REGIONE LIGURIA

Dipartimento Programmi Regionali, Porti, Trasporti, Lavori Pubblici ed Edilizia

Settore Progetti Infrastrutture Viabilità Porti e Logistica

InfrastruttureLiguria
GRUPPO FILSE

Anas S.p.A.

Direzione Centrale Progettazione

CONVENZIONE DEL 14 SETTEMBRE 2009 TRA REGIONE LIGURIA E INFRASTRUTTURE LIGURIA S.R.L. PER LA REALIZZAZIONE DI ATTIVITÀ PER L'ATTUAZIONE DEL PROGRAMMA DI STUDI E PROGETTAZIONI INFRASTRUTTURALI STRATEGICHE

Oggetto:

VARIANTE DI TRACCIATO ALLA S.S.1 AURELIA – CAPO NOLI

PROGETTO DEFINITIVO

Titolo:

RELAZIONE SPECIALISTICA SISMICA

Doc. n:. 02A\DEF\GEO\R003

Rev.	Data	Sez.	Pag.	Redatto	Controllato	Approvato	Descrizione
01	15-01-2011	*7*	*34*	VP	FB	SB	Per Emissione

Spazio riservato alla codifica ANAS

CODICE PROGETTO	CODICE ELABORATO	RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO
DP GE05 D 11 01	T 00 GE 02 GET RE 02	*Ing. Nicola Dinnella*

INDICE

1. Premessa 2
2. Quadro normativo 4
3. Azioni sismiche 5
4. Vita nominale, classi duso e perioodo di riferimento 6
5. Stati limite e relative probabilità di superamento 8
6. Categorie di sottosuolo e condizioni topografiche 10
   6.1. Categorie di sottosuolo 10
   6.2. Amplificazione stratigrafica e topografica 12
7. Spettri 13
   7.1. Premessa 13
   7.2. Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali 14
   7.3. Spettro di risposta elastico in accelerazione della componente verticale 15
   7.4. Fattore di struttura q 16
      7.4.1. Galleria artificiale imbocco lato Noli 18
      7.4.2. Galleria artificiale imbocco lato Finale Ligure 20
      7.4.3. Imbocco lato Noli: scala percorso pedonale 22
      7.4.4. Locale tecnologico galleria 24
      7.4.5. Opera scavalco stazione di sollevamento 26
      7.4.6. Struttura intersezione 28
      7.4.7. Fabbricato rimessaggio 30
      7.4.8. Passerella ciclopedonale 32

1. Premessa

Oggetto della presente relazione è la descrizione dei criteri generali adottati, nelle specifiche relazioni di calcolo, per definire le azioni sismiche di progetto, in base alle quali valutare il rispetto dei diversi stati limite considerati. Tali azioni sismiche si definiscono a partire dalla "*pericolosità sismica di base*" del sito di costruzione; essa costituisce l'elemento di conoscenza primario per la determinazione delle azioni sismiche.

La pericolosità sismica di base è definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa a_g in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale (di categoria A quale definita al § 3.2.2 del D.M. 2008), nonché di ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente S_e (T), con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza P_{VR}, come definite nel § 3.2.1 del D.M. 2008, nel periodo di riferimento V_R, come definito nel § 2.4 del D.M. 2008.

Ai fini dell'applicazione del D.M. 2008 le forme spettrali sono definite, per ciascuna delle probabilità di superamento nel periodo di riferimento P_{VR}, a partire dai valori dei seguenti parametri su sito di riferimento rigido orizzontale:

- a_g accelerazione orizzontale massima al sito;
- F_o 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.

Nell'ambito del progetto è prevista la realizzazione delle seguenti infrastrutture:

a) *Galleria "Capo Noli"* a singola fornice che collega la S.S.1 da Capo Noli a Finale Ligure. La galleria avrà lunghezza complessiva di m 823, ed un ricoprimento massimo, misurato rispetto alla chiave di calotta della galleria, pari a circa 150 m. In corrispondenza di ciascun imbocco sarà presente un tratto di galleria artificiale, di lunghezza complessiva pari a m 45. In particolare, in corrispondenza dell'imbocco lato Noli, la galleria artificiale avrà lunghezza pari a m 38, mentre in corrispondenza dell'imbocco Finale Ligure, la galleria artificiale avrà lunghezza pari a m 7.

b) *Opere di imbocco*: imbocco lato Finale ed imbocco lato Noli.

c) *Opere d'arte*: opera di scavalco stazione sollevamento; struttura di intersezione; fabbricato di rimessaggio; rampa pedonale; passerella ciclopedonale; opere di sistemazione idraulica del Rio Prete Bernardini nella sua parte terminale; muro di sostegno sistemazione Aurelia storica; locale tecnologico galleria.

Considerate l'estensione spaziale delle opere sul territorio, la loro diversa tipologia, l'eterogeneità dei litotipi presenti, nonché l'importanza che ognuna di esse riveste, i parametri sismici assunti, secondo le norme vigenti, sono risultati diversi per ogni opera considerata. Per tale motivo nei paragrafi successivi si riportano le modalità per la loro determinazione, mentre per i parametri sismici utilizzati per le diverse opere si rimanda alle relative relazioni di calcolo.

2. Quadro normativo

Ai fini del dimensionamento dei diversi elementi strutturali presenti nel progetto si è fatto riferimento alla normativa vigente, in particolare si sono osservate le prescrizioni contenute nelle seguenti normative:

• **Legge 5 Novembre 1971 N° 1086** - "*Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio, normale e precompresso ed a struttura metallica*";

• **Legge 2 Febbraio 1974 n.64** - "*Provvedimenti per le costruzioni, con particolari prescrizioni per le zone sismiche*";

• **D.M. LL.PP. 14 Gennaio 2008** - "*Norme tecniche per le costruzioni*";

• **Circolare 2 Febbraio 2009, n. 617** - "*Istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 14 gennaio 2008*".

3. Azioni sismiche

Per il calcolo delle sollecitazioni indotte dalle azioni sismiche si considerano delle analisi differenti per le diverse tipologie di strutture presenti, in base alle considerazioni riportate nella descrizione del complesso delle opere.

Ai fini della valutazione della sicurezza, e sulla scorta di quanto definito nella cogente normativa, si rende necessario definire il periodo di riferimento V_R durante cui l'opera dovrà rispettare e conservare quelle caratteristiche di resistenza, sicurezza e durabilità, sia in riferimento al modo di esplicarsi delle azioni (*dirette*, quali forze e carichi, *impresse*, quali spostamenti o variazioni termiche, *degrado*, esogeno ed endogeno), sia correlata alla risposta strutturale (azioni *statiche*, *quasi-statiche* e *dinamiche*), sia in funzione della variabilità nel tempo dell'intensità propria (azioni *gravitazionali* da pesi propri, carichi *permanenti* e *variabili* o *accidentali*, *azioni eccezionali* ed *azioni sismiche*).

La definizione delle azioni da peso proprio degli elementi, di tipo gravitazionale da carichi permanenti e variabili, è stata riportata nei paragrafi inerenti la descrizione delle diverse strutture, mentre di seguito vengono esplicitate alcune delle considerazioni per il calcolo delle sollecitazioni provocate dalle azioni sismiche, in via del tutto generale, rimandando alle specifiche relazioni delle singole opere la definizione di tutti i fattori e coefficienti caratteristici.

Ai fini di tale valutazione, partendo dalla vita di riferimento V_R si determina il periodo di riferimento T_R, mediante interpolazione logaritmica, ed in funzione del "room effect" dell'area, si determinano i parametri necessari a definire lo spettro di risposta elastico per il sito in questione, ed in base al fattore di struttura q si trasforma tale spettro nello spettro di progetto necessario alla definizione dello stato di sollecitazione e del campo di spostamenti indotto.

Le sollecitazioni nella struttura sono indotte dalle azioni derivanti da uno spettro di progetto, definito nel prosieguo della presente, funzione della microzonizzazione sismica del territorio, della tipologia strutturale, della tipologia dei terreni di fondazione, nonché dell'importanza della costruzione.

4. VITA NOMINALE, CLASSI DUSO E PERIOODO DI RIFERIMENTO

La vita nominale di un'opera strutturale V_N è intesa come il numero di anni nel quale la struttura, purché soggetta alla manutenzione ordinaria, deve potere essere usata per lo scopo al quale è destinata. La vita nominale dei diversi tipi di opere è quella riportata nella Tabella 4.1 ed è precisata, per le singole opere, nelle rispettive relazioni di calcolo.

Tabella 4.1 – *Vita nominale V_N per diversi tipi di opere*

TIPI DI COSTRUZIONE		**Vita Nominale V_N** (in anni)
1	Opere provvisorie – Opere provvisionali - Strutture in fase costruttiva	≤ 10
2	Opere ordinarie, ponti, opere infrastrutturali e dighe di dimensioni contenute o di importanza normale	≥ 50
3	Grandi opere, ponti, opere infrastrutturali e dighe di grandi dimensioni o di importanza strategica	≥ 100

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

- *Classe I* :Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli.
- *Classe II*: Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso III o in Classe d'uso IV, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti.
-*Classe III*: Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d'uso IV. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso.
-*Classe IV*: Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità. Industrie con attività particolarmente pericolose per l'ambiente. Reti viarie di tipo A o B, di cui al 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.

Anche con riferimento alla classe d'uso si rimanda alle specifiche relazioni di calcolo considerato che essa è stata assunta con riferimento alla specificità dell'opera; in particolare per le opere oggetto della presente relazione le classi d'uso variano dalla II alla III.

