orizzontale), F_0 (valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale) e T_c^* (periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale) in corrispondenza di una griglia di punti distribuiti sull'intero territorio nazionale. I corrispondenti valori di pericolosità sismica situati in punti intermedi della griglia

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 		
Pag 12 di 35	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RHFA0700003	A

(individuati dalle loro coordinate) vengono ottenuti per interpolazione sui quattro punti di griglia più prossimi.

Le coordinate specifiche del sito in esame sono le seguenti:

Longitudine: 11°24'93.90" E

Latitudine: 45°38'86.19" N

Nella figura seguente si riporta, per il punto di interesse, la relativa localizzazione ed uno schema di localizzazione del punto rispetto ai nodi della griglia dei valori di pericolosità, ottenuto attraverso l'impiego del foglio di calcolo Spettri di Risposta SPETTRI-NTC v.2, distribuito dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici.

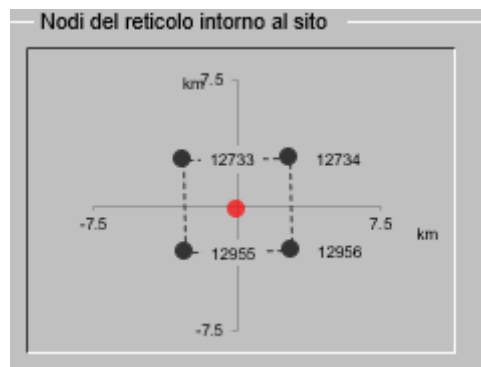


Figura 2 Individuazione del punto di interesse nel reticolo di riferimento.

Il risultato dell'interpolazione per i parametri a_g , F_0 e T_c^* è riportato di seguito.

SLATO LIMITE	T_R [anni]	a_g [g]	F_0 [-]	T_c^* [s]
SLO	90	0.066	2.495	0.266
SLD	151	0.084	2.486	0.270
SLV	1424	0.209	2.437	0.286
SLC	2475	0.256	2.387	0.292

Tabella 2: Parametri a_g , F_0 , T_c^* in funzione degli stati limite, al variare del periodo di ritorno T_R

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 		
Pag 13 di 35	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RHFA0700003	A

Valori di progetto dei parametri a_g , F_0 , T_c^* in funzione del period

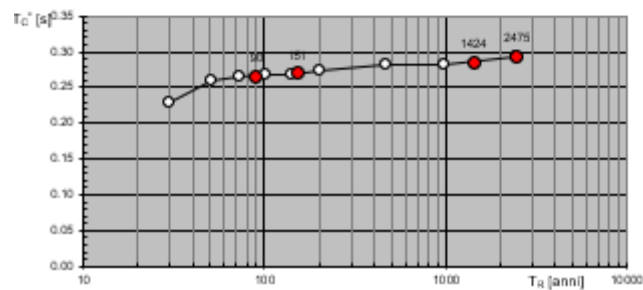
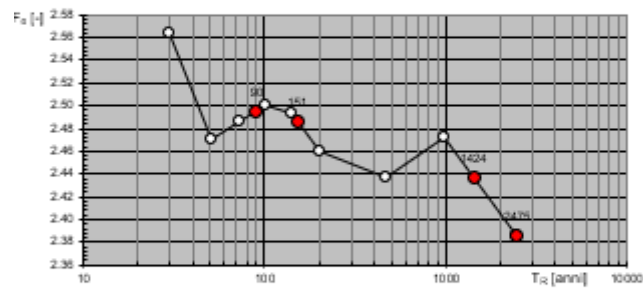
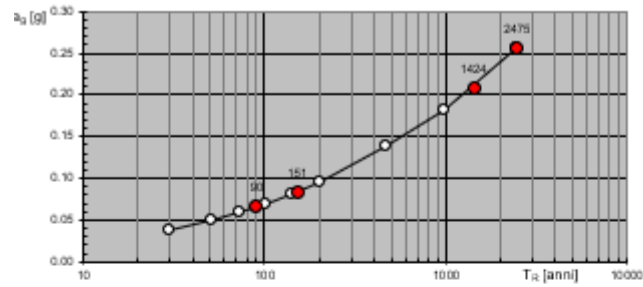


Figura 3 Valori di progetto di a_g , F_0 , T_c^* in funzione del periodo di ritorno T_R

Pag

14 di 35

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RHFA0700003

A

Spettri di risposta elastici per i diversi Stati Limite

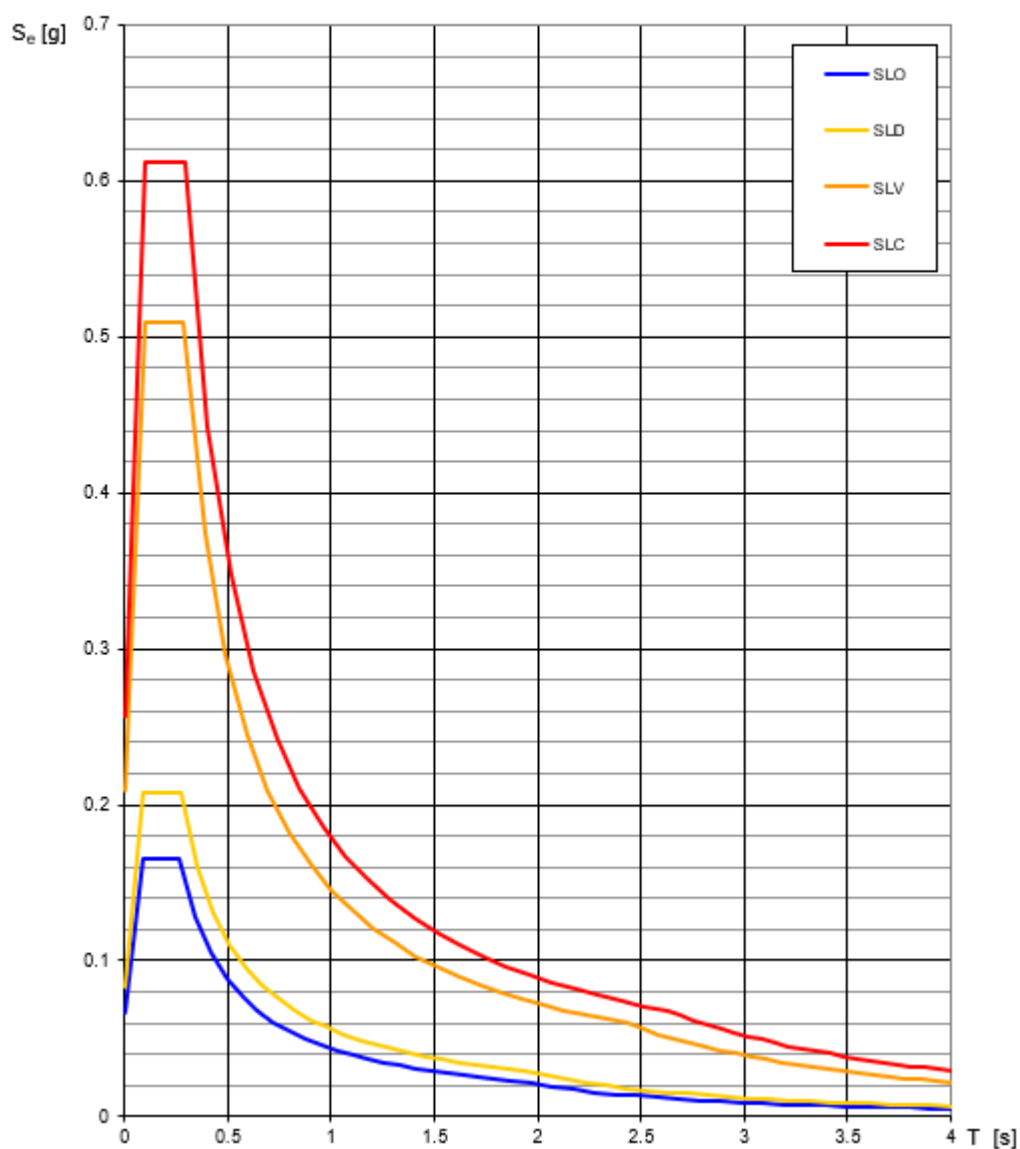


Figura 4 Spettri di risposta elastici per i diversi Stati Limite su suolo rigido

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 		
Pag 15 di 35	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RHFA0700003	A

4.5 RISPOSTA SISMICA LOCALE

La zonazione del tracciato di progetto rispetto alla risposta sismica locale dei terreni presenti è stata svolta in accordo alle prescrizioni delle NTC08, identificando la Categoria di Sottosuolo di appartenenza del sito sulla base dei dati delle indagini condotte. In particolare, l'associazione tra stratigrafia rilevata ai punti di interesse e relativa categoria di sottosuolo è stata condotta in funzione dei valori medi calcolati sui primi 30m di profondità della velocità di propagazione delle onde di taglio ($V_{s,30}$) definita dall'espressione:

$$V_{s,30} = \frac{30}{\sum_{i=1,N} \frac{h_i}{V_{s,i}}}$$

dove:

h_i = spessore (in metri) dell' i -esimo strato compreso nei primi 30 m di profondità;

$V_{s,i}$ = velocità delle onde di taglio nell' i -esimo strato, ricavata attraverso correlazioni.

