

NUOVA S.S. 341 "GALLARATESE" - TRATTO DA SAMARATE A CONFINE  
CON LA PROVINCIA DI NOVARA - TRATTO NORD

STRALCIO FUNZIONALE DAL KM 6+500 (SVINCOLO S.S. 336 NORD)  
AL KM 8+844 (SVINCOLO AUTOSTRADA A8)  
"BRETELLA DI GALLARATE"

PROGETTO ESECUTIVO

  Ing. Renato Vaira <small>(Ordine degli Ingg. di Torino e Provincia n° 4663 W)</small>	  Ing. Valerio Bajetti <small>Ordine degli Ingg. di Roma e provincia n° A-26211</small>	ING. RENATO DEL PRETE  Ing. Renato Del Prete <small>Ordine degli Ingg. di Bari e provincia n° 5073</small>	  Arch. Nicoletta Frattini <small>Ordine degli Arch. di Torino e provincia n° A-8433</small>	  Ing. Gabriele Incecchi <small>Ordine degli Ingg. di Roma e provincia n° A-12102</small>
	 Società designata: <b>GA&amp;M</b>  Prof. Ing. Matteo Ranieri <small>Ordine degli Ingg. di Bari e provincia n° 1137</small>	 Servizi & Engineering Trasporti Ambiente Costruzioni  Prof. Ing. Luigi Monterisi <small>Ordine degli Ingg. di Bari e provincia n° 1771</small>	  Ing. Gioacchino Angarano <small>Ordine degli Ingg. di Bari e provincia n° 5970</small>	DOTT. GEOL. DANILLO GALLO  Dott. Geol. Danilo Gallo <small>Ordine dei Geologi della Regione Puglia n° 588</small>
VISTO: IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO  Dott. Ing. Giancarlo LUONGO	RESPONSABILE INTEGRAZIONE DELLE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE  Ing. Renato DEL PRETE	IL PROGETTISTA FIRMATARIO DELLA PRESTAZIONE  Ing. Valerio BAJETTI	GEOLOGO  Prof. Ing. Geol. Luigi MONTERISI	COORDINATORE DELLA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE  Ing. Fabrizio BAJETTI

G001

G-SISMICA

Relazione sismica

CODICE PROGETTO		NOME FILE		REVISIONE	SCALA:
PROGETTO	LIV. PROG.	N. PROG.	G001_T00SG00GETRE01_A.dwg		
M I 5 3 3	E	1 8 0 1	CODICE ELAB. T 0 0 S G 0 0 G E T R E 0 1	A	-
D					
C					
B					
A	EMISSIONE	MARZO 2020	PROF. ING. LUIGI MOTERISI	ING. VALERIO BAJETTI	ING. RENATO DEL PRETE
REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO

## INDICE

<b>1. PREMESSA</b>	<b>2</b>
<b>2. LA PERICOLOSITA' SISMICA DI BASE SECONDO LE NORME TECNICHE PER LE COSTRUZIONI</b>	<b>2</b>
2.1 VITA NOMINALE, CLASSI D'USO E PERIODO DI RIFERIMENTO	2
2.2 STATI LIMITE E RELATIVE PROBABILITÀ DI SUPERAMENTO	3
2.3 CATEGORIE DI SOTTOSUOLO E CONDIZIONI TOPOGRAFICHE	5
2.4 VALUTAZIONE DELLA PERICOLOSITA' SISMICA	6
2.5 VALUTAZIONE DELL'AZIONE SISMICA	7
<b>3. CARATTERIZZAZIONE SISMICA DEI TERRENI DI FONDAZIONE DEL SITO</b>	<b>10</b>
<b>4. SPETTRI DI RISPOSTA ELASTICI PER IL SITO IN ESAME</b>	<b>11</b>

## 1. PREMESSA

La presente relazione illustra gli aspetti legati alla pericolosità sismica del sito ove è ubicata l'opera in oggetto. Lo studio è stato sviluppato congruentemente con quanto previsto dalla nuove Norme Tecniche per le Costruzioni (2018).

## 2. LA PERICOLOSITA' SISMICA DI BASE SECONDO LE NORME TECNICHE PER LE COSTRUZIONI

La 'pericolosità sismica di base' del sito di costruzione, in base alla quale determinare le azioni sismiche di progetto, risulta definita dalle Norme Tecniche per le Costruzioni emanate mediante Decreto del Ministero delle Infrastrutture in data 17 gennaio 2018 (nel seguito denominate NTC). Essa viene espressa, con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza PVR nel periodo di riferimento VR, in termini di:

- accelerazione orizzontale massima attesa  $a_g$ ;
  - ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione  $S_e(T)$ ;
- in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale.