Le azioni sismiche su ciascuna costruzione vengono valutate in relazione ad un periodo di riferimento V_R che si ricava, per ciascun tipo di costruzione, moltiplicandone la vita nominale V_N per il coefficiente d'uso C_U:

$$V_R = V_N \cdot C_U$$

Il valore del coefficiente d'uso C_U è definito, al variare della classe d'uso, come mostrato in Tabella 4.2

Tabella 4.2 – *Valori del coefficiente d'uso C_U*

CLASSE D'USO	I	II	III	IV
COEFFICIENTE C_U	0,7	1,0	1,5	2,0

Se VR ≤ 35 anni si pone comunque VR= 35 anni

5. Stati limite e relative probabilità di superamento

Nei confronti delle azioni sismiche gli stati limite, sia di esercizio che ultimi, sono individuati riferendosi alle prestazioni della costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali e quelli non strutturali.

In particolare, le probabilità di superamento P_{VR} nel periodo di riferimento V_R, sono stabilite dalla norma in funzione dei differenti stati limite, che vengono di seguito definiti.

Stati limite di esercizio:

-*Stato Limite di Operatività* (***SLO***): a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali, le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, non deve subire danni ed interruzioni d'uso significativi. Per tale stato limite la probabilità di superamento nel periodo di riferimento cui riferire l'azione sismica corrispondente, è pari a P_{VR} = 81%.

-*Stato Limite di Danno* (***SLD***): a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali, le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, subisce danni tali da non mettere a rischio gli utenti e da non compromettere significativamente la capacità di resistenza e di rigidezza nei confronti delle azioni verticali ed orizzontali, mantenendosi immediatamente utilizzabile pur nell'interruzione d'uso di parte delle apparecchiature. Per tale stato limite la probabilità di superamento nel periodo di riferimento per l'azione sismica è pari a P_{VR} = 63%.

Stati limite ultimi:

- *Stato Limite di salvaguardia della Vita (**SLV**):* a seguito del terremoto la costruzione subisce rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e significativi danni dei componenti strutturali cui si associa una perdita significativa di rigidezza nei confronti delle azioni orizzontali; la costruzione conserva invece una parte della resistenza e rigidezza per azioni verticali e un margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni sismiche orizzontali. Per tale stato limite la probabilità di superamento nel periodo di riferimento per l'azione sismica è pari a P_{VR} = 10%.

- *Stato Limite di prevenzione del Collasso* (**SLC**): a seguito del terremoto la costruzione subisce gravi rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e danni molto

gravi dei componenti strutturali; la costruzione conserva ancora un margine di sicurezza per azioni verticali ed un esiguo margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni orizzontali. Per tale stato limite la probabilità di superamento nel periodo di riferimento per l'azione sismica è pari a P_{VR} = 5%.

In funzione dei valori del periodo di riferimento V_R e della probabilità di superamento P_{VR} si definisce il periodo di ritorno T_R mediante la relazione:

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

Secondo la cogente normativa, ognuna delle microzone sismiche con cui è stato mappato il territorio nazionale, viene classificata in funzione di tre parametri. Tali parametri sono rispettivamente:

- a_g accelerazione orizzontale massima al suolo;
- F_o 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 casi in cui il periodo di riferimento risulta diverso dai valori tabellati presenti in normativa, si procede ad effettuare l'interpolazione logaritmica, secondo i parametri di riferimento per l'identificativo in questione, secondo la formulazione:

$$\log(x) = \log(x_1) + \log(x_2 / x_1) \cdot \log(T_R / T_{R,1}) \cdot \log^{-1}(T_{R,2} / T_{R,1}) \quad con \quad T_{R,1} \le T_R \le T_{R,2}$$

in cui ***x*** sarà alternativamente uno dei parametri oggetto di interpolazione (***a_g, F_0, T_C****).

6. Categorie di sottosuolo e condizioni topografiche

6.1. Categorie di sottosuolo

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto si è fatto riferimento al cosiddetto *approccio semplificato* che si basa sull'individuazione di categorie di sottosuolo di riferimento come riportato di seguito nella Tabella 6.1.1.

Tabella 6.1.1 – *Categorie di sottosuolo*

Categoria	Descrizione
A	*Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi* caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.
B	*Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto 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 360 m/s e 800 m/s (ovvero $N_{SPT,30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina).
C	*Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o 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 (ovvero $15 < N_{SPT,30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_{u,30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).
D	*Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti,* con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 180 m/s (ovvero $N_{SPT,30} < 15$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} < 70$ kPa nei terreni a grana fina).
E	*Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m,* posti sul substrato di riferimento (con $V_s > 800$ m/s).

Ai fini della identificazione della categoria di sottosuolo, la classificazione è stata effettuata in base ai valori della velocità equivalente $V_{s,30}$ di propagazione delle onde di

taglio entro i primi 30 m di profondità. Per le fondazioni superficiali, tale profondità è riferita al piano di imposta delle stesse, mentre per le fondazioni su pali è riferita alla testa dei pali.

Nel caso di opere di sostegno di terreni naturali, la profondità è riferita alla testa dell'opera. Per muri di sostegno di terrapieni, la profondità è riferita al piano di imposta della fondazione. In alcuni casi, la classificazione è stata eseguita in base ai valori del numero equivalente di colpi della prova penetrometrica dinamica (*Standard Penetration Test*) $N_{SPT,30}$.

La velocità equivalente delle onde di taglio $V_{S,30}$ è definita dall'esprerssione:

$$V_{S,30} = \frac{30}{\sum_{i=1,N} \frac{h_i}{V_{S,i}}} \quad [m/s]$$

La resistenza penetrometrica dinamica equivalente $N_{SPT,30}$ è definita dall'espressione:

$$N_{SPT,30} = \frac{\sum_{i=1,M} h_i}{\sum_{i=1,M} \frac{h_i}{N_{SPT,i}}} \quad [m/s]$$

La resistenza non drenata equivalente $c_{u,30}$ è definita dall'espressione:

$$c_{u,30} = \frac{\sum_{i=1,K} h_i}{\sum_{i=1,K} \frac{h_i}{c_{u,i}}} \quad [m/s]$$

in cui:

- h_i è lo spessore (in metri) dell'i-esimo strato compreso nei primi 30 m di profondità;
- $V_{S,i}$ è la velocità delle onde di taglio nell'i-esimo strato;
- $N_{SPT,}$i rappresentano il numero di colpi NSPT nell'i-esimo strato;
- $c_{u,i}$ resistenza non drenata nell'i-esimo strato;
- N il numero di strati compresi nei primi 30 m di profondità;
- M il numero di strati di terreni a grana grossa compresi nei primi 30 m di profondità;
- K il numero di strati di terreni a grana fina compresi nei primi 30 m di profondità.

Per le condizioni topografiche si è fatto riferimento alla Tabella 6.1.2. riportata in normativa:

Tabella 6.1.2 – *Categorie topografiche*

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media i ≤ 15°
T2	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media 15° ≤ i ≤ 30°
T3	Pendii con inclinazione media i > 15°
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media i > 30°

6.2. Amplificazione stratigrafica e topografica

Per sottosuoli di categoria **A** i coefficienti SS e CC valgono 1.

Per le categorie di sottosuolo **B**, **C**, **D** ed **E** i coefficienti S_S e C_C possono essere calcolati, in funzione dei valori di F_o e T_C^* relativi al sottosuolo di categoria **A**, mediante le espressioni fornite nella Tabella 6.2.1, nelle quali g è l'accelerazione di gravità ed il tempo è espresso in secondi.

Tabella 6.2.1 – *Espressioni di SS e CC*

Categoria Sottosuolo	S_S	
A	1.00	1.00
B	$1.00 \le 1.40 - 0.40 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \le 1.20$	$1.10 \cdot (T_C^*)^{-0.20}$
C	$1.00 \le 1.70 - 0.60 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \le 1.50$	$1.05 \cdot (T_C^*)^{-0.33}$
D	$0.90 \le 2.40 - 1.50 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \le 1.80$	$1.25 \cdot (T_C^*)^{-0.50}$
E	$1.00 \le 2.00 - 1.10 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \le 1.60$	$1.15 \cdot (T_C^*)^{-0.40}$

Per la determinazione dei parametri di amplificazione stratigrafica necessari alla definizione degli spettri di progetto per le azioni verticali, si considera S_S = 1.0.

Per tener conto delle condizioni topografiche si utilizzano i valori del coefficiente topografico S_T riportati nella Tabella 6.2.2, in funzione delle categorie topografiche definite in Tabella 6.1.2 e dell'ubicazione dell'opera o dell'intervento.

Tabella 6.2.2 – *Valori massimi del coefficiente di amplificazione topografica S_T*

Categoria topografica	Ubicazione dell'opera e dell'intervento	S_T
T1	-	1,0
T2	In corrispondenza della sommità del pendio	1,2
T3	In corrispondenza della cresta del rilievo	1,2
T4	In corrispondenza della cresta del rilievo	1,4

La variazione spaziale del coefficiente di amplificazione topografica è definita da un decremento lineare con l'altezza del pendio o rilievo, dalla sommità o cresta fino alla base dove S_T assume valore unitario.

7. Spettri

7.1. Premessa

Ai fini delle norme applicate l'azione sismica è caratterizzata da 3 componenti traslazionali, due orizzontali ortogonali tra loro ed una verticale, da considerare tra di loro indipendenti. Salvo quanto specificato nel § 7.11 del D.M. 2008 per le opere e i sistemi geotecnici la componente verticale verrà considerata ove espressamente specificato e purché il sito nel quale la costruzione sorge non sia in Zona 3 e 4.

