

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  
FA02 - FABBRICATO SSE AL KM 3+885,60  
STRUTTURE  
RELAZIONE SISMICA**








GENERAL CONTRACTOR		DIRETTORE LAVORI		SCALA -
IL PROGETTISTA INTEGRATORE  Ing. Paolo MALAVENDA iscritto all'ordine degli Ingegneri di Venezia n. 4289 Data: N. 4289	Consorzio Iricav Due Ing. Paolo CARMONA Data:	ing. Luca Zaccaria iscritto all'ordine degli ingegneri di Ravenna n.A1206 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 2 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	SBA 	28/02/2021	MPA 	28/02/2021	GSA 	28/02/2021	 Data: 20/04/2021
B	REV. A SEGUITO RECEPIMENTO ISTRUTTORIA ENTE VALIDATORE	SBA 	20/04/2021	MPA 	20/04/2021	GSA 	20/04/2021	

CIG. 8377957CD1	CUP: J41E91000000009	File: IN1712EI2RHFA0200003B
		Cod. origine:





Progetto cofinanziato  
dalla Unione Europea

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 		
Pag 2 di 33	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica E12RHFA0200003	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 .....	30
6	ANALISI MODALE E MODI DI VIBRARE.....	30

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 		
Pag 3 di 33	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica E12RHFA0200003	B

## 1 ELABORATI DI RIFERIMENTO

CODIFICA	TITOLO ELABORATO
IN1712EI2EEFA0200001B	ELENCO ELABORATI
IN1712EI2RGFA0200001B	RELAZIONE GENERALE DI CONFRONTO PD-PE
IN1712EI2RHFA0200001B	RELAZIONE TECNICA DESCRITTIVA
IN1712EI2RIFA0200001B	RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA
IN1712EI2RBFA0200001B	RELAZIONE GEOTECNICA
IN1712EI2RHFA0200002B	RELAZIONE ILLUSTRATIVA DEI MATERIALI
IN1712EI2CLFA0200001B	RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURALE
IN1712EI2RHFA0200003B	RELAZIONE SISMICA
IN1712EI2CMFA0200001B	COMPUTO METRICO
IN1712EI2CEFA0200001B	COMPUTO METRICO ESTIMATIVO
IN1712EI2RHFA0200004B	ELENCO PREZZI UNITARI
IN1712EI2RHFA0200006B	PIANO DI MANUTENZIONE
IN1711EI2P7FA0200001A	PLANIMETRIA DI INQUADRAMENTO
IN1712EI2P9FA0200001B	PLANIMETRIA GENERALE STATO DI FATTO-RILIEVO TOPOGRAFICO
IN1712EI2P9FA0200002B	PLANIMETRIA GENERALE STATO DI PROGETTO
IN1712EI2P9FA0200003B	PLANIMETRIA STATO DI PROGETTO E ANDAMENTO ALTIMETRICO
IN1712EI2P9FA0200004B	PLANIMETRIA COSTRUZIONI E DEMOLIZIONI
IN1712EI2P9FA0200005B	PLANIMETRIA TRATTAMENTO SUPERFICI
IN1712EI2BZFA0200001B	PIAZZALE E ACCESSI - SEZIONI TRASVERSALI PIAZZALE PARTE 1/3
IN1712EI2BZFA0200017A	PIAZZALE E ACCESSI - SEZIONI TRASVERSALI PIAZZALE PARTE 2/3
IN1712EI2BZFA0200018A	PIAZZALE E ACCESSI - SEZIONI TRASVERSALI PIAZZALE PARTE 3/3
IN1712EI2BZFA0200002B	PIAZZALE E ACCESSI - PROFILO RECINZIONE PIAZZALE TERNA
IN1712EI2BZFA0200003B	PIAZZALE E ACCESSI - PROFILO RECINZIONE PIAZZALE RFI
IN1712EI2BZFA0200004B	PIAZZALE E ACCESSI - PROFILO E SEZIONI ACCESSO TERNA PARTE 1/2
IN1712EI2BZFA0200019A	PIAZZALE E ACCESSI - PROFILO E SEZIONI ACCESSO TERNA PARTE 2/2
IN1712EI2BZFA0200005B	PIAZZALE E ACCESSI - PROFILO E SEZIONI ACCESSO RFI PARTE 1/2
IN1712EI2BZFA0200020A	PIAZZALE E ACCESSI - PROFILO E SEZIONI ACCESSO RFI PARTE 2/2
IN1712EI2BZFA0200006B	STRADE DI ACCESSO - SEGNALETICA ORIZZONTALE E VERTICALE
IN1712EI2BZFA0200007B	PIAZZALE E ACCESSI - PARTICOLARI COSTRUTTIVI - SEZIONE TIPO
IN1712EI2P9FA0200006B	PIAZZALE - PLANIMETRIA RETI IDRAULICHE DI PROGETTO
IN1712EI2P9FA0200007B	PIAZZALE - PLANIMETRIA RETE ACQUE METEORICHE DI PROGETTO
IN1712EI2FZFA0200001B	PROFILI LONGITUDINALI OPERE IDRAULICHE (001 di 002)
IN1712EI2FZFA0200002B	PROFILI LONGITUDINALI OPERE IDRAULICHE (002 di 002)

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 		
Pag 4 di 33	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica E12RHFA0200003	B

IN1712EI2BZFA0200008B	PIAZZALE - PARTICOLARI COSTRUTTIVI OPERE IDRAULICHE
IN1712EI2BZFA0200009B	PIAZZALE - PLANIMETRIA RETE ACQUE REFLUE DI PROGETTO E PARTICOLARI COSTRUTTIVI
IN1712EI2BZFA0200010B	PIAZZALE - PLANIMETRIA RETE IDRICA DI PROGETTO
IN1712EI2P9FA0200008B	PIAZZALE - PLANIMETRIA OPERE ELETTROMECCANICHE INTERRATE
IN1712EI2PBFA0200001B	FABBRICATO: PIANTE
IN1712EI2PBFA0200002B	FABBRICATO: PROSPETTI
IN1712EI2PBFA0200003B	FABBRICATO: SEZIONI
IN1712EI2BZFA0200011B	FABBRICATO: PARTICOLARI PARTE 1/2
IN1712EI2BZFA0200021A	FABBRICATO: PARTICOLARI PARTE 2/2
IN1712EI2BKFA0200001B	FABBRICATO: ABACO PACCHETTI TECNOLOGICI
IN1712EI2BCFA0200001B	FABBRICATO: ABACO PORTE E FINESTRE
IN1712EI2BBFA0200001B	FABBRICATO - CARPENTERIE: PIANTE FONDAZIONI
IN1712EI2BBFA0200002B	FABBRICATO - CARPENTERIE: PIANTE COPERTURA
IN1712EI2BBFA0200003B	FABBRICATO - CARPENTERIE: SEZIONI
IN1712EI2BZFA0200012B	FABBRICATO - ARMATURE FONDAZIONI
IN1712EI2BZFA0200013B	FABBRICATO - ARMATURE PILASTRI E SOLETTA CONTROTERRA
IN1712EI2BZFA0200014B	FABBRICATO - ARMATURE TRAVI
IN1712EI2PBFA0200004B	FABBRICATO: PIANTA POZZETTI
IN1712EI2PBFA0200005B	FABBRICATO - CABINA TERNA: PIANTA POZZETTI
IN1712EI2BZFA0200015B	FABBRICATO - CABINA TERNA : PIANTA , SEZIONI, PROSPETTI, PARTICOLARI
IN1712EI2BKFA0200002B	FABBRICATO - CABINA TERNA : PARTICOLARI PARTE 1/2
IN1712EI2BKFA0200004A	FABBRICATO - CABINA TERNA : PARTICOLARI PARTE 2/2
IN1712EI2BKFA0200003B	FABBRICATO - CABINA TERNA : ABACO PACCHETTI TECNOLOGICI
IN1712EI2BCFA0200002B	FABBRICATO - CABINA TERNA : ABACO PORTE E FINESTRE
IN1712EI2BBFA0200004B	FABBRICATO - CABINA TERNA - PIANTA FONDAZIONI E COPERTURA
IN1712EI2BBFA0200005B	FABBRICATO - CABINA TERNA - SEZIONI
IN1712EI2BZFA0200016B	FABBRICATO - CABINA TERNA - ARMATURE FONDAZIONI, PILASTRI, TRAVI E SOLAI