In alternativa è ammesso l'uso di accelerogrammi purché correttamente commisurati alla pericolosità sismica del sito.

### 2.1 VITA NOMINALE, CLASSI D'USO E PERIODO DI RIFERIMENTO

Il periodo di riferimento per l'azione sismica,  $V_R$ , si ricava dall'espressione:

$$V_R = V_N C_U \quad (2.1)$$

in cui  $V_N$  rappresenta la vita nominale della costruzione, espressa in anni, e  $C_U$  il coefficiente d'uso funzione della classe d'uso dell'opera. I valori di  $V_N$  e  $C_U$  per diversi tipi di costruzioni e classi di uso sono riportati rispettivamente nelle Tabelle 2.1 e 2.2.

**Tabella 2.1: Valori minimi della vita nominale  $V_N$  di progetto per i diversi tipi di costruzioni (NTC, 2018 – Tab.2.4.I)**

TIPI DI COSTRUZIONE		Valori minimi di $V_N$ (anni)
1	Costruzioni temporanee e provvisorie	10
2	Costruzioni con livelli di prestazione ordinari	50
3	Costruzioni con livelli di prestazione elevati	100

Le verifiche sismiche di opere di tipo 1 o in fase di costruzione possono omettersi quando il progetto preveda che tale condizione permanga per meno di 2 anni.

**Tabella 2.2: valori del coefficiente d'uso  $C_u$  (NTC, 2018 – Tab.2.4.II)**

Classe d'Uso	I	II	III	IV
Coefficiente $C_u$	0,7	1,0	1,5	2,0

Per le costruzioni a servizio di attività a rischio di incidente rilevante si adotteranno valori di  $C_u$  anche superiori a 2, in relazione alle conseguenze sull'ambiente e sulla pubblica incolumità determinate dal raggiungimento degli stati limite.

Le classi d'uso sono descritte invece in Tabella 2.3.

**Tabella 2.3: classi d'uso delle costruzioni (NTC, 2018)**

CLASSE I	Costruzioni con solo presenza 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

Coerentemente con quanto prescritto dalla Nuova Normativa, si è prevista per l'opera una vita nominale  $V_N$  di 50 anni e classe d'uso IV, cui corrisponde un coefficiente d'uso  $C_u$  pari a 2,0. Il periodo di riferimento per le azioni sismiche risulta quindi pari a  $V_R = 100$  anni in base all'espressione (2.1).

## 2.2 STATI LIMITE E RELATIVE PROBABILITÀ DI SUPERAMENTO

Le probabilità di superamento nel periodo di riferimento così individuato,  $P_{VR}$ , sono definite nei confronti di stati limite, sia di esercizio che ultimi, individuati con riferimento alle

prestazioni richieste alla costruzione nel suo complesso (elementi strutturali, elementi non strutturali, impianti).

Gli stati limite di esercizio sono riportati in Tabella 2.4, mentre gli stati limite ultimi in Tabella 2.5. I corrispondenti valori di PVR sono elencati in Tabella 2.6.

**Tabella 2.4: stati limite di esercizio (NTC, 2018)**

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
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 rigidità nei confronti delle azioni verticali ed orizzontali, mantenendosi immediatamente utilizzabile pur nell'interruzione d'uso di parte delle apparecchiature

**Tabella 2.5: stati limite ultimi (NTC, 2018)**

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 rigidità nei confronti delle azioni orizzontali; la costruzione conserva invece una parte della resistenza e rigidità per azioni verticali e un margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni sismiche orizzontali
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

**Tabella 2.6: probabilità di superamento PVR al variare dello stato limite considerato (NTC 2018 – Tab. 3.2.1)**

Stati limite	PVR : probabilità di superamento nel periodo di riferimento VR	
Stati limite di esercizio	SLO: 81%	SLD: 63%
Stati limite ultimi	SLV: 10%	SLC: 5%

### 2.3 CATEGORIE DI SOTTOSUOLO E CONDIZIONI TOPOGRAFICHE

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, l'effetto della risposta sismica locale si valuta mediante specifiche analisi, da eseguire con le modalità indicate nel § 7.11.3. In alternativa, qualora le condizioni stratigrafiche e le proprietà dei terreni siano chiaramente riconducibili alle categorie definite nella Tab. 3.2.II, si può fare riferimento a un approccio semplificato che si basa sulla classificazione del sottosuolo in funzione dei valori della velocità di propagazione delle onde di taglio,  $V_s$ . I valori dei parametri meccanici necessari per le analisi di risposta sismica locale o delle velocità  $V_s$  per l'approccio semplificato costituiscono parte integrante della caratterizzazione geotecnica dei terreni compresi nel volume significativo, di cui al § 6.2.2.

