

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
FA06 - FABBRICATO SSE AL KM 16+765,00
STRUTTURE
RELAZIONE SISMICA**

GENERAL CONTRACTOR		DIRETTORE LAVORI		SCALA -
IL PROGETTISTA INTEGRATORE	Consorzio			
 Ing. Giovanni MALAVENDA iscritto all'ordine degli ingegneri di Venezia n. 4289 Data:	Iricav Due 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	6	0	0	0	0	3	B	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: 11/02/2022
B	REVISIONE PER ISTRUTTORIA VALIDATORE	MBI 	11/02/2022	MPA 	11/02/2022	GSA 	11/02/2022	

CIG. 8377957CD1	CUP: J41E91000000009	File: IN1712EI2RHFA0600003B
		Cod. origine:



Progetto cofinanziato
dalla Unione Europea

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 		
Pag 2 di 32	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RHFA0600003	B

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	29
6	ANALISI MODALE E MODI DI VIBRARE.....	30

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 		
Pag 3 di 32	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RHFA0600003	B

1 ELABORATI DI RIFERIMENTO

CODIFICA	TITOLO ELABORATO
IN1712EI2EEFA0600001B	ELENCO ELABORATI
IN1712EI2RGFA0600001A	RELAZIONE GENERALE DI CONFRONTO PD-PE
IN1712EI2RHFA0600001B	RELAZIONE TECNICA DESCRITTIVA
IN1712EI2RIFA0600001A	RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA
IN1712EI2RBFA0600001B	RELAZIONE GEOTECNICA
IN1712EI2RHFA0600002A	RELAZIONE ILLUSTRATIVA DEI MATERIALI
IN1712EI2CLFA0600001B	RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURALE
IN1712EI2RHFA0600003B	RELAZIONE SISMICA
IN1712EI2CMFA0600001A	COMPUTO METRICO
IN1712EI2CEFA0600001A	COMPUTO METRICO ESTIMATIVO
IN1712EI2RHFA0600004A	ELENCO PREZZI UNITARI
IN1712EI2APFA0600001A	ANALISI NUOVI PREZZI
IN1712EI2RHFA0600005A	PIANO DI MANUTENZIONE
IN1712EI2RHFA0600006A	RELAZIONE TECNICA ILLUMINAZIONE STRADALE
IN1712EI2P7FA0600001B	PLANIMETRIA DI INQUADRAMENTO
IN1712EI2P9FA0600001A	PLANIMETRIA GENERALE STATO DI FATTO-RILIEVO TOPOGRAFICO
IN1712EI2P9FA0600002B	PLANIMETRIA GENERALE STATO DI PROGETTO
IN1712EI2B9FA0600001B	PIAZZALE-STATO DI PROGETTO E ANDAMENTO ALTIMETRICO
IN1712EI2P9FA0600003B	PIAZZALE-COSTRUZIONI E DEMOLIZIONI
IN1712EI2PZFA0600001B	PIAZZALE-TRATTAMENTO SUPERFICI
IN1712EI2BZFA0600001A	PIAZZALE - PROFILO E SEZIONI TRASVERSALI 1 DI 3
IN1712EI2BZFA0600002A	PIAZZALE - PROFILO E SEZIONI TRASVERSALI 2 DI 3
IN1712EI2BZFA0600003A	PIAZZALE - PROFILO E SEZIONI TRASVERSALI 3 DI 3
IN1712EI2BZFA0600004A	PIAZZALE - PARTICOLARI COSTRUTTIVI - SEZIONE TIPO
IN1712EI2BZFA0600005A	STRADA DI ACCESSO - PROFILO E SEZIONI 1 DI 4
IN1712EI2BZFA0600006A	STRADA DI ACCESSO - PROFILO E SEZIONI 2 DI 4
IN1712EI2BZFA0600007B	STRADA DI ACCESSO - PROFILO E SEZIONI 3 DI 4
IN1712EI2BZFA0600008B	STRADA DI ACCESSO - PROFILO E SEZIONI 4 DI 4
IN1712EI2BZFA0600009A	STRADA PERIMETRALE - PROFILO E SEZIONI 1 DI 4
IN1712EI2BZFA0600010B	STRADA PERIMETRALE - PROFILO E SEZIONI 2 DI 4
IN1712EI2BZFA0600011B	STRADA PERIMETRALE - PROFILO E SEZIONI 3 DI 4
IN1712EI2BZFA0600012A	STRADA PERIMETRALE - PROFILO E SEZIONI 4 DI 4
IN1712EI2BZFA0600013B	STRADA DI ACCESSO - SEGNALETICA ORIZZONTALE E VERTICALE
IN1712EI2BZFA0600014B	STRADA DI ACCESSO - IMPIANTO DI ILLUMINAZIONE
IN1712EI2P9FA0600004B	PIAZZALE - PLANIMETRIA DEI SOTTOSERVIZI DI PROGETTO
IN1712EI2P9FA0600005B	PIAZZALE - PLANIMETRIA RETE ACQUE METEORICHE DI PROGETTO
IN1712EI2FZFA0600001B	PIAZZALE - PROFILI OPERE IDRAULICHE

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 		
Pag 4 di 32	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica E12RHFA0600003	B

IN1712EI2BZFA0600015A	PIAZZALE - PARTICOLARI COSTRUTTIVI OPERE IDRAULICHE
IN1712EI2BZFA0600016A	PIAZZALE E FABBRICATO - PLANIMETRIA RETE ACQUE REFLUE DI PROGETTO E PARTICOLARI COSTRUTTIVI
IN1712EI2PZFA0600002A	PIAZZALE E FABBRICATO - PLANIMETRIA RETE IDRICA DI PROGETTO
IN1712EI2PZFA0600003A	PIAZZALE - PLANIMETRIA OPERE ELETTROMECCANICHE INTERRATE
IN1712EI2PBFA0600001A	FABBRICATO: PIANTE
IN1712EI2PBFA0600002A	FABBRICATO: PROSPETTI
IN1712EI2WBFA0600001A	FABBRICATO: SEZIONI
IN1712EI2BZFA0600017A	FABBRICATO: PARTICOLARI PARTE 1/2
IN1712EI2BZFA0600018A	FABBRICATO: PARTICOLARI PARTE 2/2
IN1712EI2BKFA0600001A	FABBRICATO: ABACO PACCHETTI TECNOLOGICI
IN1712EI2BCFA0600001A	FABBRICATO: ABACO PORTE E FINESTRE
IN1712EI2BBFA0600001A	FABBRICATO - Carpenterie : PIANTE FONDAZIONI
IN1712EI2BBFA0600002A	FABBRICATO - Carpenterie : PIANTE COPERTURA
IN1712EI2BZFA0600019A	FABBRICATO - Carpenterie : SEZIONI
IN1712EI2BZFA0600020A	FABBRICATO - ARMATURE FONDAZIONI
IN1712EI2BZFA0600021A	FABBRICATO - ARMATURE PILASTRI E SOLETTA CONTROTERRA
IN1712EI2BZFA0600022A	FABBRICATO - ARMATURE TRAVI
IN1712EI2BBFA0600003A	FABBRICATO: PIANTA POZZETTI
IN1712EI2BBFA0600004A	FABBRICATO - CABINA TERNA: PIANTA POZZETTI
IN1712EI2PBFA0600003A	FABBRICATO - CABINA TERNA : PIANTA , SEZIONI, PROSPETTI
IN1712EI2BKFA0600002A	FABBRICATO - CABINA TERNA : PARTICOLARI PARTE 1/2
IN1712EI2BKFA0600003A	FABBRICATO - CABINA TERNA : PARTICOLARI PARTE 2/2
IN1712EI2BKFA0600004A	FABBRICATO - CABINA TERNA : ABACO PACCHETTI TECNOLOGICI
IN1712EI2BCFA0600002A	FABBRICATO - CABINA TERNA : ABACO PORTE E FINESTRE
IN1712EI2BBFA0600005A	FABBRICATO - CABINA TERNA - PIANTA FONDAZIONI E COPERTURA
IN1712EI2BBFA0600006A	FABBRICATO - CABINA TERNA - SEZIONI
IN1712EI2BZFA0600023A	FABBRICATO - CABINA TERNA - ARMATURE FONDAZIONI, PILASTRI, TRAVI E SOLAI

Elaborati di riferimento del Progetto Esecutivo:

- [1] IN1710EI2RHGE0000002A Relazione geologica, caratterizzazione e modellazione geologica del sito 1/2 (da 0+000 a 21+990)
- [2] IN1710EI2RHGE0000004A Relazione idrogeologica 1/2 (da 0+000 a 21+990)
- [3] IN1710EI2RBGE0000002B Relazione geotecnica (da 10+050 a 21+990)
- [4] IN1710EI2LZGE0000015A Planimetria con ubicazione indagini e profilo geotecnico 4 di 11
- [5] IN1710EI2RHGE0000006A Relazione sulla modellazione sismica del sito e pericolosità sismica di base 1/2 (da 0+000 a 21+990)
- [6] IN1710EI2P5GE0000004A Planimetrie con classificazione sismica del territorio 4 di 11

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 		
Pag 5 di 32	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RHFA0600003	B

2 PREMESSA

La presente relazione è relativa al progetto esecutivo delle opere strutturali del fabbricato FA06 – SSE e relativa cabina terna al km 16+765 da realizzare nella tratta Verona - Padova, sub-lotto Verona – Montebello Vicentino, nell’ambito della progettazione esecutiva della linea AV/AC Torino-Venezia. 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 32	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RHFA0600003	B

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 32	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RHFA0600003	B

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 32	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RHFA0600003	B

- 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 32	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica E12RHFA0600003	B

- 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 32	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RHFA0600003	B

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 32	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RHFA0600003	B

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:

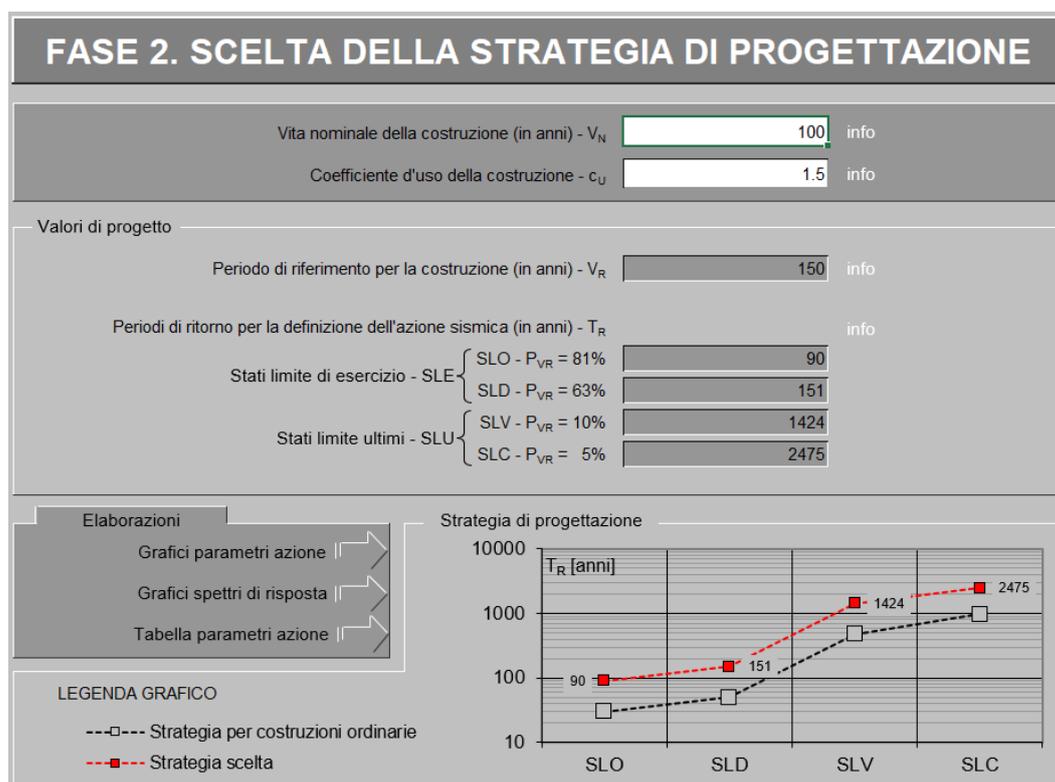


Figura 1 Periodi di ritorno per le diverse probabilità di superamento nel periodo V_R .

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 32	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RHFA0600003	B

(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°13'08.03" E

Latitudine: 45°23'32.58" 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.

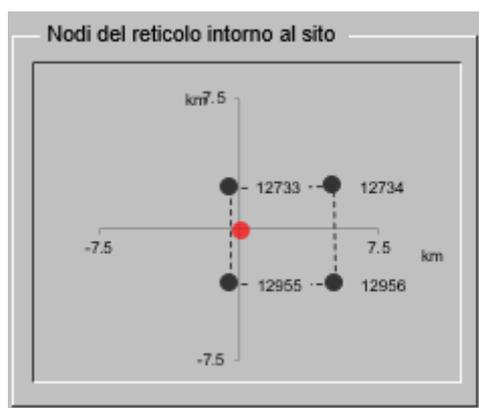


Figura 2 Individuazione del punto di interesse nel reticolo di riferimento.

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	0.068	2.493	0.265
SLD	151	0.086	2.476	0.269
SLV	1424	0.213	2.436	0.285
SLC	2475	0.262	2.384	0.292

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

Valori di progetto dei parametri a_g , F_0 , T_C^* in funzione del periodo di ritorno T_R

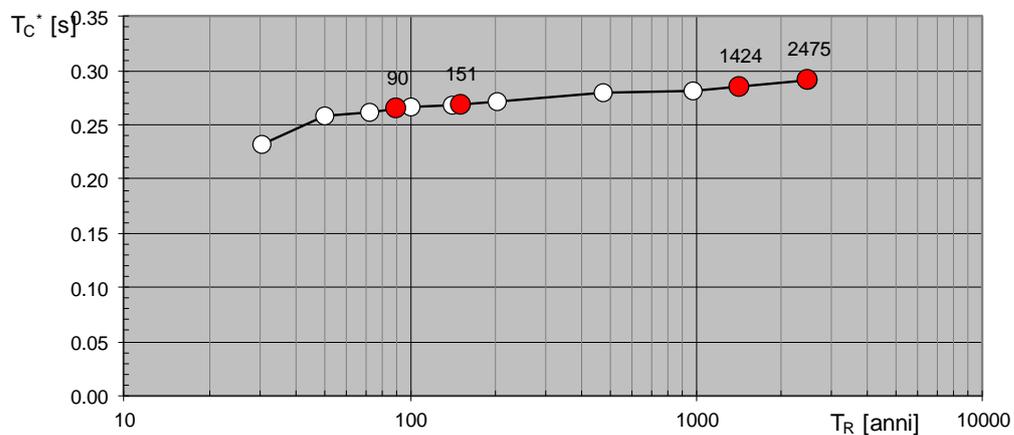
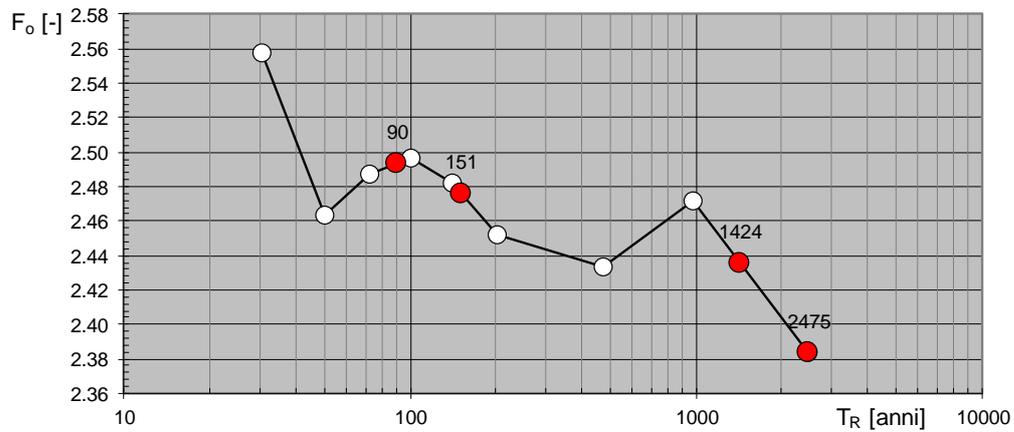
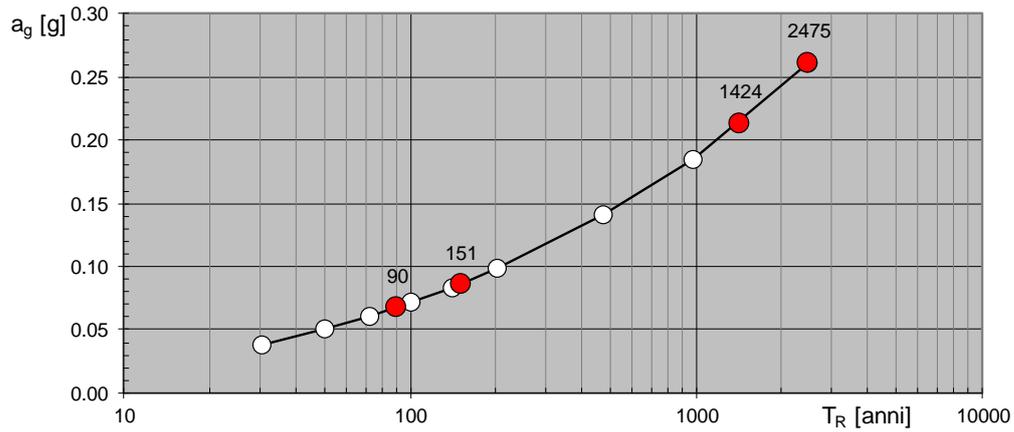