#### Elaborati di riferimento del Progetto Definitivo:

- |     |                       |  |
|-----|-----------------------|--|
| [1] | IN0D00DI2RHGE0000009A | Relazione Geologica e Geomorfologica                           |
| [2] | IN0D00DI2RHGE0002003A | Relazione Idrogeologica  |
| [3] | IN0D00DI2RBGE0005101D | Relazione Geotecnica Generale & Addendum - Parte 1             |
| [4] | IN0D00DI2F5GE0002001E | Profilo Geotecnico - Tav 1/11                                  |
| [5] | IN0D00DI2RHXX0000003A | Relazione Sismica  |
| [6] | IN0D00DI2P4XX0000001C | Planimetria con Classificazione Sismica del territorio – Tav 1 |

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 		
Pag 5 di 33	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RHFA0200003	B

## 2 PREMESSA

La presente relazione è relativa al progetto esecutivo delle opere strutturali del fabbricato FA02 – SSE e relativa cabina terna al km 3+885,60 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”

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 		
Pag 6 di 33	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RHFA0200003	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 33	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica E12RHFA0200003	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 33	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RHFA0200003	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 33	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica E12RHFA0200003	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 33	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RHFA0200003	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:

<b>GENERAL CONTRACTOR</b> 		<b>ALTA SORVEGLIANZA</b> 		
Pag 11 di 33	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RHFA0200003	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:

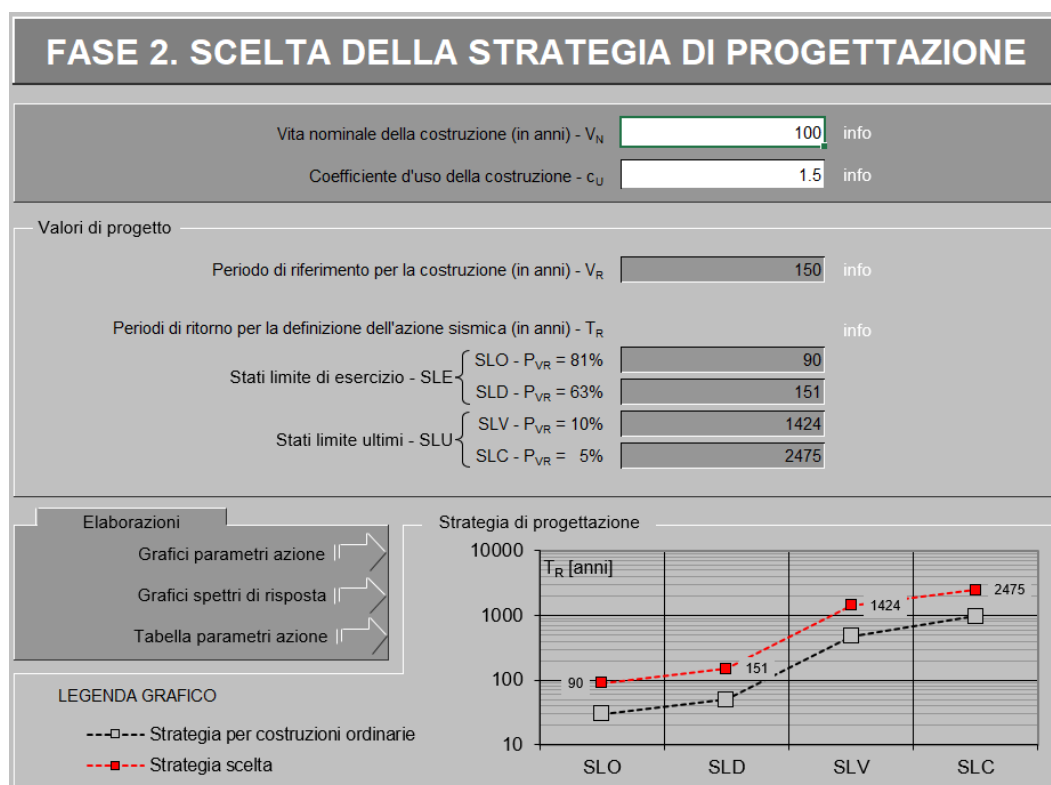


Figura 1 Periodi di ritorno per le diverse probabilità di superamento nel periodo  $V_R$ .

#### 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 33	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica E12RHFA0200003	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°04'07.23" E

Latitudine: 45°25'22.36" 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.

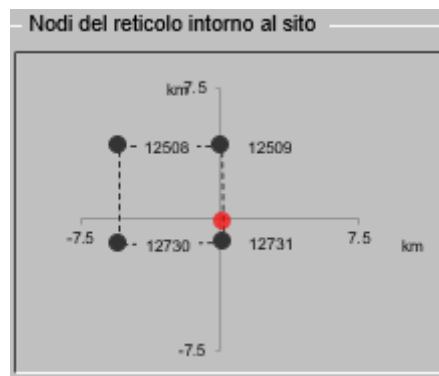


Figura 2 Individuazione del punto di interesse nel reticolo di riferimento.

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	0.073	2.486	0.260
SLD	151	0.095	2.426	0.266
SLV	1424	0.230	2.434	0.284
SLC	2475	0.282	2.380	0.290

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  $T_R$**

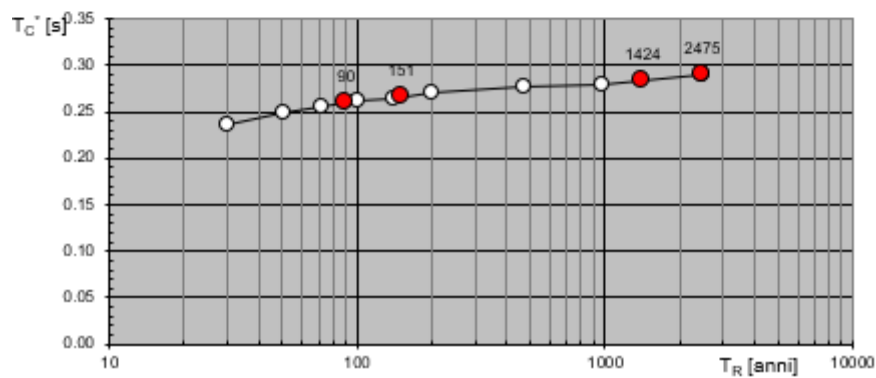
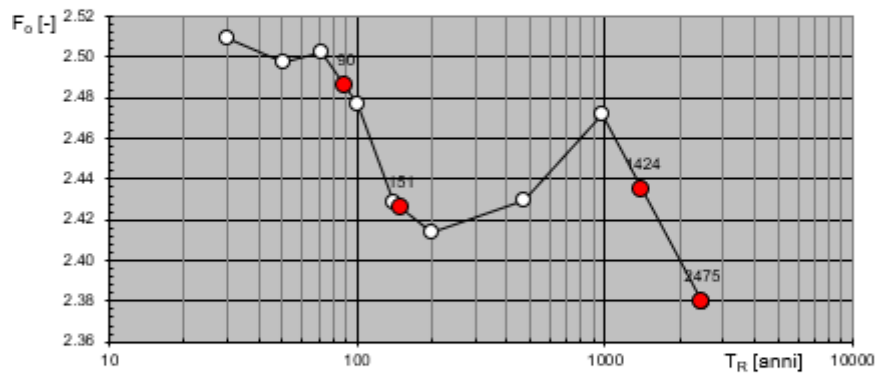
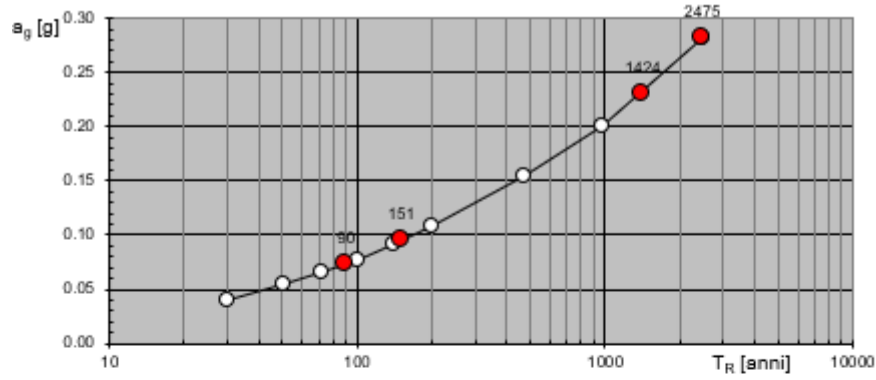