Le due componenti ortogonali indipendenti che descrivono il moto orizzontale sono caratterizzate dallo stesso spettro di risposta; mentre la componente che descrive il moto verticale è caratterizzata dal suo spettro di risposta. In via semplificata l'accelerazione massima e lo spettro di risposta della componente verticale attesa in superficie possono essere determinati sulla base dell'accelerazione massima e dello spettro di risposta delle due componenti orizzontali.

Lo spettro di risposta elastico in accelerazione è espresso da una forma spettrale (spettro normalizzato) riferita ad uno smorzamento convenzionale del 5%, moltiplicata per il

valore della accelerazione orizzontale massima a_g su sito di riferimento rigido orizzontale. Sia la forma spettrale che il valore di ag variano al variare della probabilità di superamento nel periodo di riferimento P_{VR}. Gli spettri così definiti sono utilizzati per strutture con periodo fondamentale ≤ 4.0s.

7.2. Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali

Quale che sia la probabilità di superamento nel periodo di riferimento P_{VR} considerata, lo spettro di risposta elastico della componente orizzontale è definito dalle espressioni seguenti:

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

$$T_B \le T \le T_C \qquad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0$$

$$T_C \le T \le T_D \qquad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \frac{T_C}{T}$$

$$T_D \le T \qquad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \frac{T_C \cdot T_D}{T^2}$$

nelle quali 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 mediante la relazione $S = S_S \times S_T$; essendo S_S il coefficiente di amplificazione stratigrafica e S_T il coefficiente di amplificazione topografica;
- η è il fattore che altera lo spettro elastico per coefficienti di smorzamento viscosi convenzionali ξ diversi dal 5%;
- F_o 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 $T_C = C_C \cdot T_C$;
- 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 mediante la relazione:

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

in cui a_g è il valore relativo allo stato limite considerato.

7.3. Spettro di risposta elastico in accelerazione della componente verticale

Nel caso di costruzioni dotate di sistemi strutturali che presentino elementi pressoché orizzontali di luce superiore a 20.00 m, ovvero di membrature principali precompresse, con la sola eclusione di elementi tipologici per solai di luci inferiori a 8.00 m, per elementi a mensola di luce non inferiore a 4.00 m, con l'eccezione degli elementi caricati da membrature principali, per strutture spingenti e pilastri posizionati in falso, nonchè per sistemi strutturali che presentino piani sospesi, si rende necessario indagare in merito agli effetti derivanti dalle azioni sismiche verticali.

Lo spettro di risposta elastico relativo alle componenti sussultorie dell'azione sismica in termini di accelerazioni, è definito dalle seguenti espressioni:

$$0 \le T \le T_B \qquad S_{Ve}(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_V} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \le T \le T_C \qquad S_{Ve}(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_V$$

$$T_C \le T \le T_D \qquad S_{Ve}(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_V \frac{T_C}{T}$$

$$T_D \le T \qquad S_{Ve}(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_V \frac{T_C \cdot T_D}{T^2}$$

in cui il valore F_V che quantifica la massima amplificazione spettrale è dato da:

$$F_V = 1.35 \cdot F_0 \cdot \left(\frac{a_g}{g} \right)^{0.5}$$

I valori di a_g, F_o, S, η sono quelli definiti per le componenti orizzontali; i valori di S_S, T_B, T_C e T_D, sono stati desunti dalla seguente Tabella 7.3.1

Tabella 7.3.1 – *Valori dei parametri dello spettro di risposta elastico della componente verticale*

Categoria di sottosuolo	S_S	T_B	T_C	T_D
A, B, C, D, E	1,0	0,05 s	0,15 s	1,0 s

Per tener conto delle condizioni topografiche si sono utilizzati i valori del coefficiente topografico S_T riportati in Tabella 6.2.2.

7.4. Fattore di struttura q

Il passaggio dallo spettro di risposta elastico al corrispondente spettro di progetto avviene sostituendo, nelle formulazioni riportate in precedenza, al valore dello smorzamento viscoso h il valore h*= 1 / ***q***, in cui ***q*** = fattore di struttura del corpo considerato.

Per la definizione degli spettri di progetto nelle verifiche allo SLE si adotta un parametro di smorzamento h = 1, corrispondente ad un fattore di smorzamento x = 5,0%.

Per ciascuna delle direttrici d'azione sismica si rende necessario definire il fattore di struttura ***q***, determinato come $\boldsymbol{q} = \boldsymbol{q_0} \times \boldsymbol{K_R}$, in cui $\boldsymbol{q_0}$ è un fattore dipendente e significativo del livello di duttilità atteso, mentre il coefficiente $\boldsymbol{K_R}$ è un fattore riduttivo dipendente dalla regolarità in altezza della costruzione, ovvero dalla geometria del tracciato e dai rapporti di duttilità nel caso dei ponti.

In generale tale parametro può assumersi pari a *0.8* ovvero pari all'unità, in funzione della rispondenza dei complessi strutturali a prefissati parametri di controllo.

La verifica allo stato limite ultimo (SLU) o di danno (SLD) deve essere effettuata per la seguente combinazione della azione sismica con le altre azioni.

$$E + G_K + \sum_i \left(\psi_{2i} Q_{Ki}\right)$$

dove:

E azione sismica per lo stato limite in esame;

G_K carichi permanenti al loro valore caratteristico;

ψ_{2i} coefficiente di combinazione che fornisce il valore quasi-permanente della azione variabile Q_i;

Q_{Ki} valore caratteristico della azione variabile Q_i.

Gli effetti dell'azione sismica saranno valutati tenendo conto delle masse associate ai seguenti carichi gravitazionali:

$$G_K + \sum_i (\psi_{Ei} Q_{Ki})$$

dove:

ψ_{Ei} coefficiente di combinazione dell'azione variabile Q_i , che tiene conto della probabilità che tutti i carichi ψ_{Ei} Q_{Ki} siano presenti sulla intera struttura in occasione del sisma, e si ottiene moltiplicando ψ_{2i} per □.

7.4.1. Galleria artificiale imbocco lato Noli

Titolo: **Imbocco galleria artificiale**

Normativa: Norme tecniche per le costruzioni D.M. 14.01.2008

Tipo di costruzione: 2 — Opere ordinarie, ponti, opere infrastrutturali e dighe di dimensioni contenute o di importanza normale

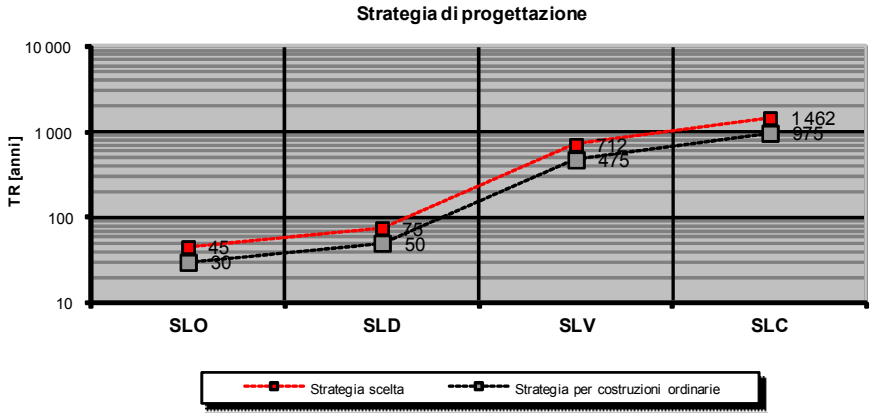
Vita nominale: V_N = 50 [anni]

Classe d'uso: III — Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d'uso IV. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso

Coefficiente: C_U = 1,50

Periodo di riferimento: V_R = **75** [anni] = $V_N \times C_U$

Parametri per la definizione dell'azione sismica						
Stati Limite		P_{VR}	T_R [anni]	a_g/g [-]	F_0 [-]	T_c^* [s]
Stati limite di esercizio	**SLO**	81%	45	0,024	2,550	0,185
	SLD	63%	75	0,031	2,554	0,211
Stati limite ultimi	**SLV**	10%	712	0,078	2,582	0,308
	SLC	5%	1 462	0,103	2,585	0,321
Spettro elastico	**SLE**	10%	712	0,078	2,582	0,308

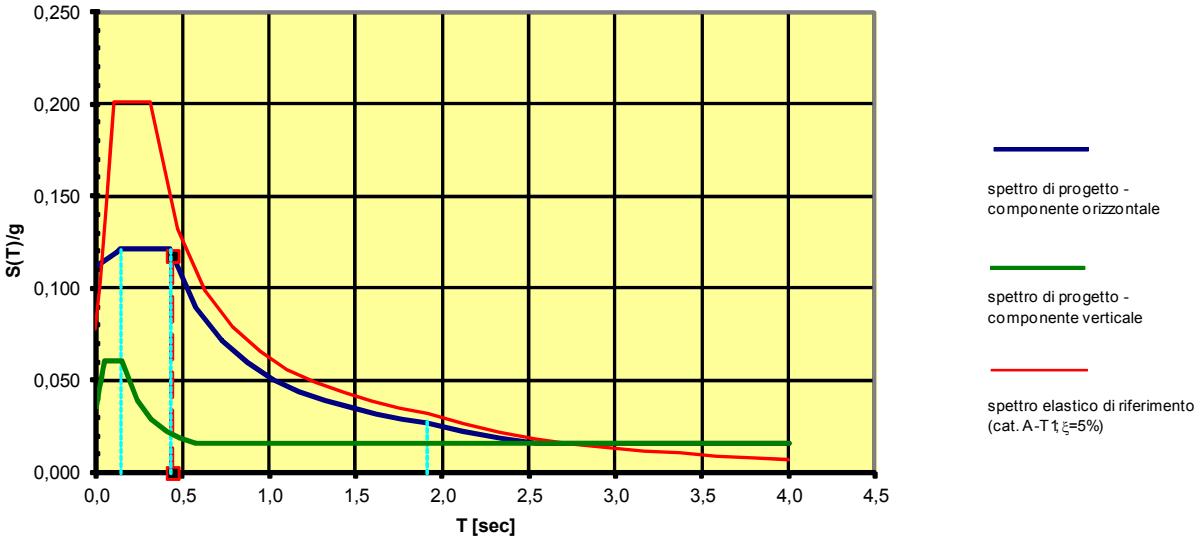


Stato Limite considerato :	SLV	Stato Limite di Salvaguardia della vita (SLU)
Tipo di suolo :	B	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs,30 compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero NSPT,30 > 50 nei terreni a grana grossa e cu,30 > 250 kPa nei terreni a grana fina).