Figura 3 Valori di progetto di a_g , F_0 , T_C^* in funzione del periodo di ritorno T_R

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 		
Pag 14 di 32	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RHFA0600003	B

Spettri di risposta elastici per i diversi Stati Limite

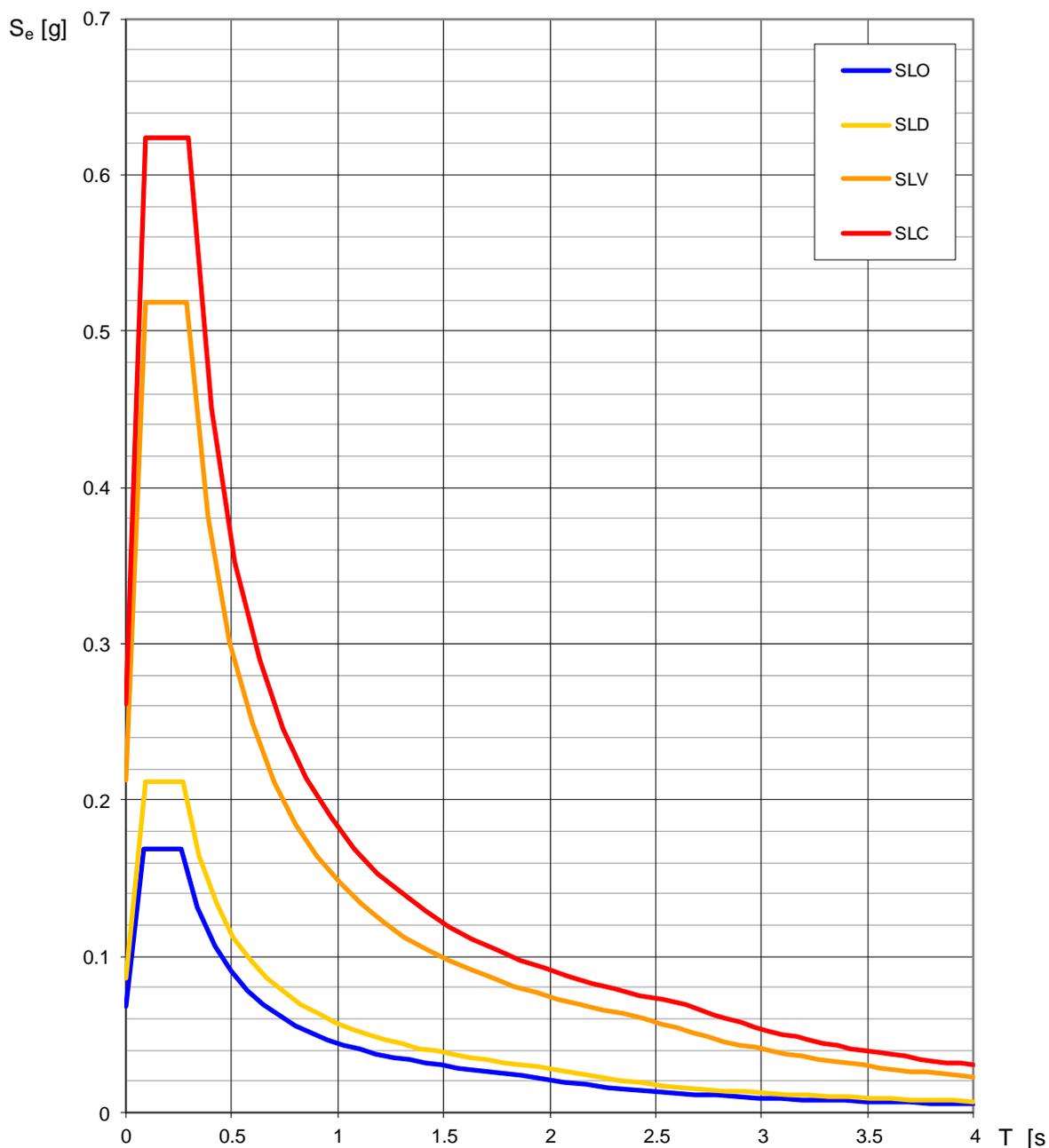


Figura 4 Spettri di risposta elastici per i diversi Stati Limite su suolo rigido

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 		
Pag 15 di 32	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RHFA0600003	B

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 [5] il terreno su cui sorgerà il FA06 è classificato in categoria C.

Si riporta nell'immagine seguente uno stralcio della Planimetria con Classificazione Sismica del Territorio [6], in cui è individuata la localizzazione del fabbricato in oggetto.

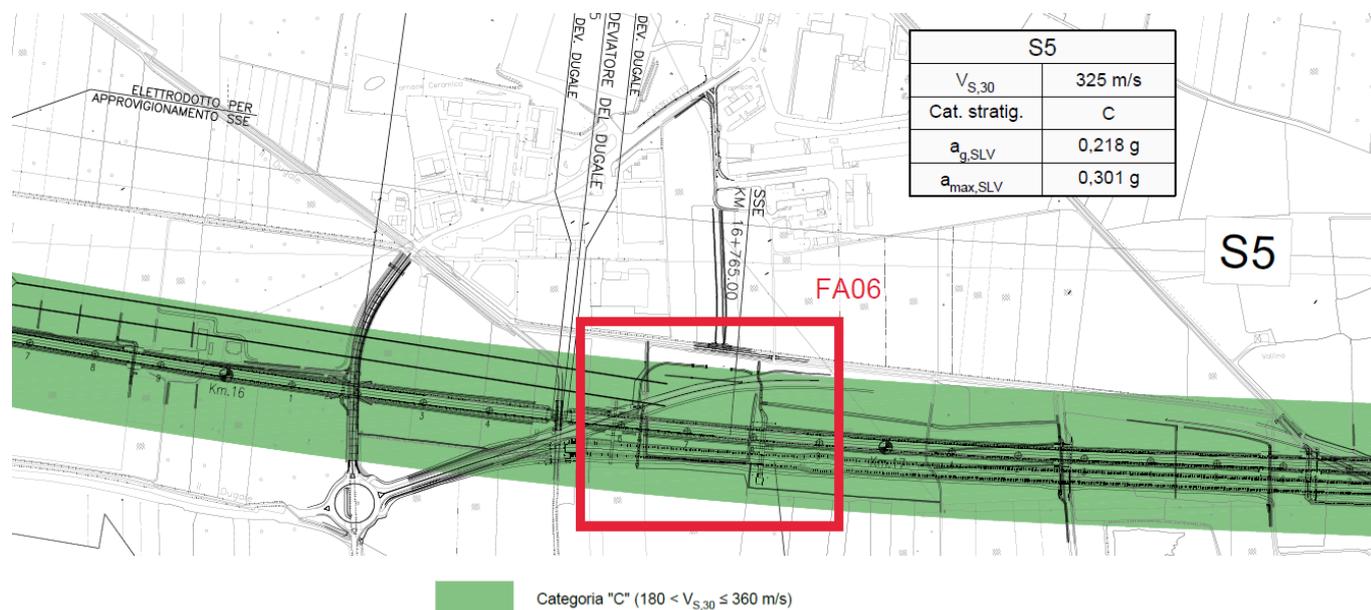


Figura 5 Categoria di sottosuolo del sito in esame

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 		
Pag 16 di 32	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RHFA0600003	B

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	0.068	0.101
SLD	1.500	1	1.500	0.086	0.129
SLV	1.389	1	1.389	0.213	0.296
SLC	1.326	1	1.326	0.262	0.347

Tabella 3: Coefficienti correttivi locali e accelerazioni massime

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 		
Pag 17 di 32	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RHFA0600003	B

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 32	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica E12RHFA0600003	B

- 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.