Si rimanda alla Relazione Geotecnica [3] per la descrizione completa delle diverse prove in sito condotte nel corso delle varie campagne, per ogni punto di interesse identificato lungo il tracciato. Nella Relazione Sismica il terreno su cui sorgerà il FA07 è classificato in categoria C.

Si riporta nell'immagine seguente uno stralcio della Planimetria con Classificazione Sismica del Territorio [5], in cui è individuata la localizzazione del fabbricato in oggetto.

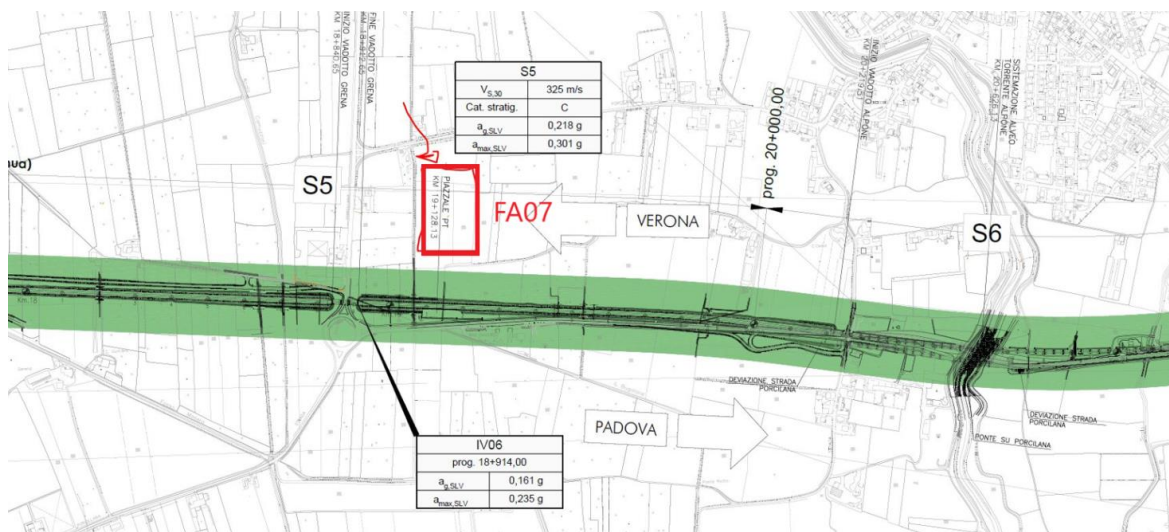




Figura 5 Categoria di sottosuolo del sito in esame

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 		
Pag 16 di 35	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RHFA0700003	A

L'effetto della risposta sismica locale sulla pericolosità di base può essere determinato secondo le NTC08 attraverso l'impiego di un fattore di sito S funzione sia della categoria di sottosuolo (S_S) sopra determinata, sia dell'andamento della superficie topografica (S_T):

Il coefficiente S_S si ottiene dalla seguente espressione per un sottosuolo di categoria C (Tabella 3.2.V del par. 3.2.3 delle NTC08):



$$S_S = 1.00 \leq 1.70 - 0.60F_0 \frac{a_g}{g} \leq 1.50$$

Per quanto riguarda l'eventuale amplificazione topografica, il sito di interesse si trova su superficie sostanzialmente pianeggiante. Pertanto, esso ricade in categoria T_1 , ossia Superficie pianeggiante e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$, in accordo alla Tabella 3.2.IV al par.3.2.2. delle NTC08. Di conseguenza il fattore di amplificazione topografica ha valore unitario, $S_T = 1$.

L'azione sismica prima individuata viene corretta per tener conto delle effettive condizioni locali, stratigrafiche (categoria di sottosuolo "C") e topografiche (superficie pianeggiante), attraverso i coefficienti correttivi che amplificano l'accelerazione riferita al suolo rigido determinando l'accelerazione di progetto: $a_{max} = S a_g (T=0)$. I valori del fattore di sito S e dell'azione sismica di progetto a_{max} per i periodi di ritorno corrispondenti ai diversi stati limite sono stati calcolati e riportati di seguito:

STATO LIMITE	S_S	S_T	$S=S_S*S_T$	a_g (g)	$a_{max}=a_g*S$ (g)
SLO	1.500	1	1.500	0.066	0.099
SLD	1.500	1	1.500	0.084	0.126
SLV	1.395	1	1.372	0.209	0.291
SLC	1.333	1	1.307	0.256	0.341

Tabella 3: Coefficienti correttivi locali e accelerazioni massime

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 		
Pag 17 di 35	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RHFA0700003	A

4.6 SPETTRI ELASTICI

Il moto del suolo durante il terremoto è caratterizzabile attraverso 3 componenti mutualmente ortogonali, due orizzontali X e Y e una verticale Z. Vengono di seguito fornite le indicazioni di carattere operativo per procedere alla determinazione degli spettri di risposta elastici. Si rimanda al testo delle NTC08 per ogni altra indicazione. Nel caso in esame, la risposta alle azioni sismiche viene calcolata separatamente per due componenti orizzontali tra loro ortogonali mentre la componente verticale non viene considerata in quanto la costruzione sorge in Zona 3 (prg. 3.2.3.1 e 7.2.1 NTC08).

Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali

Lo spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali è definito dalle espressioni seguenti:

$$0 \leq T < T_B \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_o} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left(\frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left(\frac{T_C T_D}{T^2} \right)$$

in cui T ed S_e sono rispettivamente periodo di vibrazione ed accelerazione spettrale orizzontale.



Inoltre:

- S è il coefficiente che tiene conto della categoria di sottosuolo e delle condizioni topografiche (cfr. par. 0).
- η è il fattore che altera lo spettro elastico per fattori di smorzamento viscoso ξ diversi dal 5%, secondo la relazione:

$$\eta = \sqrt{10/(5 + \xi)} \geq 0.55$$

dove ξ espresso in % è valutato sulla base di materiali, tipologia strutturale e terreno di fondazione;

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

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 		
Pag 18 di 35	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica E12RHFA0700003	A

- T_C è il periodo corrispondente all'inizio del tratto a velocità costante dello spettro, dato da:

$$T_c = C_c \cdot T_c^*$$

- dove T_C^* è periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale; C_C è un coefficiente funzione della categoria di sottosuolo (rif. Tab. 3.2.V delle NTC08); nel caso specifico, in presenza di suoli in categoria C si ha $C_c=1.05(T_C^*)^{-0.33}$;

- T_B è il periodo corrispondente all'inizio del tratto dello spettro ad accelerazione costante:
 $T_B = T_C / 3$

- T_D è il periodo corrispondente all'inizio del tratto a spostamento costante dello spettro, espresso in secondi dalla relazione:

$$T_D = 4.0 \cdot \frac{a_g}{g} + 1.6$$

Gli stati limite adottati per la verifica sismica sono:

- SLV (stato limite di salvaguardia della vita), per le verifiche delle strutture nei riguardi degli stati limite ultimi (SLU);
- SLD (stato limite di danno), per le verifiche delle strutture agli stati limite di esercizio (SLE) in termini di resistenza;
- SLO (stato limite di operatività), per le verifiche delle strutture agli stati limite di esercizio (SLE) in termini di contenimento del danno agli elementi non strutturali (e degli impianti in termini di mantenimento della funzionalità secondo quanto specificato al punto 7.3.7.3 NTC08).

a ciascuno dei quali è associata una probabilità (crescente) di superamento dell'evento nel periodo di riferimento P_{VR} .