I valori di  $V_s$  sono ottenuti mediante specifiche prove oppure, con giustificata motivazione e limitatamente all'approccio semplificato, sono valutati tramite relazioni empiriche di comprovata affidabilità con i risultati di altre prove in sito, quali ad esempio le prove penetrometriche dinamiche per i terreni a grana grossa e le prove penetrometriche statiche.

La classificazione del sottosuolo si effettua in base alle condizioni stratigrafiche ed ai valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio,  $V_{s,eq}$  (in m/s):

$$V_{s,eq} = H / \sum (h_i / V_{s,i}) \quad (\text{m/s}) \quad (i = 1 \div N) \quad (2.2)$$

ove:  $h_i$  spessore (in metri) dello strato  $i$ -esimo,  $V_{s,i}$  velocità delle onde di taglio nello strato  $i$ -esimo,  $N$  numero degli strati,  $H$  profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da  $V_s$  non inferiore a 800 m/s.

**Tabella 2.7: categorie di sottosuolo (NTC, 2018 – Tab. 3.2.II)**

Cat.	Descrizione
A	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti</i> , caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.
C	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti</i> con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.
D	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti</i> , con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.
E	<i>Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D</i> , con profondità del substrato non superiore a 30 m.

Per tenere conto di superfici topografiche non orizzontali è necessario realizzare analisi di risposta sismica locale. Per configurazioni semplici (geometrie prevalentemente bidimensionali, creste o dorsali allungate), secondo le NTC, si può fare riferimento alle categorie topografiche descritte in Tabella 2.8.

**Tabella 2.8: categorie topografiche (NTC, 2018 – Tab.3.2.III)**

Cat.	Descrizione
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base, inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base, inclinazione media $i > 30^\circ$

## 2.4 VALUTAZIONE DELLA PERICOLOSITA' SISMICA

Nelle NTC le forme spettrali sono definite, per ciascuna probabilità di superamento nel periodo di riferimento  $P_{VR}$ , in funzione di tre parametri riferiti ad un sito di riferimento rigido orizzontale:

- $ag$ : accelerazione orizzontale massima al sito;
- $F_0$ : valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- $Tc^*$ : periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Allo stato attuale, la pericolosità sismica del territorio italiano è fornita su un reticolo di riferimento dai dati pubblicati sul sito <http://esse1.mi.ingv.it>. I valori dei parametri  $ag$ ,  $F_0$  e  $Tc^*$  sono riassunti in funzione di alcuni tempi di ritorno  $T_R$  nelle tabelle riportate nell'Allegato B delle NTC.

Il tempo di ritorno  $T_R$  può essere calcolato attraverso la seguente espressione:

$$T_R = -V_R / \ln(1 - P_{VR}). \quad (2.5)$$

Per la costruzione in esame, caratterizzata da un periodo di riferimento  $V_R$  di 50 anni, la Tabella 2.9 riassume i tempi di ritorno da considerare per i quattro differenti stati limite.

**Tabella 2.9: tempi di ritorno  $T_R$  al variare dello stato limite considerato**

Stati Limite	$V_R$	$P_{VR}$	$\ln(1 - P_{VR})$	$T_R$
SLO	100	81%	-1,6607	60
SLD	100	63%	-0,9943	101
SLV	100	10%	-0,1053	949
SLC	100	5%	-0,0520	1950

Qualora la attuale pericolosità sismica su reticolo di riferimento non contempli uno o più dei periodi di ritorno  $T_R$  individuati in fase di progetto, il valore del generico parametro  $p$  ( $ag$ ,  $F_0$  e  $Tc^*$ ) ad esso corrispondente potrà essere ricavato per interpolazione, a partire dai dati



relativi ai tempi di ritorno riportati nell'Allegato B. A questo scopo può essere utilizzata la seguente espressione:

$$\log (p) = \log (p_1) + \log (p_2/p_1) * (\log (T_R/T_{R1}) / \log (T_{R2}/T_{R1})) \quad (2.6)$$

nella quale p è il valore del parametro di interesse corrispondente al periodo di ritorno TR desiderato e TR1 e TR2 sono i periodi di ritorno più prossimi a TR per i quali si dispone dei valori p1 e p2 del generico parametro p.