Figura 3 Valori di progetto di  $a_g$ ,  $F_0$ ,  $T_C^*$  in funzione del periodo di ritorno  $T_R$

### Spettri di risposta elastici per i diversi Stati Limite

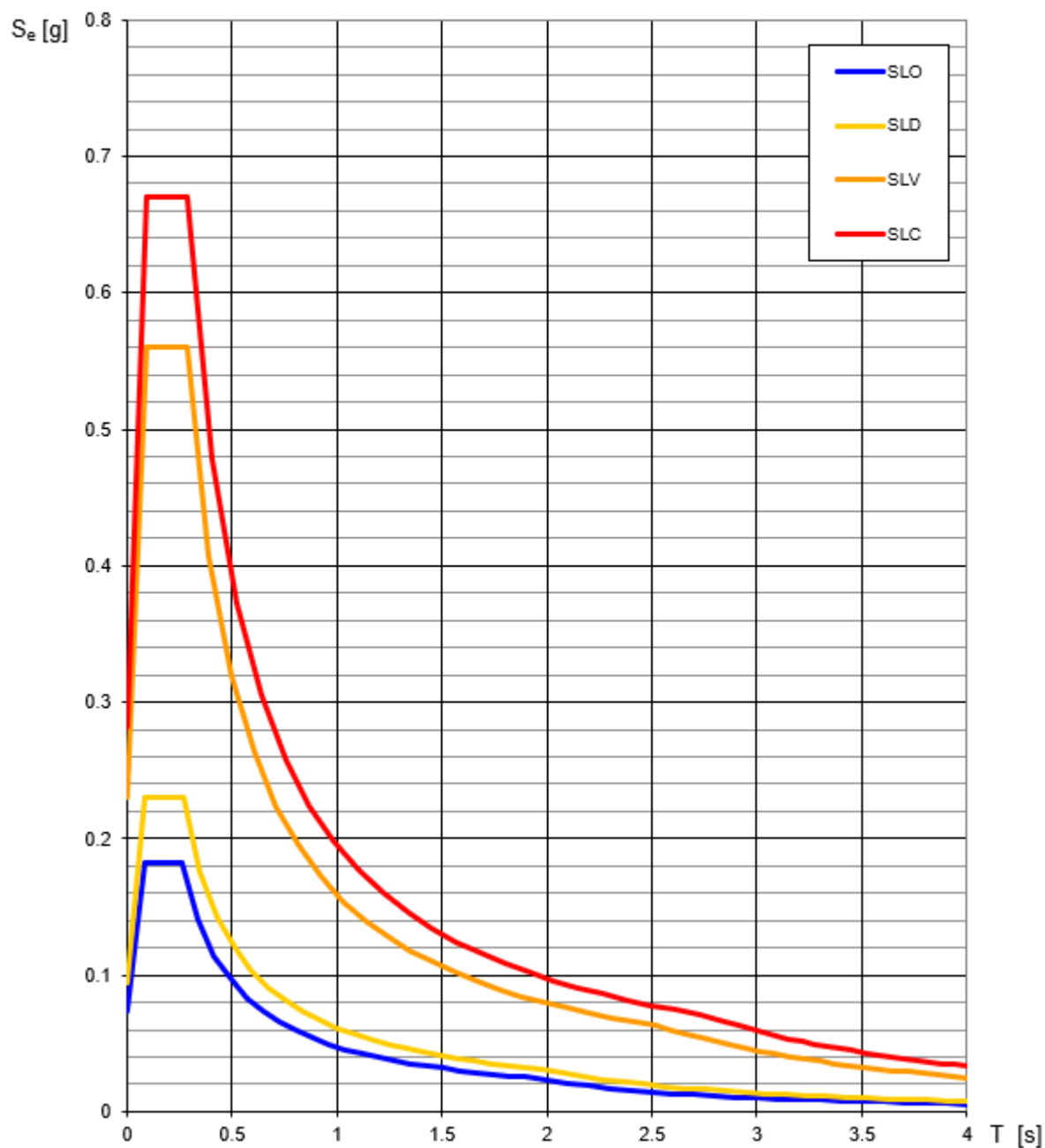


Figura 4 Spettri di risposta elastici per i diversi Stati Limite su suolo rigido

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 		
Pag 15 di 33	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RHFA0200003	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:

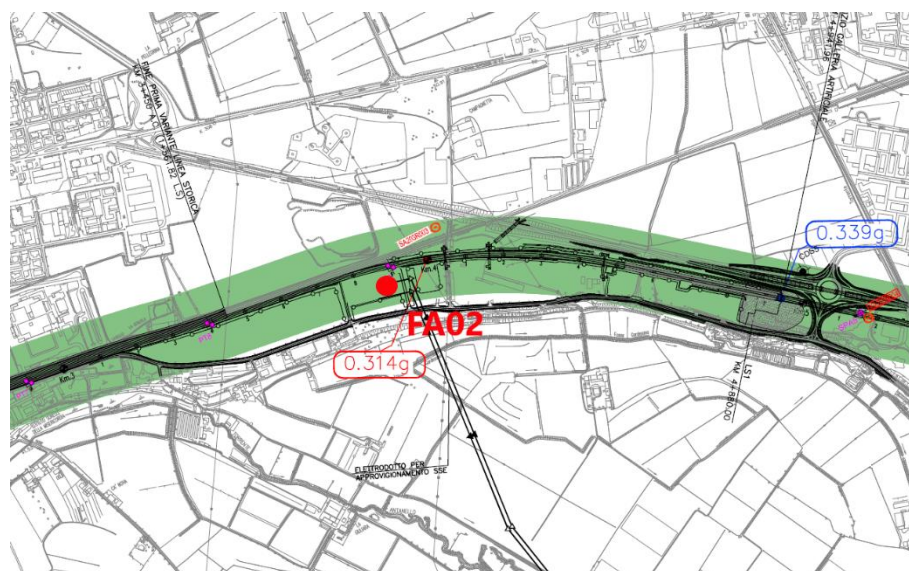
$h_i$  = spessore (in metri) dell' $i$ -esimo strato compreso nei primi 30 m di profondità;

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

Si rimanda alla Relazione Geotecnica generale [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] viene riportato che *“Dal km 0+000 al km 24+000 la sede del tracciato è omogenea dal punto di vista delle caratteristiche geodinamiche e caratterizzabile, ai fini normativi, come sito di categoria C ossia “Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o di terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di  $V_{s,30}$  compresi tra 180 m/s e 360 m/s”.*

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.

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 		
Pag 16 di 33	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RHFA0200003	B



Categoria di sottosuolo (Tabella 3.2 II, NTC 2008)


 Categoria "C"

Figura 5 Categoria di sottosuolo del sito in esame

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



GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 		
Pag 17 di 33	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RHFA0200003	B

progetto  $a_{max}$  per i periodi di ritorno corrispondenti ai diversi stati limite sono stati calcolati e riportati di seguito:

STATO LIMITE	$S_S$	$S_T$	$S=S_S \cdot S_T$	$a_g$ (g)	$a_{max}=a_g \cdot S$ (g)
SLO	1.500	1	1.500	0.073	0.1095
SLD	1.500	1	1.500	0.095	0.1425
SLV	1.364	1	1.364	0.230	0.3137
SLC	1.298	1	1.298	0.282	0.3660

Tabella 3: Coefficienti correttivi locali e accelerazioni massime

#### 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:

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 		
Pag 18 di 33	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RHFA0200003	B

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

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

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

- $F_0$  è il fattore che quantifica l'amplificazione spettrale massima, su sito di riferimento rigido orizzontale;
- $T_C$  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  $P_{VR}$ .