Nelle figure alle pagine seguenti si riportano i corrispondenti spettri elastici ottenuti per il sito in esame, sulla base dei parametri sopra definiti.

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

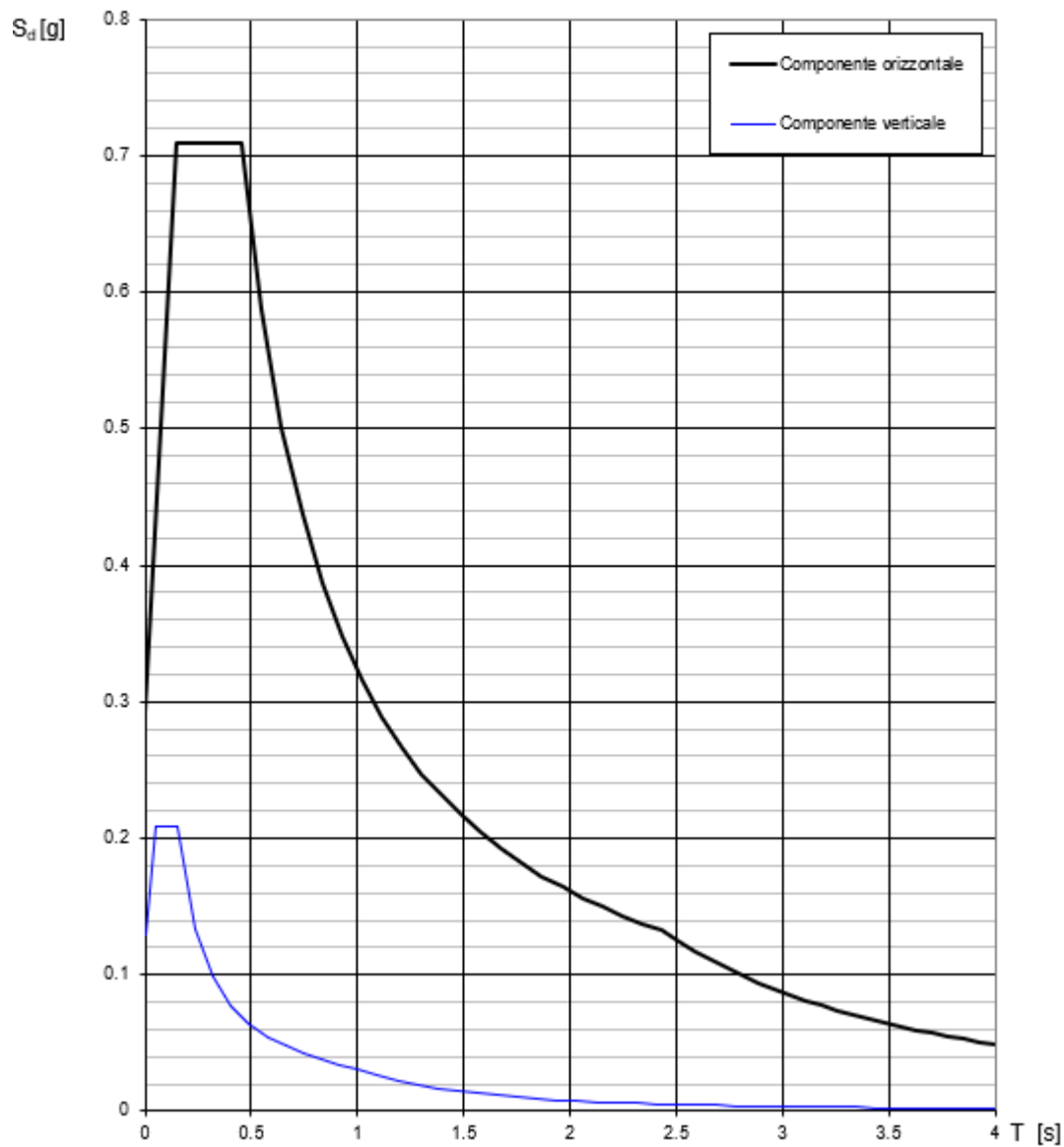


Figura 6 Spettro elastico SLV

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

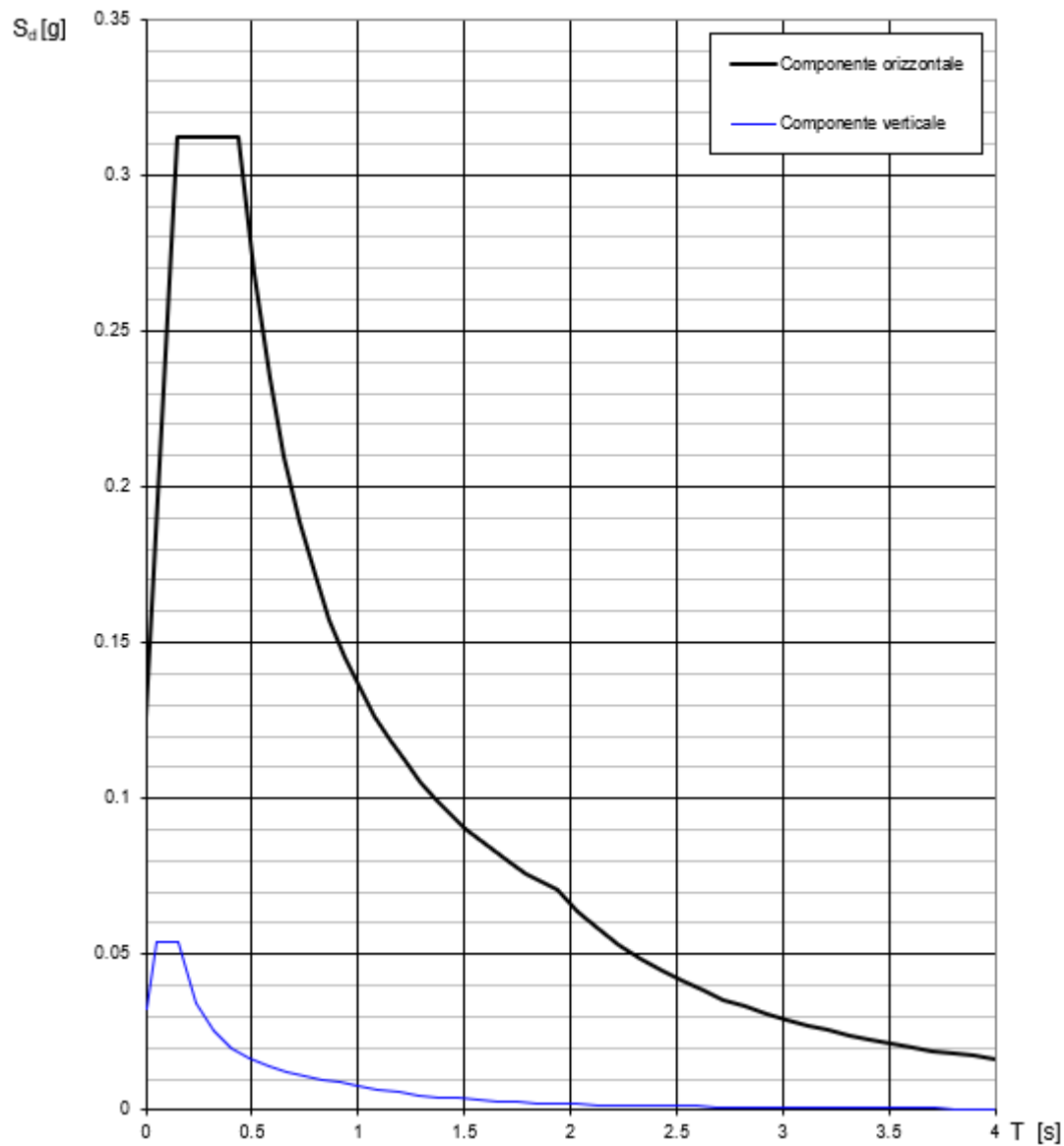


Figura 7 Spettro elastico SLD

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

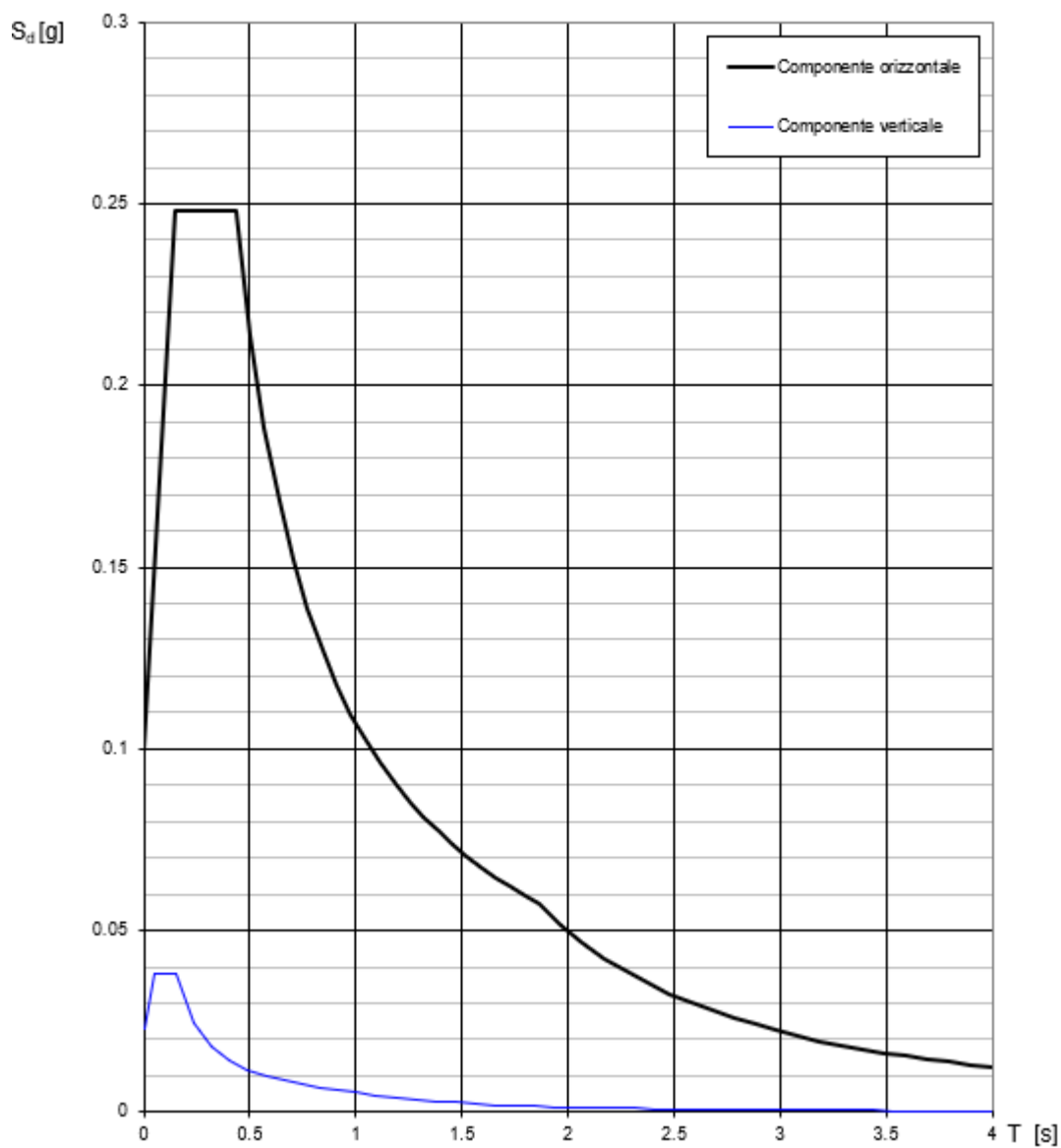




Figura 8 Spettro elastico SLO

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 		
Pag 22 di 35	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RHFA0700003	A

4.7 SPETTRI DI PROGETTO

Lo spettro di progetto per le verifiche delle strutture agli stati limite ultimi (SLU) viene ottenuto a partire dallo spettro elastico SLV prima riportato, ridotto secondo un fattore di struttura specifico per la struttura in esame. In questo caso si considerano i seguenti parametri di calcolo:

- tipologia strutturale: struttura in c.a. a telaio di un piano;
- classe di duttilità: B;
- coefficiente di base: 3.0;
- rapporto di duttilità: $\alpha_u/\alpha_1 = 1.1$ (costruzione regolare in pianta);
- fattore riduttivo: $k_R = 1.0$ (costruzione regolare in altezza);

dai quali risulta il seguente valore del fattore di struttura per ciascuna direzione del sisma orizzontale:

$$q = q_0 \times k_R = 3.0 \times 1.1 \times 1.0 = 3.30$$

Per l'azione sismica verticale il fattore di struttura è $q=1.5$.

Di seguito si riporta il grafico e le relative coordinate dello spettro di progetto SLV, ottenuto a partire dallo spettro elastico applicando il fattore di struttura sopra determinato.

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

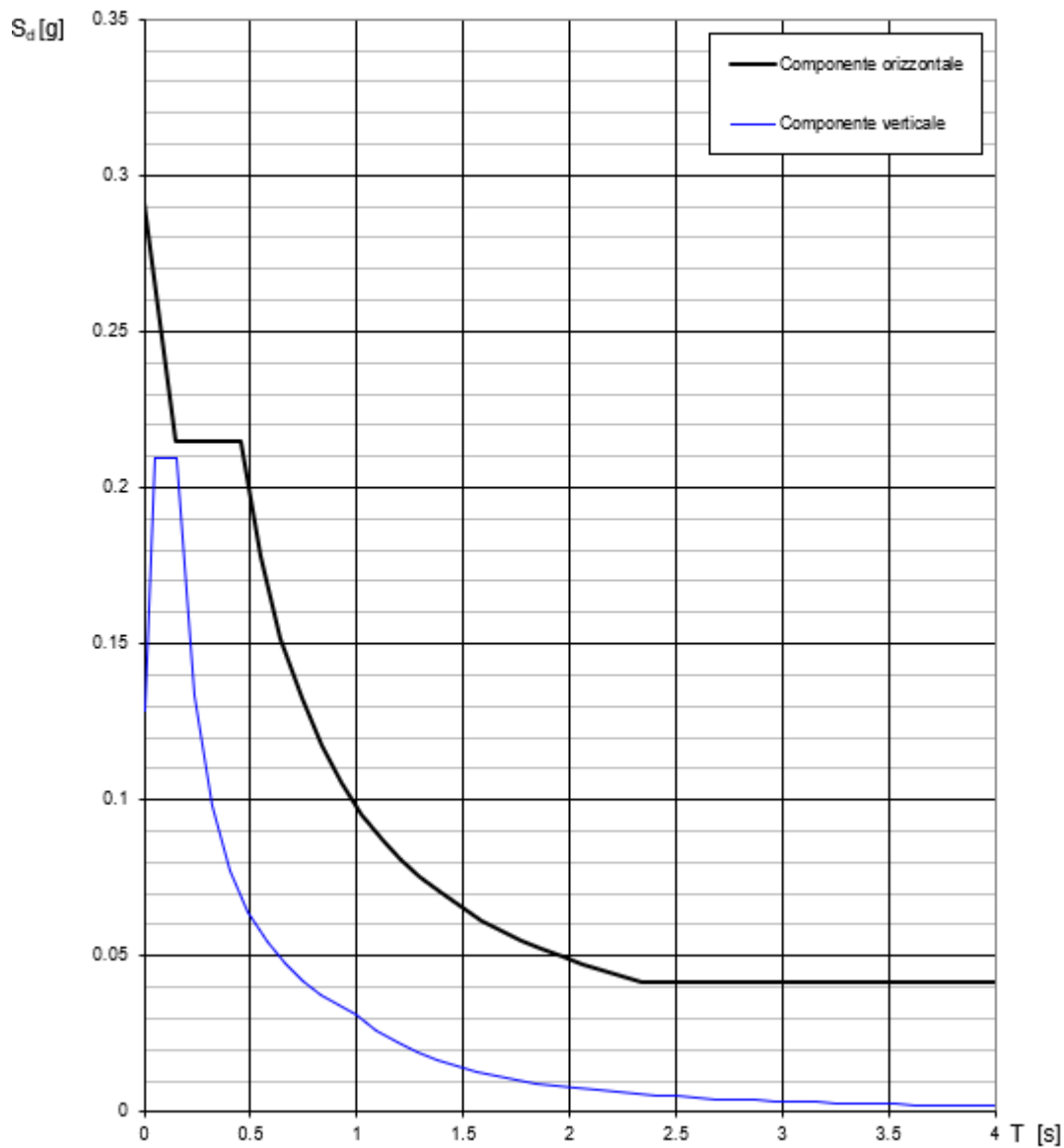


Figura 9 Spettro di progetto SLV

Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLV
a_g	0.209 g
F_o	2.437
T_c	0.286 s
S_s	
C_c	1.587
S_T	1.000
q	3.300