Le coordinate geografiche della zona oggetto dell'intervento sono le seguenti:

- baricentro zona in progetto: latitudine 45,640762 (WGS84)  
longitudine 8,828519 (WGS84)

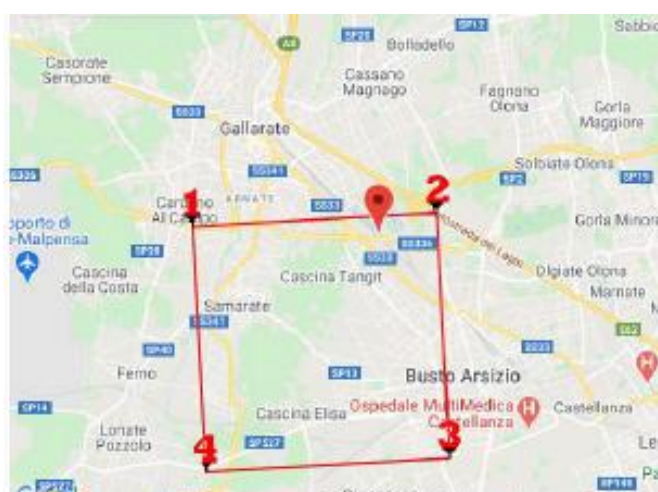


Fig.1 – Reticolo di riferimento per la zona in esame

I valori dei tre parametri che individuano le forme spettrali per i diversi stati limite sono riportati in tabella 2.10.

**Tabella 2.10: valori dei parametri ag, Fo e Tc per diversi stati limite**

Stati Limite	TR (anni)	ag (g)	Fo	Tc*
SLO	60	0.020	2.517	0.182
SLD	101	0.024	2.587	0.207
SLV	949	0.045	2.642	0.303
SLC	1950	0.053	2.727	0.320

## 2.5 VALUTAZIONE DELL'AZIONE SISMICA

Nelle NTC l'azione sismica è caratterizzata da 3 componenti traslazionali, due orizzontali contrassegnate da X ed Y ed una verticale contrassegnata da Z, da considerare tra di loro indipendenti. Salvo quanto specificato nel § 7.11 per le opere e i sistemi geotecnici, la componente verticale verrà considerata ove espressamente specificato (Capitolo 7 NTC



2018) e purché il sito nel quale sorge la costruzione sia caratterizzato da un'accelerazione al suolo, così come definita nel paragrafo 3.2.3.2 delle NTC, pari ad  $a_g \geq 0,15g$ .

Le componenti possono essere descritte, in funzione del tipo di analisi adottata, mediante una delle seguenti rappresentazioni:

- accelerazione massima in superficie;
- accelerazione massima e relativo spettro di risposta in superficie;
- storia temporale del moto del terreno.

Sulla base di apposite analisi di risposta sismica locale si può poi passare dai valori in superficie ai valori sui piani di riferimento definiti di seguito; in assenza di tali analisi l'azione in superficie può essere assunta come agente su tali piani.

Le due componenti ortogonali indipendenti che descrivono il moto orizzontale sono caratterizzate dallo stesso spettro di risposta o dalle due componenti accelerometriche orizzontali del moto sismico.

La componente che descrive il moto verticale è caratterizzata dal suo spettro di risposta o dalla componente accelerometrica verticale. In mancanza di documentata informazione specifica, 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. La componente accelerometrica verticale può essere correlata alle componenti accelerometriche orizzontali del moto sismico.

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  $a_g$  variano al variare della probabilità di superamento nel periodo di riferimento PVR.

Gli spettri così definiti possono essere utilizzati per strutture con periodo fondamentale minore o uguale a 4,0 s. Per strutture con periodi fondamentali superiori lo spettro deve essere definito da apposite analisi oppure l'azione sismica deve essere descritta mediante storie temporali del moto del terreno.