PARAMETRI CONSIDERATI PER LA DEFINIZIONE DELL'AZIONE SISMICA	Stato Limite considerato	P_{VR} [%]	T_R [anni]	a_g/g [-]	F_0 [-]	T_c^* [s]
Tipo di suolo: **B**	**SLV**	10	712	0,0780	2,582	0,308
	Parametri componente orizzontale	S_S	C_C	T_B [sec]	T_C [sec]	T_D [sec]
		1,2000	1,3921	0,1429	0,4288	1,9120
	Parametri componente verticale	S_S	C_C	T_B [sec]	T_C [sec]	T_D [sec]
		1,0000	---	0,0500	0,1500	1,0000

Categoria topografica			T2	Pendii con inclinazione media i > 15°		
h= quota sito; H= altezza rilievo topografico	h/H	=	1,00			
Coeff. di amplificazione topografica	S_T	=	1,200		= 1+(1,2-1) × 1	
Coeff. di amplificazione comp. orizzontale	S	=	1,440		= $S_{S,orizzontale} \times S_T$	
Coeff. di amplificazione comp. verticale	S	=	1,200		= $S_{S,verticale} \times S_T$	
Valore massimo del fattore di struttura	q_0	=	2,40			
Fattore riduttivo	K_R	=	1,00		strutture regolari in altezza	
Fattore di struttura componente orizzontale	q	=	2,40		= $q_0 \times K_R$	
Fattore di struttura componente verticale	q_{vert}	=	1,50		(§7.3.1. D.M. 14-01-2008)	
Coeff. di smorzamento	ξ	=	5,00	[%]	$\Rightarrow$ η =	**1,000**
Coefficiente	C_1	=	0,050		qualsiasi altro tipo di struttura	
Altezza edificio	H	=	8,80			
Periodo di vibrazione	T_1	=	0,44	[sec]	= $C_1 \times H^{(3/4)}$	
Spettro di progetto orizzontale	$S(T_1)$	=	0,118	× g	= 1,155	[m/sec^2]

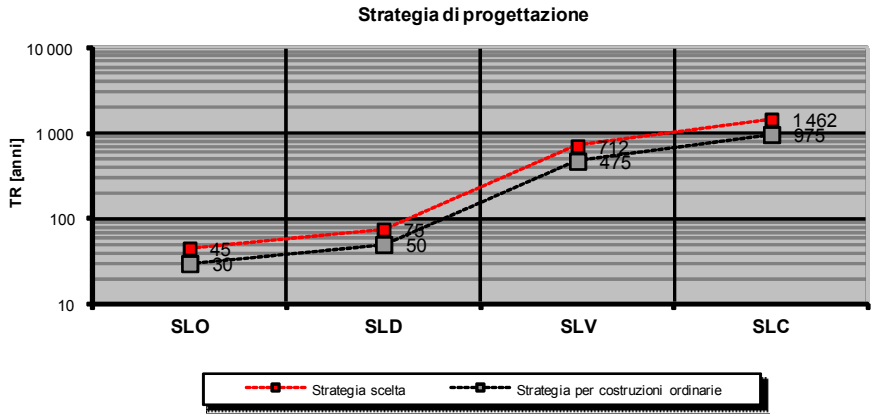
Spettro di risposta SLV



7.4.2. Galleria artificiale imbocco lato Finale Ligure

Titolo:	**Imbocco galleria artificiale lato Finale Ligure**	
Normativa:	Norme tecniche per le costruzioni D.M. 14.01.2008	
Tipo di costruzione:	2	Opere ordinarie, ponti, opere infrastrutturali e dighe di dimensioni contenute o di importanza normale
Vita nominale:	V_N = 50 [anni]	
Classe d'uso:	III	Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d'uso IV. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso
Coefficiente:	C_U = 1,50	
Periodo di riferimento:	V_R = **75** [anni]	= $V_N \times C_U$

Parametri per la definizione dell'azione sismica						
Stati Limite		**P_{VR}**	**T_R** [anni]	**a_g/g** [-]	**F_0** [-]	**T_c^*** [s]
Stati limite di esercizio	**SLO**	81%	45	0,024	2,551	0,185
	SLD	63%	75	0,031	2,556	0,211
Stati limite ultimi	**SLV**	10%	712	0,079	2,579	0,308
	SLC	5%	1 462	0,105	2,581	0,320
Spettro elastico	**SLE**	10%	712	0,079	2,579	0,308

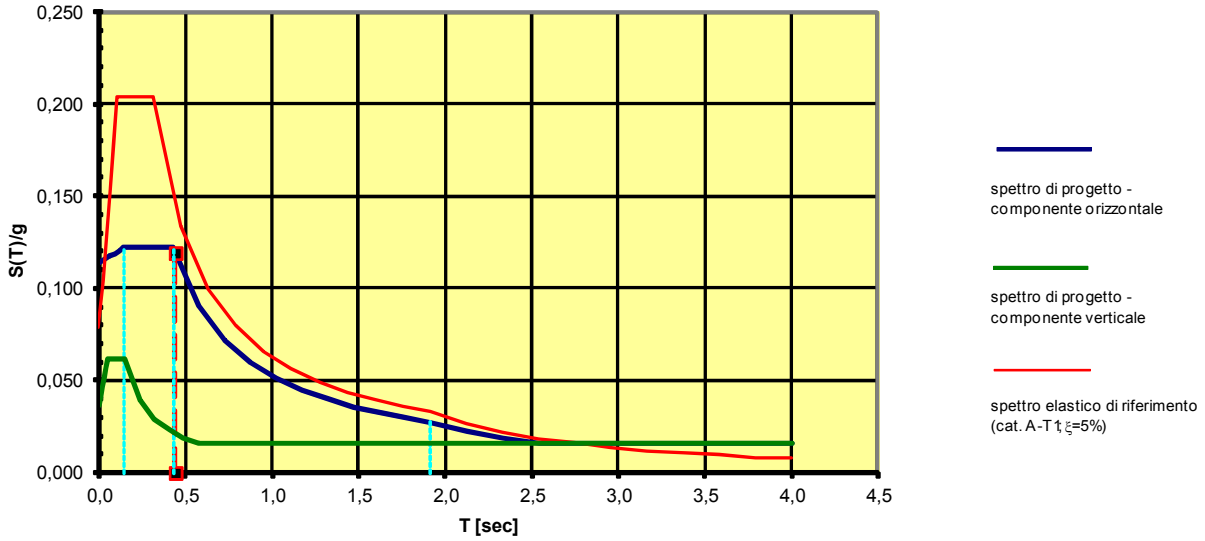


Stato Limite considerato :	SLV	Stato Limite di Salvaguardia della vita (SLU)
Tipo di suolo :	B	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs,30 compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero NSPT,30 > 50 nei terreni a grana grossa e cu,30 > 250 kPa nei terreni a grana fina).

PARAMETRI CONSIDERATI PER LA DEFINIZIONE DELL'AZIONE SISMICA	Stato Limite considerato	P_{VR} [%]	T_R [anni]	a_g/g [-]	F_0 [-]	T_c^* [s]
	SLV	10	712	0,0790	2,579	0,308
	Parametri componente orizzontale	S_S	C_C	T_B [sec]	T_C [sec]	T_D [sec]
		1,2000	1,3921	0,1429	0,4288	1,9160
Tipo di suolo **B**	Parametri componente verticale	S_S	C_C	T_B [sec]	T_C [sec]	T_D [sec]
		1,0000	---	0,0500	0,1500	1,0000

Categoria topografica			T2	Pendii con inclinazione media i > 15°		
h= quota sito; H= altezza rilievo topografico	h/H	=	1,00			
Coeff. di amplificazione topografica	S_T	=	1,200		= 1+(1,2-1) × 1	
Coeff. di amplificazione comp. orizzontale	S	=	1,440		= $S_{S,orizzontale} \times S_T$	
Coeff. di amplificazione comp. verticale	S	=	1,200		= $S_{S,verticale} \times S_T$	
Valore massimo del fattore di struttura	q_0	=	2,40			
Fattore riduttivo	K_R	=	1,00		strutture regolari in altezza	
Fattore di struttura componente orizzontale	q	=	2,40		= $q_0 \times K_R$	
Fattore di struttura componente verticale	q_{vert}	=	1,50		(§7.3.1. D.M. 14-01-2008)	
Coeff. di smorzamento	ξ	=	5,00	[%]	$\Rightarrow$ η =	**1,000**
Coefficiente	C_1	=	0,050		qualsiasi altro tipo di struttura	
Altezza edificio	H	=	8,80			
Periodo di vibrazione	T_1	=	0,44	[sec]	= $C_1 \times H^{(3/4)}$	
Spettro di progetto orizzontale	$S(T_1)$	=	0,119	× g	= 1,169	[m/sec^2]