Parametri dipendenti

S	0.000
η	0.303
T_B	0.151 s
T_C	0.454 s
T_D	2.436 s

Espressioni dei parametri dipendenti

$$S = S_s \cdot S_T \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.5})$$

$$\eta = \sqrt{10/(5 + \xi)} \geq 0,55; \eta = 1/q \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.6; §. 3.2.3.5})$$

$$T_B = T_c / 3 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.8})$$

$$T_C = C_c \cdot T_c \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.7})$$

$$T_D = 4,0 \cdot a_g / g + 1,6 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.9})$$

Espressioni dello spettro di risposta (NTC-08 Eq. 3.2.4)

$$0 \leq T < T_B \quad S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_o} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left(\frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left(\frac{T_C \cdot T_D}{T^2} \right)$$

Lo spettro di progetto $S_d(T)$ per le verifiche agli Stati Limite Ultimi è ottenuto dalle espressioni dello spettro elastico $S_c(T)$ sostituendo η

Punti dello spettro di risposta

T [s]	Se [g]
0.000	0.291
0.151	0.215
0.454	0.215
0.548	0.178
0.642	0.152
0.737	0.132
0.831	0.117
0.926	0.105
1.020	0.096
1.114	0.088
1.209	0.081
1.303	0.075
1.397	0.070
1.492	0.065
1.586	0.062
1.681	0.058
1.775	0.055
1.869	0.052
1.964	0.050
2.058	0.047
2.152	0.045
2.247	0.043
2.341	0.042
2.436	0.042
2.510	0.042
2.585	0.042
2.659	0.042
2.734	0.042
2.808	0.042
2.883	0.042
2.957	0.042
3.032	0.042
3.106	0.042
3.181	0.042
3.255	0.042
3.330	0.042
3.404	0.042
3.479	0.042
3.553	0.042
3.628	0.042
3.702	0.042
3.777	0.042
3.851	0.042
3.926	0.042

Tabella 3: Punti dello spettro di risposta di progetto SLV

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Pag 25 di 35	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RHFA0700003	A

Lo spettro di progetto per le verifiche agli stati limite di esercizio (SLE) delle strutture in termini di resistenza viene ottenuto a partire dallo spettro elastico SLD prima riportato, ridotto secondo un fattore di struttura $q=1/\eta=1/(2/3)=1.5$, come indicato al punto 7.3.7.1 NTC08. Si riporta in **Errore**. **L'origine riferimento non è stata trovata.** lo spettro SLD così ricavato.

Per le verifiche agli stati limite di esercizio (SLE) delle strutture in termini di contenimento del danno agli elementi non strutturali (e degli impianti interni di mantenimento della funzionalità secondo quanto specificato al punto 7.3.7.3 NTC08) lo spettro di progetto coincide con quello elastico SLO prima riportato.

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 		
Pag 26 di 35	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RHFA0700003	A

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

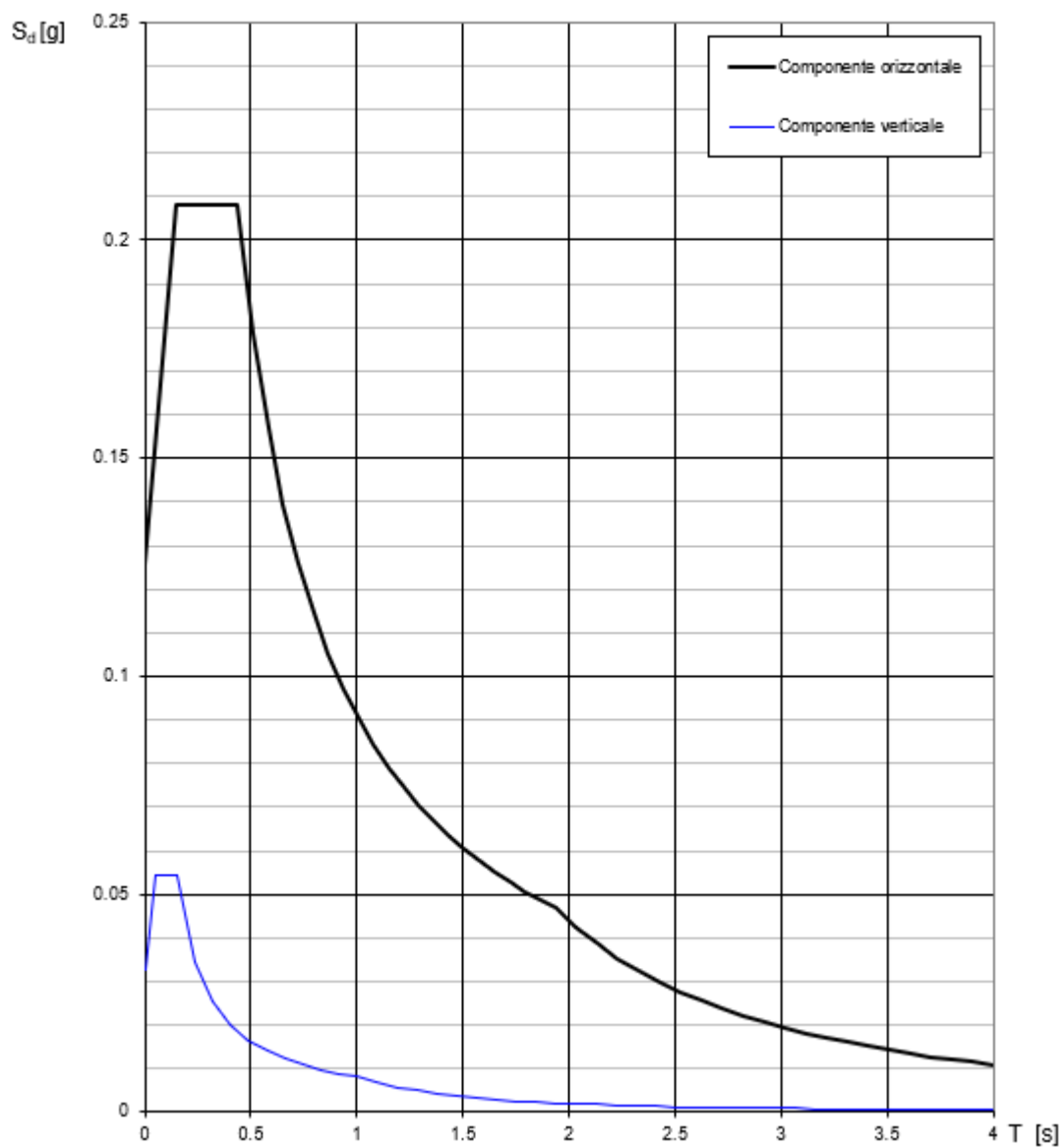


Figura 10 Spettro di progetto SLD

Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLD
a_g	0.084 g
F_o	2.486
T_c	0.270 s
S_s	
C_c	1.618
S_T	1.000
q	1.500