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 		
Pag 19 di 33	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RHFA0200003	B

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

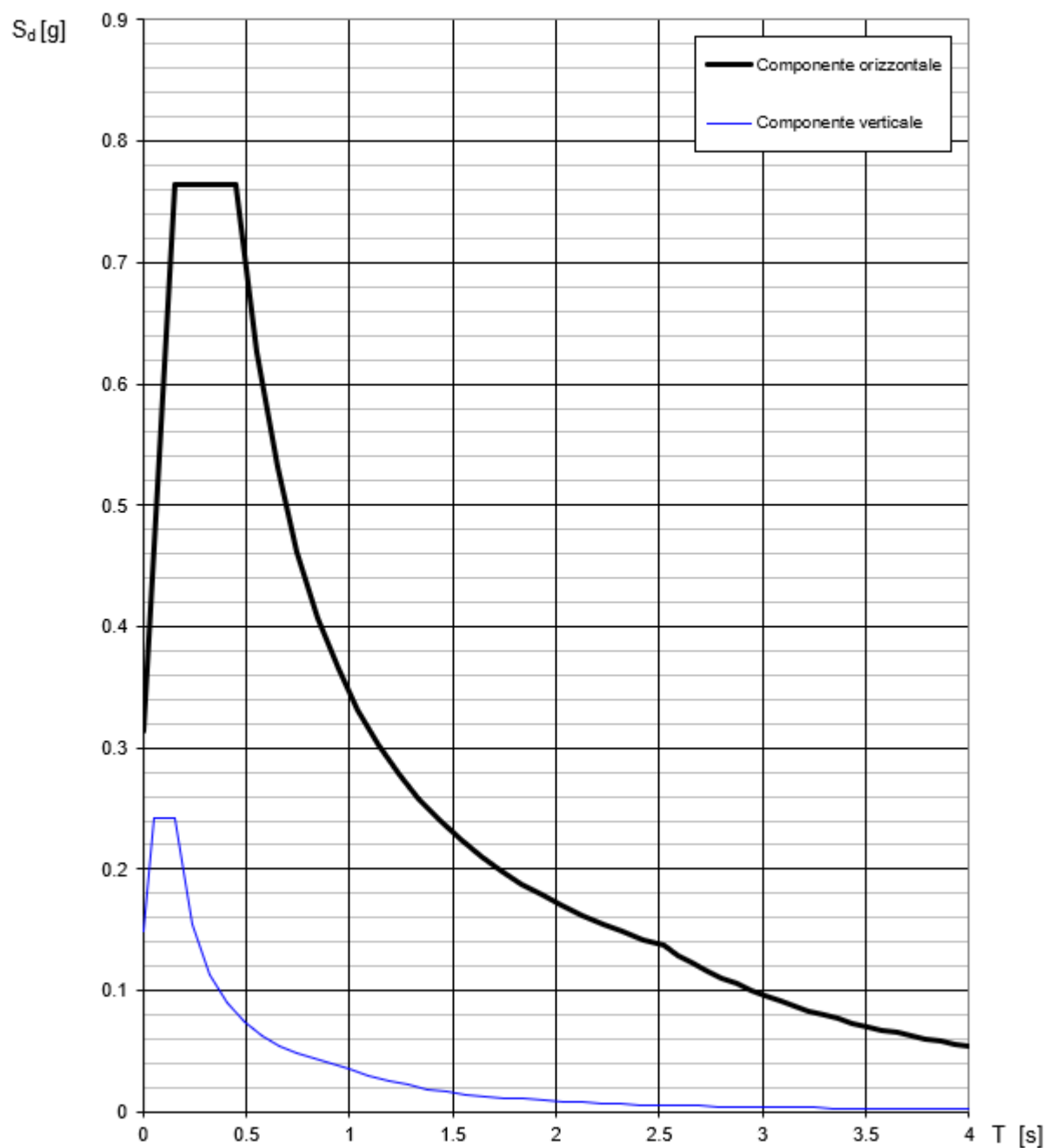


Figura 6 Spettro elastico SLV

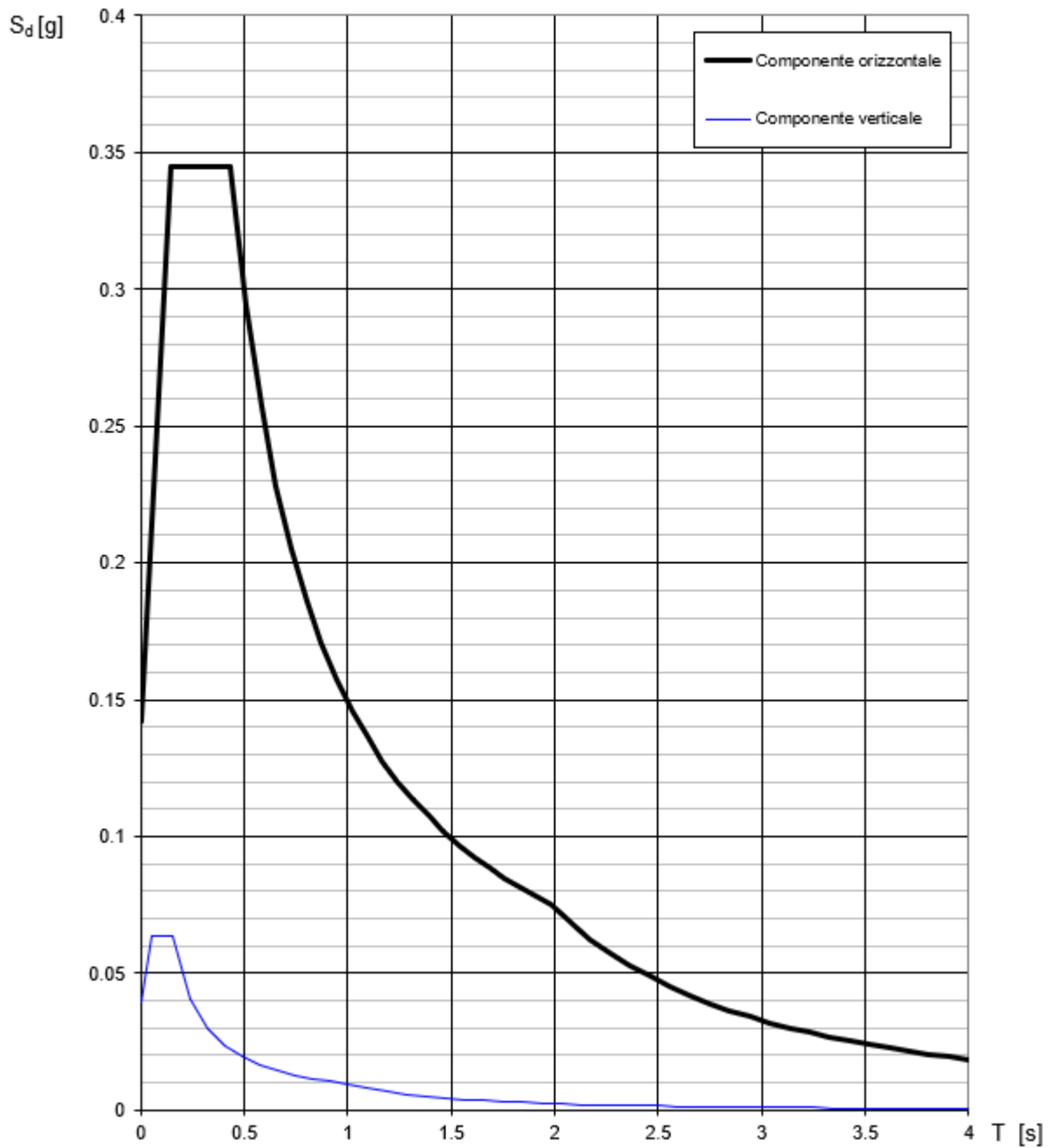
**Spettri di risposta (componenti orizz. e vert.) per lo stato limite: SLD**