Spettro di risposta SLV

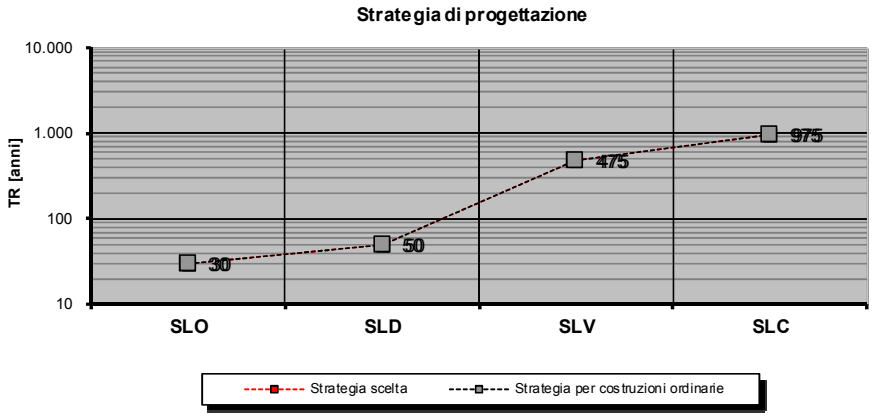


7.4.3. Imbocco lato Noli: scala percorso pedonale

AZIONE SISMICA (§ 3.2 - D.M. 14-01-2008)

Titolo:	**Capo Noli - scala percorso pedonale**	
Normativa:	Norme tecniche per le costruzioni D.M. 14.01.2008	
Tipo di costruzione:	2	Opere ordinarie, ponti, opere infrastrutturali e dighe di dimensioni contenute o di importanza normale
Vita nominale:	V_N = 50 [anni]	
Classe d'uso:	II	Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso III o in Classe d'uso IV, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti
Coefficiente:	C_U = 1,00	
Periodo di riferimento:	V_R = **50** [anni]	= $V_N \times C_U$

Parametri per la definizione dell'azione sismica						
Stati Limite		**P_{VR}**	**T_R** [anni]	**a_g/g** [-]	**F_0** [-]	**T_c^*** [s]
Stati limite di esercizio	**SLO**	81%	30	0,019	2,586	0,158
	SLD	63%	50	0,025	2,540	0,192
Stati limite ultimi	**SLV**	10%	475	0,066	2,574	0,300
	SLC	5%	975	0,088	2,588	0,315
Spettro elastico	**SLE**	10%	475	0,066	2,574	0,300

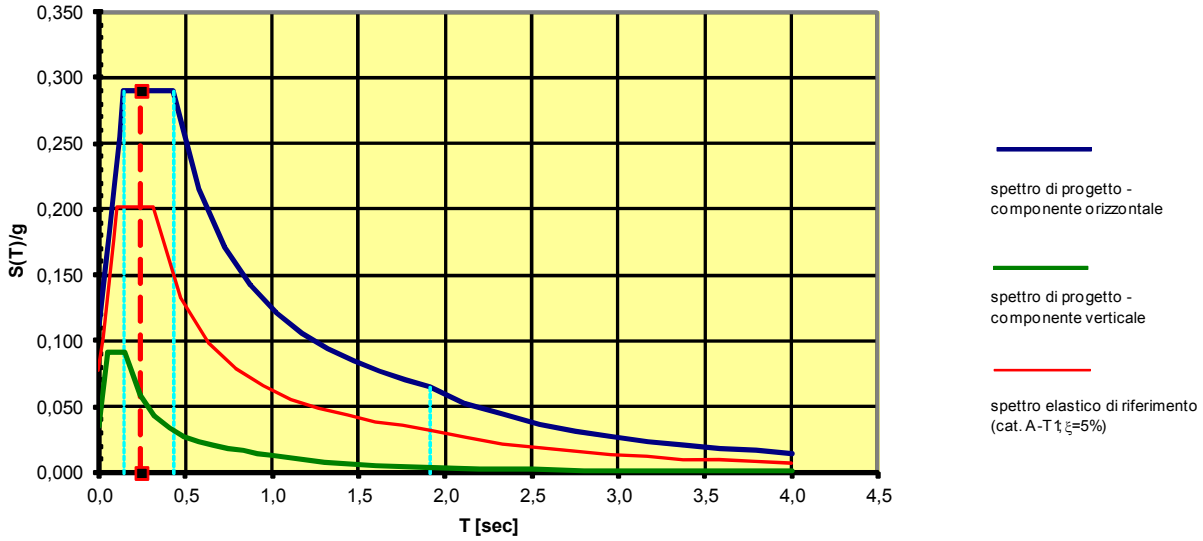


Stato Limite considerato :	SLE	Spettro elastico
Tipo di suolo :	B	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs,30 compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero NSPT,30 > 50 nei terreni a grana grossa e cu,30 > 250 kPa nei terreni a grana fina).

PARAMETRI CONSIDERATI PER LA DEFINIZIONE DELL'AZIONE SISMICA	Stato Limite considerato	P_{VR} [%]	T_R [anni]	a_g/g [-]	F_0 [-]	T_c^* [s]
	SLE	10	475	0,0780	2,582	0,308
	Parametri componente orizzontale	S_S	C_C	T_B [sec]	T_C [sec]	T_D [sec]
		1,2000	1,3921	0,1429	0,4288	1,9120
Tipo di suolo **B**	Parametri componente verticale	S_S	C_C	T_B [sec]	T_C [sec]	T_D [sec]
		1,0000	---	0,0500	0,1500	1,0000

Categoria topografica			T2	Pendii con inclinazione media i > 15°		
h= quota sito; H= altezza rilievo topografico	h/H	=	1,00			
Coeff. di amplificazione topografica	S_T	=	1,200		= 1+(1,2-1) × 1	
Coeff. di amplificazione comp. orizzontale	S	=	1,440		= $S_{S,orizzontale} \times S_T$	
Coeff. di amplificazione comp. verticale	S	=	1,200		= $S_{S,verticale} \times S_T$	
Valore massimo del fattore di struttura	q_0	=	1,00			
Fattore riduttivo	K_R	=	1,00		strutture regolari in altezza	
Fattore di struttura componente orizzontale	q	=	1,00		= $q_0 \times K_R$	
Fattore di struttura componente verticale	q_{vert}	=	1,50		(§7.3.1. D.M. 14-01-2008)	
Coeff. di smorzamento	ξ	=	5,00	[%]	$\Rightarrow$ η =	**1,000**
Coefficiente	C_1	=	0,050		qualsiasi altro tipo di struttura	
Altezza edificio	H	=	4,85			
Periodo di vibrazione	T_1	=	0,24	[sec]	= $C_1 \times H^{(3/4)}$	
Spettro di progetto orizzontale	$S(T_1)$	=	0,290	× g	= 2,845	[m/sec^2]

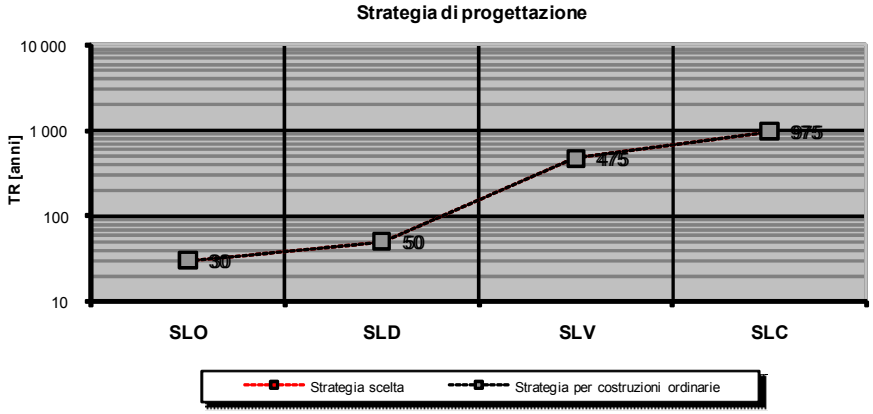
Spettro di risposta SLE



7.4.4. Locale tecnologico galleria

Titolo:	**Capo Noli - cabina elettrica**	
Normativa:	Norme tecniche per le costruzioni D.M. 14.01.2008	
Tipo di costruzione:	2	Opere ordinarie, ponti, opere infrastrutturali e dighe di dimensioni contenute o di importanza normale
Vita nominale:	V_N = 50 [anni]	
Classe d'uso:	II	Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso III o in Classe d'uso IV, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti
Coefficiente:	C_U = 1,00	
Periodo di riferimento:	V_R = **50** [anni]	= $V_N \times C_U$

Parametri per la definizione dell'azione sismica						
Stati Limite		**P_{VR}**	**T_R** [anni]	**a_g/g** [-]	**F_0** [-]	**T_c^*** [s]
Stati limite di esercizio	**SLO**	81%	30	0,019	2,586	0,158
	SLD	63%	50	0,025	2,540	0,192
Stati limite ultimi	**SLV**	10%	475	0,066	2,574	0,300
	SLC	5%	975	0,088	2,588	0,315
Spettro elastico	**SLE**	10%	475	0,066	2,574	0,300