Parametri dipendenti

S	0.000
η	0.667
T_B	0.145 s
T_C	0.436 s
T_D	1.935 s

Espressioni dei parametri dipendenti

$$S = S_s \cdot S_T \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.5})$$

$$\eta = \sqrt{10 / (5 + \xi)} \geq 0,55; \eta = 1/q \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.6; §. 3.2.3.5})$$

$$T_B = T_c / 3 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.8})$$

$$T_C = C_c \cdot T_c \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.7})$$

$$T_D = 4,0 \cdot a_g / g + 1,6 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.9})$$

Espressioni dello spettro di risposta (NTC-08 Eq. 3.2.4)

$$0 \leq T < T_B \quad S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_o} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left(\frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left(\frac{T_C T_D}{T^2} \right)$$

Lo spettro di progetto $S_d(T)$ per le verifiche agli Stati Limite Ultimi è ottenuto dalle espressioni dello spettro elastico $S_c(T)$ sostituendo η

Punti dello spettro di risposta

T [s]	Se [g]
0.000	0.126
0.145	0.208
0.436	0.208
0.508	0.179
0.579	0.157
0.650	0.140
0.722	0.126
0.793	0.115
0.864	0.105
0.936	0.097
1.007	0.090
1.079	0.084
1.150	0.079
1.221	0.074
1.293	0.070
1.364	0.067
1.435	0.063
1.507	0.060
1.578	0.058
1.650	0.055
1.721	0.053
1.792	0.051
1.864	0.049
1.935	0.047
2.033	0.043
2.132	0.039
2.230	0.035
2.328	0.032
2.427	0.030
2.525	0.028
2.623	0.026
2.722	0.024
2.820	0.022
2.918	0.021
3.017	0.019
3.115	0.018
3.213	0.017
3.312	0.016
3.410	0.015
3.508	0.014
3.607	0.014
3.705	0.013
3.803	0.012
3.902	0.012

Tabella 3: Punti dello spettro di risposta di progetto SLD

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 		
Pag 28 di 35	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RHFA0700003	A

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

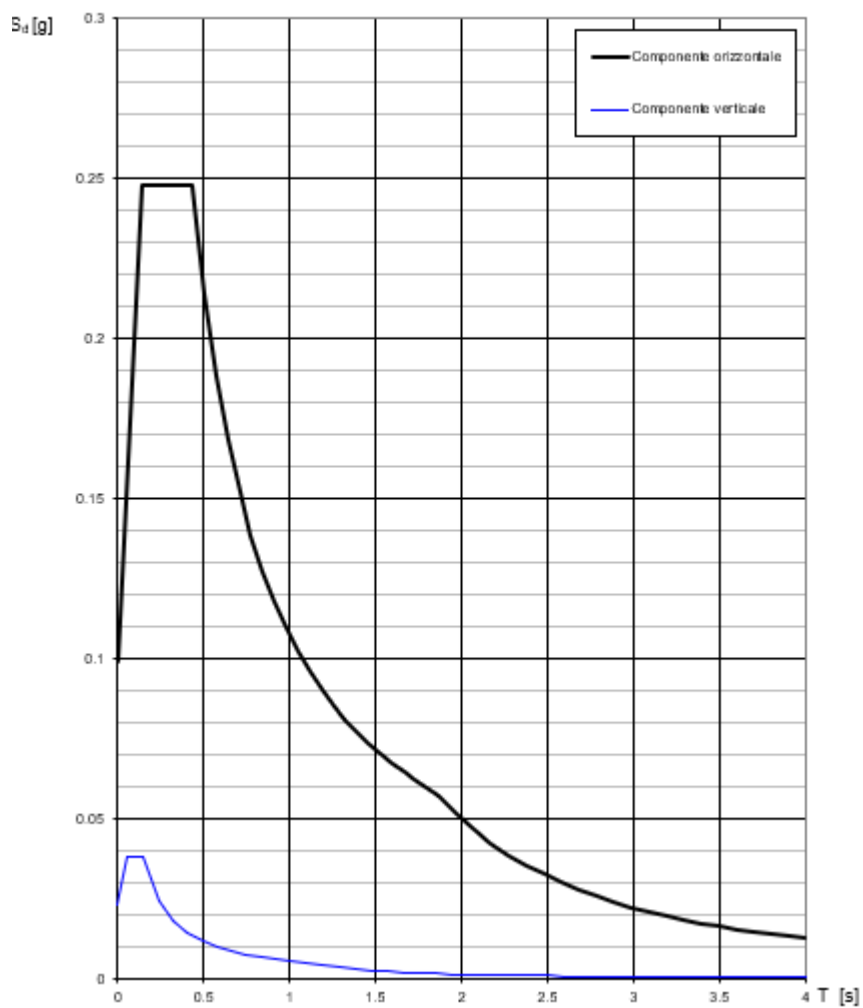


Figura 11 Spettro di progetto SLO

Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLO
a_g	0.066 g
F_o	2.495
T_c	0.266 s
S_s	
C_c	1.626
S_T	1.000
q	1.000

Parametri dipendenti

S	0.000
η	1.000
T_B	0.144 s
T_C	0.432 s
T_D	1.865 s

Espressioni dei parametri dipendenti

$$S = S_s \cdot S_T \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.5})$$

$$\eta = \sqrt{10 / (5 + \xi)} \geq 0,55; \eta = 1/q \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.6; §. 3.2.3.5})$$

$$T_B = T_c / 3 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.8})$$

$$T_c = C_c \cdot T_c^* \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.7})$$

$$T_D = 4,0 \cdot a_g / g + 1,6 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.9})$$

Espressioni dello spettro di risposta (NTC-08 Eq. 3.2.4)

$$0 \leq T < T_B \quad S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_o} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left(\frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left(\frac{T_C \cdot T_D}{T^2} \right)$$

Lo spettro di progetto $S_d(T)$ per le verifiche agli Stati Limite Ultimi è ottenuto dalle espressioni dello spettro elastico $S_c(T)$ sostituendo η

Punti dello spettro di risposta

T [s]	Se [g]
0.000	0.099
0.144	0.248
0.432	0.248
0.501	0.214
0.569	0.188
0.637	0.168
0.705	0.152
0.773	0.139
0.842	0.127
0.910	0.118
0.978	0.110
1.046	0.102
1.115	0.096
1.183	0.091
1.251	0.086
1.319	0.081
1.387	0.077
1.456	0.074
1.524	0.070
1.592	0.067
1.660	0.065
1.728	0.062
1.797	0.060
1.865	0.057
1.967	0.052
2.068	0.047
2.170	0.042
2.272	0.039
2.373	0.035
2.475	0.033
2.577	0.030
2.678	0.028
2.780	0.026
2.882	0.024
2.983	0.022
3.085	0.021
3.187	0.020
3.288	0.018
3.390	0.017
3.492	0.016
3.593	0.015
3.695	0.015
3.797	0.014
3.898	0.013

Tabella 3: Punti dello spettro di risposta di progetto SLO

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 		
Pag 30 di 35	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica E12RHFA0700003	A

5 LIQUEFAZIONE

La stabilità nei confronti di fenomeni di liquefazione è stata ampiamente trattata nella Relazione Sismica [5][5] e nella Relazione Geotecnica [3], a cui si rimanda per ogni dettaglio in merito. In particolare, la verifica alla liquefazione dei terreni presenti lungo il tracciato di progetto è stata condotta sul database complessivo delle prove CPT e SPT effettuate, considerando la variazione di pericolosità sismica in funzione della progressiva dell'opera. Per il sito di interesse, al termine della verifica di liquefazione emerge quanto segue:

“Sulla base dei risultati ottenuti si conferma quanto già osservato in sede di Progetto Definitivo. Per alcune verticali, la verifica di liquefazione nei confronti del sisma SLV, ha evidenziato la presenza di strati caratterizzati da $FL < 1.25$, con generazione di pressioni interstiziali tali da condurre a valori del rapporto di pressione interstiziale ru prossimi a 1. L'effetto di tale risposta del terreno dovrà essere valutato dal singolo progettista, all'interno della progettazione della singola WBS, in relazione alla sensibilità dell'opera, sia riguardo alla sicurezza che alla funzionalità, dimensionando, se ritiene, gli opportuni provvedimenti”[5].

Nella Relazione Geotecnica [3] si riporta la seguente conclusione:

“I dati acquisiti nel corso della campagna di PE hanno sostanzialmente confermato quanto già emerso in sede di PD, e più in particolare:.