Lo spettro di risposta elastico in accelerazione della componente orizzontale del moto sismico,  $S_e$ , è definito dalle espressioni seguenti:

$$\begin{aligned} 0 \leq T < T_B & \quad S_e(T) = a_g S \eta F_o \left[ \left( \frac{T}{T_B} \right) + \left( \frac{1}{\eta F_o} \right) (1 - \frac{T}{T_B}) \right] & (2.8) \\ T_B \leq T < T_C & \quad S_e(T) = a_g S \eta F_o \\ T_C \leq T < T_D & \quad S_e(T) = a_g S \eta F_o \left( \frac{T_C}{T} \right) \\ T_D \leq T & \quad S_e(T) = a_g S \eta F_o \left( \frac{T_C T_D}{T^2} \right) \end{aligned}$$

in cui:

- $T$  è il periodo di vibrazione;
- $S$  è il coefficiente che tiene conto della categoria di sottosuolo e delle condizioni topografiche mediante la seguente relazione  $S = S_s S_T$ ;
- $\eta$  è il fattore che altera lo spettro elastico per coefficienti di smorzamento viscosi convenzionali  $\xi$  diversi dal 5%:  $\eta = \sqrt{10 / (5 + \xi)} \geq 0,55$ ;
- $F_o$  è il fattore che quantifica l'amplificazione spettrale massima, su sito di riferimento rigido orizzontale, ed ha valore minimo

pari a 2,2;

- $T_C$  è il periodo corrispondente all'inizio del tratto a velocità costante dello spettro dato da  $T_C = C_C T_C^*$ , dove  $C_C$  è un coefficiente funzione della categoria di sottosuolo;
- $T_B$  è il periodo corrispondente all'inizio del tratto dello spettro ad accelerazione costante dato da  $T_B = T_C/3$ ;
- $T_D$  è il periodo corrispondente all'inizio del tratto a spostamento costante dello spettro espresso in secondi mediante la seguente relazione  $T_D = 4,0 (ag/g) + 1,6$ .

Per sottosuolo di categoria A i coefficiente  $SS$  e  $CC$  assumono valore unitario. Per le altre categorie di sottosuolo i valori dei coefficienti possono essere calcolati con le espressioni in Tabella 2.1 nelle quali  $g = 9,81 \text{ m/s}^2$  è l'accelerazione di gravità e  $T^*c$  è espresso in secondi..

Per tenere conto delle condizioni topografiche in assenza di analisi di risposta sismica locale si utilizzano i valori del coefficiente topografico  $ST$  riportati in Tabella 2.12.

**Tabella 2.11: espressioni di SS e CC (NTC, 2008)**

Categoria sottosuolo	SS	CC
A	1,00	1,00
B	$1,00 < 1,40 - 0,40 F_0 ag / g \leq 1,20$	$1,10 (T_C^*)^{-0,20}$
C	$1,00 < 1,70 - 0,60 F_0 ag / g \leq 1,50$	$1,05 (T_C^*)^{-0,33}$
D	$0,90 < 2,40 - 1,50 F_0 ag / g \leq 1,80$	$1,25 (T_C^*)^{-0,50}$
E	$1,00 < 2,00 - 1,10 F_0 ag / g \leq 1,60$	$1,15 (T_C^*)^{-0,40}$

**Tabella 2.12: valori massimi del coefficiente ST (NTC, 2008)**

Categ. topografica	Ubicazione dell'opera o dell'intervento	ST
T1		1,0
T2	In corrispondenza della sommità del pendio	1,2
T3	In corrispondenza della cresta di un rilievo con pendenza media minore o uguale a 30°	1,2
T4	In corrispondenza della cresta di un rilievo con pendenza media maggiore di 30°	1,4

Lo spettro di risposta elastica in accelerazione della componente verticale  $S_{ve}$  è definito dalle seguenti espressioni:

$$\begin{aligned}
 0 \leq T < T_B & \quad S_{ve}(T) = ag S \eta F_v [ (T/T_B) + (1/\eta F_0)(1 - T/T_B) ] & (2.9) \\
 T_B \leq T < T_C & \quad S_{ve}(T) = ag S \eta F_v \\
 T_C \leq T < T_D & \quad S_{ve}(T) = ag S \eta F_v (T_C/T) \\
 T_D \leq T & \quad S_{ve}(T) = ag S \eta F_v (T_C T_D/T^2)
 \end{aligned}$$

in cui  $T$  è il periodo proprio di vibrazione (in direzione verticale) e  $F_v$  è il fattore che quantifica l'amplificazione spettrale massima. Esso è calcolato mediante la relazione:

$$F_v = 1,35 F_o (a_g / g)^{0,5} \quad (2.10).$$

I valori di  $a_g$ ,  $F_o$ ,  $S$ ,  $\eta$  sono definiti sopra per le componenti orizzontali del moto sismico; i valori di  $SS$ ,  $TB$ ,  $TC$  e  $TD$ , salvo più accurate determinazioni, sono riportati nella tabella seguente:

**Tab. 2.13 - Valori dei parametri dello spettro di risposta elastico della componente verticale**

Categoria sottosuolo	SS	TB	TC	TD
A,B,C,D,E	1,00	0,05 s	0,15 s	1,0 s

Lo spettro di risposta elastico in spostamento delle componenti orizzontali  $S_{De}(T)$  si ricava dalla corrispondente risposta in accelerazione  $S_e(T)$  mediante la seguente espressione:

$$S_{De}(T) = S_e(T) (T/2p)^2$$

purché il periodo proprio di vibrazione  $T$  non ecceda i valori  $T_E$  indicati in Tab. 2.14.