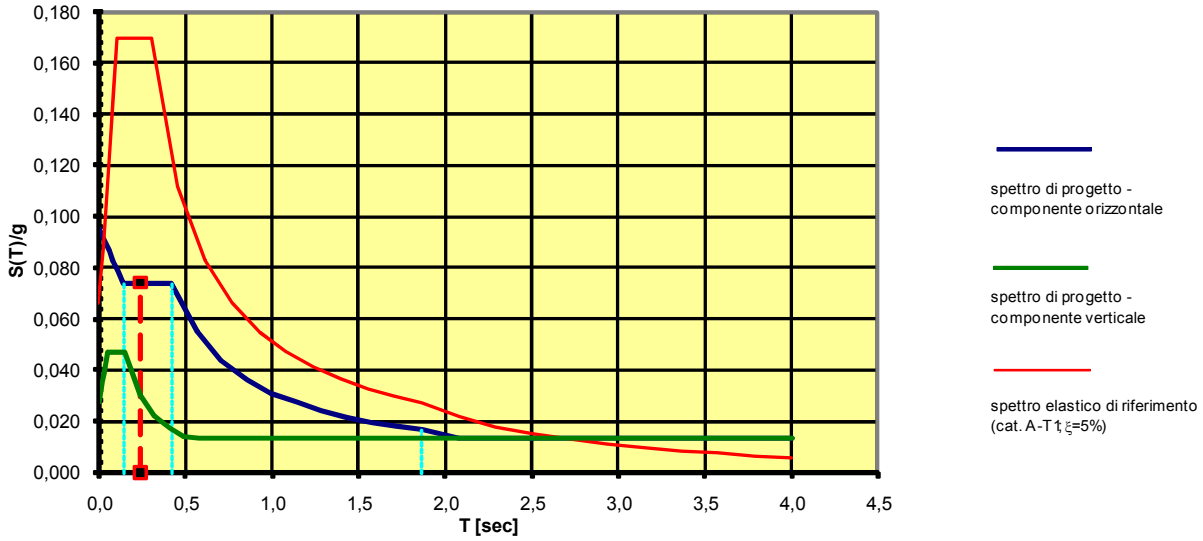


Stato Limite considerato :	SLV	Stato Limite di Salvaguardia della vita (SLU)
Tipo di suolo :	B	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs,30 compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero NSPT,30 > 50 nei terreni a grana grossa e cu,30 > 250 kPa nei terreni a grana fina).

PARAMETRI CONSIDERATI PER LA DEFINIZIONE DELL'AZIONE SISMICA	Stato Limite considerato	P_{VR} [%]	T_R [anni]	a_g/g [-]	F_0 [-]	T_c^* [s]
	SLV	10	475	0,0660	2,574	0,300
	Parametri componente orizzontale	S_S	C_C	T_B [sec]	T_C [sec]	T_D [sec]
		1,2000	1,3995	0,1399	0,4198	1,8640
Tipo di suolo	Parametri componente verticale	S_S	C_C	T_B [sec]	T_C [sec]	T_D [sec]
B		1,0000	---	0,0500	0,1500	1,0000

Categoria topografica			T2	Pendii con inclinazione media i > 15°	
h= quota sito; H= altezza rilievo topografico	h/H	=	1,00		
Coeff. di amplificazione topografica	S_T	=	1,200		= 1+(1,2-1) × 1
Coeff. di amplificazione comp. orizzontale	S	=	1,440		= $S_{S,orizzontale} \times S_T$
Coeff. di amplificazione comp. verticale	S	=	1,200		= $S_{S,verticale} \times S_T$
Valore massimo del fattore di struttura	q_0	=	3,30		
Fattore riduttivo	K_R	=	1,00		strutture regolari in altezza
Fattore di struttura componente orizzontale	q	=	3,30		= $q_0 \times K_R$
Fattore di struttura componente verticale	q_{vert}	=	1,50		(§7.3.1. D.M. 14-01-2008)
Coeff. di smorzamento	ξ	=	5,00	[%]	$\Rightarrow$ η = **1,000**
Coefficiente	C_1	=	0,075		struttura a telaio in c.a.
Altezza edificio	H	=	3,20		
Periodo di vibrazione	T_1	=	0,24	[sec]	= $C_1 \times H^{(3/4)}$
Spettro di progetto orizzontale	$S(T_1)$	=	0,074	× g	= 0,727 [m/sec^2]

Spettro di risposta SLV

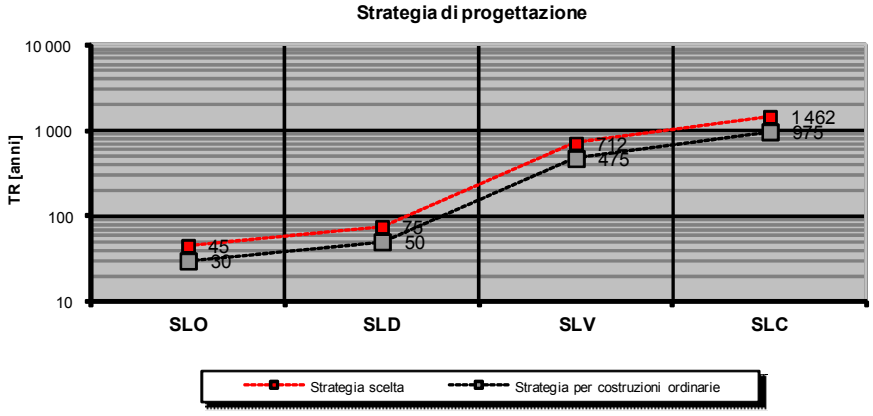


7.4.5. Opera scavalco stazione di sollevamento

Titolo:	**Opera scavalco stazione sollevamento**	
Normativa:	Norme tecniche per le costruzioni D.M. 14.01.2008	
Tipo di costruzione:	2	Opere ordinarie, ponti, opere infrastrutturali e dighe di dimensioni contenute o di importanza normale
Vita nominale:	V_N = 50 [anni]	
Classe d'uso:	III	Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d'uso IV. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso
Coefficiente:	C_U = 1,50	
Periodo di riferimento:	V_R = **75** [anni]	= $V_N \times C_U$

Parametri per la definizione dell'azione sismica

Stati Limite		P_{VR}	T_R [anni]	a_g/g [-]	F_0 [-]	T_c^* [s]
Stati limite di esercizio	**SLO**	81%	45	0,024	2,550	0,185
	SLD	63%	75	0,031	2,554	0,211
Stati limite ultimi	**SLV**	10%	712	0,078	2,582	0,308
	SLC	5%	1 462	0,103	2,585	0,321
Spettro elastico	**SLE**	10%	712	0,078	2,582	0,308

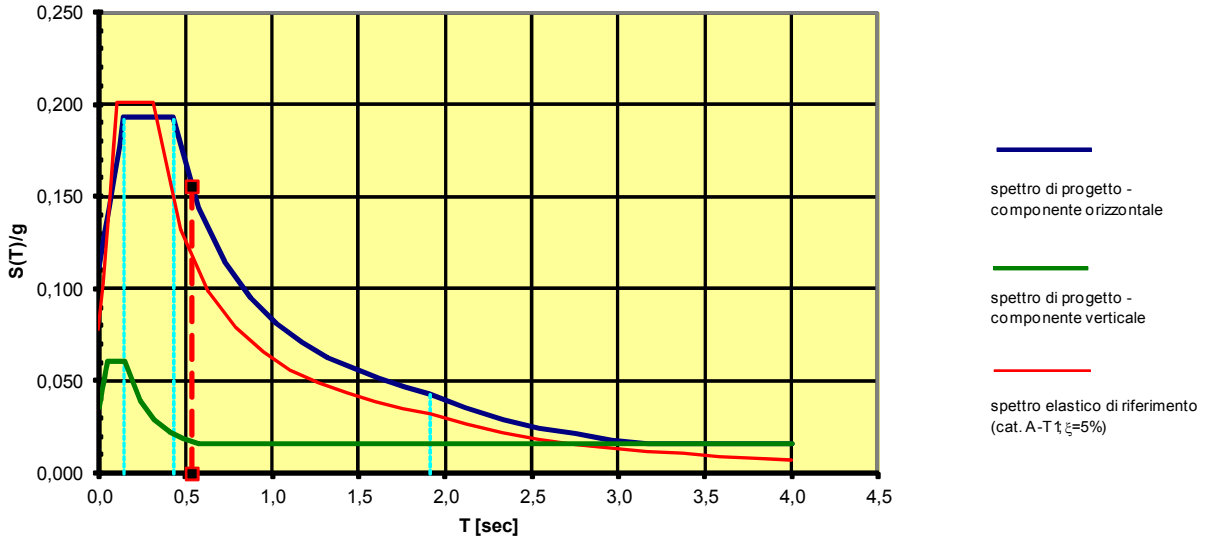


Stato Limite considerato :	SLV	Stato Limite di Salvaguardia della vita (SLU)
Tipo di suolo :	B	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs,30 compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero NSPT,30 > 50 nei terreni a grana grossa e cu,30 > 250 kPa nei terreni a grana fina).