- *Vengono sostanzialmente confermate le problematiche di liquefazione dello strato superficiale fra la spalla est del viadotto Illasi e la spalla ovest del Viadotto Alpone, e che interessano i rilevati di modeste altezze (3÷6 m, con picchi locali fino a 8 m), ferma restando la presenza di alcuni tratti nei quali prevalgono, come già emerso in sede di PD, strati coesivi mediamente compatti, non suscettibili di liquefazione. Il dettaglio dell'intervallo di progressive nelle quali sono da prevedere, eventualmente, interventi di miglioramento delle proprietà meccaniche dei terreni sarà oggetto del progetto delle singole WBS.*
- *Nella zona terminale del viadotto Alpone (dalla progressiva 21+500 circa in poi), i nuovi dati hanno sostanzialmente confermato la presenza di strati sabbioso - limosi sciolti, che evidenziano fattori di sicurezza inferiori all'unità, e comunque interessati da generazione di sovrappressioni interstiziali rilevanti, che dovranno essere considerate nella progettazione delle strutture di*

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Pag 31 di 35	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RHFA0700003	A

fondazione del viadotto. Anche in questo caso, un esame di dettaglio degli interventi previsti, in funzione della situazione locale, sarà oggetto del progetto della WBS di interesse.

Alla luce di quanto sopra riportato e poiché le fondazioni dei fabbricati in esame poggiano sul terreno del rilevato, si è ritenuto trascurabile tener conto degli effetti della liquefazione.

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 		
Pag 32 di 35	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RHFA0700003	A

6 ANALISI MODALE E MODI DI VIBRARE

L'analisi modale è stata eseguita per individuare i modi di vibrare principali della struttura del fabbricato PT e della cabina Enel. Sono stati considerati i primi 10 modi di vibrare, di cui si riportano di seguito i risultati. È possibile osservare che già i primi 3 modi sono sufficienti per coinvolgere la quasi totalità della massa della struttura, e comunque una percentuale superiore all'85% richiesto dalla normativa.

PT

EIGENVALUE ANALYSIS												
Mode No	Frequency		Period		Tolerance							
	(rad/sec)	(cycle/sec)	(sec)	(sec)								
1	14.3135	2.2781	0.4390	0.0000e+000								
2	21.0731	3.3539	0.2982	0.0000e+000								
3	23.3188	3.7113	0.2694	0.0000e+000								
4	97.6921	15.5482	0.0643	0.0000e+000								
5	149.5376	23.7996	0.0420	0.0000e+000								
6	162.3600	25.8404	0.0387	0.0000e+000								
7	198.2942	31.5595	0.0317	0.0000e+000								
8	236.7689	37.6829	0.0265	0.0000e+000								
9	327.9761	52.1990	0.0192	0.0000e+000								
10	442.1944	70.3774	0.0142	0.0000e+000								

MODAL PARTICIPATION MASSES PRINTOUT												
Mode No	TRAN-X		TRAN-Y		TRAN-Z		ROTN-X		ROTN-Y		ROTN-Z	
	MASS(%)	SUM(%)	MASS(%)	SUM(%)	MASS(%)	SUM(%)	MASS(%)	SUM(%)	MASS(%)	SUM(%)	MASS(%)	SUM(%)
1	0.0021	0.0021	93.7489	93.7489	0.0000	0.0000	92.3119	92.3119	0.0021	0.0021	6.1720	6.1720
2	0.0907	0.0928	6.1198	99.8687	0.0000	0.0000	5.3791	97.6910	0.0889	0.0910	93.6463	99.8183
3	99.8971	99.9898	0.0141	99.8828	0.0000	0.0000	0.0128	97.7038	97.2486	97.3396	0.0787	99.8970
4	0.0000	99.9898	0.0698	99.9526	0.0000	0.0000	0.0266	97.7303	0.0000	97.3396	0.0372	99.9342
5	0.0001	99.9900	0.0001	99.9527	0.0000	0.0000	0.0000	97.7303	0.0310	97.3706	0.0006	99.9348
6	0.0000	99.9900	0.0021	99.9548	0.0000	0.0000	0.0009	97.7313	0.0106	97.3812	0.0111	99.9459
7	0.0014	99.9914	0.0007	99.9554	0.0000	0.0000	0.0046	97.7359	0.0075	97.3886	0.0015	99.9474
8	0.0013	99.9926	0.0027	99.9581	0.0000	0.0000	0.0343	97.7702	0.0788	97.4675	0.0041	99.9514
9	0.0000	99.9927	0.0389	99.9971	0.0000	0.0000	1.4743	99.2445	0.0242	97.4917	0.0102	99.9617
10	0.0061	99.9988	0.0005	99.9976	0.0000	0.0000	0.0179	99.2624	1.5208	99.0124	0.0002	99.9618

Tabella 3 Modi di vibrare della struttura PT - blocco 1

Si riportano di seguito alcune immagini dei primi 3 modi di vibrare della struttura in oggetto.

1° Modo di vibrare

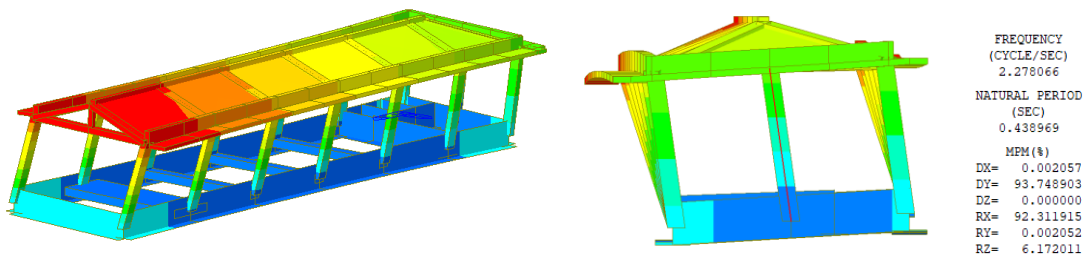


Figura 12 PT - blocco 1 - 1° Modo di vibrare, periodo 0.44 s, frequenza 2.28 Hz

2° Modo di vibrare

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 		
Pag 33 di 35	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RHFA0700003	A

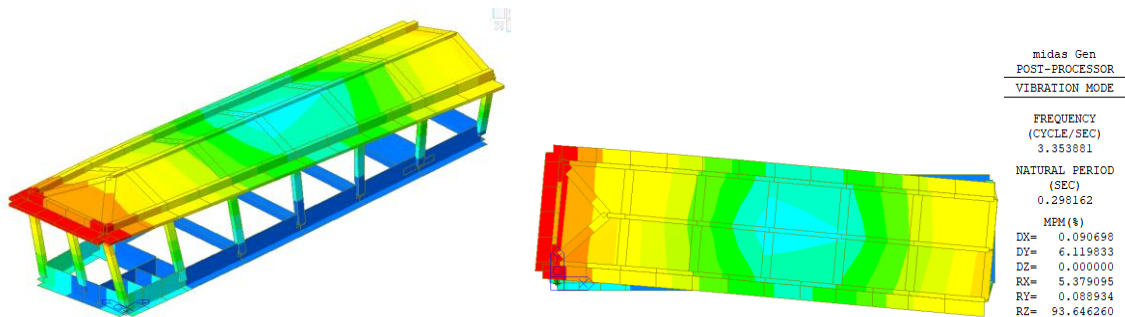


Figura 13 PT - blocco 1 - 2° Modo di vibrare, periodo 0.30 s, frequenza 3.35 Hz

3° Modo di vibrare

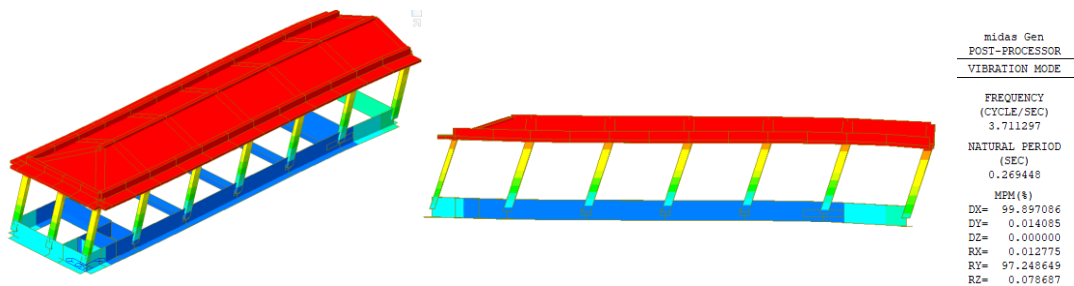


Figura 14 PT - blocco 1 - 3° Modo di vibrare, periodo 0.27 s, frequenza 3.71 Hz

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 			
Pag 34 di 35		Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RHFA0700003	A