Pag

19 di 32

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RHFA0600003

B

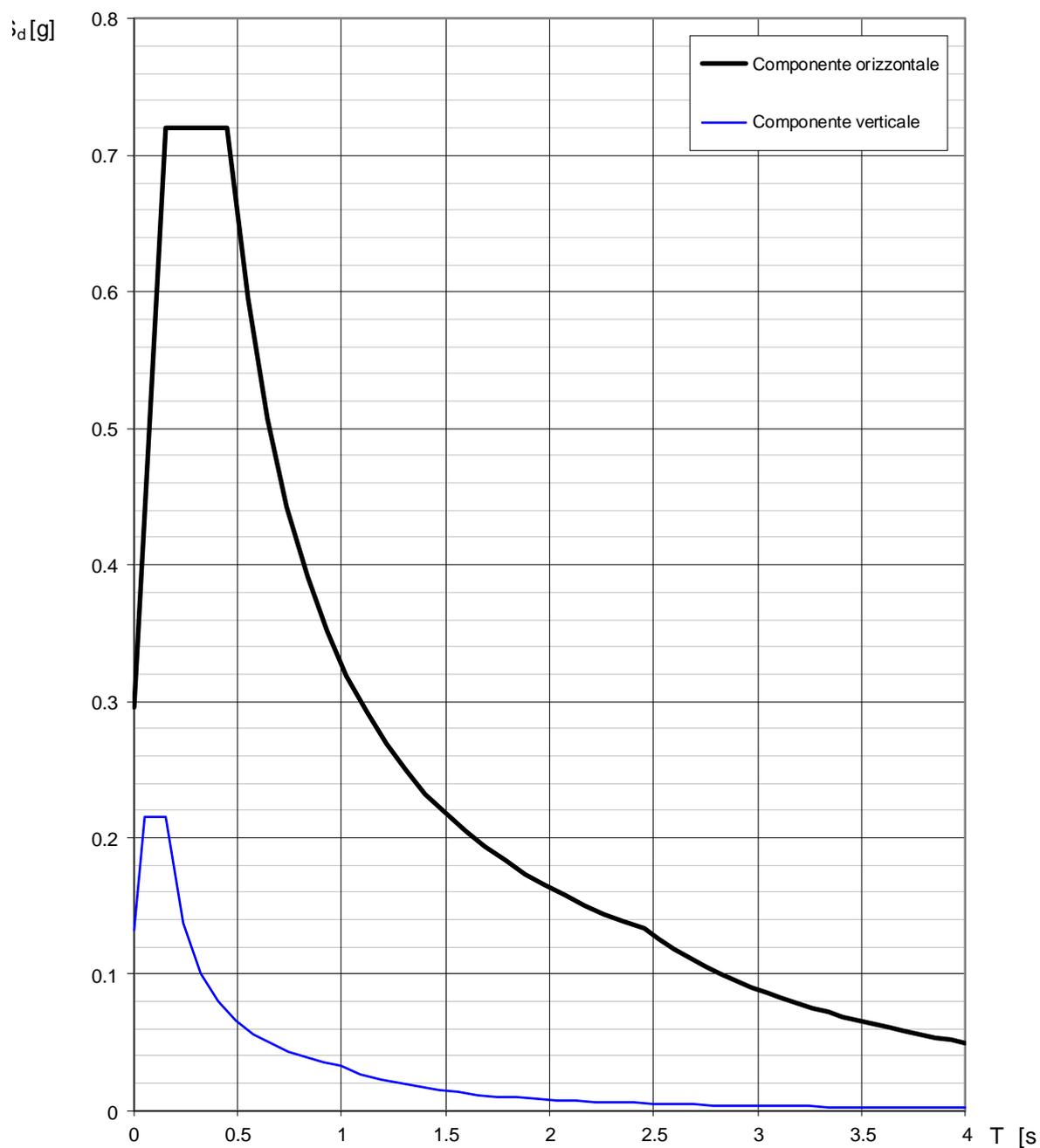
Spettri di risposta (componenti orizz. e vert.) per lo stato limite: SLV

Figura 6 Spettro elastico SLV



Pag

20 di 32

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RHFA0600003

B

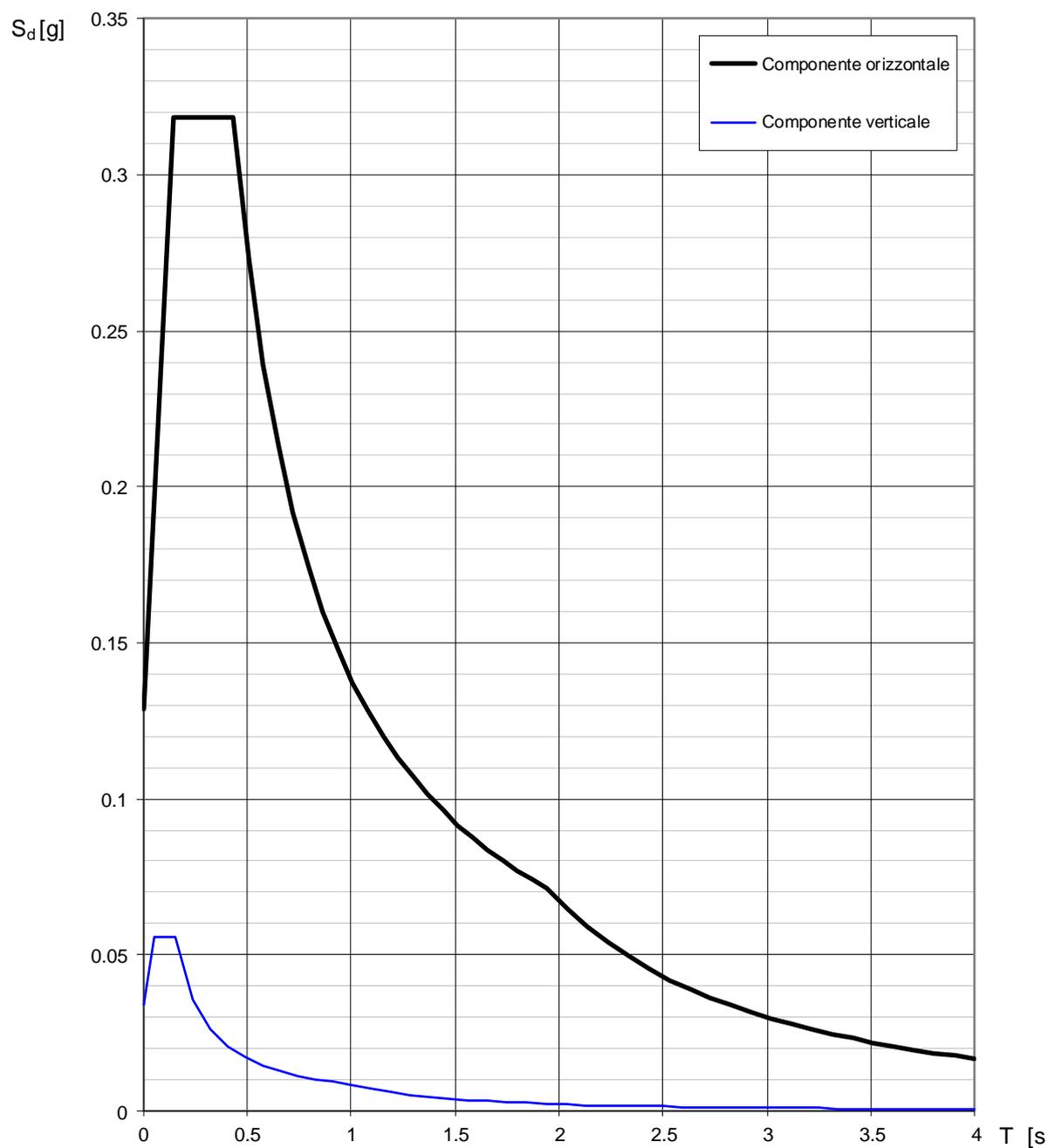
Spettri di risposta (componenti orizz. e vert.) per lo stato limite: SLD