Figura 7 Spettro elastico SLD

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

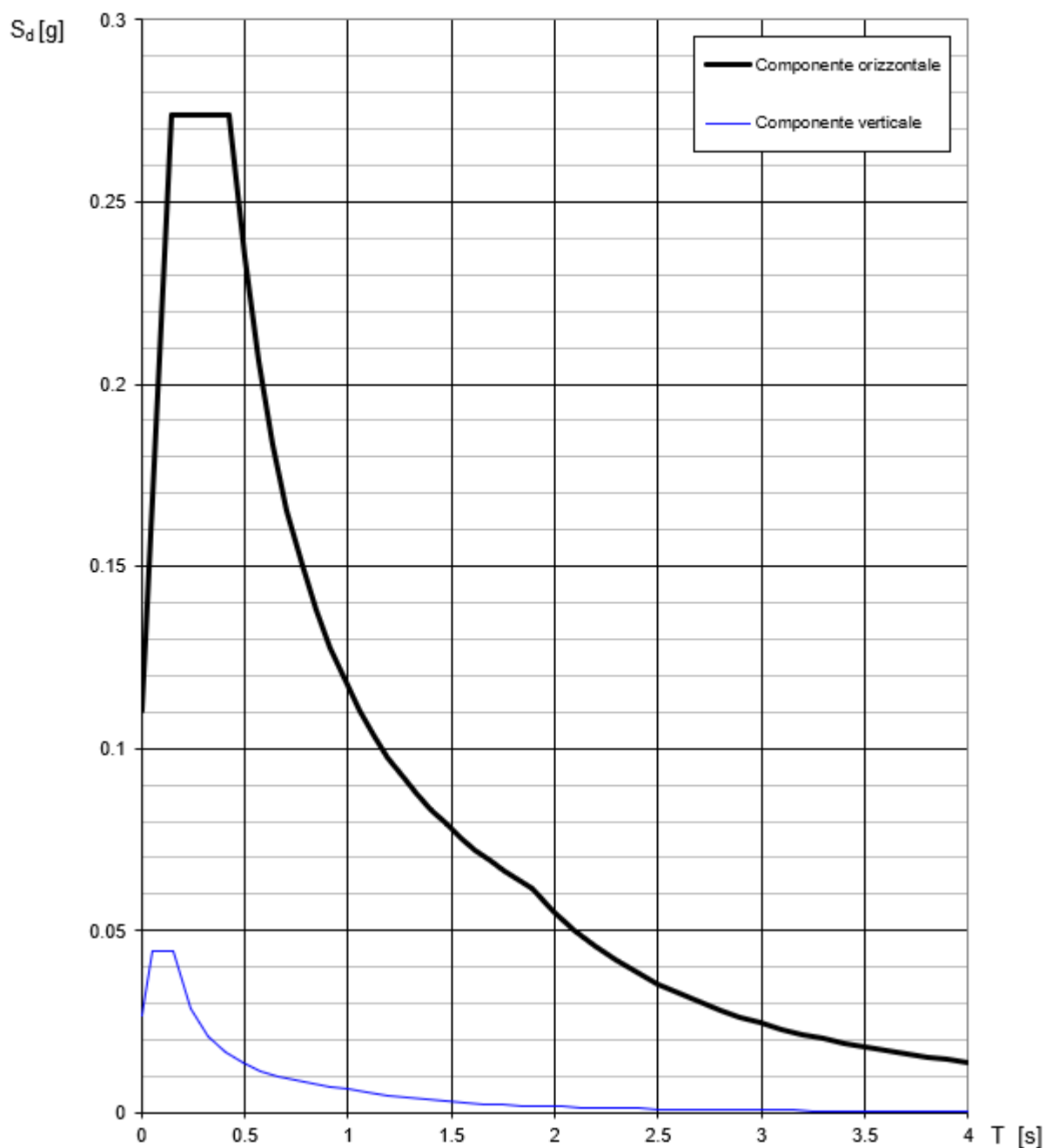


Figura 8 Spettro elastico SLO

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 		
Pag 22 di 33	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RHFA0200003	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**

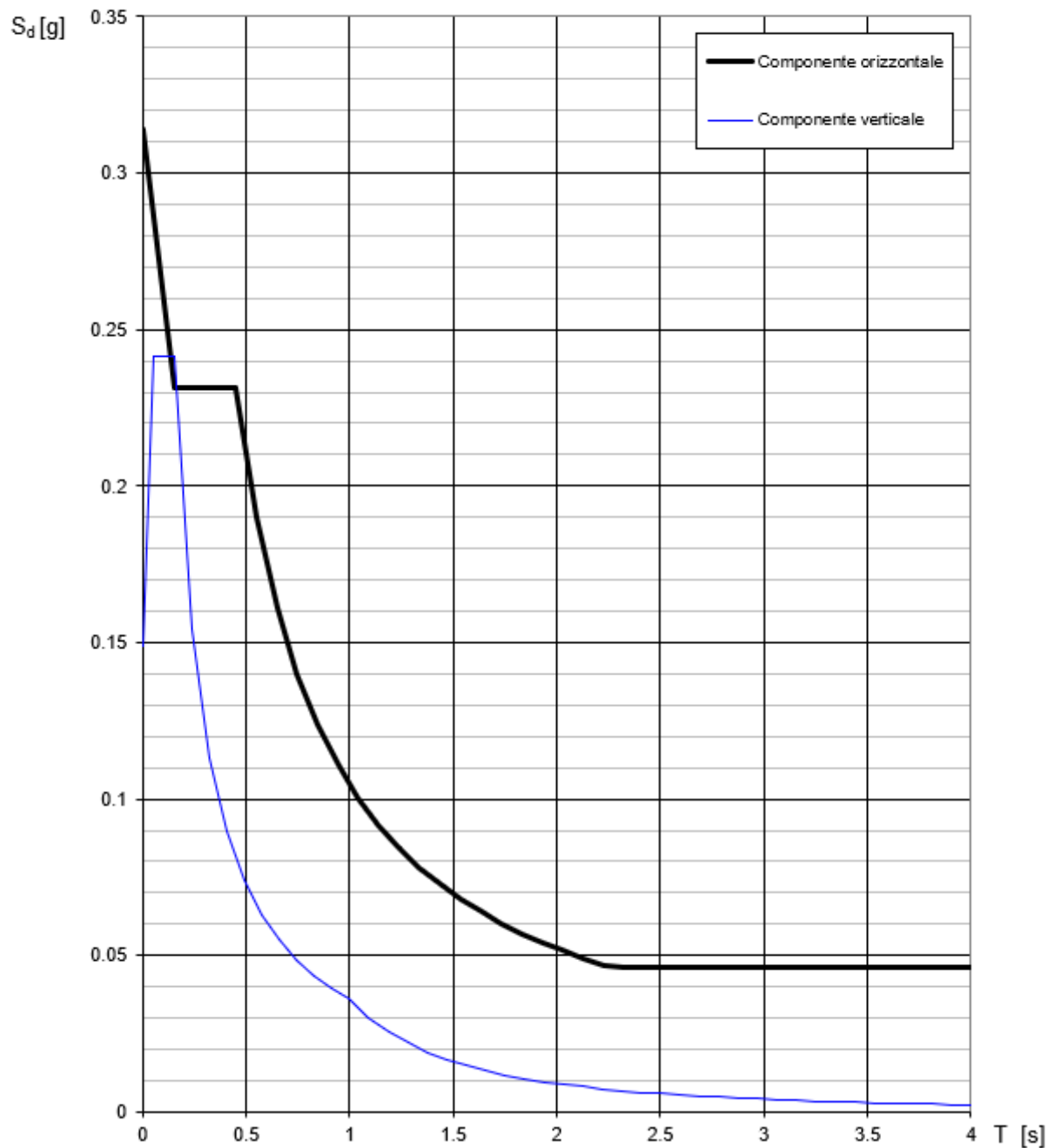




Figura 9 Spettro di progetto SLV

<b>GENERAL CONTRACTOR</b> 		<b>ALTA SORVEGLIANZA</b> 		
Pag 24 di 33	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RHFA0200003	B

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

#### Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLV
$a_g$	0.230 g
$F_0$	2.434
$T_C$	0.284 s
$S_B$	1.364
$C_C$	1.591
$S_T$	1.000
$q$	3.300

#### Parametri dipendenti

$S$	1.364
$\eta$	0.303
$T_B$	0.151 s
$T_C$	0.452 s
$T_D$	2.520 s

#### Espressioni dei parametri dipendenti

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

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

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

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

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

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

$$0 \leq T < T_B \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left[ \frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_0} \left( 1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left( \frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left( \frac{T_C \cdot T_D}{T^2} \right)$$



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  $\eta$  con  $\eta q$ , dove  $q$  è il fattore di struttura. (NTC-08 § 3.2.3.5)

#### Punti dello spettro di risposta

	T [s]	Se [g]
	0.000	0.314
$T_B \leftarrow$	0.151	0.231
$T_C \leftarrow$	0.452	0.231
	0.550	0.190
	0.649	0.161
	0.747	0.140
	0.846	0.124
	0.944	0.111
	1.043	0.100
	1.141	0.092
	1.240	0.084
	1.338	0.078
	1.437	0.073
	1.535	0.068
	1.633	0.064
	1.732	0.060
	1.830	0.057
	1.929	0.054
	2.027	0.052
	2.126	0.049
	2.224	0.047
	2.323	0.046
	2.421	0.046
$T_D \leftarrow$	2.520	0.046
	2.590	0.046
	2.661	0.046
	2.731	0.046
	2.802	0.046
	2.872	0.046
	2.943	0.046
	3.013	0.046
	3.084	0.046
	3.154	0.046
	3.225	0.046
	3.295	0.046
	3.366	0.046
	3.436	0.046
	3.507	0.046
	3.577	0.046
	3.648	0.046
	3.718	0.046
	3.789	0.046
	3.859	0.046
	3.930	0.046
	4.000	0.046

Tabella 3: Punti dello spettro di risposta di progetto SLV



GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 		
Pag 25 di 33	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica E12RHFA0200003	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.