PARAMETRI CONSIDERATI PER LA DEFINIZIONE DELL'AZIONE SISMICA	Stato Limite considerato	P_{VR} [%]	T_R [anni]	a_g/g [-]	F_0 [-]	T_c^* [s]
	SLV	10	712	0,0780	2,582	0,308
	Parametri componente orizzontale	S_S	C_C	T_B [sec]	T_C [sec]	T_D [sec]
		1,2000	1,3921	0,1429	0,4288	1,9120
Tipo di suolo	Parametri componente verticale	S_S	C_C	T_B [sec]	T_C [sec]	T_D [sec]
B		1,0000	---	0,0500	0,1500	1,0000

Categoria topografica		T2	Pendii con inclinazione media i > 15°	
h= quota sito; H= altezza rilievo topografico	h/H	=	1,00	
Coeff. di amplificazione topografica	S_T	=	1,200	= 1+(1,2-1) × 1
Coeff. di amplificazione comp. orizzontale	S	=	1,440	= $S_{S,orizzontale} \times S_T$
Coeff. di amplificazione comp. verticale	S	=	1,200	= $S_{S,verticale} \times S_T$
Valore massimo del fattore di struttura	q_0	=	1,50	
Fattore riduttivo	K_R	=	1,00	strutture regolari in altezza
Fattore di struttura componente orizzontale	q	=	1,50	= $q_0 \times K_R$
Fattore di struttura componente verticale	q_{vert}	=	1,00	(§7.3.1. D.M. 14-01-2008)

Spettro di risposta SLV

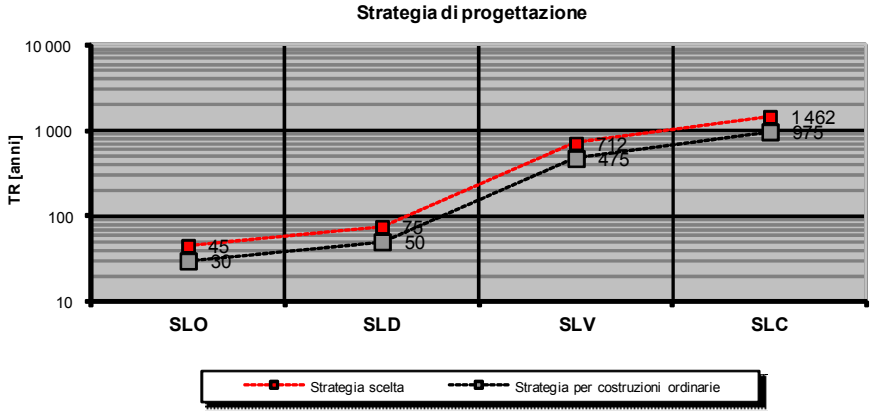


7.4.6. Struttura intersezione

Titolo:	**Struttura intersezione**	
Normativa:	Norme tecniche per le costruzioni D.M. 14.01.2008	
Tipo di costruzione:	2	Opere ordinarie, ponti, opere infrastrutturali e dighe di dimensioni contenute o di importanza normale
Vita nominale:	V_N = 50 [anni]	
Classe d'uso:	III	Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d'uso IV. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso
Coefficiente:	C_U = 1,50	
Periodo di riferimento:	V_R = **75** [anni]	= $V_N \times C_U$

Parametri per la definizione dell'azione sismica

Stati Limite		P_{VR}	T_R [anni]	a_g/g [-]	F_0 [-]	T_c^* [s]
Stati limite di esercizio	**SLO**	81%	45	0,024	2,550	0,185
	SLD	63%	75	0,031	2,554	0,211
Stati limite ultimi	**SLV**	10%	712	0,078	2,582	0,308
	SLC	5%	1 462	0,103	2,585	0,321
Spettro elastico	**SLE**	10%	712	0,078	2,582	0,308

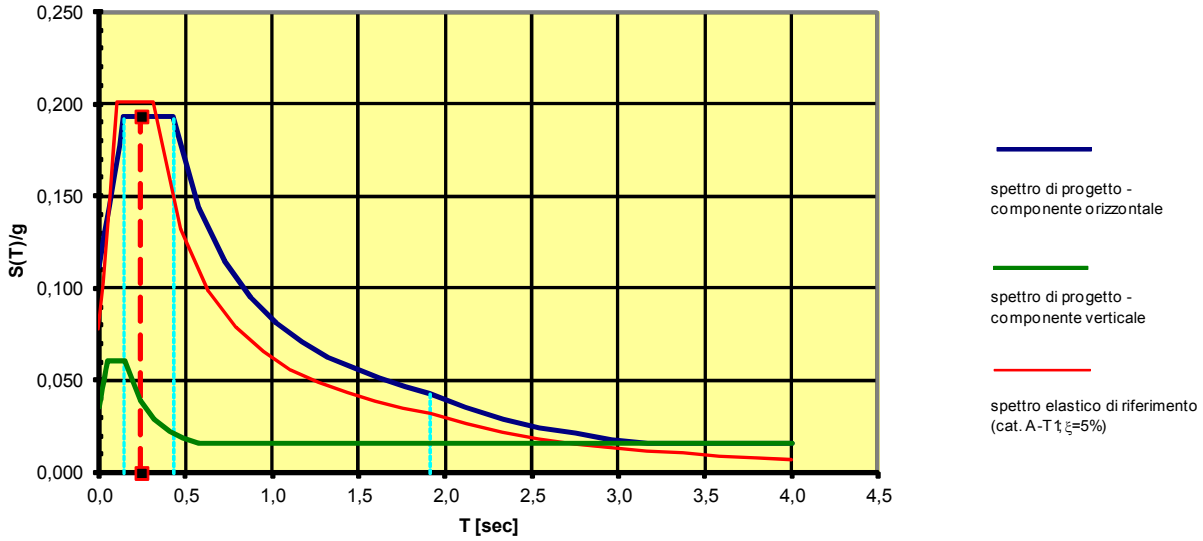


Stato Limite considerato :	SLV	Stato Limite di Salvaguardia della vita (SLU)
Tipo di suolo :	B	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs,30 compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero NSPT,30 > 50 nei terreni a grana grossa e cu,30 > 250 kPa nei terreni a grana fina).

PARAMETRI CONSIDERATI PER LA DEFINIZIONE DELL'AZIONE SISMICA	Stato Limite considerato	P_{VR} [%]	T_R [anni]	a_g/g [-]	F_0 [-]	T_c^* [s]
	SLV	10	712	0,0780	2,582	0,308
	Parametri componente orizzontale	S_S	C_C	T_B [sec]	T_C [sec]	T_D [sec]
		1,2000	1,3921	0,1429	0,4288	1,9120
Tipo di suolo **B**	Parametri componente verticale	S_S	C_C	T_B [sec]	T_C [sec]	T_D [sec]
		1,0000	---	0,0500	0,1500	1,0000

Categoria topografica			T2	Pendii con inclinazione media i > 15°		
h= quota sito; H= altezza rilievo topografico	h/H	=	1,00			
Coeff. di amplificazione topografica	S_T	=	1,200		= 1+(1,2-1) × 1	
Coeff. di amplificazione comp. orizzontale	S	=	1,440		= $S_{S,orizzontale} \times S_T$	
Coeff. di amplificazione comp. verticale	S	=	1,200		= $S_{S,verticale} \times S_T$	
Valore massimo del fattore di struttura	q_0	=	1,50			
Fattore riduttivo	K_R	=	1,00		strutture regolari in altezza	
Fattore di struttura componente orizzontale	q	=	1,50		= $q_0 \times K_R$	
Fattore di struttura componente verticale	q_{vert}	=	1,50		(§7.3.1. D.M. 14-01-2008)	
Coeff. di smorzamento	ξ	=	5,00	[%]	$\Rightarrow$ η =	**1,000**
Coefficiente	C_1	=	0,050		qualsiasi altro tipo di struttura	
Altezza edificio	H	=	4,85			
Periodo di vibrazione	T_1	=	0,24	[sec]	= $C_1 \times H^{(3/4)}$	
Spettro di progetto orizzontale	$S(T_1)$	=	0,193	× g	= 1,897	[m/sec^2]

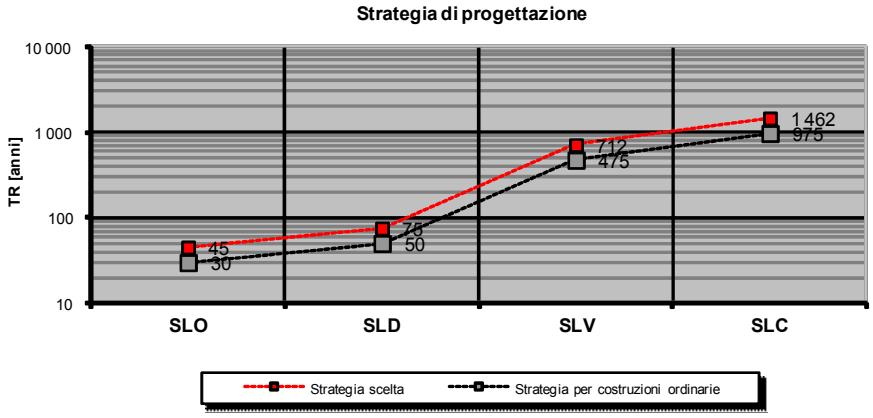
Spettro di risposta SLV



7.4.7. Fabbricato rimessaggio

Titolo:	**Fabbricato rimessaggio**	
Normativa:	Norme tecniche per le costruzioni D.M. 14.01.2008	
Tipo di costruzione:	2	Opere ordinarie, ponti, opere infrastrutturali e dighe di dimensioni contenute o di importanza normale
Vita nominale:	V_N = 50 [anni]	
Classe d'uso:	III	Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d'uso IV. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso
Coefficiente:	C_U = 1,50	
Periodo di riferimento:	V_R = **75** [anni]	= $V_N \times C_U$