Figura 7 Spettro elastico SLD



Pag

21 di 32

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RHFA0600003

B

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

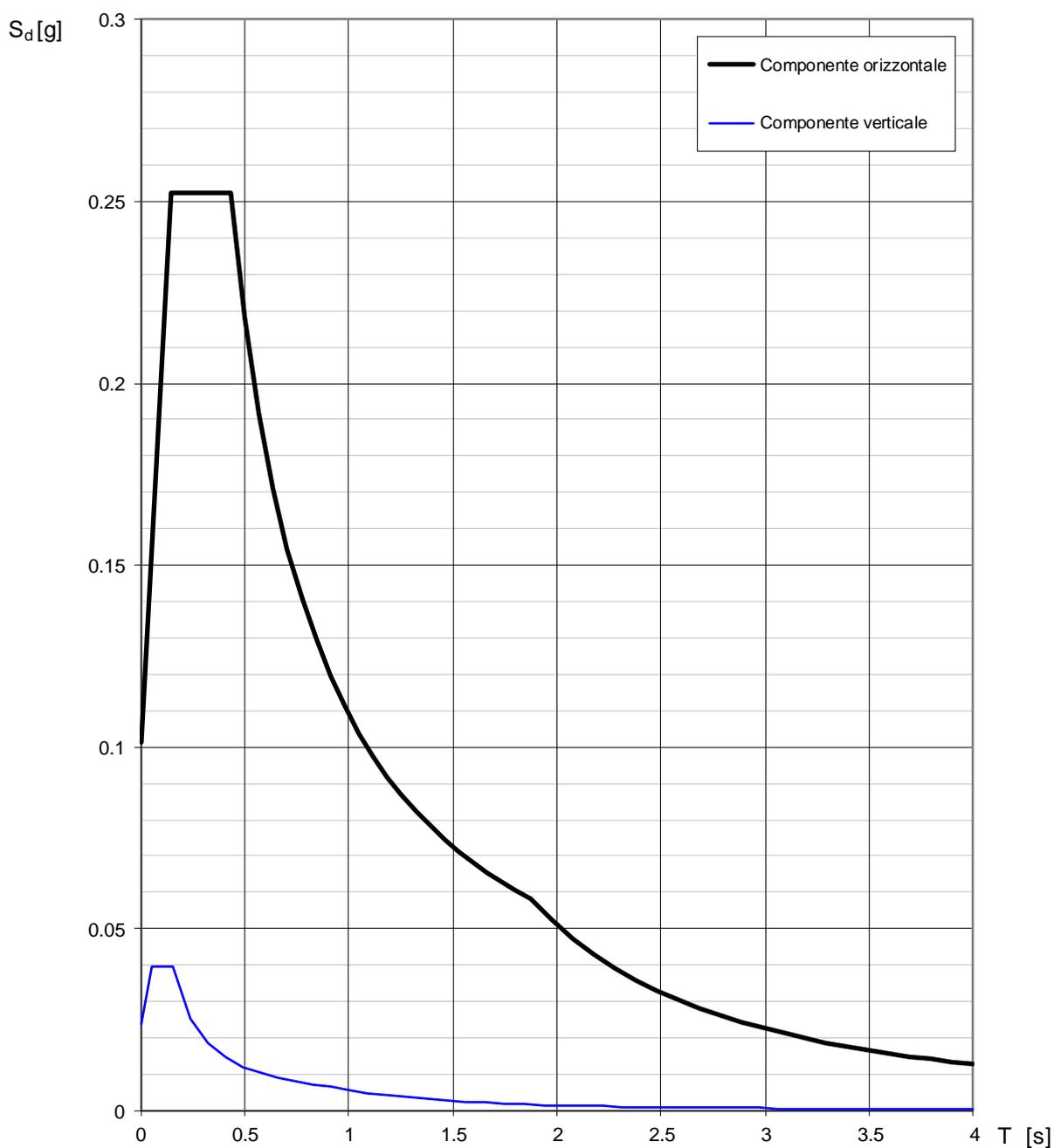


Figura 8 Spettro elastico SLO

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 		
Pag 22 di 32	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RHFA0600003	B

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

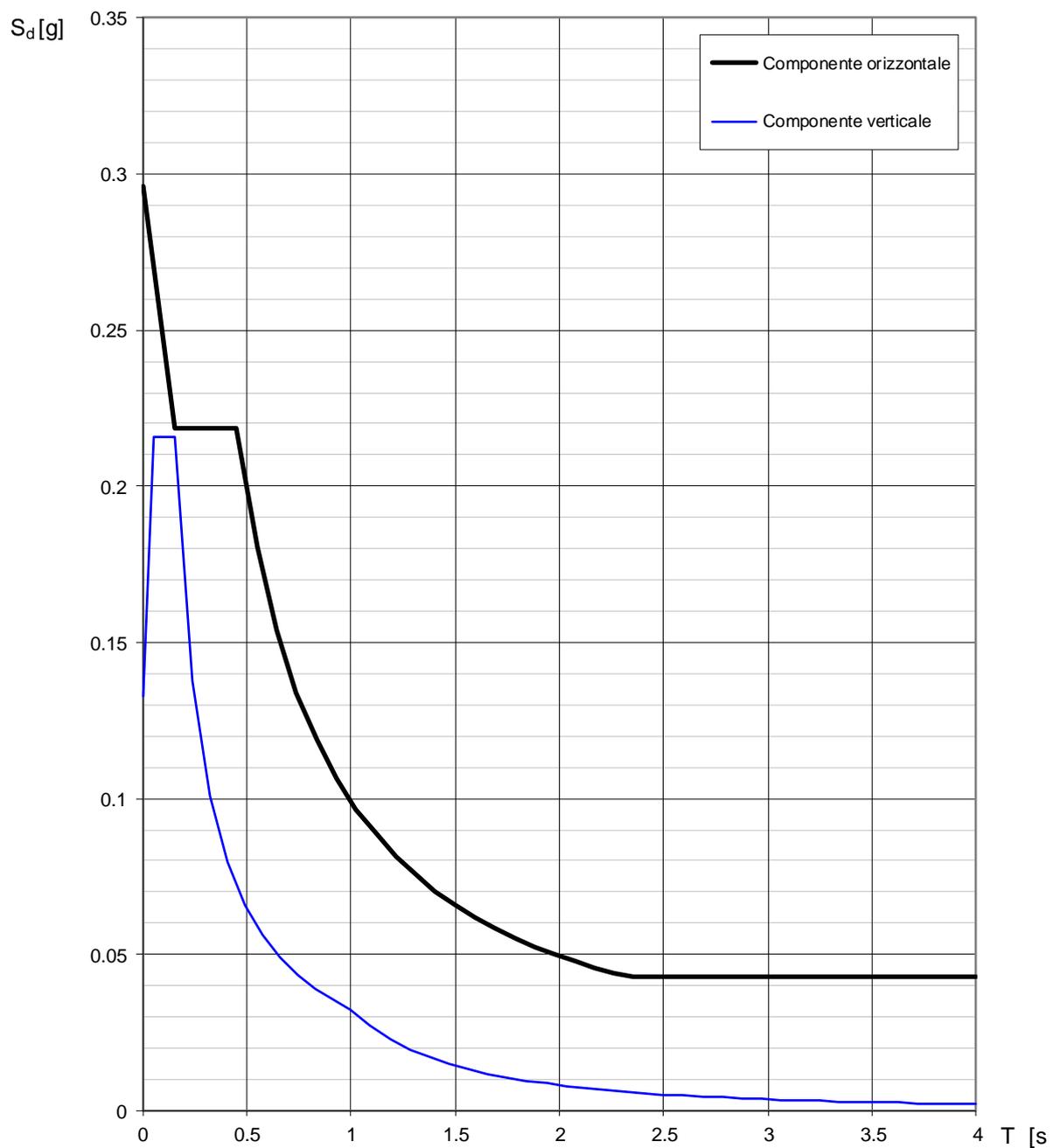


Figura 9 Spettro di progetto SLV

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 		
Pag 24 di 32	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RHFA0600003	B

Parametri e punti dello spettro di risposta orizzontale per lo stato limite SLV

Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLV
a_g	0.213 g
F_o	2.436
T_C^*	0.285 s
S_S	1.389
C_C	1.588
S_T	1.000
q	3.300