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

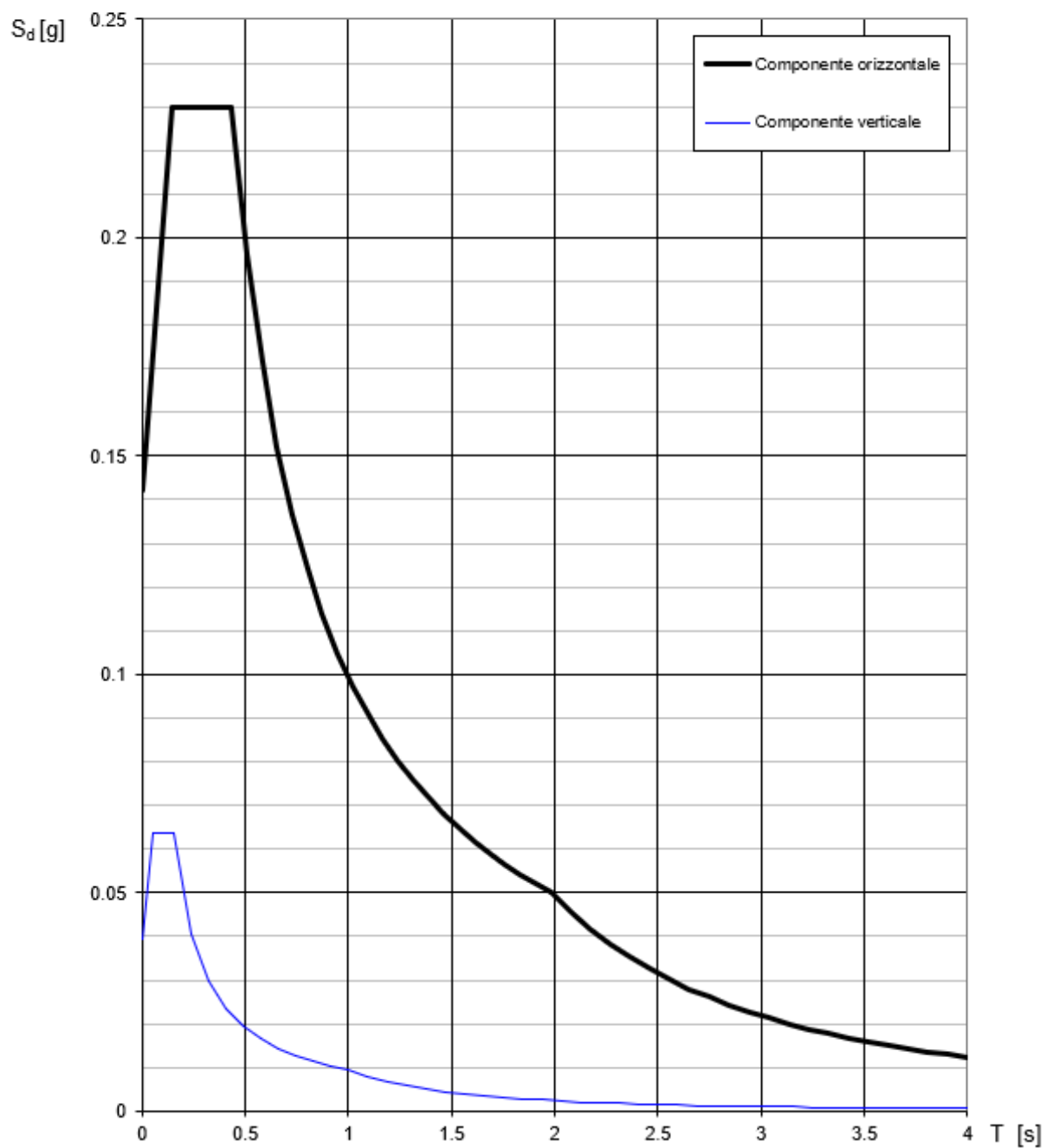


Figura 10 Spettro di progetto SLD

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

**Parametri indipendenti**

STATO LIMITE	SLD
$a_g$	0.095 g
$F_0$	2.426
$T_C$	0.266 s
$S_S$	1.500
$C_C$	1.625
$S_T$	1.000
$q$	1.500

**Parametri dipendenti**

$S$	1.500
$\eta$	0.667
$T_B$	0.144 s
$T_C$	0.433 s
$T_D$	1.979 s

**Espressioni dei parametri dipendenti**

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

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

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

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

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

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

$$0 \leq T < T_B \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left[ \frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_0} \left( 1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left( \frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left( \frac{T_C \cdot T_D}{T^2} \right)$$

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  $\eta$  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	0.142
$T_B \leftarrow$	0.144	0.230
$T_C \leftarrow$	0.433	0.230
	0.506	0.196
	0.580	0.172
	0.654	0.152
	0.727	0.137
	0.801	0.124
	0.874	0.114
	0.948	0.105
	1.022	0.097
	1.095	0.091
	1.169	0.085
	1.243	0.080
	1.316	0.076
	1.390	0.072
	1.464	0.068
	1.537	0.065
	1.611	0.062
	1.685	0.059
	1.758	0.057
	1.832	0.054
	1.906	0.052
$T_D \leftarrow$	1.979	0.050
	2.075	0.046
	2.172	0.042
	2.268	0.038
	2.364	0.035
	2.460	0.033
	2.557	0.030
	2.653	0.028
	2.749	0.026
	2.845	0.024
	2.941	0.023
	3.038	0.021
	3.134	0.020
	3.230	0.019
	3.326	0.018
	3.423	0.017
	3.519	0.016
	3.615	0.015
	3.711	0.014
	3.808	0.014
	3.904	0.013
	4.000	0.012

Tabella 3: Punti dello spettro di risposta di progetto SLD

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 		
Pag 28 di 33	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RHFA0200003	B