**Tab. 2.14 – Valori dei parametri  $T_E$  e  $T_F$**

Categoria sottosuolo	$T_E$ (s)	$T_F$ (s)
A	4,5	10
B	5,0	10
C,D,E	6,0	10

Per periodi di vibrazione eccedenti  $T_E$ , le ordinate dello spettro possono essere ottenute dalle formule seguenti:

$$\begin{aligned} T_E \leq T < T_F & \quad S_{De}(T) = 0,025 a_g S T_C T_D [\eta F_o + (1 - \eta F_o)(T - T_E)/(T_F - T_E)] \\ T > T_F & \quad S_{De}(T) = d_g \end{aligned}$$

ove  $d_g = 0,025 a_g S T_C T_D$ .

### 3. CARATTERIZZAZIONE SISMICA DEI TERRENI DI FONDAZIONE DEL SITO

Nell'area interessata dalla costruzione delle opere previste in progetto i terreni di fondazione sono costituiti da depositi alluvionali prevalentemente grossolani di notevole spessore, per cui anche le fondazioni di tipo profondo ricadono all'interno di detti depositi.

I valori della velocità delle onde di taglio  $V_{s,eq}$  risultano per i terreni interessati dal progetto compresi all'incirca tra 160 e 550 m/s circa per un valore medio di circa 370 m/s. Pertanto, i terreni presenti lungo il tracciato di progetto presentano caratteristiche al limite tra le classi B e C; in via cautelativa tali litotipi possono essere considerati appartenenti alla categoria C.

#### 4. SPETTRI DI RISPOSTA ELASTICI PER IL SITO IN ESAME

Nel presente paragrafo vengono riportate le indicazioni per la creazione degli spettri di risposta elastici in direzione orizzontale e verticale per tutti e quattro gli stati limite definiti nelle Tabelle 2.4 e 2.5. Nell'applicare le relazioni riportate nel paragrafo 2.5 si è tenuto conto degli effetti di sito, legati sia alla categoria di sottosuolo che alla categoria topografica.

Il sito in esame appartiene alla categoria topografica T1 (Tabella 2.9). Per questa categoria il coefficiente topografico  $S_T$  è pari a 1.0 (Tabella 2.13).

I terreni di fondazione sono tali da far appartenere il sito alla categoria di sottosuolo C. Per questo è previsto un valore del coefficiente  $S_s$  da ricavare con l'espressione riportata in tabella 2.12.

Segue:

$$S = S_s * S_T$$

$$T_c = C_c * T_{c^*} = T_{c^*} \quad (\text{cfr. Valori in tabella 2.11})$$

$$T_B = T_c / 3$$

Gli spettri di risposta relativi allo stato limite ultimo preso in esame possono essere ricavati dalle formule 2.8 e 2.9 sostituendo i valori su indicati.

Nelle tabelle seguenti sono riportati i valori di  $S_s$ ,  $C_c$ ,  $S_T$  per strutture di fondazione e per muri di sostegno:

##### Per stabilità dei pendii e strutture di fondazione

Categoria suolo C e Categoria topografica T1

	SLO	SLD	SLV	SLC
SS amplificazione stratigrafica	1.50	1.50	1.50	1.50
CC coefficiente funzione categoria	1.84	1.77	1.56	1.53
ST amplificazione topografica	1.00	1.00	1.00	1.00

coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
Kh	0.006	0.007	0.014	0.016
Kv	0.003	0.004	0.007	0.008
Amax	0.289	0.356	0.667	0.782
Beta	0.200	0.200	0.200	0.200

##### Per muri di sostegno

Categoria suolo C e Categoria topografica T1

	SLD	SLV
SS amplificazione stratigrafica	1.50	1.50
CC coefficiente funzione categoria	1.77	1.56
ST amplificazione topografica	1.00	1.00

coefficienti	SLD	SLV
Kh	0.017	0.026
Kv	0.009	0.013
Amax	0.356	0.667
Beta	0.470	0.380