Parametri dipendenti

S	1.389
η	0.303
T_B	0.151 s
T_C	0.453 s
T_D	2.452 s

Espressioni dei parametri dipendenti

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Lo spettro di progetto $S_d(T)$ per le verifiche agli Stati Limite Ultimi è ottenuto dalle espressioni dello spettro elastico $S_e(T)$ sostituendo η con $1/q$, dove q è il fattore di struttura. (NTC-08 § 3.2.3.5)

Punti dello spettro di risposta

	T [s]	Se [g]
	0.000	0.296
$T_B \leftarrow$	0.151	0.218
$T_C \leftarrow$	0.453	0.218
	0.548	0.180
	0.644	0.154
	0.739	0.134
	0.834	0.119
	0.929	0.107
	1.024	0.097
	1.120	0.088
	1.215	0.081
	1.310	0.076
	1.405	0.070
	1.500	0.066
	1.596	0.062
	1.691	0.059
	1.786	0.055
	1.881	0.053
	1.976	0.050
	2.072	0.048
	2.167	0.046
	2.262	0.044
	2.357	0.043
$T_D \leftarrow$	2.452	0.043
	2.526	0.043
	2.600	0.043
	2.673	0.043
	2.747	0.043
	2.821	0.043
	2.895	0.043
	2.968	0.043
	3.042	0.043
	3.116	0.043
	3.189	0.043
	3.263	0.043
	3.337	0.043
	3.410	0.043
	3.484	0.043
	3.558	0.043
	3.632	0.043
	3.705	0.043
	3.779	0.043
	3.853	0.043
	3.926	0.043
	4.000	0.043

Tabella 3: Punti dello spettro di risposta di progetto SLV

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 		
Pag 25 di 32	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica E12RHFA0600003	B

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 Figura 10 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.



Pag

26 di 32

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

E12RHFA0600003

B

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

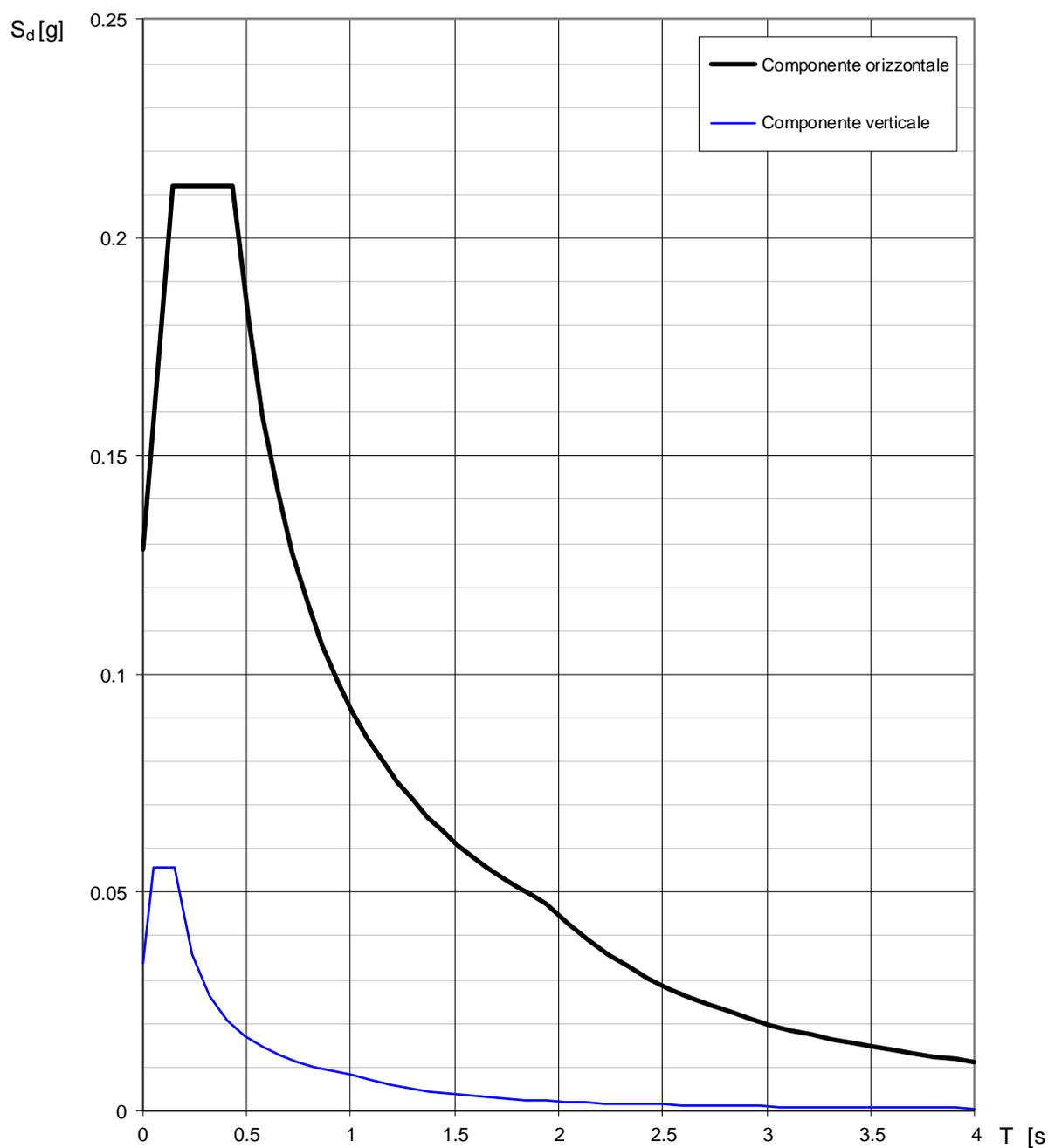


Figura 10 Spettro di progetto SLD

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 		
Pag 27 di 32	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RHFA0600003	B

Parametri e punti dello spettro di risposta orizzontale per lo stato limite SLD

Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLD
a_g	0.086 g
F_o	2.476
T_C	0.269 s
S_S	1.500
C_C	1.620
S_T	1.000
q	1.500

Parametri dipendenti

S	1.500
η	0.667
T_B	0.145 s
T_C	0.435 s
T_D	1.943 s

Espressioni dei parametri dipendenti

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Lo spettro di progetto $S_d(T)$ per le verifiche agli Stati Limite Ultimi è ottenuto dalle espressioni dello spettro elastico $S_e(T)$ sostituendo η con $1/q$, dove q è il fattore di struttura. (NTC-08 § 3.2.3.5)

Punti dello spettro di risposta

	T [s]	Se [g]
	0.000	0.129
T_B ←	0.145	0.212
T_C ←	0.435	0.212
	0.507	0.182
	0.579	0.160
	0.651	0.142
	0.722	0.128
	0.794	0.116
	0.866	0.107
	0.938	0.098
	1.010	0.091
	1.081	0.085
	1.153	0.080
	1.225	0.075
	1.297	0.071
	1.368	0.067
	1.440	0.064
	1.512	0.061
	1.584	0.058
	1.656	0.056
	1.727	0.053
	1.799	0.051
	1.871	0.049
T_D ←	1.943	0.048
	2.041	0.043
	2.139	0.039
	2.237	0.036
	2.335	0.033
	2.433	0.030
	2.530	0.028
	2.628	0.026
	2.726	0.024
	2.824	0.022
	2.922	0.021
	3.020	0.020
	3.118	0.018
	3.216	0.017
	3.314	0.016
	3.412	0.015
	3.510	0.015
	3.608	0.014
	3.706	0.013
	3.804	0.012
	3.902	0.012
	4.000	0.011