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

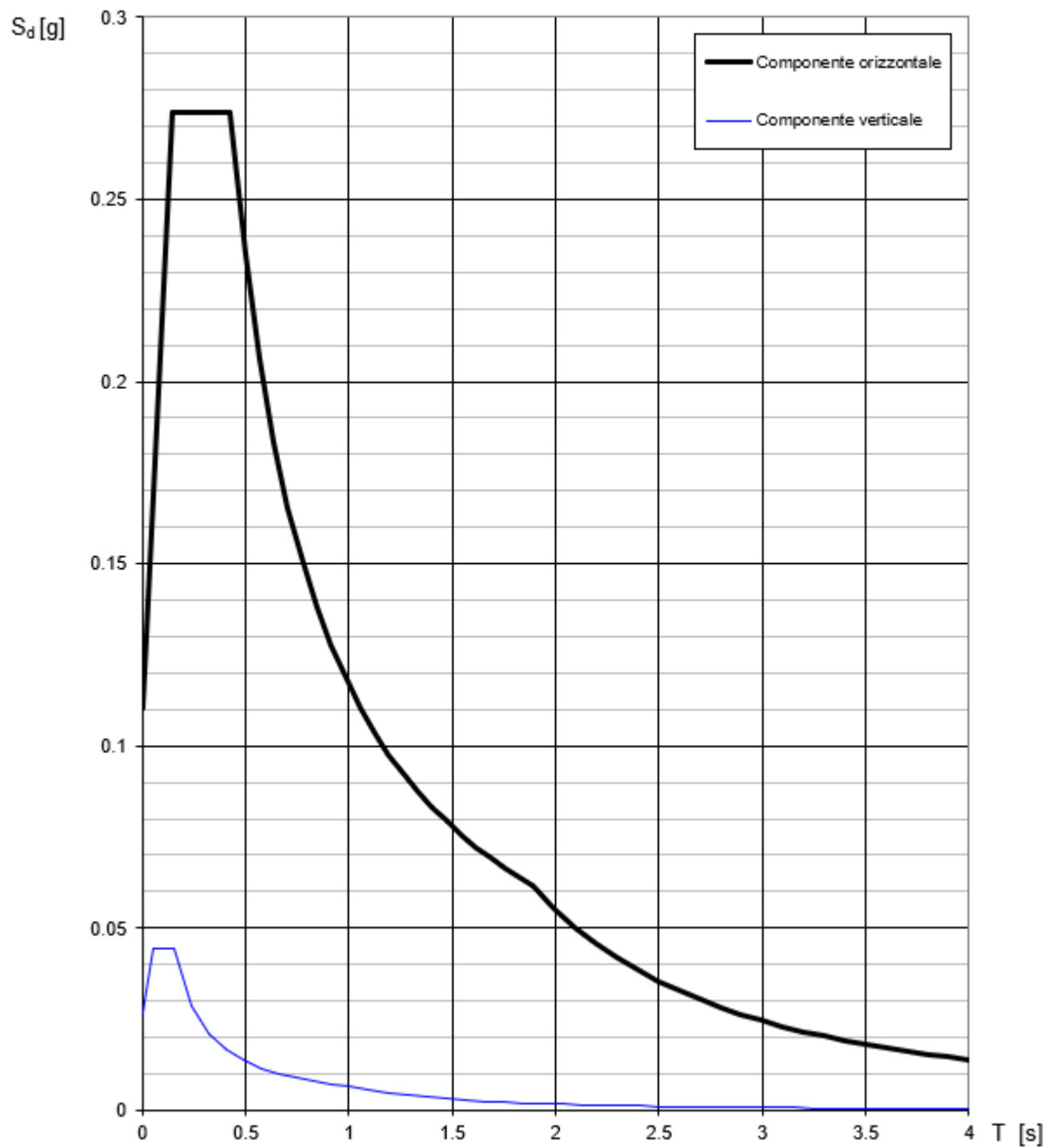


Figura 11 Spettro di progetto SLO

**Parametri e punti dello spettro di risposta orizzontale per lo stato SLO**

**Parametri indipendenti**

STATO LIMITE	SLO
$a_g$	0.073 g
$F_0$	2.486
$T_C$	0.260 s
$S_B$	1.500
$C_C$	1.638
$S_T$	1.000
$q$	1.000

**Parametri dipendenti**

$S$	1.500
$\eta$	1.000
$T_B$	0.142 s
$T_C$	0.426 s
$T_D$	1.894 s

**Espressioni dei parametri dipendenti**

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

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

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

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

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

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

$$0 \leq T < T_B \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left[ \frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_0} \left( 1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left( \frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left( \frac{T_C \cdot T_D}{T^2} \right)$$

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  $\eta$  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	0.110
$T_B \leftarrow$	0.142	0.274
$T_C \leftarrow$	0.426	0.274
	0.496	0.235
	0.566	0.206
	0.635	0.184
	0.705	0.165
	0.775	0.150
	0.845	0.138
	0.915	0.127
	0.985	0.118
	1.055	0.111
	1.125	0.104
	1.195	0.098
	1.265	0.092
	1.335	0.087
	1.405	0.083
	1.474	0.079
	1.544	0.076
	1.614	0.072
	1.684	0.069
	1.754	0.067
	1.824	0.064
$T_D \leftarrow$	1.894	0.062
	1.994	0.056
	2.095	0.050
	2.195	0.046
	2.295	0.042
	2.395	0.039
	2.496	0.035
	2.596	0.033
	2.696	0.030
	2.797	0.028
	2.897	0.026
	2.997	0.025
	3.097	0.023
	3.198	0.022
	3.298	0.020
	3.398	0.019
	3.499	0.018
	3.599	0.017
	3.699	0.016
	3.799	0.015
	3.900	0.015
	4.000	0.014

Tabella 3: Punti dello spettro di risposta di progetto SLO

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 			
Pag 30 di 33	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RHFA0200003	B	

## 5 LIQUEFAZIONE

La stabilità nei confronti di fenomeni di liquefazione è stata ampiamente trattata nella Relazione Sismica [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. Per il sito di interesse, al termine della verifica di liquefazione si è giunti alla conclusione che *“In questa tratta non si rileva la presenza di importanti fenomeni di liquefazione”* [3].

## 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.

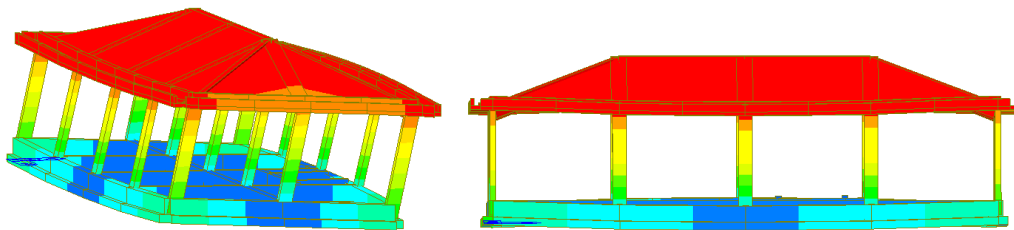
L'analisi modale è stata eseguita per individuare i modi di vibrare principali della struttura. Sono stati considerati i primi 10 modi di vibrare, di cui si riportano di seguito i risultati. È possibile osservare che già i primi 3 modi sono sufficienti per coinvolgere la quasi totalità della massa della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

EIGENVALUE ANALYSIS													
Mode No	Frequency				Period (sec)	Tolerance							
	(rad/sec)		(cycle/sec)										
1	14.8027		2.3559		0.4245	0.0000e+000							
2	17.1779		2.7339		0.3658	0.0000e+000							
3	20.7796		3.3072		0.3024	0.0000e+000							
4	72.7644		11.5808		0.0863	0.0000e+000							
5	89.7373		14.2821		0.0700	0.0000e+000							
6	91.9560		14.6353		0.0683	0.0000e+000							
7	131.1093		20.8667		0.0479	0.0000e+000							
8	161.6521		25.7277		0.0389	0.0000e+000							
9	233.6901		37.1929		0.0269	0.0000e+000							
10	612.1153		97.4212		0.0103	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	0.0001	0.0001	96.9593	96.9593	0.0000	0.0000	93.2226	93.2226	0.0001	0.0001	0.0290	0.0290	
2	96.9038	96.9038	0.0001	96.9594	0.0000	0.0000	0.0001	93.2227	92.2905	92.2906	0.0740	0.1029	
3	0.0126	96.9165	0.0033	96.9627	0.0000	0.0000	0.0042	93.2270	0.0139	92.3045	98.3747	98.4776	
4	0.6078	97.5243	0.0041	96.9668	0.0000	0.0000	0.0014	93.2283	0.2130	92.5175	0.2532	98.7308	
5	1.8727	99.3970	0.0001	96.9669	0.0000	0.0000	0.0000	93.2284	0.6557	93.1732	0.6618	99.3926	
6	0.0000	99.3970	0.1435	97.1104	0.0000	0.0000	0.0549	93.2833	0.0000	93.1732	0.0000	99.3927	
7	0.2216	99.6186	0.0000	97.1104	0.0000	0.0000	0.0005	93.2838	0.1135	93.2867	0.0001	99.3927	
8	0.0000	99.6186	0.0409	97.1513	0.0000	0.0000	3.8827	97.1665	0.0019	93.2886	0.0000	99.3927	
9	0.0379	99.6565	0.0005	97.1517	0.0000	0.0000	0.0020	97.1685	2.9291	96.2177	0.0002	99.3929	
10	0.0044	99.6609	1.6061	98.7579	0.0000	0.0000	1.6956	98.8641	0.0029	96.2206	0.2539	99.6468	