Cabina Enel

EIGENVALUE ANALYSIS									
Mode No	Frequency		Period (sec)	Tolerance					
	(rad/sec)	(cycle/sec)							
1	17.8630	2.8430	0.3517	0.0000e+000					
2	19.6298	3.1242	0.3201	0.0000e+000					
3	51.4291	8.1852	0.1222	0.0000e+000					
4	260.3896	41.4417	0.0241	0.0000e+000					
5	323.1676	51.4337	0.0194	0.0000e+000					
6	389.2022	61.9434	0.0161	0.0000e+000					
7	419.9444	66.8362	0.0150	0.0000e+000					
8	636.1250	101.2424	0.0099	0.0000e+000					
9	767.5818	122.1644	0.0082	0.0000e+000					
10	1572.9579	250.3440	0.0040	0.0000e+000					

MODAL PARTICIPATION MASSES PRINTOUT												
Mode No	TRAN-X		TRAN-Y		TRAN-Z		ROTN-X		ROTN-Y		ROTN-Z	
	MASS(%)	SUM(%)	MASS(%)	SUM(%)	MASS(%)	SUM(%)	MASS(%)	SUM(%)	MASS(%)	SUM(%)	MASS(%)	SUM(%)
1	0.0000	0.0000	72.5963	72.5963	0.0000	0.0000	89.1362	89.1362	0.0000	0.0000	0.0218	0.0218
2	72.6286	72.6286	0.0000	72.5963	0.0000	0.0000	0.0000	89.1362	88.8745	88.8745	0.0007	0.0225
3	0.0000	72.6286	0.0000	72.5963	0.0000	0.0000	0.0000	89.1362	0.0000	88.8746	88.6081	88.6306
4	0.0000	72.6286	0.0037	72.6000	0.0000	0.0000	0.0357	89.1719	0.0000	88.8746	0.0002	88.6308
5	0.0000	72.6286	0.0425	72.6425	0.0000	0.0000	1.4576	90.6295	0.0001	88.8747	0.0015	88.6323
6	0.0000	72.6286	22.9873	95.6298	0.0000	0.0000	7.8374	98.4669	0.0000	88.8747	0.0935	88.7258
7	0.0138	72.6424	0.0011	95.6309	0.0000	0.0000	0.0009	98.4678	1.6418	90.5165	0.0020	88.7277
8	0.0146	72.6570	0.0069	95.6378	0.0000	0.0000	0.0088	98.4767	0.1815	90.6980	0.0638	88.7915
9	0.0000	72.6571	4.3617	99.9995	0.0000	0.0000	1.4974	99.9741	0.0002	90.6982	1.6442	90.4357
10	26.3035	98.9605	0.0000	99.9995	0.0000	0.0000	0.0001	99.9742	8.8560	99.5542	0.0029	90.4386

Tabella 4 Modi di vibrare della struttura Cabina Elettrica

Si riportano di seguito alcune immagini dei primi 3 modi di vibrare della struttura in oggetto.

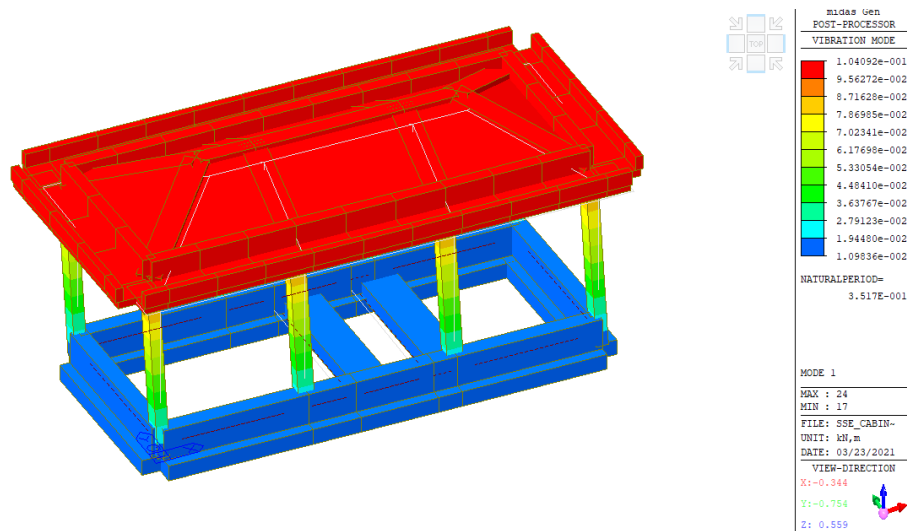


Figura 15 Cabina Enel 1° Modo di vibrare

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 		
Pag 35 di 35	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica E12RHFA0700003	A

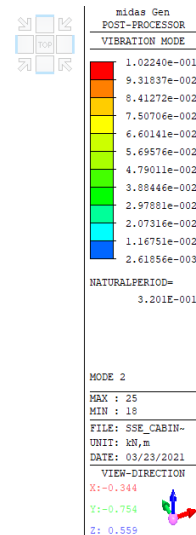
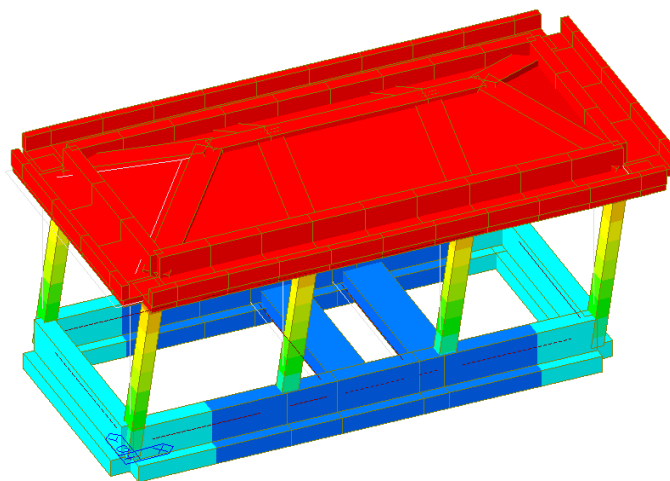


Figura 16 Cabina Enel 2° Modo di vibrare

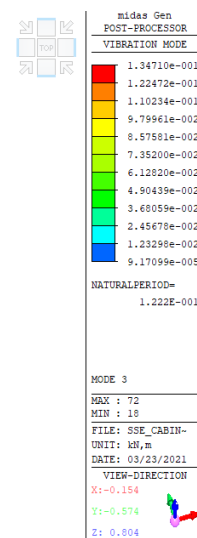
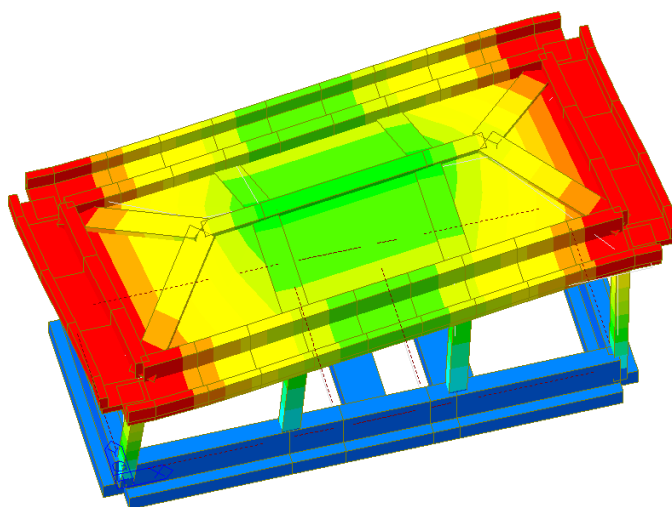


Figura 17 Cabina Enel 3° Modo di vibrare