Tabella 3: Punti dello spettro di risposta di progetto SLD

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

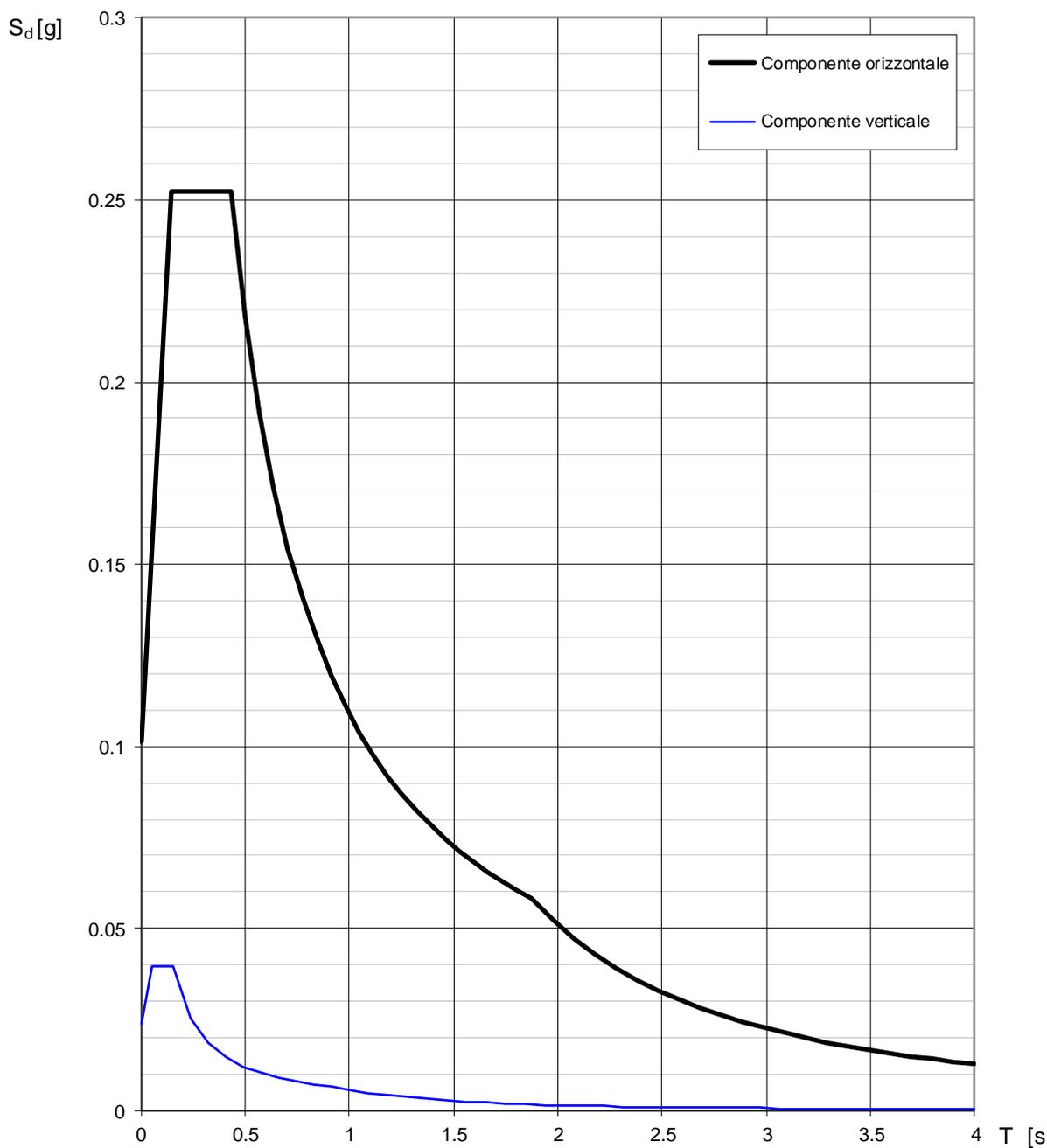


Figura 11 Spettro di progetto SLO

Tabella 3: Punti dello spettro di risposta di progetto SLO

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 		
Pag 29 di 32	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RHFA0600003	B

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].

Le verifiche condotte nei confronti del fenomeno della liquefazione nel tratto di interesse hanno restituito coefficienti di sicurezza non adeguati. Data la circostanza, nel progetto geotecnico è previsto un intervento di mitigazione del rischio di liquefazione, che consiste in uno strato di bonifico di 0,50 m al di sotto del piano di campagna e un trattamento del terreno in situ mediante colonne di ghiaia Φ 800 a maglia 200x200cm.

Per maggiori dettagli e per le verifiche dell'intervento suddetto si rimanda agli specifici elaborati progettuali:

- IN1712EI2CLFA0603001 - Relazione di calcolo trattamenti colonnari;
- IN1712EI2P9FA0603001 – Trattamento colonnare – Planimetria di tracciamento e numerazione colonne di ghiaia;
- IN1712EI2BZFA0603001 – Trattamento colonnare – Fasi realizzative e sezioni tipo

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 			
Pag 30 di 32		Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RHA0600003	B

6 ANALISI MODALE E MODI DI VIBRARE

Per la modellazione della sovrastruttura e delle opere di fondazione è stato impiegato il software FEM Midas GEN, di Midas Information Technologies.

L'analisi modale è stata eseguita per individuare i modi di vibrare principali della struttura. 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.

EIGENVALUE ANALYSIS												
Mode No	Frequency		Period		Tolerance							
	(rad/sec)	(cycle/sec)	(sec)	(sec)								
1	14.8397	2.3618	0.4234	0.0000e+000								
2	17.2291	2.7421	0.3647	0.0000e+000								
3	20.8520	3.3187	0.3013	0.0000e+000								
4	92.2027	14.6745	0.0681	0.0000e+000								
5	122.1441	19.4398	0.0514	0.0000e+000								
6	140.7948	22.4082	0.0446	0.0000e+000								
7	155.6327	24.7697	0.0404	0.0000e+000								
8	215.2172	34.2529	0.0292	0.0000e+000								
9	783.2835	124.6634	0.0080	0.0000e+000								
10	1031.3179	164.1393	0.0061	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	0.0009	0.0009	97.5430	97.5430	0.0000	0.0000	93.4076	93.4076	0.0008	0.0008	0.0461	0.0461
2	97.4907	97.4916	0.0008	97.5439	0.0000	0.0000	0.0007	93.4083	92.4912	92.4921	0.0034	0.0495
3	0.0144	97.5060	0.0044	97.5483	0.0000	0.0000	0.0054	93.4137	0.0155	92.5076	98.7231	98.7726
4	0.0000	97.5060	0.1480	97.6962	0.0000	0.0000	0.0514	93.4651	0.0000	92.5076	0.0000	98.7726
5	0.0975	97.6035	0.0000	97.6963	0.0000	0.0000	0.0000	93.4651	0.0813	92.5889	0.0000	98.7726
6	0.1392	97.7426	0.0003	97.6965	0.0000	0.0000	0.0125	93.4776	0.0048	92.5937	0.0000	98.7726
7	0.0024	97.7450	0.0289	97.7254	0.0000	0.0000	2.4820	95.9596	0.0775	92.6712	0.0001	98.7727
8	0.0035	97.7486	0.0237	97.7491	0.0000	0.0000	2.4750	98.4346	0.9482	93.6194	0.0000	98.7727
9	0.7175	98.4660	0.4631	98.2122	0.0000	0.0000	0.6920	99.1266	4.1840	97.8034	0.0367	98.8094
10	0.6675	99.1336	1.2745	99.4868	0.0000	0.0000	0.5428	99.6694	0.7895	98.5929	0.8873	99.6967

Tabella 3 Modi di vibrare della struttura SSE

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

1° Modo di vibrare

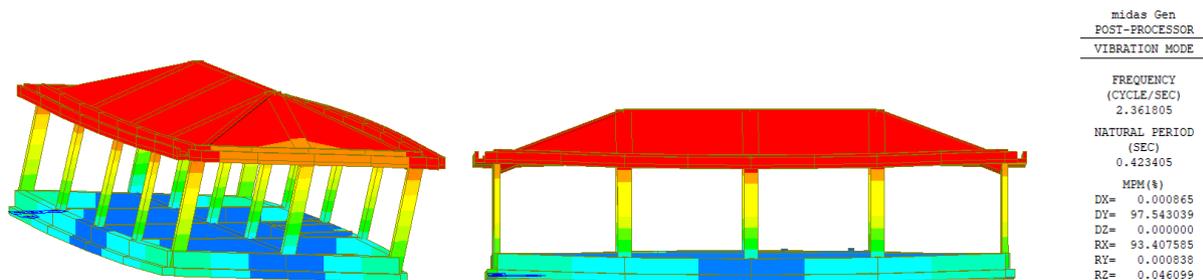
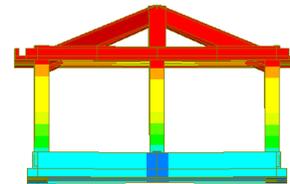
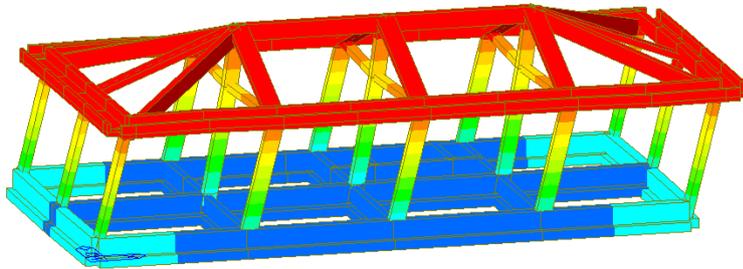