Parametri per la definizione dell'azione sismica						
Stati Limite		**P_{VR}**	**T_R** [anni]	**a_g/g** [-]	**F_0** [-]	**T_c^*** [s]
Stati limite di esercizio	**SLO**	81%	45	0,024	2,550	0,185
	SLD	63%	75	0,031	2,554	0,211
Stati limite ultimi	**SLV**	10%	712	0,078	2,582	0,308
	SLC	5%	1 462	0,103	2,585	0,321
Spettro elastico	**SLE**	10%	712	0,078	2,582	0,308

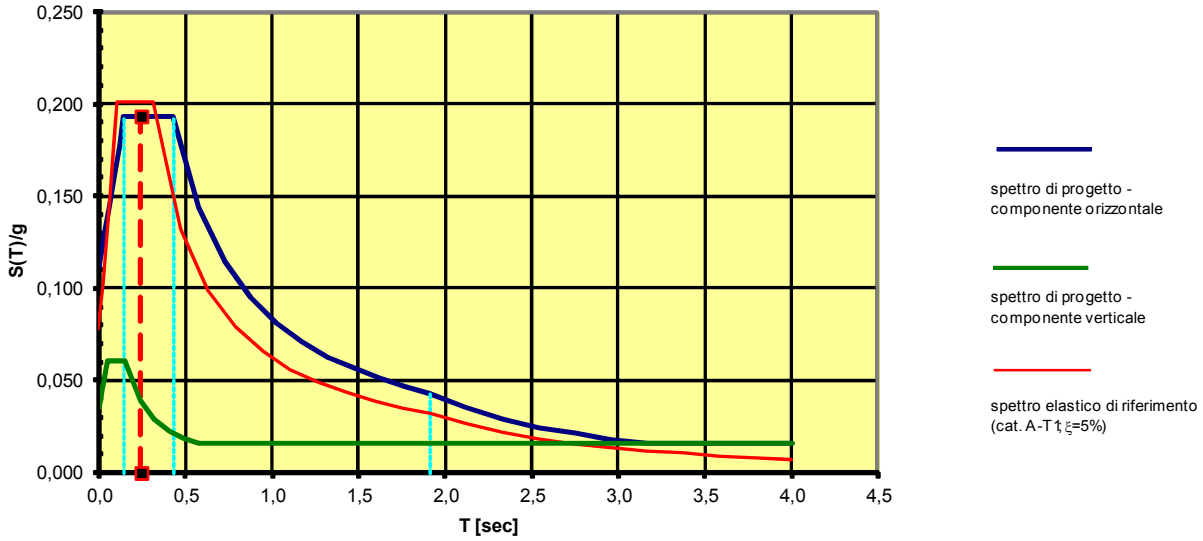


Stato Limite considerato :	SLV	Stato Limite di Salvaguardia della vita (SLU)
Tipo di suolo :	B	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs,30 compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero NSPT,30 > 50 nei terreni a grana grossa e cu,30 > 250 kPa nei terreni a grana fina).

PARAMETRI CONSIDERATI PER LA DEFINIZIONE DELL'AZIONE SISMICA	Stato Limite considerato	P_{VR} [%]	T_R [anni]	a_g/g [-]	F_0 [-]	T_c^* [s]
	SLV	10	712	0,0780	2,582	0,308
	Parametri componente orizzontale	S_S	C_C	T_B [sec]	T_C [sec]	T_D [sec]
		1,2000	1,3921	0,1429	0,4288	1,9120
Tipo di suolo **B**	Parametri componente verticale	S_S	C_C	T_B [sec]	T_C [sec]	T_D [sec]
		1,0000	---	0,0500	0,1500	1,0000

Categoria topografica			T2	Pendii con inclinazione media i > 15°		
h= quota sito; H= altezza rilievo topografico	h/H	=	1,00			
Coeff. di amplificazione topografica	S_T	=	1,200		= 1+(1,2-1) × 1	
Coeff. di amplificazione comp. orizzontale	S	=	1,440		= $S_{S,orizzontale} \times S_T$	
Coeff. di amplificazione comp. verticale	S	=	1,200		= $S_{S,verticale} \times S_T$	
Valore massimo del fattore di struttura	q_0	=	1,50			
Fattore riduttivo	K_R	=	1,00		strutture regolari in altezza	
Fattore di struttura componente orizzontale	q	=	1,50		= $q_0 \times K_R$	
Fattore di struttura componente verticale	q_{vert}	=	1,50		(§7.3.1. D.M. 14-01-2008)	
Coeff. di smorzamento	ξ	=	5,00	[%]	$\Rightarrow$ η =	**1,000**
Coefficiente	C_1	=	0,050		qualsiasi altro tipo di struttura	
Altezza edificio	H	=	4,85			
Periodo di vibrazione	T_1	=	0,24	[sec]	= $C_1 \times H^{(3/4)}$	
Spettro di progetto orizzontale	$S(T_1)$	=	0,193	× g	= 1,897	[m/sec^2]

Spettro di risposta SLV

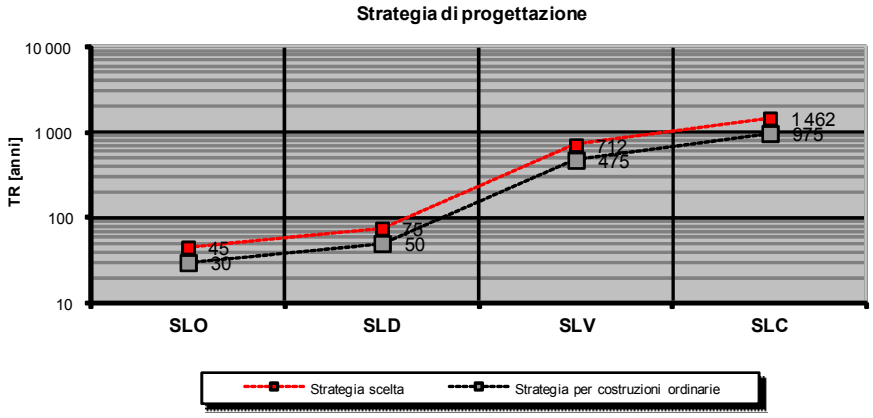


7.4.8. Passerella ciclopedonale

Titolo:	**Passerella ciclopedonale**	
Normativa:	Norme tecniche per le costruzioni D.M. 14.01.2008	
Tipo di costruzione:	2	Opere ordinarie, ponti, opere infrastrutturali e dighe di dimensioni contenute o di importanza normale
Vita nominale:	V_N = 50 [anni]	
Classe d'uso:	III	Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d'uso IV. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso
Coefficiente:	C_U = 1,50	
Periodo di riferimento:	V_R = **75** [anni]	= $V_N \times C_U$

Parametri per la definizione dell'azione sismica

Stati Limite		P_{VR}	T_R [anni]	a_g/g [-]	F_0 [-]	T_c^* [s]
Stati limite di esercizio	**SLO**	81%	45	0,024	2,550	0,185
	SLD	63%	75	0,031	2,554	0,211
Stati limite ultimi	**SLV**	10%	712	0,078	2,582	0,308
	SLC	5%	1 462	0,103	2,585	0,321
Spettro elastico	**SLE**	10%	712	0,078	2,582	0,308



Stato Limite considerato :	SLE	Spettro elastico
Tipo di suolo :	B	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs,30 compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero NSPT,30 > 50 nei terreni a grana grossa e cu,30 > 250 kPa nei terreni a grana fina).

PARAMETRI CONSIDERATI PER LA DEFINIZIONE DELL'AZIONE SISMICA	Stato Limite considerato	P_{VR} [%]	T_R [anni]	a_g/g [-]	F_0 [-]	T_c^* [s]
	SLE	10	712	0,0780	2,582	0,308
	Parametri componente orizzontale	S_S	C_C	T_B [sec]	T_C [sec]	T_D [sec]
		1,2000	1,3921	0,1429	0,4288	1,9120
Tipo di suolo **B**	Parametri componente verticale	S_S	C_C	T_B [sec]	T_C [sec]	T_D [sec]
		1,0000	---	0,0500	0,1500	1,0000

Categoria topografica			T2	Pendii con inclinazione media i > 15°		
h= quota sito; H= altezza rilievo topografico	h/H	=	1,00			
Coeff. di amplificazione topografica	S_T	=	1,200		= 1+(1,2-1) × 1	
Coeff. di amplificazione comp. orizzontale	S	=	1,440		= $S_{S,orizzontale} \times S_T$	
Coeff. di amplificazione comp. verticale	S	=	1,200		= $S_{S,verticale} \times S_T$	
Valore massimo del fattore di struttura	q_0	=	1,00			
Fattore riduttivo	K_R	=	1,00		strutture regolari in altezza	
Fattore di struttura componente orizzontale	q	=	1,00		= $q_0 \times K_R$	
Fattore di struttura componente verticale	q_{vert}	=	1,00		(§7.3.1. D.M. 14-01-2008)	
Coeff. di smorzamento	ξ	=	5,00	[%]	$\Rightarrow$ η =	**1,000**
Coefficiente	C_1	=	0,050		qualsiasi altro tipo di struttura	
Altezza edificio	H	=	4,00			
Periodo di vibrazione	T_1	=	0,20	[sec]	= $C_1 \times H^{(3/4)}$	
Spettro di progetto orizzontale	$S(T_1)$	=	0,290	× g	= 2,845	[m/sec^2]

Spettro di risposta SLE