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



```

midas Gen
POST-PROCESSOR
VIBRATION MODE

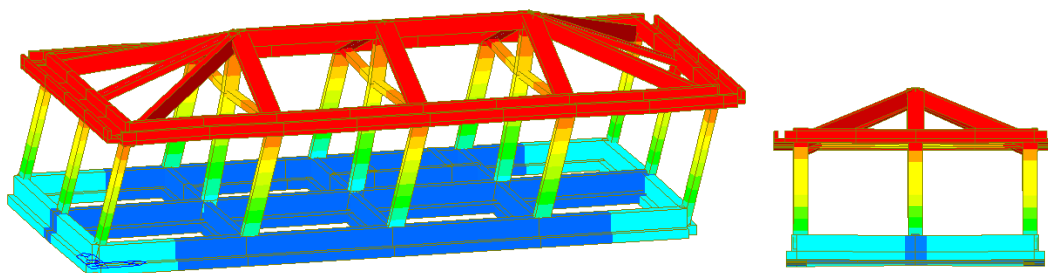
FREQUENCY
(CYCLE/SEC)
2.355922

NATURAL PERIOD
(SEC)
0.424462

MEM(%)
DX= 0.000064
DY= 96.959335
DZ= 0.000000
RX= 93.222639
RY= 0.000061
RZ= 0.028956
    
```

Figura 12 SSE 1° Modo di vibrare, periodo 0.425 s, frequenza 2.3559 Hz

2° Modo di vibrare



```

midas Gen
POST-PROCESSOR
VIBRATION MODE

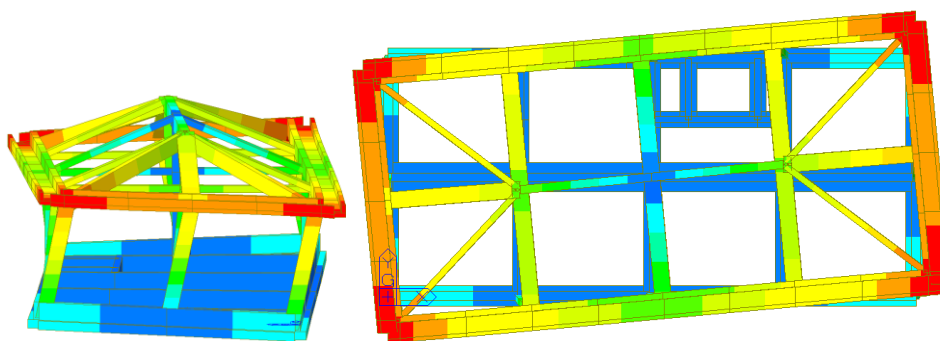
FREQUENCY
(CYCLE/SEC)
2.733941

NATURAL PERIOD
(SEC)
0.365772

MEM(%)
DX= 96.903780
DY= 0.000075
DZ= 0.000000
RX= 0.000071
RY= 92.290542
RZ= 0.073978
    
```

Figura 13 SSE 2° Modo di vibrare, periodo 0.3658 s, frequenza 2.7339 Hz

3° Modo di vibrare



```

midas Gen
POST-PROCESSOR
VIBRATION MODE

FREQUENCY
(CYCLE/SEC)
3.307177

NATURAL PERIOD
(SEC)
0.302373

MEM(%)
DX= 0.012647
DY= 0.003317
DZ= 0.000000
RX= 0.004247
RY= 0.013864
RZ= 98.374686
    
```

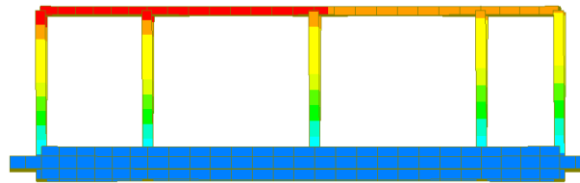
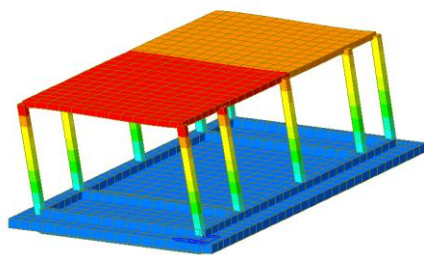
Figura 14 SSE 3° Modo di vibrare, periodo 0.3024 s, frequenza 3.3072 Hz

EIGENVALUE ANALYSIS												
Mode No	Frequency		Period		Tolerance							
	(rad/sec)	(cycle/sec)	(sec)	(sec)								
1	16.7481	2.6655	0.3752	0.0000e+000								
2	17.4072	2.7704	0.3610	0.0000e+000								
3	22.6520	3.6052	0.2774	0.0000e+000								
4	431.4521	68.6677	0.0146	0.0000e+000								
5	707.2167	112.5570	0.0089	0.0000e+000								
6	1088.4790	173.2368	0.0058	0.0000e+000								
7	1124.3405	178.9443	0.0056	0.0000e+000								
8	1719.6079	273.6841	0.0037	0.0000e+000								
9	1759.4612	280.0269	0.0036	0.0000e+000								
10	2722.6085	433.3166	0.0023	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	99.6477	99.6477	0.0000	0.0000	99.6477	99.6477	0.0000	0.0000	0.3523	0.3523
2	100.0000	100.0000	0.0000	99.6477	0.0000	0.0000	0.0000	99.6477	100.0000	100.0000	0.0000	0.3523
3	0.0000	100.0000	0.3523	99.9999	0.0000	0.0000	0.3523	99.9999	0.0000	100.0000	99.6477	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

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

1° Modo di vibrare



```

midas Gen
POST-PROCESSOR
VIBRATION MODE

FREQUENCY
(CYCLE/SEC)
2.665540

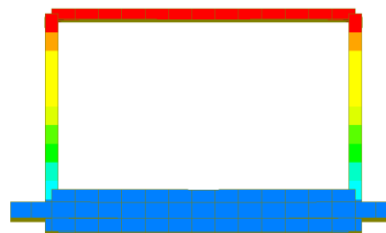
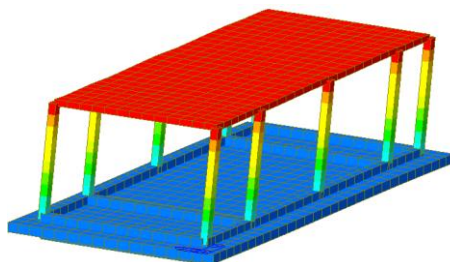
NATURAL PERIOD
(SEC)
0.375158

MEM(%)
DX= 0.000000
DY= 99.647651
DZ= 0.000000
RX= 99.647651
RY= 0.000000
RZ= 0.352291

```

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

2° Modo di vibrare



```

midas Gen
POST-PROCESSOR
VIBRATION MODE

FREQUENCY
(CYCLE/SEC)
2.770438

NATURAL PERIOD
(SEC)
0.360954

MEM(%)
DX= 99.999987
DY= 0.000000
DZ= 0.000000
RX= 0.000000
RY= 99.999987
RZ= 0.000000

```

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



GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 		
Pag 33 di 33	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RHFA0200003	B

3° Modo di vibrare

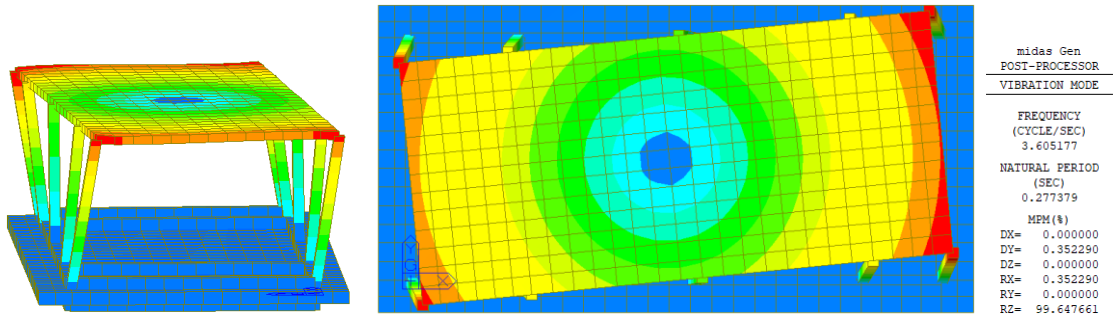


Figura 17 Cabina Terna 3° Modo di vibrare, periodo 0.2774 s, frequenza 3.6052 Hz