Figura 12 SSE 1° Modo di vibrare, periodo 0.423 s, frequenza 2.3618 Hz

2° Modo di vibrare



```

midas Gen
POST-PROCESSOR
VIBRATION MODE

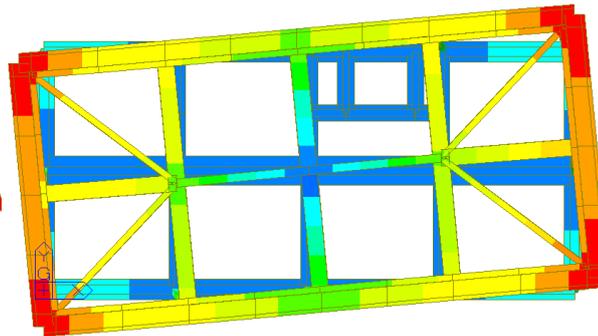
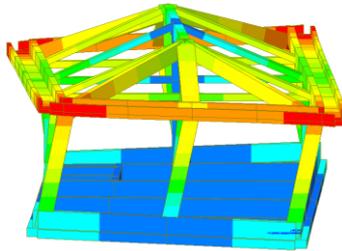
FREQUENCY
(CYCLE/SEC)
2.742097

NATURAL PERIOD
(SEC)
0.364684

MPM(%)
DX= 97.490721
DY= 0.000820
DZ= 0.000000
RX= 0.000746
RY= 92.491237
RZ= 0.003356
    
```

Figura 13 SSE 2° Modo di vibrare, periodo 0.3647 s, frequenza 2.7421 Hz

3° Modo di vibrare



```

midas Gen
POST-PROCESSOR
VIBRATION MODE

FREQUENCY
(CYCLE/SEC)
3.318703

NATURAL PERIOD
(SEC)
0.301323

MPM(%)
DX= 0.014377
DY= 0.004412
DZ= 0.000000
RX= 0.005364
RY= 0.015545
RZ= 98.723097
    
```

Figura 14 SSE 3° Modo di vibrare, periodo 0.3013 s, frequenza 3.3187 Hz

EIGENVALUE ANALYSIS													
Mode No	Frequency		Period		Tolerance								
	(rad/sec)	(cycle/sec)	(sec)	(sec)									
1	19.4473	3.0951	0.3231	0.0000e+000									
2	24.5618	3.9091	0.2558	0.0000e+000									
3	27.6571	4.4018	0.2272	0.0000e+000									
4	470.9959	74.9613	0.0133	0.0000e+000									
5	638.0967	101.5562	0.0098	0.0000e+000									
6	866.3372	137.8819	0.0073	0.0000e+000									
7	975.1611	155.2017	0.0064	0.0000e+000									
8	1323.1723	210.5894	0.0047	0.0000e+000									
9	2002.4640	318.7020	0.0031	0.0000e+000									
10	2355.2394	374.8480	0.0027	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	100.0000	100.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	100.0000	100.0000	0.0000	0.0000	
2	0.0000	100.0000	98.2857	98.2857	0.0000	0.0000	98.2857	98.2857	0.0000	100.0000	1.7142	1.7142	
3	0.0000	100.0000	1.7142	99.9999	0.0000	0.0000	1.7142	99.9999	0.0000	100.0000	98.2858	100.0000	
4	0.0000	100.0000	0.0001	100.0000	0.0000	0.0000	0.0001	100.0000	0.0000	100.0000	0.0000	100.0000	
5	0.0000	100.0000	0.0000	100.0000	0.0000	0.0000	0.0000	100.0000	0.0000	100.0000	0.0000	100.0000	
6	0.0000	100.0000	0.0000	100.0000	0.0000	0.0000	0.0000	100.0000	0.0000	100.0000	0.0000	100.0000	
7	0.0000	100.0000	0.0000	100.0000	0.0000	0.0000	0.0000	100.0000	0.0000	100.0000	0.0000	100.0000	
8	0.0000	100.0000	0.0000	100.0000	0.0000	0.0000	0.0000	100.0000	0.0000	100.0000	0.0000	100.0000	
9	0.0000	100.0000	0.0000	100.0000	0.0000	0.0000	0.0000	100.0000	0.0000	100.0000	0.0000	100.0000	
10	0.0000	100.0000	0.0000	100.0000	0.0000	0.0000	0.0000	100.0000	0.0000	100.0000	0.0000	100.0000	

Tabella 4 Modi di vibrare della struttura Cabina Terna

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 		
Pag 32 di 32	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RHFA0600003	B

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

1° Modo di vibrare

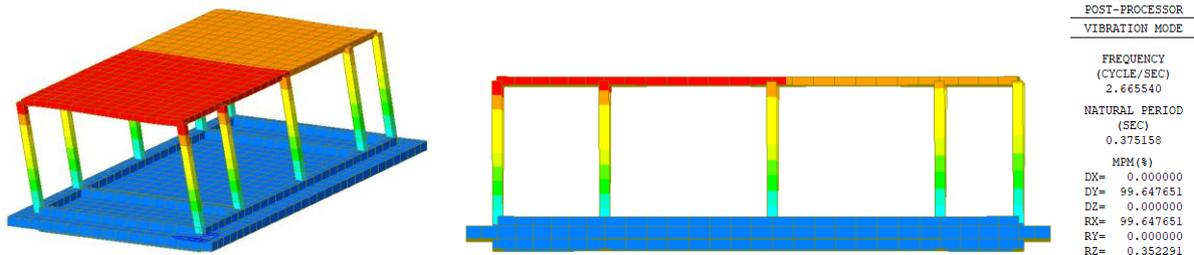


Figura 15 Cabina Terna 1° Modo di vibrare, periodo 0.3752 s, frequenza 2.6655Hz

2° Modo di vibrare

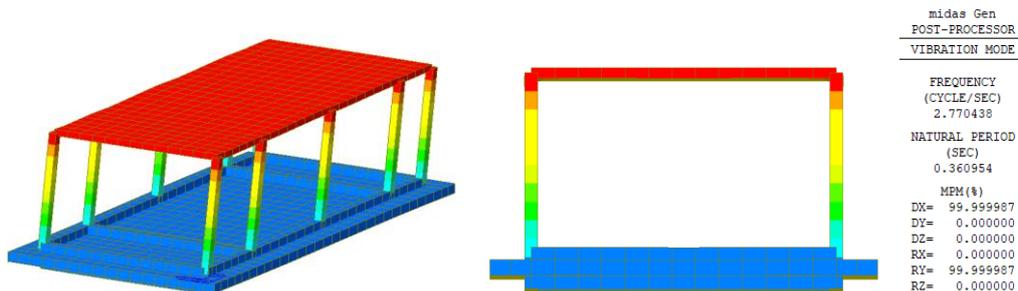


Figura 16 Cabina Terna 2° Modo di vibrare, periodo 0.3610 s, frequenza 2.7704 Hz

3° Modo di vibrare

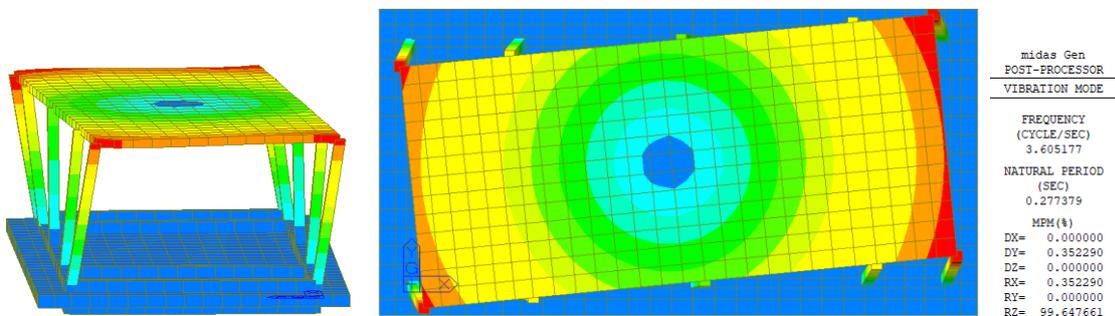


Figura 17 Cabina Terna 3° Modo di vibrare, periodo 0.2774 s, frequenza 3.6052 Hz